

**ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО  
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ**

---

---

**ЛАУРЕАТ СТАЛИНСКОЙ ПРЕМИИ,  
КАНДИДАТ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК**

**В. А. БУГАЕВ**

# **ПОГОДА И ЕЕ ПРЕДСКАЗАНИЕ**

**Стенограмма публичной лекции,  
прочитанной в Центральном лектории  
Общества в Москве**



---

---

**ИЗДАТЕЛЬСТВО „ПРАВДА“**

**МОСКВА**

**1950 г.**

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО  
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

---

Лауреат Сталинской премии,  
кандидат физико-математических наук  
В. А. БУГАЕВ

# ПОГОДА И ЕЕ ПРЕДСКАЗАНИЕ

Стенограмма публичной лекции,  
прочитанной в Центральном  
лектории Общества в Москве



## Служба погоды

Сейчас трудно назвать такую отрасль народного хозяйства, где предвидение погоды не играло бы важной роли. Явления погоды, протекающие иногда очень бурно, могут привести к стихийным бедствиям. Таковы грозы и градобития на полях, ливни и разрушительные паводки горных рек. В других случаях создаются на длительное время неблагоприятные условия погоды: сильные морозы, снежные заносы, гололедица, засухи, штормы и т. д.

Ущерб, который наносят народному хозяйству эти явления погоды, может быть довольно значительным. Чтобы предотвратить убытки и во-время принять защитные меры или применить активные средства борьбы с неблагоприятными условиями погоды, необходимо иметь постоянную и надёжную информацию о погоде, а также прогноз (предвидение) её будущих изменений. Такая информация и прогнозы возложены на Гидрометеорологическую службу Союза ССР, созданную декретом В. И. Ленина 21 апреля 1921 года.

Впервые в мире мысль об организации постоянной «службы погоды» высказал около двух столетий назад великий русский учёный М. В. Ломоносов. Но осуществить эту идею ему не удалось.

Начало метеорологической службы в России следует отнести к 1849 году, когда была основана главная физическая обсерватория в Петербурге. Это было одно из лучших метеорологических учреждений того времени. С 1872 года обсерватория стала выпускать ежедневный обзор погоды. А через некоторое время академик М. А. Рыкачёв создал в этой обсерватории «службу погоды», сообщавшую о предстоящих переменах погоды морскому флоту.

В 1949 году отмечалось столетие Гидрометеорологической службы в нашей стране. Главной геофизической обсерватории было присвоено имя выдающегося русского учёного-климатолога А. И. Воейкова.

В настоящее время значение Гидрометеорологической служ-

бы<sup>1</sup> настолько возросло, что нормальную работу некоторых отраслей народного хозяйства нельзя себе представить без гидрометеорологических информации и прогнозов.

Например, работа авиации без прогнозов погоды была бы затруднена значительно больше, чем, скажем, без радиосвязи. Перед отправкой в рейс любого самолёта пилот должен получить подробные данные о предстоящей погоде на трассе и в пункте посадки. А в полёте самолёт принимает по радио дополнительные сведения о погоде.

Прогнозы погоды нужны сельскому хозяйству для наиболее правильного выбора сроков сева и уборки урожая. Морскому флоту необходимы сведения о состоянии моря и о ветрах. Железнодорожный транспорт также нуждается в прогнозах погоды для организации борьбы со снежными заносами на путях и другими явлениями, нарушающими его работу. Строительства, телеграфная и телефонная связь, гидроэлектростанции, энергосети и многие другие участки народного хозяйства являются потребителями гидрометеорологической продукции — сведений о наблюдавшемся и ожидаемом состоянии погоды, рек, озёр и морей. Наконец, прогнозы погоды нужны и в нашем быту.

Служба погоды существует почти во всех странах мира. Но во все время, как в СССР или в странах народной демократии главной задачей гидрометслужбы является обеспечение информацией и прогнозами мирного хозяйственного строительства, — в капиталистических странах, особенно в США, метеорология (наука о явлениях в атмосфере) и гидрология (наука о состоянии и деятельности воды на земном шаре) используются в агрессивных целях.

На земном шаре существует более десяти тысяч метеорологических станций. Казалось бы, создание, положим, десятка новых станций не представляет собою чего-то особенного и тем более сенсационного. А между тем если открывается где-либо даже в отдалённых и необжитых местах, например, в Канадском секторе Арктики, хотя бы одна метеорологическая станция, все зарубежные газеты печатают сообщение об этом на видном месте, вокруг этого «события» создаётся газетная шумиха. Печать капиталистических стран не скрывает того, что каждая новая метеорологическая станция связана с появлением новой морской или авиационной базы, новой стратегической авиалинии.

Наука о предсказании погоды сравнительно молода. Ещё не прошло и 80 лет с тех пор, как в Главной физической (ныне геофизической) обсерватории в Петербурге была составлена первая карта погоды. С тех пор в этой области сделаны большие успехи. Особенно быстро развивалась гидрометеорологическая

---

<sup>1</sup> Мы говорим: «Гидрометеорологическая служба», — так как теперь служба погоды помимо метеорологических включает ещё и гидрологические информации и прогнозы: о состоянии рек, морей и т. д.

служба после Великой Октябрьской социалистической революции, после ленинского декрета 1921 года. Если в конце прошлого столетия карты погоды составлялись только Главной физической обсерваторией и до Октябрьской революции это было едва ли не единственное учреждение страны, где составлялись прогнозы погоды, то сейчас органы Службы погоды имеются у нас в каждом крупном республиканском и областном центре, в каждом аэропорту и даже на больших морских судах. Центральный институт прогнозов в Москве направляет всю работу этих органов.

Раньше предсказание погоды опиралось на наблюдения сравнительно немногочисленной сети метеорологических станций. Сейчас к этой работе привлечено значительное число точек. Широко используются аэрологические данные, т. е. наблюдения на различных высотах в атмосфере, или, как принято говорить, наблюдения из свободной атмосферы — до высот 5—10 км и более. Советские учёные разработали научные основы предсказания погоды и за последние 12 лет создали новые методы прогнозов.

Нужно, однако, оговориться, что до сих пор ещё предсказание погоды является делом трудным. Это и понятно: ведь изменение погоды определяется очень сложными процессами.

Теперь бюро погоды могут правильно предвидеть развитие основных крупных процессов в атмосфере, определяющих общий характер погоды на некоторой обширной территории, например, наступление общего похолодания в Западной Сибири или окончание неустойчивой дождливой погоды где-либо на востоке СССР, в Приморье и т. д. Но пока не удаётся всегда и в любых случаях правильно предвидеть детали будущего режима погоды, особенно в прогнозах по определённому пункту: атмосфера находится в непрерывном движении, и даже небольшие просчёты иногда приводят к резким расхождениям между ожидаемой для данного места и фактической погодой.

В основу современных методов предсказания погоды положен синоптический принцип рассмотрения атмосферных процессов. Слово синоптика происходит от двух греческих слов: «син» — одновременно и «опсис» — обозреваемый. Раздел метеорологии, изучающий методы предсказания погоды, называется синоптикой, а метеорологи, предсказывающие погоду, — синоптиками. Синоптик — это «одновременно обозревающий» состояние погоды на большом пространстве.

Сущность синоптического принципа анализа атмосферных процессов заключается в следующем. Метеорологические и аэрологические наблюдения, произведённые одновременно большой сетью станций, срочно собираются в бюро погоды, где наносятся условными значками на географическую карту и поэтому становятся легко обозримыми. Так строятся карты состояния по-

годы в определённый момент времени, или, проще, карты погоды. Дальнейшая задача заключается в том, чтобы проанализировать имеющееся состояние погоды, поставить диагноз и на основе этого дать прогноз предстоящего развития процессов погоды.

### **Метеорологические и аэрологические наблюдения**

Материалом для составления карт погоды служат следующие данные.

Во-первых, наблюдения метеорологических станций, привлечённых к службе погоды, так называемых синоптических станций. Синоптические станции имеются возле крупных городов, в степях и пустынях, среди гор и на горных перевалах, в тайге и на уединённых морских островах, в арктических районах. Эти станции ведут наблюдения четыре раза в сутки одновременно в 03, 09, 15 и 21 час по московскому времени. Такие же стандартные сроки синоптических наблюдений приняты и во всех других странах. Надо отметить, что подавляющее большинство синоптических станций СССР имеет ещё 4 промежуточных срока наблюдения, а на некоторых станциях наблюдают даже ежечасно. Это обеспечивает весьма подробную информацию о погоде.

Наблюдения начинаются за двадцать минут до наступления стандартного срока. Записывается дальность горизонтальной видимости, определяется высота нижней границы облаков, отмечаются скорость и направление ветра, форма и количество облаков и различные атмосферные явления (дождь, гроза, снег, метель, туманы, гололёд, пыльная буря и др.). Ровно в срок отсчитываются температура и влажность воздуха. После этого измеряются осадки. Наблюдатель возвращается в помещение станции и отсчитывает по барометру давление атмосферы. Все операции рассчитаны по минутам, так чтобы через 20 минут после срока наблюдения закончить предварительную обработку данных, зашифровать их сжатым цифровым кодом и отправить по телеграфу в адрес радиометеорологического центра.

