

Научно-просветительная
библиотека

М. В. Беляков

ПОГОДА
И ЕЕ
ПРЕДВИДЕНИЕ

*



НАУЧНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬНАЯ БИБЛИОТЕКА

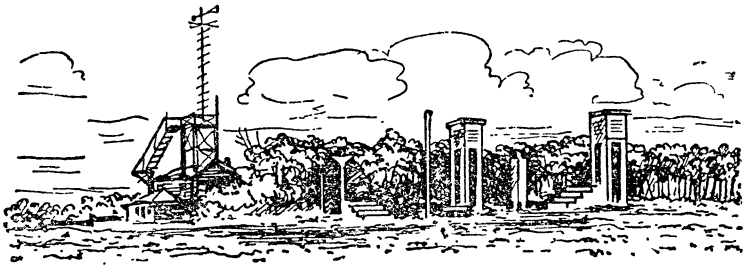
ВЫПУСК 19

М. В. БЕЛЯКОВ

**ПОГОДА
И ЕЕ ПРЕДВИДЕНИЕ**

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

МОСКВА 1958



ВВЕДЕНИЕ

Нет, пожалуй, ни одной отрасли народного хозяйства, на которую не оказывала бы в какой-либо степени свое влияние погода.

Особенно велико это влияние в сельском хозяйстве и на транспорте.

Продолжительные дожди могут затруднить уборку хлебов. Внезапные заморозки приводят иногда к гибели фруктовых деревьев. Снежные заносы, вызываемые метелями, нарушают регулярность движения железнодорожного и автомобильного транспорта. Грозы, метели, туманы, низкая облачность зачастую делают опасными, а порой и невозможными полеты самолетов.

Сильные морозы, ливни, шквалы часто затрудняют строительные работы. Линии телефонной и телеграфной связи страдают от обрыва проводов при намерзании на них льда при гололеде.

Чтобы избежать потерь от вредного влияния погоды, зачастую приходится принимать специальные меры защиты: всевозможные агротехнические мероприятия в сельском хозяйстве, применение специальных грелок во фруктовых садах при заморозках, установка щитов от снежных заносов на железных дорогах, специальное оборудование самолетов и аэродромов и т. д. Все это в то же время вызывает настоятельную необходимость предвидеть вероятные изменения погоды.

О том, как научно предсказывается будущая погода, и рассказывается в этой небольшой книжке.

ОТ НАРОДНЫХ ПРИМЕТ К НАУЧНОМУ ПРЕДВИДЕНИЮ ПОГОДЫ

С незапамятных времен люди стремились предугадать погоду. За многие века они накопили целый ряд признаков или народных примет, которые позволяли с известной долей уверенности предсказывать погоду на сутки и несколько более вперед. Некоторые из таких примет могут быть обоснованы научно. Например, существует народная примета: «Летний туман — к ясной погоде». Она часто, действительно, оправдывается, так как невысокие, стелющиеся по земле туманы возникают летом в ясные ночи вследствие сильного охлаждения воздуха у земли, а эти условия присущи устойчивой ясной погоде.

Признаком сохранения ясной погоды может также служить чистый закат Солнца и заря золотисто-розового цвета. Если же, наоборот, накануне заря была оранжевой или розовой, а на следующий день стала багрово-красной, то это служит признаком приближения ненастья. Изменение цвета зари в этом случае объясняется приближением массы влажного воздуха.

Довольно надежным признаком близкой грозы или ливня служит быстрое развитие кучевых облаков, увеличивающихся по вертикали и имеющих вид огромных башен. Если в летний день утром на небе появляются высокие облака в виде небольших башенок или зубцов, расположенных вдоль плоского основания, то это служит надежным признаком того, что после полудня можно ожидать ливня с грозой. В то же время, если кучевые облака, образовавшиеся утром, к полудню не растут вверх, а начинают растекаться, причем выше их небо затягивается пеленой сплошных высоких облаков, это служит признаком приближения дождя (заметим, что это уже не народная примета, а результат научных наблюдений).

Таким образом, некоторые народные приметы и местные признаки могут быть использованы для предвидения погоды в месте наблюдения. Однако судить по подобным признакам об изменениях условий погоды на большой площади нельзя. Для практических целей одних местных примет погоды, как бы они ни были правильны, далеко не достаточно.

Нельзя забывать также о том, что очень многие из чисто народных примет носят случайный характер и ча-

сто основаны не столько на длительном опыте, сколько на разного рода суевериях. К ним относится, например, примета, что если в возвращающемся с пастбища стаде впереди идет красная корова, то следующий день будет «красный», а если черная, то ненастный. Нетрудно убедиться, что эта примета не имеет никакого значения.

Некоторые приметы связывают изменения погоды с церковными праздниками. Говорят, например: «Василий-капельник — с крыш капает» (3 марта) и т. д. Подобные приметы совершенно неправильны, они легко опровергаются наблюдениями.

