

# Современные проблемы синоптической метеорологии

Большаков А.В.

Белорусский национальный технический университет

## *Введение*

Практическим выходом многочисленных метеорологических исследований в значительной степени (прямо или косвенно) является прогноз погоды. Научной основой современных оперативных методов прогноза большинства погодных характеристик служит синоптическая метеорология. Ее основная задача — изучение атмосферных процессов, формирующих погодные условия, и применение этих знаний при разработке прогнозов погоды. Таким образом, синоптическая метеорология является одной из ключевых тем в дисциплине дорожная климатология, формирующих современного инженера-дорожника.

### *1. Общие сведения*

**Синоптическая метеорология** (от греч. *synoptikós* — способный всё обозреть), раздел метеорологии, изучающий атмосферные процессы, определяющие условия погоды и их изменения с целью разработки методов прогноза погоды.

**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**

**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.

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.

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.

**Процессы адвекции** (переноса новой воздушной массы на данную поверхность) и трансформации (приобретения воздушной массой новых свойств над данной поверхностью) определяют погодные условия на определенный момент или за определенный отрезок времени. Погода характеризуется значениями основных метеорологических величин (температуры воздуха, ветра, влажности, облачности) и наличием метеорологических явлений (дождь, снег, гололед, туман и т.д.).

Возможность и преобладание различных погодных условий в определенном регионе, районе, населенном пункте зависит от их климата.

**Климат определенной местности** – это характерный для нее в многолетнем разрезе режим погод, отражающий не только обычные, но и возможные редкие погодные ситуации в разные сезоны, месяцы и даже дни.

Климаты отдельных регионов есть проявление глобального климата Земли, который зависит от энергии, поступающей от солнца, ее распределения по сезонам и широтным зонам, преобразования (поглощения, отражения и рассеяния) в атмосфере и на земной поверхности.

Поступление радиации на верхнюю границу атмосферы связано с астрономическими факторами, в первую очередь с колебаниями элементов земной орбиты. Периоды этих колебаний известны и это позволило, например, югославскому ученому Миланковичу рассчитать количества радиации, поступающие от Солнца к разным широтным зонам в разных полушариях за последние 600 тыс. лет. Т.е. если бы климат зависел только от астрономических факторов, его изменение вполне можно было бы предсказать. Но климат Земли в очень большой степени зависит от того, что происходит с этой радиацией в атмосфере и на Земле. Эти процессы были бы всегда одинаковыми, если бы и атмосфера и поверхность Земли на протяжении всей истории нашей планеты (4.6 млрд. лет) оставалась неизменной. Но это не так. И в историческом, и тем более в геологическом масштабе времени они существенно изменялись.

Хотя люди и воспринимают воздух как нечто само собой разумеющееся, атмосфера Земли – это самое бесценное наше сокровище. Она появилась вскоре после возникновения планеты, как итог освобождения газов при столкновении планетоидов, из которых образовалась Земля. Примерно 3 миллиарда лет назад в растениях начался процесс фотосинтеза; при этом, в результате выделения огромного количества кислорода, изменилась первоначальная атмосфера планеты. На протяжении всей истории Земли менялось содержание газов, входящих в состав атмосферы. Например, содержание углекислого газа, ответственного вместе с водяным паром за “парниковый эффект” на поверхности Земли, изменялось до шести раз. Изменение содержания озона в стратосфере, от которого зависит температура и благополучие всего живого на Земле, заметно даже в пределах последних десятилетий. Конфигурации и площади континентов менялись в истории Земли с периодами около 150 - 300 млн. лет, соответственно менялась глубина и площадь мирового океана.

Льды то полностью исчезали с поверхности Земли, то появлялись в высоких широтах, а в ледниковые эпохи они то наступали, то отступали. Менялась отражательная способность поверхности Земли, процессы обмена теплом и влагой между различными широтными зонами, и таким образом, при одинаковых астрономических условиях на поверхности Земли складывались различные сценарии климата. Ученые считают, что астрономические факторы климата являются только “спусковым крючком”, который приводит в действие более мощные вторичные климатообразующие процессы на земной поверхности взаимодействие в системе “атмосфера-океан-ледниковые покровы поверхность суши”, которую называют климатической системой.