Телеграммы в радиометеорологические центры идут как весьма срочные, и оттуда через 40 минут начинается передача метеорологических сводок по радио. Этими сводками могут пользоваться любые прогностические органы как в СССР, так и за рубежом; их могут принять по радио и совершающие плавания корабли и самолёты, находящиеся в воздухе.

Если нужны данные для составления карты погоды северного полушария, то принимают метеосводки как от радиометцентров СССР, так и от нескольких радиометцентров Западной Европы,

Африки, стран Ближнего Востока, Индии, Китая, Америки и т. д. Через три — четыре часа после того, как произведены наблюдения, можно собрать в одном месте данные по всему полушарию.

Вторым видом наблюдений, материал которых используется для предсказания погоды, являются аэрологические наблюдения. При помощи их мы узнаём о распределении давления, температуры, влажности воздуха и ветра на высотах в свободной атмосфере, или, иначе говоря, в тропосфере (до 10—12 км) и стратосфере (выше 10—12 км). Аэрологические наблюдения производятся сетью специальных станций.

Ежедневно утром и вечером десятки самолётов поднимаются в разных пунктах СССР, неся на себе самопишущие приборы и наблюдателей. Подъёмы совершаются до высоты 5—7 и даже 10 км.

Кроме того производится исследование атмосферы посредством радиозондов — особых приборов, изобретённых советскими учёными. Прибор поднимается на резиновой оболочке, наполненной водородом, фиксирует давление, температуру и влажность воздуха и при помощи маленького радиопередатчика подаёт сигналы, которые принимаются на станции. Радиозонды поднимаются обычно на высоту 15—20 км, а некоторые даже на 25—28 км. Наибольшей высоты достиг радиозонд, выпущенный в Москве в Центральной аэрологической обсерватории в 1946 году — 36,2 км. Так высоко не поднимался ни один радиозонд в мире.

Таким образом радиозонды позволяют получать сведения о состоянии стратосферы.

Помимо этих исследований производятся также шаропилотные наблюдения. С их помощью определяют направление и скорость ветра на различных высотах. Небольшая резиновая оболочка, наполненная водородом, выпускается в свободный полёт. За её движением следят в специальные приборы — теодолиты. Шар поднимается с постоянной скоростью. Измерив углы, под которыми он виден в теодолит, можно рассчитать величину сноса шара ветром и таким образом определить ветер на высотах.

Колоссальный материал наблюдений надо быстро собрать в бюро погоды и обработать, пока он не устарел: ведь погода меняется непрерывно. Бюро погоды — это сложный механизм, работающий круглые сутки. Каждое бюро погоды пропускает ежедневно до четырёх — пяти тысяч метеорологических и аэрологических телеграмм. Здесь осуществляется непрерывное прослеживание за всеми изменениями погоды на большом пространстве — от целых континентов до всего северного полушария.

Как же обрабатывается этот большой материал? Разумеется, если бы синоптик начал читать подряд все 4000 сводок, пытаясь сделать из этого какие-то выводы, он неизбежно запутался бы. Вот тут и приходит на помощь синоптический принцип.



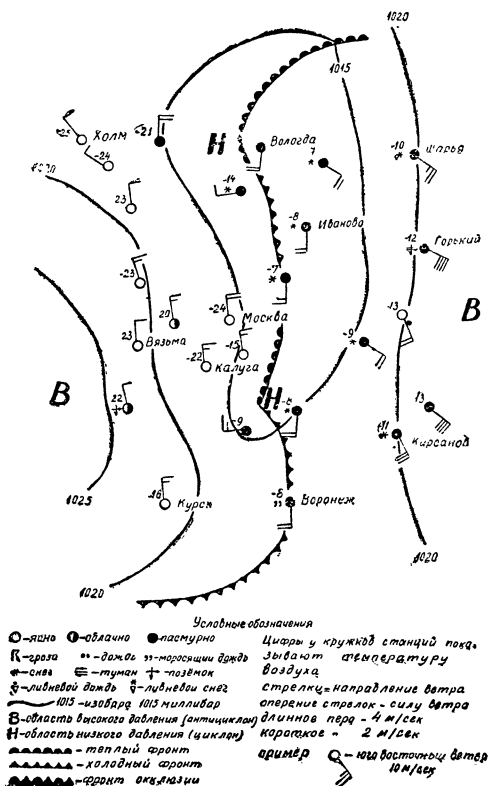


Рис. 1. Карта погоды.

небольшом снегопаде. Температура здесь — минус 7° — минус 13°. Границы между холодным и тёплым воздухом — фронты — обозначены линиями с орнаментами. Условные знаки объяснены на чертеже.

## Воздушные массы

Рассмотрим теперь карту погоды, охватывающую более обширную территорию (рис. 2).

В одних районах, как, например, в Поволжье и Западном Казахстане, с юга и юго-востока притекает сравнительно тёплый воздух, погода пасмурная, но без осадков. Граница этого воздуха на севере отмечена линией с полукругами. Над Кавказом всюду, где проставлены точки, находится ещё более тёплый воздух, с температурами 11°—14°. Здесь преобладает ясная погода. В других районах, например, над Западной и Восточной Сибирью, происходит холодное вторжение. Морозный сухой воздух распространяет-

Наблюдения метеорологических станций наносятся на бланк географической карты условными значками. Рис. 1 даёт нам пример такого изображения погоды на карте для территории Московской и соседних с нею областей за вечер 7 февраля 1947 года. Карта показывает, что к западу от меридиана Москвы наблюдается ясная, морозная погода в холодном воздухе, притекающем с северо-запада. Температура здесь — минус 20° — 25°. Напротив, юго-восточные ветры, отмеченные в правой половине чертежа, приносят слабо-

морозную, пасмурную погоду при

ся к юго-востоку. Граница его наступления указана линией с треугольниками. Менее холодный воздух, но с сильными северными ветрами охватил Украину и т. д.

Приведённые примеры показывают, что на карте погоды можно обнаружить тёплые и холодные, сухие и влажные воздушные массы, занимающие обширные пространства.

В процессе движения в результате изменения физико-географических условий воздушные массы постоянно меняют свои физические свойства — температуру, влагосодержание и прозрачность. На языке синоптиков это изменение свойств называется трансформацией воздушных масс.

Массы воздуха, перемещающиеся в течение 3—4 дней над поверхностью океана, приобретают иную температуру, влагосодержание и прозрачность, чем массы воздуха, пребывающие такое же время над материком. Наиболее быстрое изменение свойств воздушной массы происходит летом при её переходе с относительно холодного океана на прогретую поверхность материка и зимой — с охлаждённого материка на тёплую поверхность океана.

В обоих случаях происходит прогревание нижних слоёв воздуха от поверхности, над которой движется воздух, и постепенное распространение тепла вверх благодаря перемешиванию нижних слоёв с верхними. Охлаждение воздуха происходит вследствие

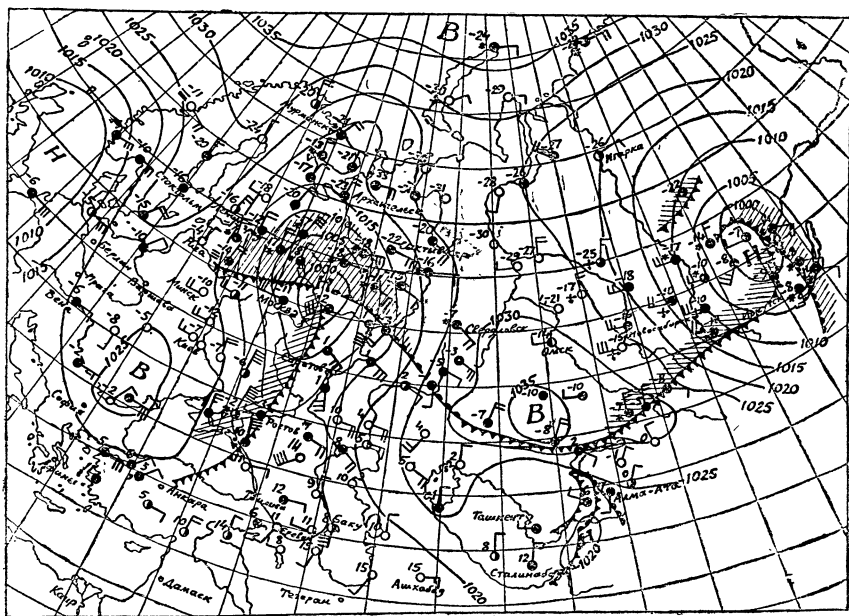


Рис. 2. Карта погоды за 13 час. 27. II. 1947 г.

передачи тепла нижними слоями воздуха поверхности, над которой он перемещается. В этом случае перемешивание верхних слоёв с нижними затруднено. Следовательно, охлаждение проникает в вышележащие слои медленнее, чем прогревание.

Перенос воздуха по меридиану даже над сравнительно однородной поверхностью (океаном и сушей) сопровождается значительным изменением температуры благодаря различным тепловым условиям поверхности земли.