Чтобы предусмотреть вероятные изменения погоды в каком-либо пункте, необходимо разбираться в состоянии атмосферы на большой площади. Объясняется это тем, что погода не стоит на месте, а перемещается. Так, например, погода, которая была сегодня в районе Прибалтики, может завтра оказаться в районе Москвы.

Процессы, совершающиеся в атмосфере, связаны между собой на очень больших расстояниях. Советский ученый В. Ю. Визе обнаружил, например, весьма интересную связь между такими, казалось бы, совсем разными по характеру явлениями, как уровень больших озер в Центральной Африке и количество льдов в арктических морях. Оказалось, что повышенная ледовитость морей Арктики совпадает с пониженным уровнем африканских озер, и наоборот. Исследования показали, что это явление зависит от интенсивности общего воздухообмена на земном шаре. Чем больше скорость перемещения масс воздуха над поверхностью земного шара, тем меньше становится льдов в арктических морях; с уменьшением интенсивности перемещения воздушных масс ледовитость морей Арктики увеличивается. В то же время усиление циркуляции атмосферы в экваториальной зоне вызывает увеличение количества выпадающих здесь дождей, что и приводит к повышению уровня озер в Центральной Африке.

Понятно, что различные формы взаимной связи процессов в атмосфере люди обнаруживали постепенно. Наблюдения за погодой велись на первых порах без приборов и давали только ее качественную характеристику.

С середины XVII века такие наблюдения стали постепенно заменяться наблюдениями по приборам. Исследования в области физики и математики таких ученых, как Галилей, Ньютон, Паскаль, Ломоносов, позволили

выяснить физическую сущность процессов, обуславливающих погоду, и привели к развитию специальной науки, занимающейся исследованием атмосферы — метеорологии.

Все это постепенно и привело к развитию научных методов предвидения погоды.

КАК ВОЗНИКЛА СОВРЕМЕННАЯ СЛУЖБА ПОГОДЫ И ЧТО ОНА СОБОЙ ПРЕДСТАВЛЯЕТ

Исследования атмосферы показали, что изменения погоды тесно связаны с такими ее элементами (свойствами), как давление воздуха, его температура и влажность, ветер, облачность, осадки и т. д. Определяя количественные значения всех этих элементов, можно организовать научное наблюдение за погодой в большом количестве пунктов на поверхности Земли *).

Вначале дело ограничивалось наблюдениями температуры воздуха, затем стали наблюдать за давлением, влажностью, ветром, облачностью и т. д., и не только непосредственно у земной поверхности, но и на разных высотах. Были созданы постоянно действующие пункты — метеорологические станции, оснащенные нужными приборами и располагающие специально подготовленными наблюдателями. Такие станции создавались как на равнине, так и в горах (рис. 1).

Температура воздуха измеряется с помощью термометров, с точностью до 0,1 градуса, в специальных, хорошо продуваемых деревянных будках, а также непосредственно на поверхности земли. При этом записывают также наименьшую и наибольшую температуру в промежутках между наблюдениями.

Давление воздуха определяется по ртутному барометру. Для определения влажности воздуха применяются гигрометры, в которых используется свойство обезжиренных волос удлиняться при увеличении влажности воздуха. Для этой же цели применяются психрометры, состоящие из двух термометров: ртутный шарик одного из них покрыт полоской тонкой материи, конец которой опущен в стаканчик с водой. Показания «смоченного» термометра зависят от влажности полоски материи, а показания

*) Подробнее о метеорологических элементах см. в брошюре «Научно-популярной библиотеки» Гостехиздата: М. В. Беляков, Атмосфера.

сухого — соответствуют температуре окружающего воздуха. По разности их показаний, которая тем больше, чем меньше влажность воздуха, по специальным таблицам определяется относительная влажность воздуха в процентах.

Скорость и направление ветра определяются флюгером.

Для непрерывной записи изменений давления, температуры и влажности воздуха применяются самопишущие приборы — барограф, термограф и гигрограф *).

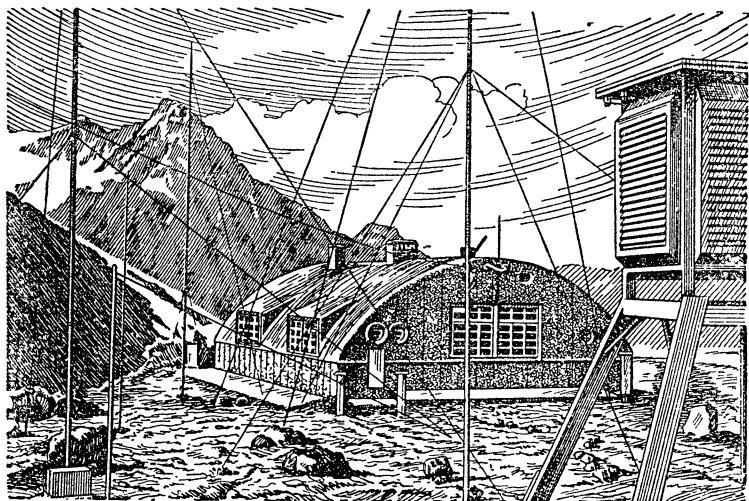


Рис. 1. Высокогорная метеорологическая станция.