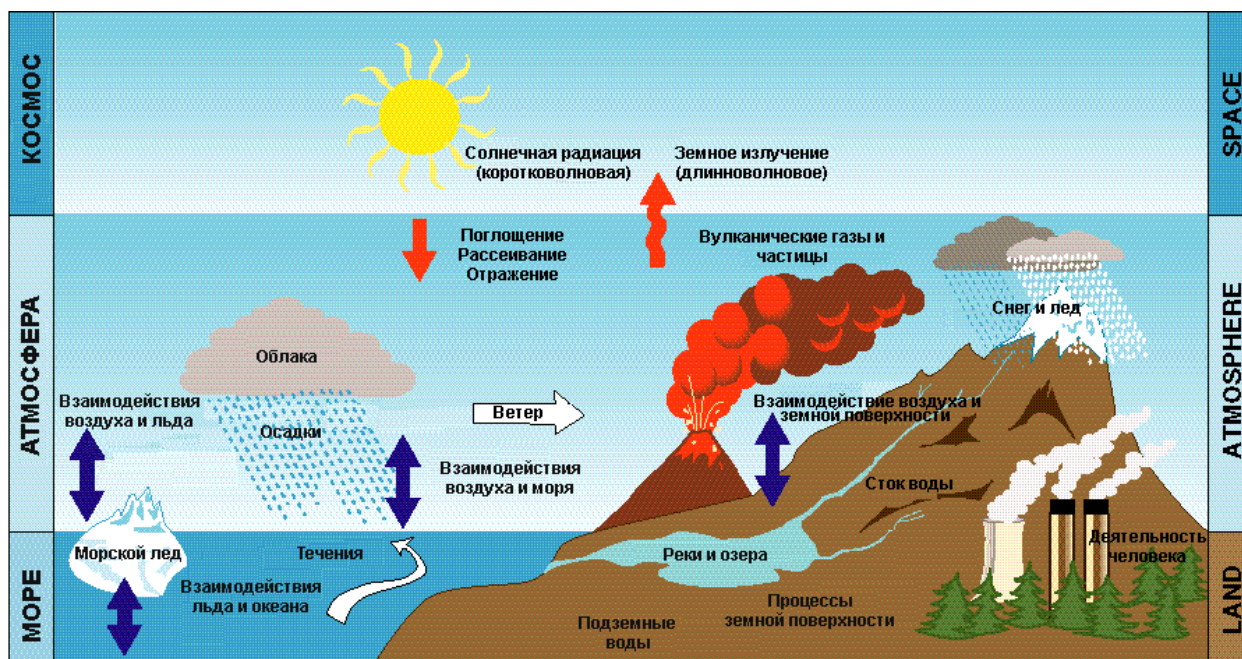


Рис.1 Схема глобального климатического взаимодействия

Итак, климат менялся всегда. Менялись ширина и положение климатических поясов, и в связи с этим смещались ареалы распространения видов животных и растений, гибли и расцветали цивилизации, менялись –направления производственной деятельности народов, их благополучие. Климат всегда был фактором не только природным, но и экономическим, и социальным.

Проблема предсказуемости климата особенно остро встала на рубеже нового тысячелетия в связи с тем, что климат в настоящее время находится “на перепутье”, в состоянии изменения. Но направление этих изменений в настоящее время однозначно не определено, т.к. наряду с естественными факторами в современную климатическую эпоху соизмеримое с ними воздействие на климат оказывают антропогенные факторы, связанные с негативными результатами производственной деятельности человека – загрязнением атмосферы аэрозолями, повышением содержания углекислого газа из-за интенсивного сжигания ископаемого топлива, разрушением озонового слоя, неправильным землепользованием, итогом которого является 1/3 существующих в мире пустынь и т.д. Если антропогенные факторы будут превалировать в развитии климата, может произойти катастрофический разогрев атмосферы. Если развитие климата пошло бы естественным ходом, примерно через 10 тыс. лет (что в историческом масштабе времени совсем не много, а в геологическом – ничтожно мало) полярные льды снова распространились бы в умеренные широты. От того, что произойдет с климатом, зависят решения проблем обеспечения населения Земли продовольствием (к 2050 г. на Земле будет жить более 10 млрд. человек), электрической энергией и др.

## 2. Современные проблемы синоптической метеорологии

Идеальный прогноз должен оправдываться по всем параметрам. Установить причину ошибок в прогнозе сложно. Метеорологи считают прогноз оправдавшимся, если его ошибка меньше, чем предсказание погоды с применением одного из двух методов, не требующих специальных познаний в области метеорологии. Первый из них, называемый инерционным, допускает, что характер погоды не изменится. Второй метод исходит из того, что характеристики погоды будут соответствовать средним месячным на данное число.