Охлаждение воздушной массы всегда происходит тем быстрее, чем больше разность температуры между нижними слоями воздуха и земной поверхностью. Изменение свойств воздушной массы заметно сказывается и на характере погоды. При этом изменение погоды в значительной мере зависит и от того, откуда данная воздушная масса поступает, как и куда она перемещается и в какое взаимодействие вступает с ранее находившимися на рассматриваемой территории воздушными массами.

Увеличение или уменьшение температуры и влажности в нижнем (приземном) слое воздуха, о которых можно судить по наблюдениям метеорологических станций, не всегда бывают показательными для вышележащих слоёв. Аэрологические наблюдения позволяют более полно судить об изменениях температуры и влагосодержания воздушной массы во всех слоях тропосферы (до высоты 9—12 км). Это очень важно для предсказания погоды, потому что температура и влажность в свободной атмосфере изменяются не только благодаря прогреванию и охлаждению от поверхности земли, но также и вследствие неодинаковых скоростей перемещения воздушного потока на разных высотах.

Наряду с таким тонким анализом изменений свойств воздушной массы важно проследить, из каких районов она перемещается, чтобы судить, будет ли воздушная масса прогреваться, попадая на материк, или, наоборот, охлаждаться.

В службе погоды принято различать воздушные массы прежде всего по географическим особенностям района, где та или иная масса, перемещаясь, приобретает свои главные свойства. Различают арктический воздух, воздух умеренных широт и тропический (точнее субтропический) воздух. Эти три главных типа воздушных масс подразделяются на морские и континентальные.

Если воздушная масса несколько дней медленно перемещается по арктической области, примерно севернее широт 65—70°, она приобретает очень характерные свойства. В такой массе сравнительно мало водяных паров, особенно зимою, и воздух этот слабо запылён. Подобную массу называют арктическим воздухом.

Вторжение арктического воздуха в более южные широты приносит зимой сильные морозы, весной и ранней осенью — заморозки, а летом — прохладную погоду. Нередко весной в арктическом воздухе, поступившем в Европейскую часть СССР с Гренландского и Баренцова морей, в дневные часы развиваются

кучево-дождевые облака, которые вызывают непродолжительное выпадение снега несколько раз на день. Арктический воздух легко отличить не только по низкой температуре, но и по большой прозрачности воздуха, когда становятся видимыми весьма удалённые предметы, а небо делается яркосиним. В арктическом воздухе мало атмосферных разрядов, поэтому радиоприём бывает чистым.

Воздух умеренных широт на всей территории СССР, исключая арктические и южные районы, является преобладающей воздушной массой. Непосредственно над территорией СССР формируется континентальный воздух умеренных широт, тогда как с запада, с Атлантического океана, к нам приносится морской воздух умеренных широт. Континентальный воздух отличается летом тёплой, но не жаркой погодой с кучевыми облаками, иногда с ливневыми осадками. Он несёт нам тип обычной, без резких изменений, погоды.

Зимой при устойчивой погоде в результате выхолаживания над снежным покровом температуры в континентальном воздухе умеренных широт могут опускаться в районах Европейской части Советского Союза до минус  $15^{\circ}$ — $25^{\circ}$ , а в Сибири ещё ниже — до минус  $30^{\circ}$ — $35^{\circ}$ . Самые сильные сибирские морозы — до минус  $50^{\circ}$ — $60^{\circ}$  — наблюдаются также в континентальном воздухе умеренных широт. Но и в этом случае мы не называем его арктическим воздухом, так как сильное выхолаживание наблюдается только в самом нижнем слое атмосферы, а с подъёмом температура возрастает.

Такое распределение температуры называется *приземной температурной инверсией*. Она охватывает слой в несколько сот метров, выше которого температура, как всегда, убывает. В Сибири в сильные морозы инверсия охватывает слой воздуха до 1—1,5 км и даёт повышение температуры на  $15^{\circ}$ — $20^{\circ}$ . Зимние инверсии температуры в Москве, например, слабее, но во всяком случае верхние этажи высотных зданий столицы при устойчивой морозной погоде будут окружены более тёплым воздухом, чем нижние.

Благодаря этим инверсиям воздух нижних слоёв, как более тяжёлый, не перемешивается с воздухом свободной атмосферы. Поэтому в нём задерживаются различного рода пыль, дым и т. д. Прозрачность континентального воздуха умеренных широт по сравнению с арктическим воздухом понижена, в нём нередко наблюдаются утренние туманы или дымка.

Морской воздух умеренных широт, вторгаясь с запада на материк, приносит с собою также весьма характерную погоду. Летом наступает небольшое похолодание, небо покрывается кучевыми и кучево-дождевыми облаками, из которых выпадают ливневые дожди, сопровождающиеся грозами. В целом наблюдается прохладная влажная погода. Особенно отчётливо это выражено

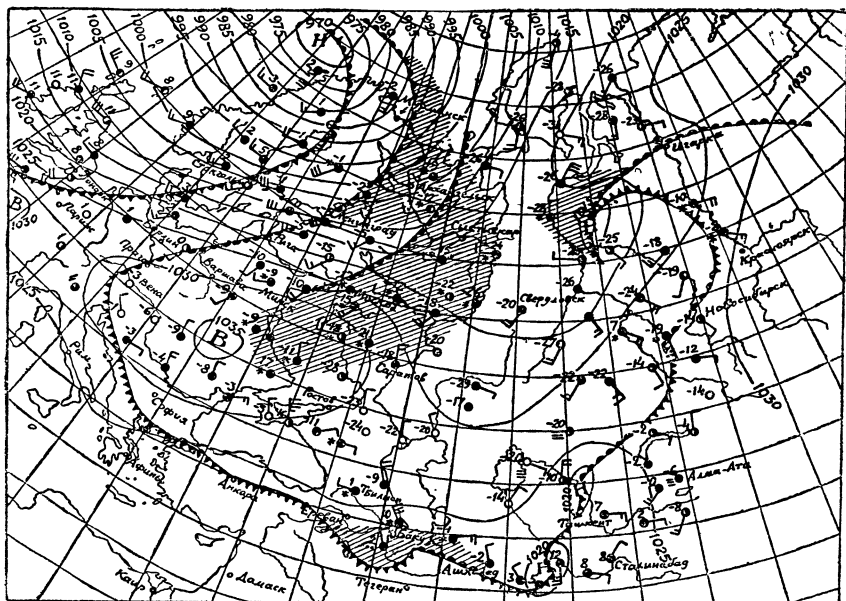


Рис. 3. Карта погоды за 9 час. 14. II. 1949 г.

в западных областях нашей страны. Зимой же, вследствие того, что континент охлаждён, а океан относительно тёплый, морской воздух умеренных широт вызывает мягкую пасмурную погоду с туманом, морсящим дождём или слабой снежной крупой, нередко оттепель. Мощные, часто повторяющиеся вторжения морского воздуха могут обусловить тёплую зиму, как это было, например, зимой 1948—1949 года.

В качестве примера распространения морского воздуха умеренных широт на восток рассмотрим ещё две карты погоды. На первой из них за 9 часов 14 февраля 1949 года (рис. 3) мы видим, как через северо-запад Европы начинается приток в СССР тёплого морского воздуха. Границей распространения свежих масс этого воздуха служит линия, отмеченная полукругами и треугольниками. Между этой линией и соседней с нею к востоку располагаются прежние массы морского воздуха, уже несколько охлаждённого. Ещё восточнее расположен арктический воздух, которым охвачены Европейская часть Советского Союза и Западная Сибирь. Распространяясь на восток над этим арктическим воздухом, тёплый морской воздух создаёт довольно широкую зону обложных осадков, заштрихованную на рисунке.

На рис. 4 приведена такая же карта за 15 часов 18 февраля 1949 года, т. е. показана погода через 102 часа. Оттепель подбиралась уже к Предуралью и Поволжью. Эти районы охвачены

метелями, вызванными сильным ветром. Значительно потеплело во всех районах, расположенных к юго-востоку. Что же касается районов, занятых морским воздухом, то здесь температура поднялась до 2—5 градусов тепла, и на обширной территории стоит отличная погода.

Морской воздух может далеко распространяться на восток, в Западную Сибирь и даже за Енисей. Правда, оттепелей в этих районах он уже не вызовет, так как по пути успевает значительно охладиться, но всё же погода здесь становится теплее.

Воздушные массы не являются чем-то постоянным. В процессе движения и перехода из одних физико-географических условий в другие воздушные массы изменяют свои физические свойства, или, как принято говорить на языке синоптиков, трансформируются. Так, арктический воздух, продвигаясь в более южные широты, может трансформироваться в воздух умеренных широт или в воздух субтропических широт. И наоборот, субтропический воздух при подходящих условиях трансформируется в какую-либо другую холодную воздушную массу.