Скорость и направление ветра на разных высотах метеорологи определяют путем наблюдений за полетом легких резиновых шаров, наполненных водородом — так называемых шаров-пилотов. На таких шарах на высоту поднимают также специальные приборы — радиозонды, которые автоматически передают по радио на землю данные о температуре, давлении и влажности воздуха.

В отдельных случаях для продолжительных исследований свойств воздушных масс наблюдатели с приборами

*) Об устройстве этих приборов рассказано в брошюре В. К. Щукина, Штурм неба, «Научно-популярная библиотека» Гостехиздата.

поднимаются на свободных аэростатах. Такую же работу выполняют поднимающиеся на большие высоты автоматические стратостаты (без наблюдателей), снабженные самопишущими приборами.

С развитием авиации стали широко применяться подъемы метеорологических приборов на самолетах. В последнее время метеорологические службы всех стран ведут большие работы по созданию дистанционных метеорологических приборов, передающих свои показания по проводам или по радио. В пустынных и горных местностях применяются автоматически действующие радиометеорологические станции, ведущие наблюдения без людей и передающие результаты по радио (рис. 2).



Рис. 2. Автоматическая метеорологическая станция.

Для подъема приборов на очень большие высоты применяются ракеты.

Новое средство для изучения атмосферы и ее процессов дала в руки метеорологов радиолокация*). При помощи радиолокационных установок можно обнаруживать на значительных расстояниях ливневые осадки и грозы.

Наконец, большое значение в практике исследований атмосферы имеют и так называемые косвенные методы исследований — наблюдения метеоров, изучение спектра

*) О радиолокации читайте в брошюре «Научно-популярной библиотеки» Гостехиздата: Ф. И. Честнов, Радиолокация.

ночного и сумеречного неба, спектра полярных сияний, распространения в атмосфере световых волн, звуковых волн и радиоволн.

На первых порах результаты метеорологических наблюдений использовались в основном только для изучения климата отдельных районов. Для этого на отдельных метеостанциях вычисляли средние величины отдельных метеорологических элементов за месяц и за год, что и давало возможность судить о среднем, обычном состоянии погоды в том или ином районе, т. е. о том, что мы называем климатом.

Такое изучение климата, основывающееся на накоплении результатов наблюдений за длительные сроки, продолжается и до сих пор.

В то же время, обрабатывая результаты наблюдений, метеорологи стали наносить их на географические карты, что давало наглядное представление о погоде на большой территории.

Изучая такие карты, метеорологи вскоре обнаружили, что условия погоды, наблюдающиеся в какой-либо день в одном районе, на другой день перемещаются в другой район, иногда на довольно значительное расстояние. Эта способность погоды перемещаться навела на мысль о том, что если непрерывно следить за ее движением, то можно будет предвидеть и вероятные изменения погоды по пути ее перемещения.

Эта задача была, однако, успешно решена только после появления телеграфа, при помощи которого можно быстро собирать сведения о погоде одновременно из разных пунктов.

В настоящее время во всех странах мира существует широко разветвленная сеть метеорологических станций, которые в соответствии с международными соглашениями производят наблюдения по определенной программе.

Результаты наблюдений станций передаются по телеграфу и радио в центральные метеорологические учреждения каждой страны и затем в виде сводок по радио — для обмена с соседними странами. Это позволяет производить как бы «фотографирование» состояния погоды в один и тот же момент времени на большом пространстве. Наблюдения производятся на всех станциях через каждые два часа, т. е. 12 раз в сутки. В СССР сроками регулярных

наблюдений являются 01, 03, 05, 07, 09, 11, 13, 15, 17, 19, 21 и 23 часа московского декретного времени. Результаты наблюдений, поступающие в центры Службы погоды, наносятся на так называемые синоптические карты. Название это происходит от греческого слова «синопсис», что значит «обозрение». На синоптической карте можно обозревать состояние погоды за один и тот же момент времени на больших пространствах. Такие карты представляют собой «немые» географические карты, на которых бледной краской нанесены контуры материков, морей и рек и маленькими кружками обозначены пункты, в которых расположены метеорологические станции.