Продолжительность срока, в течение которого прогноз оправдывается (т.е. дает лучший результат), зависит не только от качества наблюдений, математического аппарата, вычислительной техники, но также и от масштаба прогнозируемого метеорологического явления. Вообще говоря, чем крупнее явление погоды, тем на более длительный срок его можно прогнозировать. Например, часто степень развития и пути движения циклонов можно прогнозировать на несколько дней вперед, но поведение конкретного кучевого облака может быть предсказано не более чем на ближайший час. Эти ограничения, по-видимому, обусловлены особенностями атмосферы и не могут быть пока преодолены с помощью более тщательных наблюдений или более точных уравнений.

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

К проблемам синоптического метода относятся:

- дискретность метеорологической информации во времени и пространстве (по вертикали и горизонтали).
- сложность сбора и обработки информации.
- ошибочные данные на картах погоды.
- хаотическое развитие атмосферных процессов.
- модель метеорологических процессов.

Дискретность метеорологической информации во времени и пространстве (по вертикали и горизонтали), т.е. отсутствие информации между станциями, в труднодоступных районах (нельзя забывать, что  $\frac{3}{4}$  Земли занимают океаны и моря), между стандартными поверхностями атмосферы. При этом опускаются многие важные явления погоды.

Сложность сбора и обработки информации приводит к некоторой задержке анализа. Конечно, существуют различные методы, позволяющие частично устранить эти недостатки (интерполяция, экстраполяция, использование асиноптической информации – радиолокационной, спутниковой информации и т.д.

На картах погоды практически всегда встречаются ошибочные данные. Часть их возможно исправить, часть – следует исключить из анализа.

Причинами ошибочных данных могут быть инструментальные ошибки, связанные и неисправностью приборов, ошибки наблюдателя, неточности приведения давления к уровню моря или неверно определённая высота станции над уровнем моря, искажения, возникающие при составлении, передаче телеграммы, искажения, возникающие при нанесении данных на карту погоды (в случае нанесения данных вручную). Наиболее наглядно ошибочные данные выявляются при анализе карт погоды. Например, при проведении изобар и изогипс можно обнаружить неверно нанесённые давление и геопотенциальные высоты, несоответствие форм облаков и осадков, выпадающих из них, указанных на карте погоды.

Выявление ошибок производятся методом сравнения и сопоставления.

Сравниваются показания каждой отдельной станции с показаниями соседних. Поскольку значения метеорологических величин изменяются в пространстве в пределах одной воздушной массы постепенно, то показания соседних станций должны быть близки друг другу. На картах АТ и ОТ высоты изобарических поверхностей рядом расположенных станций, резко отличные друг от друга следует отнести к ошибочным. Но на приземной карт могут быть резкие изменения на какой-либо станции под влиянием местных условий. Например, температуры воздуха на станциях, расположенных в низине и на возвышенности даже на близком расстоянии друг от друга, могут существенно различаться. Сравниваются показания одной и той же станции в данный и предшествующий

сроки наблюдений. Для хода метеорологических величин в течение суток имеются определённые закономерности – например, наиболее низкие суточные температуры воздуха отмечаются около восхода солнца, наиболее высокие – около местного полудня, от срока к сроку ход температуры довольно плавный. Правда, в случаях вторжения новых воздушных масс и быстром их смещении возникают весьма существенные нарушения суточного хода метеорологических величин и наиболее низкие или наиболее высокие температуры воздуха могут относиться к любому времени суток. Но в этом случае, чаще всего нарушения суточного хода подтверждаются показаниями соседних станций. Сопоставляются показания какого-либо элемента на станции со значениями других элементов на той же станции. Здесь синоптик основывается на знании закономерностей связей между элементами погоды. Надо чётко представлять, из каких облаков выпадают морозящие, обложные или ливневые осадки, какие облака и осадки характерны для фронтов различного типа, как меняется направление и скорость ветра в различных частях циклона и антициклона, как соотносятся градации видимости, тумана и дымки, тумана и ветра, при этом важно знать тип тумана, характерный для данной местности, какова связь между температурой воздуха и формами и количеством облачности, видами осадков и многое другое

### ***3. Методы выявления ошибочных данных на приземных картах погоды***

На приземной карте исправления следует делать осторожно – здесь чаще приходится исключать ошибочные данные из дальнейшего анализа. При этом исправить значения на карте погоды можно внести в следующих случаях:

1. атмосферное давление – если отличия составляют целое число десятков гПа;
2. знак барической тенденции – если её величина на данной станции превышает 1гПа/3 часа;
3. знак температуры воздуха – при расчёте на 5-10 °С;
4. направление ветра – если на карту нанесено противоположное направление или допущена ошибка на 100°;
5. скорость ветра – если на фоне сильных ветров отмечен слабый, сильный ветер на фоне слабых может быть обусловлен орографическим эффектом;
6. исправления облачности и погоды в срок наблюдения производится путём сопоставления данных одной и той же станции. Например, при кучевых облаках (Cu hum, Cu med, Cum cong, Cb) не могут быть обложные осадки, при туманах не может быть видимость более 1 км и т.д.