Несколько слов о субтропическом воздухе, который часто не совсем правильно называют тропическим. В СССР встречается преимущественно континентальный субтропический воздух. Он приобретает характерные свойства в южных районах, летом юж-

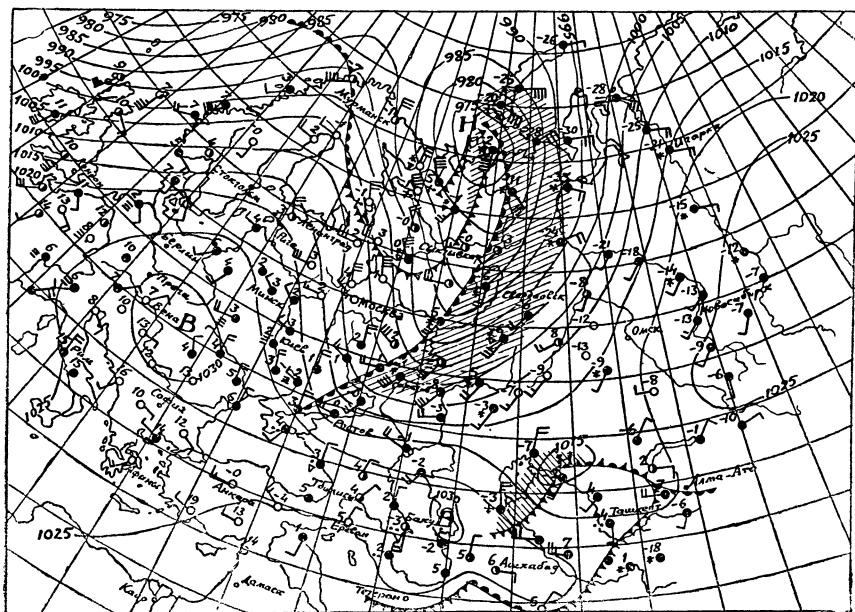


Рис. 4. Карта погоды за 15 час. 18. II. 1949 г.

нее широт 40—45°, а зимой южнее широт 30—35°. Это самый тёплый или жаркий воздух. Типичным в этом отношении является летний воздух среднеазиатских пустынь и западноказахстанских степей. Притекая оттуда, например, в южные области Европейской части Советского Союза, он приносит жаркую, сухую погоду, сопровождающуюся суховеями и мглой. Континентальный субтропический воздух сильно запылён и имеет пониженную прозрачность.

Морской субтропический воздух, а иногда и тропический воздух — тёплый и очень влажный — встречается в приморских южных районах нашей страны, например, в Черноморье или на Дальнем Востоке.

Таковы вкратце черты основных воздушных масс, приобретающих характерные свойства над обширными континентальными просторами СССР и омывающими его океанами.

### Атмосферные фронты

Познакомимся теперь с другими важными объектами тропосферы — а т м о с ф е р н ы м и ф р о н т а м и.

На предыдущих синоптических картах мы видели границы воздушных масс, нанесённые линиями с различной орнаментовкой.

Линия с полукругами отмечает границу, вдоль которой продвигается вперёд тёплый воздух, — это т ё п л ы й ф р о н т. Линия с треугольничками обозначает границу наступления холодного воздуха — это х о л о д н ы й ф р о н т. Но и тёплый и холодный фронты не просто линии. Они имеют определённое строение, обладают известной пространственной протяжённостью.

Когда по соседству находятся движущиеся воздушные массы различной температуры, то холодный воздух, как более тяжёлый, располагается клином под тёплым.

При вторжении тёплой воздушной массы в область холодной происходит следующее. Тёплый воздух скользит по очень пологому клину холодного воздуха, продвигаясь вперёд и постепенно поднимаясь. На рис. 5 приведена типичная картина распределения течений, облачности и осадков на тёплом фронте.

Поднимаясь, воздух расширяется и охлаждается. Содержащиеся в нём водяные пары конденсируются в облака. На высоких уровнях, где температура всегда ниже нуля и водяных паров немного, образуются нежные, прозрачные, волокнистые, с шелковистым блеском, облака из ледяных кристалликов, так называемые перистые или перисто-слоистые. На более низких уровнях облака состоят из водяных капелек или из смеси водяных капелек и снежинок. Эти облака на тёплом фронте имеют слоистую форму, так как образуются над обширными площадями вследствие постепенного восходящего движения тёплого воздуха.

Проследим картину приближения тёплого фронта.

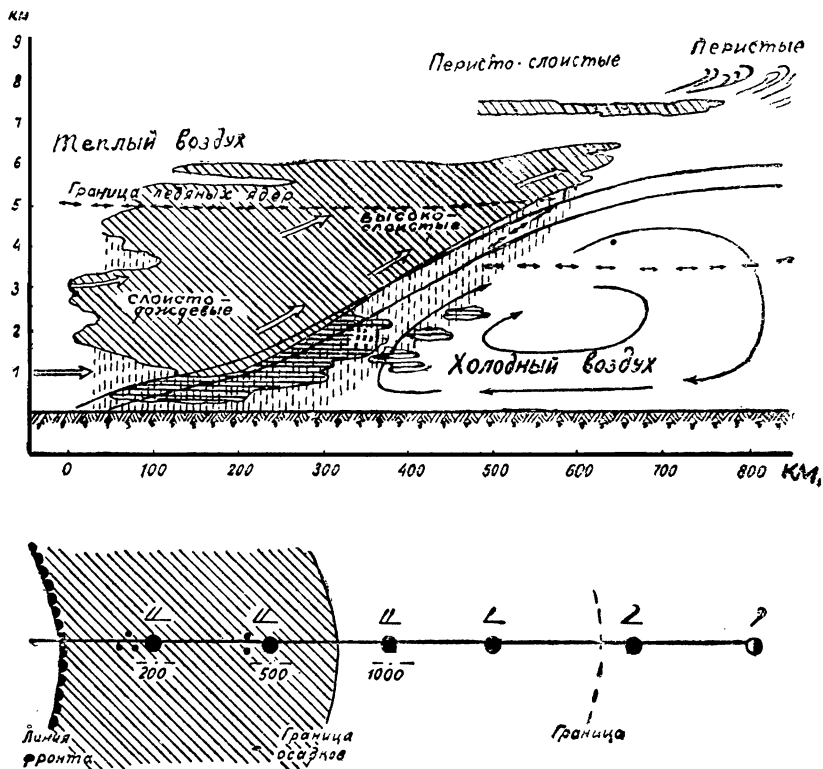


Рис. 5. Схема типичного тёплого фронта.

Сначала появляются перистые облака, находящиеся на высоте 7—8 км и на расстоянии в среднем 800 км от линии фронта у земли. Это первые предвестники изменения погоды. Признак этот особенно надёжен в тех случаях, когда облака, появившись в западной половине горизонта, сравнительно быстро продвигаются вперёд и число их возрастает, сменяясь в дальнейшем пеленой перисто-слоистых. Такую тонкую пелену легко узнать по явлениям гало — большим светлым радужным кругам около Солнца или Луны.

Вскоре пелена уплотняется и темнеет. Появляются высоко-слоистые облака (выше 2,5 км), сначала прозрачные. Чем ближе линия фронта, тем плотнее становятся облака. Солнце просвечивает еле-еле. Высоко-слоистые облака превращаются в слоисто-дождевые (ниже 1,5 км). Ветер крепчает и меняет направление. Облака продолжают сгущаться, начинаются осадки: дождь, если температура выше нуля, или снег, если ниже нуля.



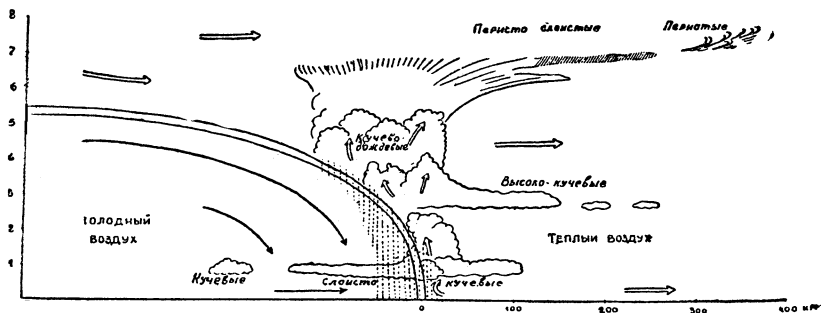


Рис. 6. Схематический профиль типичного холодного фронта.

Под поверхностью тёплого фронта располагаются ещё разорванные облака плохой погоды, которые образуются в зоне осадков, начиная с высот 200—300 м, а иногда и ниже 100 м над поверхностью земли (показаны на схеме). С тёплым фронтом связаны длительные обложные осадки. Они продолжаются до тех пор, пока вся система фронта не пройдёт через место наблюдения. Прохождение фронта отмечается прекращением осадков, поворотом ветра от юго-восточного или южного направления к юго-западному или западному и быстрым потеплением.

В нижней части рис. 5 дана в плане последовательность облаков на тёплом фронте, причём формы облаков и дождь показаны условными значками, как на карте погоды. Под кружками станций отмечена цифрами высота нижней границы облаков над поверхностью земли.

Иной облик имеет погода при прохождении холодного фронта.

Наступающие массы холодного воздуха, как более тяжёлые, подтекают под движущийся впереди тёплый воздух и энергично вытесняют его вверх. Возникающие при этом мощные восходящие токи приводят к образованию преимущественно кучевой облачности (рис. 6). Из кучево-дождевых облаков выпадают ливни, град, сопровождающиеся грозой, дуют сильные порывистые ветры. Явления эти протекают очень бурно.