В зависимости от размеров охватываемой территории синоптические карты делятся на основные и дополнительные. Основные карты, охватывающие процессы на всей территории нашей страны, составляются четыре раза в сутки, по наблюдениям в 03, 09, 15 и 21 час. Эти карты являются основой для предсказания погоды на ближайшие сутки. По наблюдениям в сроки 01, 07, 13 и 19 часов составляются дополнительные карты; они охватывают меньшую территорию и служат для уточнения погоды в районах, близких к данному центру Службы погоды. Наконец, наблюдения в промежуточные сроки (05, 11, 17 и 23 часа) используются для выяснения, в случае надобности, подробностей развития того или иного процесса в ограниченном районе.

По данным наблюдений на разных высотах составляются высотные синоптические карты, позволяющие судить об изменениях состояния атмосферы в некотором слое над земной поверхностью.

В наиболее крупных центрах Службы погоды, кроме указанных карт, составляются карты для территории всего северного полушария. Они используются при составлении прогнозов погоды на сроки более суток и для научно-исследовательской работы.

Каждое очередное донесение с метеорологической станции содержит в настоящее время очень большое количество сведений. Сюда входят данные о температуре, давлении и влажности воздуха, об облачности и осадках, о ветрах, грозах, метелях, туманах, видимости и т. д. Многие станции сообщают результаты наблюдений за ветром, а также давлением, температурой и влажностью воздуха не только у земли, но и на разных высотах.

Передавать по телеграфу такие донесения словами, да еще 12 раз в сутки, от большого количества станций было бы просто невозможно. Для упрощения передачи сведений Всемирная (международная) метеорологическая организация разработала и приняла специальный международный цифровой код. При помощи этого кода все содержание очередного сообщения метеорологической станции может быть уложено в несколько групп цифр — по пяти цифр в каждой группе.

У цифрового кода есть еще и то преимущество, что он позволяет понимать телеграмму, из какой бы страны она не пришла. Составленную по международному коду телеграмму может прочесть любой человек, знающий код, независимо от того, на каком языке он говорит. Таким путем все страны без затруднений обмениваются сводками наблюдений метеорологических станций.

Как уже было сказано, наиболее наглядным способом изображения состояния погоды на большой территории является нанесение результатов наблюдений на географические карты. Для этого была разработана система специальных условных обозначений. Как и код для телеграмм, она согласована в международном порядке.

Специальными условными знаками и цифрами на карте вокруг кружка, обозначающего данную метеорологическую станцию, изображается состояние погоды в тот момент, которому соответствует полученное со станции кодированное сообщение. Пример такого изображения приведен на рис. 3.

В приведенном случае рисунок изображает состояние погоды, изложенное в одной из очередных кодированных телеграмм.

Нанесенные на рис. 3 цифры и значки означают, что на данной станции наблюдалась следующая погода: небо было сплошь покрыто плотными высокослоистыми и разорваннодождевыми облаками, причем последние были в количестве семи баллов и располагались на высоте 300 метров. Ветер силой восемь баллов дул с юго-

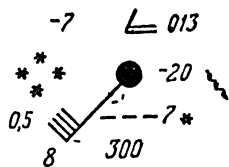


Рис. 3. Пример нанесения данных наблюдений одной метеостанции на карту погоды.

запада. Между двумя последними наблюдениями шел непрерывный сильный снег; снег шел и в момент наблюдения. Температура воздуха была 7 градусов мороза, давление воздуха 1001,3 миллибара, причем за последние три часа оно упало на 2 миллибара. Дальность видимости земных предметов была равна 500 метрам. Влажность воздуха колебалась в пределах 80—89 процентов.

Вы видите, насколько подробно и наглядно можно судить о погоде в одном пункте. В то же время нужно иметь в виду, что нанесение этих данных на карту делается вручную; при мелком масштабе карт и большом количестве пунктов наблюдений такая работа является очень трудоемкой.

На рис. 4 приведена часть синоптической карты с нанесенными на ней данными ряда метеорологических станций. Полностью зачерненный кружок означает, что небо полностью покрыто облаками; кружок, зачерненный наполовину, — облаками закрыта половина неба, и т. д. Ветер изображен стрелками, летящими по ветру и упирающимися в кружок, обозначающий станцию. Сила ветра определяется числом перышек у стрелки, в баллах (один балл соответствует 2 м/сек) и т. д. (см. пример на рис. 3).

Уже в таком виде карта погоды позволяет получить некоторое общее представление о состоянии погоды на всей территории, охватываемой картой.

Для более подробного анализа процессов в атмосфере карта подвергается дальнейшей обработке. При этом в первую очередь выясняется, как распределяется давление воздуха. Это можно вполне наглядно выявить, если на карте провести линии, соединяющие места с одинаковым атмосферным давлением. Такие линии равных давлений называются изобарами. Они проводятся обычно через каждые 5 миллибар. Величина давления, соответствующая изобаре, указывается цифрой.