### ***4. Методы выявления ошибочных данных на высотных картах погоды***

На картах барической топографии исправлению ошибочных данных необходимо уделять большое внимание, поскольку сеть аэрологических станций гораздо реже, чем метеорологических наземных. Ошибочные данные даже на одной станции могут привести к грубым ошибкам в анализе полей на картах абсолютной и относительной топографии.

Для выявления ошибочных данных на картах барической топографии необходимо сравнивать между собой температуры воздуха и геопотенциальные высоты, а также вычисленные толщины слоев между основными изобарическими поверхностями на соседних станциях. Если на какой-либо станции хотя бы одна из этих величин отличается от показаний соседних станций, то данные сомнительны и требуется их проверка. Проверку

сомнительных данных лучше всего производить по аэрологической диаграмме, специальным таблицам, либо по рабочим формулам.

Атмосферные процессы развиваются хаотически. Это означает, что для прогноза различных явлений в разном пространственно-временном масштабе необходимы разные подходы, в частности, для прогноза поведения крупных циклонов умеренных широт и локальных сильных гроз, а также для долгосрочных прогнозов. Например, прогноз давления воздуха на сутки в приземном слое является почти таким же точным, как измерения с помощью метеозондов, по которым его проверяли. И наоборот, трудно дать детальный трехчасовой прогноз перемещения линии шквалов – полосы интенсивных осадков перед холодным фронтом и в целом параллельно ему, в пределах которой могут зарождаться смерчи. Метеорологи пока могут только предварительно выделять обширные районы возможного возникновения линий шквалов. Когда они зафиксированы на космическом снимке или при помощи радиолокатора, их продвижение можно экстраполировать только на один-два часа, и поэтому важно своевременно довести сводку погоды до населения. Предсказание неблагоприятных кратковременных метеорологических явлений называется срочным прогнозом. Разрабатываются компьютерные методики прогнозирования этих опасных явлений погоды.

С другой стороны, существует проблема прогнозов долгосрочных, т.е. более чем на несколько дней вперед, для которых абсолютно необходимы наблюдения за погодой в пределах всего земного шара, но даже и этого оказывается недостаточно. Поскольку турбулентная природа атмосферы ограничивает возможности предсказания погоды на большой территории примерным сроком до двух недель, прогноз на более продолжительное время должен основываться на факторах, которые предсказуемым образом воздействуют на атмосферу и при этом сами будут известны более чем за две недели. Одним из таких факторов является температура поверхности океана, которая медленно меняется в течение недель и месяцев, влияет на синоптические процессы и может быть использована для выявления районов с аномальными температурами и количеством осадков.

### *Заключение*

В течение нескольких последних десятилетий синоптическая метеорология быстро развивалась и в настоящее время превратилась в разветвленную и перспективную науку. Несмотря на существующую техническую вооруженность и защищенность от воздействий природных явлений, без правильного учета информации о текущем и будущем состоянии атмосферы не может обойтись ни одна отрасль современного хозяйства.

Основания современной метеорологической модели атмосферы были заложены еще адмиралом Фицройем в середине 19 века и несут в себе отражение мировоззренческих установок той эпохи. За все прошедшие годы принципиальных изменений основной метеорологической модели не произошло. Вся научная деятельность в современной метеорологии есть только шлифовка и модернизация этой модели.

Многолетняя мировая практика прогнозирования погоды однозначно показывает, что эта общепринятая метеорологическая модель совершенно не годится для прогнозирования состояния атмосферы на временную глубину более 10 суток, она годится только для краткосрочного и среднесрочного (до 10 суток) прогнозирования погоды, поэтому нужна другая модель метеорологических процессов.

## *Литература*

1. <http://klimat-factor.ru/meteorologia.html>
2. [http://www.krugosvet.ru/enc/Earth\\_sciences/geografiya..](http://www.krugosvet.ru/enc/Earth_sciences/geografiya..)
3. <http://compass44.ru/publications/society/15-problemy-..>
4. <http://www.dvfu.ru/meteo/Reklama.htm>