Приближение холодного фронта заметно по быстрой смене облачных форм на небе: вскоре после первых перистых и перисто-слоистых облаков появляются обрывки высоко-кучевых облаков, имеющих чечевицеобразную форму. Затем высоко-кучевые облака сливаются в один слой, и на горизонте поднимается сплошная тёмная стена кучево-дождевых облаков. Она приближается, ветер у земли стихает, хотя наверху заметно быстрое беспорядочное движение облачных масс. Налетает шквал, разражается ливень с грозой, а зимой густой снегопад. Через 20—30 минут осадки прекращаются, облачность разрывается, и появляются просветы голубого неба. Наступает резкое похолодание, ветер приобретает

северо-западное или северное направление, давление быстро растёт. Это означает, что фронт миновал и установилась погода пришедшей холодной воздушной массы.

Итак, наиболее заметные и быстрые перемены погоды связаны с прохождением атмосферных фронтов. Поэтому синоптику приходится особенно тщательно анализировать те участки карты, где проходит граница воздушных масс различных свойств.

С возрастанием разности температур между холодной и тёплой воздушными массами фронты становятся резче выраженными, свойственные им процессы развиваются интенсивнее. Наоборот, фронты будут размываться и ослабевать, если уменьшаются температурные различия граничащих воздушных масс. Синоптик должен заранее предусмотреть характер будущего изменения фронтов при их движении над определёнными территориями, так как от этого будет зависеть правильность предсказания погоды.

Имеется ещё и третий важный тип фронтов. Это фронт окклюзии. Окклюзией называется смыкание тёплого и холодного фронтов. Подробнее о фронте окклюзии будет рассказано ниже. На картах погоды он обозначается линией с треугольничками и полукругами.

### Циклоны и антициклоны

Воздушные массы и разделяющие их фронты распространяются и изменяются не произвольно, а в определённых системах движения воздуха или, как говорят, системах циркуляций. Рассматривая карты погоды, можно обнаружить две главные системы циркуляций (вращательных движений): циклоны и антициклоны.

На карте погоды за 21 час 12 декабря 1948 года (рис. 7), как и на всех предыдущих картах, проведены линии одинакового давления воздуха — изобары. Над Западной Сибирью изобары замыкаются, причём к центру этой системы изобар давление уменьшается. Если мы обратимся к направлениям ветра, то увидим существование воздушного вихря с вращением воздуха против часовой стрелки.

Такая область воздуха, захваченная вихрем с пониженным давлением в центре, называется циклоном (циклоны можно видеть также и на рис. 2; центр первого находится в районе Москвы, а второго — северо-западнее Байкала).

На другой карте за 9 часов 14 декабря 1948 г. (рис. 8) на юге Восточной Европы также показаны замкнутые изобары. Но здесь давление к центру системы повышается, а ветры указывают на существование воздушного вихря с вращением воздуха по часовой стрелке. Это антициклон.

Чтобы понять, как участвуют в циклонах и антициклонах, в этих главных системах циркуляций, воздушные массы и фронты, рассмотрим образование и развитие циклонов и антициклонов.

Циклоны умеренных и высоких широт почти всегда появляются на атмосферных фронтах. Лишь в гористой местности циклоны

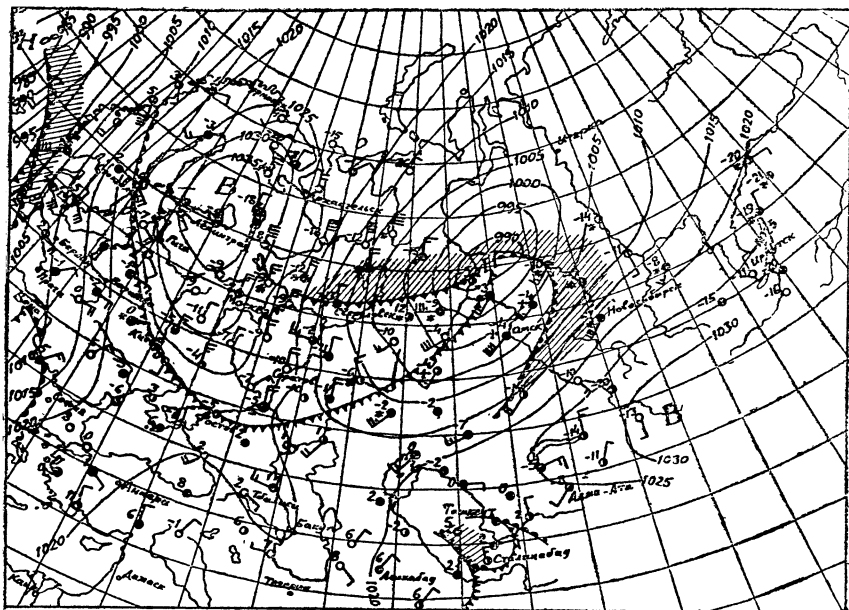


Рис. 7. Карта погоды за 21 час. 12. XII. 1948 г.

нередко возникают впереди приблизившегося к горной цепи фронта. Циклоны образуются, когда разность температуры воздуха по обе стороны от фронта убывает по направлению перемещения тёплой воздушной массы. При этом условии, как показали советские учёные, возможно падение давления, необходимое для развития циклона.

На рис. 9 схематически показаны различные стадии развития циклона.

В начальном положении вдоль малоподвижного фронта у поверхности земли с одной стороны течёт тёплый воздух (на рис. 9 «а» — двойная стрелка) и с другой стороны — холодный воздух (одинарная стрелка). Затем вследствие падения давления в зоне фронта и образования небольшой области пониженного давления устанавливается характерное для циклона направление ветров и перемещение воздуха против вращения часовой стрелки. При этом на карте погоды обычно обнаруживается первая замкнутая овальная изобара, очерчивающая область пониженного давления. В нижних слоях атмосферы (до высоты 1 км) к центру этой области устремляется воздушный поток. Благодаря этому на фронте появляется изгиб в сторону холодного воздуха — так называемое волновое возмущение (рис. 9 «б»).

В области, захваченной циклоном, возникает язык тёплого воз-

духа, который и создаёт изгиб фронта в сторону холодного воздуха. Одновременно появляются участок тёплого и участок холодного фронта, с характерными для них зонами облаков и осадков. Такова картина на высотах 2—3 километров.

Выше трёх километров над зародившимся циклоном ещё не будет замкнутого вихря. Здесь, напротив, господствуют слабо расходящиеся воздушные течения, направленные примерно вдоль фронта у земли, как течёт тёплый воздух. Эти течения, распространяющиеся во всей толще тропосферы, и определяют направление движения возникшего циклонического возмущения с волной на фронте. Впоследствии также приблизительно в направлении высотных течений тропосферы будет перемещаться циклон. Поэтому общее, согласованное движение воздуха, охватывающее средние слои тропосферы (3—5 км над уровнем моря), называется ведущим потоком. Перемещение воздуха в верхней части тропосферы (выше 5 км) и в нижнем слое стратосферы (до высоты 20 км) также происходит в направлении, близком к направлению ведущего потока.

Вообще для циркуляции атмосферы на земном шаре наиболее характерен перенос воздуха с запада на восток. Этим и объясняется тот известный факт, что «погода идёт с запада». Но в каждом конкретном случае направление ведущего потока над определённой территорией может отклоняться от западного.

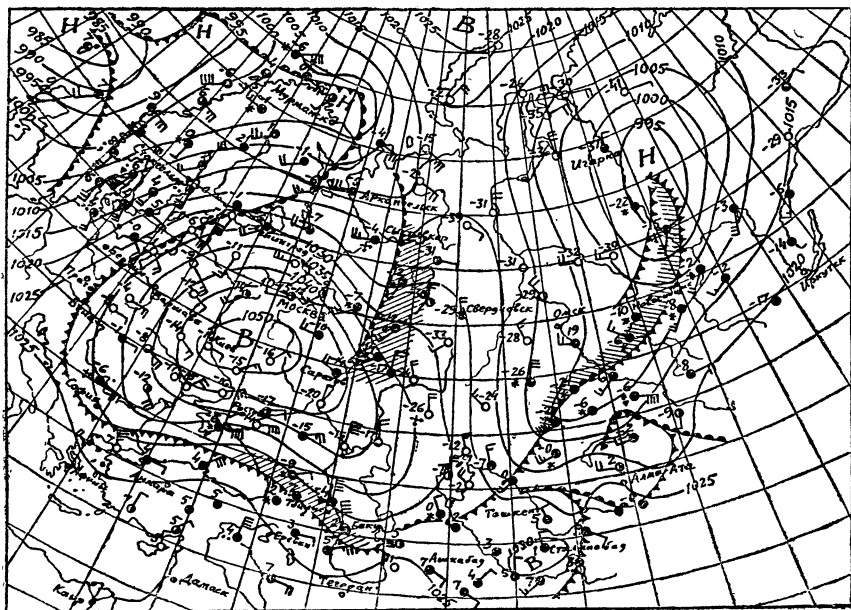


Рис. 8. Карта погоды за 9 час. 14. XII. 1948 г.