Изобары образуют на синоптической карте разнообразные фигуры — «барические системы». При этом отчетливо выделяются два основных типа этих фигур. В одном случае изобары, замыкаясь, образуют зоны, в которых давление воздуха понижается от краев к центру. Это так называемые циклоны. В другом случае образуются зоны, в которых давление воздуха от краев к центру повышается — так называемые антициклоны.

Кроме того, на картах можно видеть «гребни» (отроги) — выступающие части областей высокого давления — и «ложбины» — части областей низкого давления,

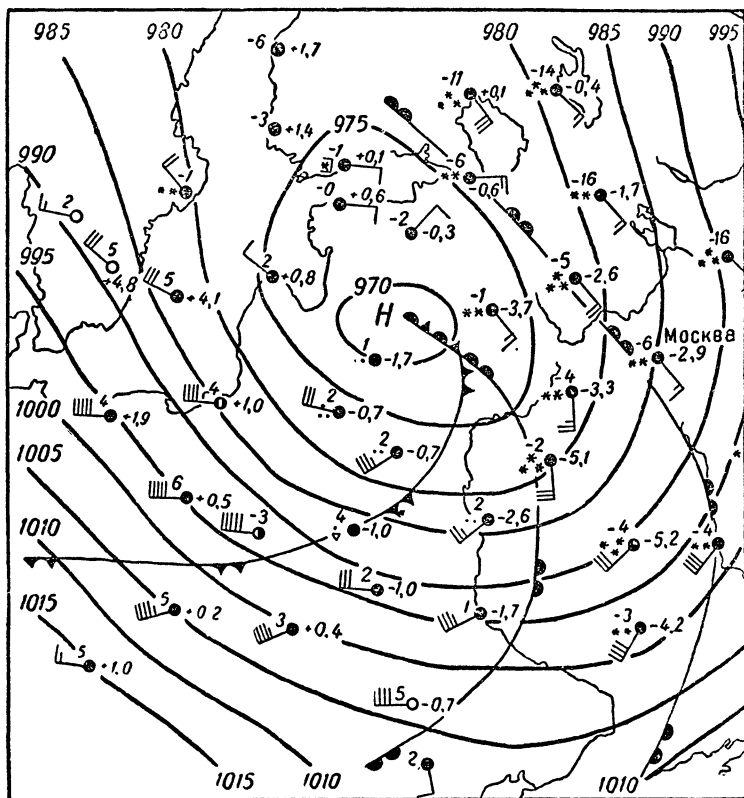


Рис. 4. Образец синоптической карты. Карта составлена по данным наблюдений в 21 час 28 января 1953 г.

а также «седловины» — области, лежащие между расположенными крест-накрест двумя циклонами и двумя антициклонами (см. рис. 5).

Центральные части циклонов на синоптической карте обозначаются буквой *H* (низкое давление), а у антициклонов — буквой *B* (высокое давление).

Необходимо отметить то очень важное обстоятельство, что с распределением давления воздуха непосредственно связаны как само возникновение, так и направление и скорость ветра. При этом на картах легко обнаружить, что воздух всегда движется вдоль изобар, под

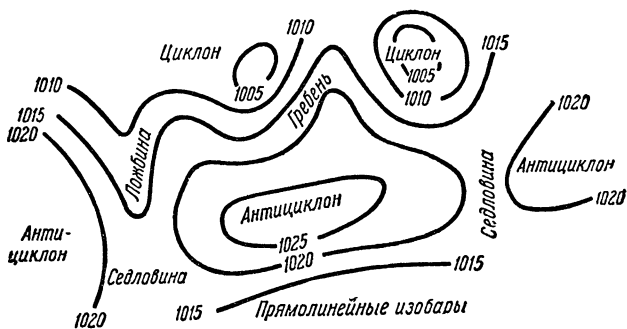


Рис. 5. Барические системы.

небольшим углом к ним, оставляя более низкое давление слева. В результате циклоны и антициклоны представляют собой не застывшие области низкого и высокого давления воздуха, а мощные атмосферные вихри.

Кроме изобар, на синоптических картах проводятся линии, обозначающие разделы между массами воздуха с различными температурами и влажностью воздуха — это так называемые линии фронтов. Линия с круглыми зубцами обозначает теплый фронт, а линия с острыми зубцами — холодный.

В результате такой обработки синоптические карты и приобретают вид, изображенный на рисунке 4.

О ЧЕМ РАССКАЗЫВАЕТ СИНОПТИЧЕСКАЯ КАРТА

Какие же атмосферные процессы отображаются синоптическими картами?

Существенное место среди этих процессов занимает образование облаков и осадков.

В атмосфере всегда содержится водяной пар. В каждом кубическом метре воздуха при температуре в 30 градусов тепла может содержаться до 30 граммов водяного

пара. При этом количестве воздух полностью насыщен водяными парами, но они невидимы и не образуют ни капелек воды, ни ледяных кристаллов.

Если теперь температура понизится, то часть водяного пара сконденсируется и превратится в капельки воды или ледяные кристаллы, которые и образуют все наблюдаемые нами виды облачности и осадков.

В облаках капельки воды и ледяные кристаллы находятся во взвешенном состоянии и не падают на землю до тех пор, пока, увеличиваясь, не достигнут таких размеров, что уже не могут удерживаться восходящим потоком воздуха.

Чем ниже температура воздуха, тем меньше может содержаться в нем водяных паров для полного насыщения. Так, например, при 30 градусах мороза в каждом кубометре воздуха может находиться уже не более 0,5 грамма водяного пара.

Охлаждение воздуха в атмосфере достигается преимущественно восходящими токами. При подъеме воздуха вверх он попадает в слои с меньшим атмосферным давлением и расширяется. При этом, как всякий газ он охлаждается.

Высота, на которой поднимающийся воздух охлаждается до такой степени, что становится полностью насыщенным, называется уровнем конденсации. Этот уровень зависит от количества водяного пара, содержащегося в воздухе, и начальной температуры поднимающегося воздуха. Чем больше влаги в поднимающемся воздухе и чем ниже его температура, тем меньше высота, на которой начнется конденсация. В сухом и теплом воздухе уровень конденсации лежит довольно высоко.

Каковы же причины, вызывающие подъем воздуха? Их несколько. Одна из них — неравномерное нагревание земной поверхности. Находящаяся над более нагретым участком земной поверхности масса воздуха нагревается сильнее, чем окружающий воздух, и начинает всплывать вверх. Другая причина — это завихрения, возникающие в нижних слоях атмосферы при ветре. Наконец, воздух может подниматься вверх при натекании его на большие препятствия, например, на горные хребты, а также при встрече двух различно нагретых воздушных масс: теплый воздух поднимается вверх по очень пологому клину

холодного воздуха или же, наоборот, вытесняется вверх вторгающимся под него клином холодного воздуха.

Облака делятся на три основных класса: кучевообразные, слоистообразные и волнистые *).

Осадки в свою очередь делятся на ливневые, обложные и морозящие.

Ливневые осадки, выпадающие из кучевождевых облаков в виде дождя, снега, крупы или града, занимают небольшие площади и сопровождаются резким усилением ветра.

Обложные осадки выпадают из сплошных слоистообразных облаков в виде дождя или снега. Они обычно продолжительны и охватывают большие территории.

Морозящие осадки выпадают из низких слоистых или слоистокучевых облаков в виде мельчайших капель, снежинок или ледяных игл. По характеру они также являются обложными, так как распространяются на больших площадях.

Облака и осадки, наряду с температурой и влажностью воздуха, характеризуют основные свойства воздушных масс.

На синоптических картах часто обнаруживаются зоны, в которых условия погоды на больших пространствах почти не меняются. Это объясняется тем, что над соответствующим районом располагается и перемещается одна и та же воздушная масса.

Основные свойства воздушных масс — температура, влажность, запыленность и т. д., определяются тем районом, где они формируются, находясь продолжительное время в более или менее однородных географических условиях, например, над океаном, над льдами Арктики, над пустынями и т. д. Так, воздушная масса, сформировавшаяся в районе Азорских островов, отличается высокой температурой, большим количеством влаги и большой запыленностью (из-за близости пустыни Сахары). Воздушная масса, текущая из Арктики, во всех своих частях относительно холодна, воздух ее сух и прозрачен.

Каковы причины, которые обуславливают однородность воздушной массы? Вот основные из них. Во-первых, степень нагрева воздушной массы зависит от гео-

*) Подробнее о видах облаков см. в брошюре «Научно-популярной библиотеки» Гостехиздата: М. В. Беляков, Атмосфера.

графической широты места, времени года и времени суток. Очевидно, что, например, воздушная масса в районе Средней Азии получает тепла значительно больше, чем воздушная масса, находящаяся над Арктикой. Во-вторых, на температуре и влажности воздушной массы сказывается влияние подстилающей поверхности, над которой воздушная масса формируется. Как известно, воздух нагревается не непосредственно солнечными лучами, а путем получения тепла от нагреваемой Солнцем земной поверхности, различные же участки земной поверхности нагреваются по-разному. Так, суша нагревается сильнее, чем вода, участки, покрытые растительностью, нагреваются меньше, чем песчаные пустыни и т. д. Соответственно по-разному нагревается и воздух. Подстилающая поверхность, кроме того, является источником увлажнения воздушных масс. Естественно, что воздушная масса, формирующаяся над океаном, будет содержать больше влаги, чем масса, формирующаяся над континентом.