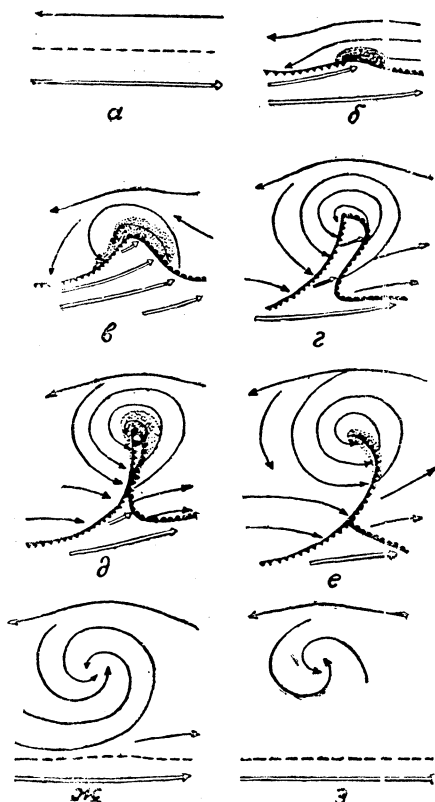


Рис. 9. Схема развития циклона.

Циклон развивается, ветры в захваченной им зоне усиливаются. Скорость движения его возрастает до тех пор, пока в нём существует тёплый сектор, так как сюда устремляется холодная воздушная масса, которая усиливает энергию движения в циклоне. Но наступает время, когда холодный фронт циклона смыкается с тёплым (рис. 9 «д»). Это стадия окклюзии циклона. Сомкнувшиеся тёплый и холодный фронты образуют так называемый фронт окклюзии. Циклон достиг наибольшего развития. Тёплый воздух уходит вверх. Разница температур, существовавшая между холодными потоками и тёплым сектором, исчезает. Циклон начинает угасать (рис. 9 «е», «ж» и «з»).

Циклоны бывают различных размеров: от нескольких сот до 2—3 тысяч километров в поперечнике. Молодые циклоны движутся быстро, перемещаясь за сутки в среднем на 800—1000 километров. Наличие деятельных фронтов в циклоне с их зонами облаков и осадков определяет в нём неустойчивую, ветреную, пасмурную по-

Вернёмся к развитию циклона. Возникшее возмущение быстро движется, растёт, и через какие-нибудь 6—9 часов появляется молодой циклон (рис. 9 «в» и «г») с хорошо развитым тёплым и холодным фронтами. Давление в центре понизилось, наместились 2—3 замкнутые изобары ветры усилились, а направление течений в нижних слоях атмосферы, как показывают стрелки на рисунке обнаруживает ясно выраженный циклонический вихрь.

Теперь в систему циклонической циркуляции вовлекаются уже средние слои тропосферы. На более высоких уровнях вместо замкнутых изобар наблюдается лишь изгиб течений, отклоняющихся к югу в тыловой части циклона и к северу — в передней части. Благодаря этому искривлению ведущего потока циклон несколько смещается в северо-восточном направлении.

году с дождями или снегопадами, с резкими колебаниями температуры.

Одновременно с развитием циклона в его тылу, там, где затекает холодный воздух и разность температур между холодным и тёплым воздухом в зоне фронта увеличивается, наблюдается рост давления и возникает антициклон. Наглядный пример развития антициклона мы видим на рис. 7 и 8. Рис. 7 показывает, что в тылу западносибирского циклона в арктическом воздухе в северозападных районах Европейской части Советского Союза появился антициклон. Давление в его центре повышенное — более 1035 миллибар<sup>1</sup>. На рис. 8 видно, что антициклон спустился к югу одновременно с продвижением туда арктического воздуха, разросся и усилился. Давление в его центре возросло до 1050 миллибар. Перемещение антициклона происходило по направлению ведущего потока, господствовавшего на уровне примерно 5 километров. В антициклонах воздух, кроме горизонтального движения, перемещается ещё и вниз.

Погода в антициклоне обычно устойчивая, малооблачная, сухая, со слабыми ветрами. Антициклоны перемещаются медленнее циклонов и больше их по размерам. Нередко они задерживаются в одном месте. В этом случае летом, вследствие солнечного прогрева, погода становится жаркой и сухой, а зимой, наоборот, происходит выхолаживание, усиливаются морозы.

Но иногда осенью и в начале зимы в малоподвижных антициклонах бывает плохая погода: сплошные туманы, стелющаяся над землёй слоистая облачность, моросит дождь или выпадает слабый снег.

### Принципы предсказания погоды

Рассмотрим теперь принципы, на которых строится предсказание погоды на сутки вперёд.

В настоящее время прогноз погоды составляется на основе приближённых расчётов, которые позволяют по исходным данным определить положение циклонов, антициклонов и фронтов на следующие сутки. Затем определяется ожидаемое изменение в распределении температуры и влажности воздуха до высоты 5 километров. Наконец, делаются заключения о вероятности изменения облачности, выпадения осадков и определяются другие ожидаемые элементы погоды.

В данной лекции мы не имеем возможности рассказать о всех расчётах, производимых синоптиком, и ограничимся лишь изложением общей схемы предсказания погоды.

Если в пункте или районе, по которому нужно дать прогноз, прохождение фронтов и смена воздушных масс по расчётам не ожидаются и система циркуляции (перемещения) воздушных масс

---

<sup>1</sup> Миллибар — единица давления воздуха, соответствует 0,75 миллиметра ртутного столба.

не изменится, то характер погоды останется почти без перемен. Синоптик должен учесть только суточный ход температуры, облачности и ветра. Надо будет внести лишь небольшие изменения в температуру (на  $1\text{--}2^\circ$ ), если воздух прогревается, как это обычно бывает летом, или выхолаживается — зимой. Нужно также подумать о возможности выпадения ливневых осадков, если для погоды характерно развитие кучевой облачности. На этом составление суточного прогноза и заканчивается.

Иначе обстоит дело в том случае, когда ожидается смена воздушных масс. Предположим, требуется дать прогноз погоды по Саратову, имея исходные данные, нанесённые на карту за 15 часов 18 февраля 1949 года (рис. 4).

Развитие атмосферных процессов представляется здесь довольно просто: с запада распространяется тёплый морской воздух. Следовательно, здесь, вообще говоря, можно ожидать наступления оттепели, и ошибки в таком прогнозе не будет. Но чтобы предвидеть изменение погоды во времени подробнее, в деталях, придётся рассчитать, с какой скоростью движется тёплый фронт и когда он пройдёт через Саратов.

Если тёплый фронт движется приблизительно равномерно, то, зная его положение 12 или 6 часов назад, нетрудно вычислить среднюю скорость движения фронта. Теперь легко определить, в какое время он пройдёт район Саратова. Допустим, что скорость фронта равна 15 км/час. Расстояние до Саратова от места нахождения фронта на 15 часов 18 февраля 1949 г. (рис. 4) — 100 километров. Очевидно, фронт пройдёт через Саратов приблизительно через 6 часов, т. е. в 21 час, и, следовательно, прогноз погоды на ночь можно дать такой:

Ночью пасмурно, прекращение снегопада после 21 часа, ослабление ветра до умеренного с переходом на северо-западное направление. Оттепель. Температура около нуля.

Значительно труднее дать более подробный прогноз погоды во времени, если движение фронта замедляется или ускоряется. Синоптик должен будет установить причины, которые изменяют скорость распространения фронта, и определить, сохранятся ли они в дальнейшем.

Что же влияет на скорость движения фронта? Она зависит от скорости течений в воздушных массах, разделяемых фронтом. А скорость течений в приведённом примере, где потоки западные, определяется разностью давлений между северными и южными широтами (см. карту). Чем эта разность больше, тем течение сильнее.

Представим себе, что давление на севере падает, а на юге остаётся прежним. Тогда разность давлений между севером и югом возрастает и скорость перемещения фронта будет увеличиваться. То же самое произойдёт, если давление на юге начнёт расти, а на севере останется без перемен или же на севере будет падать и одно-

временно подниматься на юге. Обратные комбинации в изменении давлений замедлят наступление фронта. Синоптик должен разобратся во всех этих явлениях, оценить их влияние на скорость движения фронта и в соответствии с этим детализировать прогноз погоды.

Однако прогноз погоды в нашем примере усложняется не только тем, что движение фронта может замедляться или ускоряться. Есть и другие трудности. Так, например, с возрастанием скорости движения фронт теряет свою резкость, размывается. Это приводит к ослаблению осадков, к менее резкому изменению температуры при прохождении фронта и к некоторым другим побочным явлениям.

Мы видим, что даже для такого простого случая развития процессов в атмосфере, как в нашем примере, может оказаться трудной разбивка прогноза по частям суток, хотя общий характер изменения погоды — наступление оттепели — и не вызывает сомнения.

Рассмотрим пример более сложных и резче меняющихся атмосферных процессов.

Попробуем составить прогноз погоды по карте за 13 часов 27 февраля 1947 года (рис. 2). Нужно дать прогноз по Сыктывкару на следующий день. Карта показывает, что на 200 км северо-восточнее Москвы расположен центр циклона, с фронтами которого связаны широкие зоны осадков и пасмурная погода.