Воздушные массы делятся на два основных вида — теплые и холодные. Теплой называют массу, у которой температура в нижнем слое выше, чем температура подстилающей поверхности, т. е. той зоны земной поверхности, над которой воздушная масса формируется. Холодной воздушной массой называется та масса, у которой температура в нижнем слое ниже, чем температура подстилающей поверхности.

Теплая воздушная масса, перемещаясь над холодной подстилающей поверхностью, охлаждается снизу. Благодаря этому внутри массы создаются условия, неблагоприятные для возникновения вертикальных потоков. Перенос водяных паров вверх при этом незначителен и конденсация водяного пара наблюдается только в нижних слоях в виде туманов, сплошных низких облаков и морозящих туманообразных дождей.

При движении холодной воздушной массы над более теплой подстилающей поверхностью нижние слои воздуха начинают прогреваться, внутри массы создаются условия, благоприятные для развития вертикальных потоков. Эти потоки переносят водяные пары высоко вверх и вызывают образование кучевообразных облаков и интенсивных осадков.

По своему географическому происхождению воздушные массы в северном полушарии делятся на арктиче-

ские (АВ), умеренные (УВ), тропические (ТВ) и экваториальные (ЭВ). Кроме того, каждый из этих типов разделяется на два подтипа — морской и континентальный, в зависимости от того, где (над морем или над сушей) находится очаг формирования воздушной массы.

Наблюдениями были установлены следующие особенности географических типов воздушных масс. Арктический воздух формируется в центральном полярном бассейне. При этом континентальный арктический воздух (КАВ) приходит в Европу через Баренцево и Карское моря или с Таймыра; на Азиатскую часть СССР — с сибирских районов Арктики, с районов Таймыра, бассейна Колымы и с Чукотки. Морской арктический воздух (МАВ) вторгается в Европу из района Гренландия — Шпицберген через Норвежское или Северное моря, а из восточного сектора Арктики — на Чукотку, Берингово море, Тихий океан. Как правило, он приносит понижение температуры. «Волны холода» распространяются до южных границ нашей страны. Летом сухой и холодный арктический воздух, попадая на материк, быстро прогревается и приводит к жаркой сухой погоде. Во многих случаях он создает засушливую погоду в районах Приуралья и Заволжья.

Воздух умеренных широт (УВ) приобретает свои свойства в умеренной зоне материков (КУВ) или океанов (МУВ). Морской воздух умеренных широт поступает летом на материк в виде холодной массы, но довольно быстро прогревается. Появление МУВ летом приводит к образованию кучевообразной облачности и ливневых облаков. Зимой морской воздух умеренных широт приходит на материк в виде теплой массы, которая постепенно охлаждается над холодной подстилающей поверхностью. Вторжение МУВ зимой часто приводит к оттепелям с низкой облачностью, туманами и морозящими осадками.

Континентальный умеренный воздух (КУВ) образуется над континентом Европы из масс арктического или морского умеренного воздуха. В первом случае он обладает небольшим запасом влаги и облачность в нем небольшая, во втором влажность его, а соответственно и облачность, больше. Зимой над арктическим материком КУВ может охлаждаться до очень низких температур. Так, в районе Верхоянск — Оймякон зимой температура воздуха понижается иногда до 70 градусов мороза.

Тропический воздух формируется в субтропических районах. Континентальный тропический воздух (КТВ) образуется на севере Африки и на юге Азии, на юге Европейской части СССР и в Средней Азии, а морской тропический воздух (МТВ) в районе Азорских островов. В Европу МТВ приходит как теплая устойчивая масса со сплошной низкой облачностью, туманами и морозящими осадками. Континентальный тропический воздух летом характеризуется образованием кучевообразных облаков и дождями, иногда с грозами. Весной и летом — это типичная устойчивая масса со слоистой облачностью, туманами.

Перемещаясь в другой район, воздушная масса несет туда свои свойства; однако одновременно эти свойства постепенно изменяются в зависимости от влияния подстилающей поверхности. Таким образом, свойства воздушных масс не остаются неизменными. Недостаточно определить, из какого района и с какими свойствами вышла данная воздушная масса. Нужно учесть и ее возможное превращение под влиянием подстилающей поверхности, над которой масса перемещается.

Характер погоды в районе, куда пришла та или иная воздушная масса, будет определяться, с одной стороны, теми свойствами массы, которые она приобрела в районе формирования, а с другой, — теми изменениями, которые воздушная масса претерпела и претерпевает по пути движения.

Воздушные массы находятся в постоянном взаимодействии. Соседние массы различной температуры, влажности и прозрачности разделяются более или менее узкими переходными зонами, которые характеризуются быстрым переходом от свойств одной массы к свойствам другой. Эти зоны носят название атмосферных фронтов. Ширина такой переходной зоны у поверхности земли обычно не превышает 100 километров. В вертикальном сечении фронт представляет собой наклонную поверхность толщиной порядка нескольких сотен метров, причем под поверхностью раздела находится холодный воздух, а над поверхностью теплый (рис. 6).