На рис. 10 приведена карта распределения воздушных течений и температур на уровне 3 километров. Цифрами справа от каждого кружочка станции нанесены по аэрологическим наблюдениям высоты над уровнем моря в метрах, на которых величина атмосферного давления составляет 700 миллибар. Вверху, слева от кружков, проставлены значения температур воздуха на этих высотах. Стрелками указано направление ветра (так же как и на картах погоды), поперечными чёрточками — скорость ветра в км/час (длинная чёрточка — 20 км/час, короткая — 10 км/час). Сплошными линиями соединены точки равных высот, где давление одинаково (в данном случае равно 700 миллибар). Как видно из рисунка, направление линий равных высот совпадает с направлением ветра на уровне 3 километров. Сравнивая карту погоды у поверхности земли (рис. 2) с картой воздушных течений и температур на уровне 3 км (рис. 10), можно заметить, что ведущий поток в верхних слоях атмосферы имеет направление с юго-запада на северо-восток.

Закключаем, что циклон будет перемещаться в направлении на Сыктывкар. В прогнозе на следующий день для этого пункта можно уверенно предсказывать пасмурную погоду со снегопадом. Но прогноз ветра и температуры трудно будет дать. Если центр циклона пройдёт несколько юго-восточнее Сыктывкара, то последний останется в холодном воздухе, резких колебаний температуры не произойдёт, и восточный ветер переменится на северо-восточный, се-



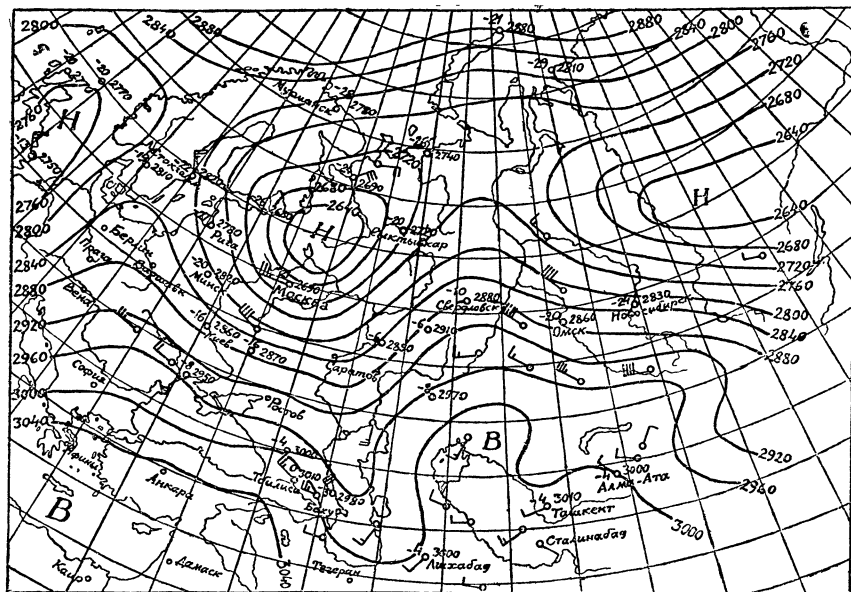


Рис. 10. Карта воздушных течений и температур на высоте 3 км за вечер 27. II. 1947 г.

верный — на северо-западный и, наконец, на западный в тылу циклона, когда циклон минует Сыктывкар.

Но совершенно иные условия погоды будут в том случае, если центр циклона пройдёт несколько северо-западнее Сыктывкара. Тогда сначала наступит резкое потепление, которое затем сменится значительным похолоданием после прохождения холодного фронта. Ветер же от восточного направления перейдёт к юго-восточному, южному и, наконец, к юго-западному.

Следовательно, даже при небольшом изменении направления движения циклона, предусмотреть которое заранее весьма трудно, существенно изменяются условия погоды в пунктах, вблизи которых пройдёт центр циклона. Поэтому в разбираемом случае в отношении ветра и температуры несравненно легче дать прогноз, например, по Свердловску или Архангельску.

Если бы мы всегда знали, с какими процессами в атмосфере имеет дело синоптик и насколько он уверен в своём прогнозе, — удовлетворение у нас было бы больше. Прослушав прогноз по радио, мы можем похвалить синоптика за хороший прогноз, когда с профессиональной метеорологической точки зрения хвалить абсолютно не за что, ибо процесс выражен чётко, протекает определённо, никаких колебаний относительно его будущего развития нет и уверенность в прогнозе стопроцентная. С другой стороны,

иногда мы готовы потребовать от синоптика такой детализации и определённости в прогнозе, которой пока ещё нельзя обеспечить.

В авиации, например, где к прогнозу предъявляются особые, очень строгие требования в смысле его подробности, пилот не просто получает прогноз, записанный в полётном бланке, а обязательно беседует с синоптиком. Делается это не для того, чтобы меньше ругали или больше хвалили синоптика, а для того, чтобы пилот знал, на каком участке пути условия погоды определённы и где неустойчивы. Зная причины возможных изменений погоды, лётчик найдёт правильное решение, если столкнётся в полёте с непредвиденными обстоятельствами.

Вообще надо отметить, что специализированное метеорологическое обслуживание, стоящее ближе к определённым задачам и к определённому производству, идёт успешнее, чем прогнозы, которые даются некоему безликому потребителю.

Рассмотренные ранее примеры показывают, что ошибки в прогнозах погоды возникают главным образом по двум причинам: вследствие неправильного учёта скорости перемещения и развития атмосферных объектов и в результате ошибки в оценке направления их движения.

Советская наука уверенно идёт по пути преодоления этих трудностей. Продолжая славные традиции отечественных метеорологов прошлого, советские метеорологи успешно решают поставленные перед ними задачи.

## **Развитие методики прогнозов погоды в СССР**

Отечественная метеорологическая наука всегда занимала ведущее положение. Русские учёные внесли большой вклад в науку о погоде и её предсказании.

Законы перемещения циклонов были достаточно хорошо изучены русскими метеорологами академиком М. А. Рыкачёвым, П. И. Броуновым и другими ещё в конце XIX столетия.

Выше мы познакомились в общих чертах со всеми главными особенностями атмосферных процессов, с которыми имеет дело современный метод анализа и прогноза погоды, так называемый фронтологический анализ. Этот метод анализа получил развитие в СССР с 1930 года прежде всего в трудах А. И. Аскания и С. П. Хромова. С этого же времени фронтологический анализ был внедрён в практику всей нашей службы погоды. Теоретические исследования условий образования и существования фронтов в атмосфере были выполнены советскими учёными академиком Н. Е. Кочиным, А. Ф. Дюбюком, М. И. Юдиным и другими.

Большая практическая работа по усовершенствованию и внедрению фронтологического анализа была проделана ведущими синоптиками нашей страны И. Г. Пчелко, С. М. Простяковым, В. А. Джорджио, И. В. Бут и многими другими. Но применение

этого метода не давало существенного улучшения предсказания погоды без фундаментальных теоретических исследований о причинах изменения атмосферного давления, с которыми связаны возникновение циклонов и антициклонов, смена направления перемещения воздушных масс и формирование атмосферных фронтов.

Эта задача была разрешена советскими учёными-метеорологами за последние 20 лет. В своих исследованиях они основывались на физических законах (гидромеханика и термодинамика атмосферы), опирались на изучение материалов вертикального зондирования атмосферы до высот 5—12 км (аэрологические наблюдения), полученных станциями Советского Союза и Западной Европы.

Большие перспективы синоптической метеорологии открыли работы лауреата Сталинской премии члена-корреспондента АН СССР проф. И. А. Кибеля. И. А. Кибель, возглавивший советскую школу теоретической метеорологии после смерти академика Н. Е. Кочина, применил законы гидромеханики к задачам синоптики. В 1940 году Кибель разработал новый метод предвычисления погоды.

В отличие от прежних способов, дававших лишь качественную оценку предстоящих перемен состояния погоды, метод проф. Кибеля позволяет рассчитывать по формулам количественные изменения основных элементов погоды — давления, температуры, ветра. Равным образом достаточно точно могут быть определены на основе нового метода будущие изменения в траектории циклона и антициклона, скорости их перемещения и т. д.

Исследования советских учёных в предвычислении погоды намного опередили работы зарубежных метеорологов, делающих в этом направлении только первые робкие шаги.

Больших успехов достигла творческая мысль наших учёных в области метеорологии, основанной на широком использовании аэрологических наблюдений. Выше говорилось о «ведущем потоке» — согласованном общем течении воздуха в средних слоях тропосферы (на высоте 3—5 км), определяющем движение низких циклонов, антициклонов и других систем давления. Понятие ведущего потока впервые было установлено советским аэрологом С. И. Троицким 20 лет тому назад. Наличие и поведение ведущего потока можно определить по аэрологическим данным.

Другой советский аэролог, В. М. Михель, в 1932 году показал, что сходимость (сближение) воздушных течений в тропосфере на высоте 2—6 км приводит к росту давления, а расходимость — к падению давления. Установление этого факта объяснило причины, содействующие развитию или ослаблению циклонов и антициклонов, и дало толчок к составлению и анализу высотных аэрологических карт. Такие карты для разных уровней наглядно изображают пространственное распределение давления, температуры и ветра (рис. 10).

Незадолго до второй мировой войны высотные аэрологические карты стали вводиться в Службе погоды СССР и некоторых других

стран. Однако настоящих успехов в применении аэрологических карт к прогнозам погоды достигла только советская синоптическая метеорология. Трудами наших учёных, в первую очередь Х. П. Погосяна и Н. Л. Таборовского, был разработан новый оригинальный метод анализа и прогноза атмосферных процессов. Успешно работали в этой области также Н. Н. Бызов, Ж. Д. Зубян, А. С. Зверев, З. Л. Туркетти и другие. В то же время зарубежные синоптики не пошли дальше установления некоторых разрозненных эмпирических правил прогноза погоды.

Новый метод анализа, опирающийся на аэрологические исследования, позволяет делать качественные выводы о распределении давления и температуры на различных высотах до 5 км, а следовательно, и об изменении характера атмосферных процессов. Вот почему построению и анализу аэрологических карт уделяется сейчас большое внимание и для этих целей работает широкая аэрологическая сеть.

Аэрологические карты составляются обычно для уровней 1, 3 и 5 км, а в последнее время — и для больших высот.

Приложение метода проф. Кибеля к анализу высотных аэрологических карт позволило Погосяну и Таборовскому теоретически обосновать ряд важных для прогноза погоды положений. Особенно ценной в этом отношении является теория возникновения и развития циклонов и антициклонов Н. А. Таборовского (изложена в разделе «Циклоны и антициклоны»).

Исследования, проведённые советскими учёными за последние 12 лет, позволяют строить карты ожидаемого развития и перемещения циклонов, антициклонов и фронтов. Эти карты являются основой прогноза погоды.

### **Долгосрочные прогнозы погоды**

Бывают случаи, когда погода за полсутки настолько быстро изменяется или она так неустойчива, что прогнозист не может утром, например, дать уверенный прогноз даже на ближайшую ночь.

Но если нельзя с полной гарантией предсказать погоду на полсутки или сутки, то можно ли говорить о прогнозах на долгий срок — месяц, сезон?

Оказывается, можно. Долгосрочный прогноз должен дать лишь общую характеристику будущей погоды, не вникая в детали. Нужно указать, будет ли предстоящий период дождливым или засушливым, тёплым или холодным, ветреным или тихим и т. д., но без описания погоды по дням. Желательно также знать приближительные даты наиболее резких переломов погоды.

Решить эту задачу пытались различными путями: и статистическим методом, и путём отыскания периодичности в явлениях пого-

ды, и типизацией атмосферных процессов крупного масштаба для нахождения сходных циркуляций.

Теперь установлено, что проблема долгосрочных предсказаний погоды решается прежде всего на основе синоптического подхода к процессам циркуляции атмосферы. Здесь, как и для краткосрочных прогнозов, надо иметь карты погоды. При этом рассматриваются процессы длительные по времени и крупные по масштабам, вследствие чего и карты погоды должны отражать атмосферные процессы в пределах целого земного полушария.

Практически очень важный метод долгосрочных прогнозов погоды создал советский учёный, действительный член Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина Б. П. Мультановский. Метод Мультановского основан на изучении атмосферных процессов, имеющих большую пространственную протяжённость и продолжительных во времени.

Развивая идеи выдающегося русского климатолога А. И. Воейкова и других основоположников отечественной метеорологии, Мультановский впервые в мире в 1922 году осуществил на практике составление долгосрочных прогнозов погоды. Он установил, что в изменениях развития атмосферных процессов можно обнаружить периоды, названные им естественными синоптическими периодами. В течение такого периода сохраняется общий характер распределения атмосферного давления на большом пространстве, а следовательно, не изменяются и главные переносы воздушных масс в тропосфере.

При смене одного естественного синоптического периода другим направление переносов и тип циркуляции меняются. Продолжительность таких периодов, вообще говоря, неодинаковая, и обычно она равна 5—7 дням. Но Мультановский нашёл, что в каждом сезоне имеется склонность к определённой продолжительности естественного синоптического периода. Таким образом, если начался новый период и прошли первые два дня, в течение которых вполне определился характер атмосферных процессов периода, можно смело говорить об условиях погоды до конца этого периода, т. е. дать прогноз на три — пять дней вперёд.

Проф. С. Т. Пагава, используя достижения советских учёных Погосяна и Таборовского в анализе атмосферных процессов с помощью высотных аэрологических карт, установил признаки, по которым можно судить о процессах будущего естественного синоптического периода, если известен тип текущего периода. Это позволяет составлять прогнозы погоды общего характера уже на 7—11 дней.

Рассматривая синоптические периоды как отдельные звенья более крупных атмосферных процессов, Мультановский и его ученики нашли закономерности в развитии этих крупных процессов. Были изучены главные пути движения антициклонов. Их назвали антициклональными осями. Мультановский установил разделение этих осей на *а з о р с к и е*, по которым антициклоны смещаются

с запада на восток, н о р м а л ь н ы е п о л я р н ы е, совпадающие с движением антициклонов с северо-запада на юго-восток, и у л ь т р а п о л я р н ы е, характеризующиеся перемещением антициклонов с северо-востока на юго-запад.

Наиболее резкие изменения в атмосферных процессах происходят при их развитии по ультраполярным осям. Мультиановский обнаружил ритмичность в осуществлении ультраполярных воздействий. Поэтому такие воздействия были приняты за опорные синоптические процессы, повторяющиеся через 3, 4 и 5 месяцев. На основе изучения этих процессов составляются прогнозы на месяцы или сезон.

В области методики долгосрочных прогнозов погоды ведутся и другие исследования. Академик В. В. Шулейкин разработал новую оригинальную теорию стоячих волн в атмосфере (так называемая теория термобарических сейш). Практическое приложение этой теории позволит глубже понять явление циркуляции, связанной с различием температур суши и моря.

В Академии наук Узбекской ССР под руководством президента академии Т. А. Сарымсакова группа учёных работает над приложением теории так называемых цепных процессов к проблеме прогнозов погоды. Эта теория позволяет определить вероятность наступления определённого типа циркуляции, если известен исходный тип.

Ведутся работы по усовершенствованию методики долгосрочных прогнозов погоды и в других наших научных учреждениях. Этими вопросами занимаются, например, в Геофизическом институте Академии наук СССР, а также в Арктическом институте.

Работы советских учёных-метеорологов сделали долгосрочные прогнозы погоды реальностью. Важную роль играют они в народном хозяйстве страны. Несмотря на всю свою сложность, долгосрочные прогнозы успешно помогают нам теперь в установлении сроков посева и уборки урожая, открытия и окончания навигации и т. д.

Несколько слов о предсказании погоды по местным признакам.

Приметы или местные признаки погоды в какой-то степени отражают явления, происходящие в атмосфере. Таким образом местные признаки во многих случаях позволяют давать достоверные прогнозы без карт погоды и метеорологических приборов. Правда, от этих предсказаний уже нельзя требовать подробностей по частям суток или по элементам погоды. Речь может идти лишь о прогнозе ухудшения или улучшения погоды на ближайшие 12—18 часов, иногда на сутки.

Таких примет существует довольно много, особенно в горных районах. Поэтому опытному наблюдателю небо, облака, цвет зари, характер ветра и другие признаки в известной мере заменяют карты погоды. При этом обращают внимание обычно не на какую-либо одну примету, а на группу признаков, выраженных наиболее резко.

В нашей стране уделяется много внимания развитию Гидрометеорологической службы и, в частности, Службы погоды. Созданы

метеорологические научно-исследовательские институты, широко развёрнута работа многочисленных обсерваторий, растёт сеть наблюдательных станций. Настойчиво изучая законы развития атмосферных процессов, советские метеорологи уверенно идут к дальнейшему усовершенствованию методов предсказания погоды. Не подлежит сомнению, что трудности, с которыми связано решение этих сложных вопросов, будут успешно преодолены.



## ПЛАН ЛЕКЦИИ

	Стр.
Служба погоды . . . . .	3
Метеорологические и аэрологические наблюдения . . . . .	6
Воздушные массы . . . . .	8
Атмосферные фронты . . . . .	14
Циклоны и антициклоны . . . . .	17
Принципы предсказания погоды . . . . .	21
Развитие методики прогнозов погоды в СССР . . . . .	25
Долгосрочные прогнозы погоды . . . . .	27

Редактор — кандидат физико-математических наук **Н. В. ПЕТРЕНКО.**

Редактор Редакционно-издательского отдела Общества — Л. К. БАЕВ.

А — 08283. Подп. к печ. 29/XII 1950 г. Тираж — 85.000 экз.

Объем 2 печ. л. Заказ № 3018.

Типография газеты «Правда» имени Сталина. Москва, ул. «Правды», 24.



★ К ЧИТАТЕЛЯМ ★

Всесоюзное общество по распространению политических и научных знаний просит присылать отзывы об этой брошюре по адресу: Москва, Китайский проезд, 3, Редакционно-издательскому отделу Общества.



**Цена 60 коп.**