Если фронт перемещается в сторону холодного воздуха, т. е. холодный воздух отступает от теплого, то фронт называется теплым. Если же фронт перемещается в сторону теплого воздуха (холодный воздух смещается в сторону теплого), фронт называется холодным.

По горизонтали протяженность фронтов может быть весьма значительной, достигая многих сотен и даже нескольких тысяч километров.

На синоптических картах линии фронтов обозначаются разными цветами: теплый — красным, а холодный — синим, а на картах типографских изданий — черными зубчатыми линиями: теплые фронты линиями с круглыми зубцами, а холодные — линиями с острыми

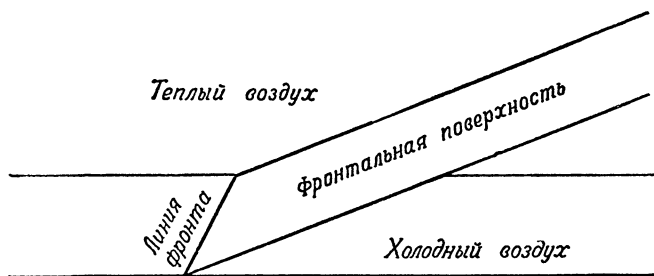


Рис. 6. Положение фронтальной поверхности в пространстве.

зубцами. При этом зубцы обращены в сторону перемещения фронта; у линии теплого фронта они обращены в сторону холодного воздуха, а у линии холодного фронта — в сторону теплого воздуха.

Фронт, который не смещается, называют стационарным. Обозначается он комбинированным расположением круглых и острых зубцов (рис. 7).

Наклон фронтальной поверхности к горизонтальной плоскости очень невелик и в среднем колеблется около $0,5^\circ$. Подсчеты показывают, что при наблюдающихся наклонах фронтальной поверхности горизонтальное протяжение фронта может быть в 50—300 раз больше его высоты. Это необходимо учитывать при рассмотрении приводимых в дальнейшем схем вертикального строения фронтов, на которых в связи с размерами чертежей углы наклона фронтов даны значительно большими, чем в действительности.

Наибольшая протяженность фронтов по высоте в наших широтах составляет 8—12 километров.

Основные зоны образования атмосферных фронтов — это разделы между основными воздушными массами по

их географической классификации. Это так называемые главные фронты. Названия их определяются по более холодной из двух масс. Так, раздел между арктическим воздухом и воздухом умеренных широт носит название арктического фронта. Раздел между воздухом умеренных широт и тропическим воздухом называется полярным (умеренным) фронтом. Между тропическим и экваториальным воздухом располагается тропический фронт.

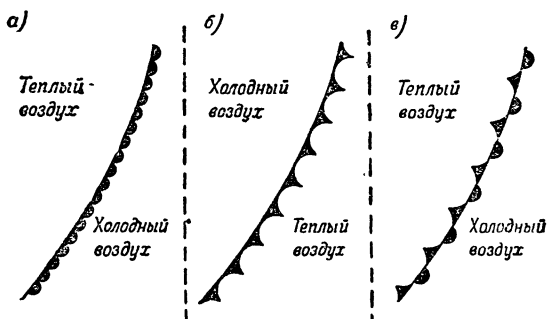


Рис. 7. Обозначение линий атмосферных фронтов на синоптических картах:

а) теплый фронт, б) холодный фронт, в) стационарный фронт.

Главные фронты подразделяются на отдельные ветви. Кроме того, они претерпевают изменения и во времени, иногда размываясь и возникая вновь. При этом каждый главный фронт на отдельных участках может быть теплым или холодным, в зависимости от того, в какую сторону происходит смещение фронта на том или ином участке.

Следует отметить, что анализ высотных синоптических карт позволяет находить фронтальные зоны на больших высотах. Если рассмотреть эти зоны над всем северным полушарием, то оказывается, что они, как правило, опоясывают весь земной шар, разрываясь лишь на сравнительно небольших расстояниях. Четко выраженные при этом потоки воздуха обладают большими скоростями, порядка 70—100 метров в секунду (т. е. 250—350 километров в час). Эти потоки носят название струйных течений, а зоны, в которых они наблюдаются, называются планетарными высотными фронтальными

зонами. Ширина планетарной фронтальной зоны может достигать 500—1000 километров.

Причиной возникновения главных фронтов является перемещение огромных масс воздуха в земной атмосфере в связи с ее общей циркуляцией.

Подробнее об этом мы будем говорить дальше. Сейчас же разберемся в том, как отражается прохождение фронтов на погоде.

Как уже говорилось, при возникновении теплого фронта (рис. 8) более теплый воздух, натекая на отступающую

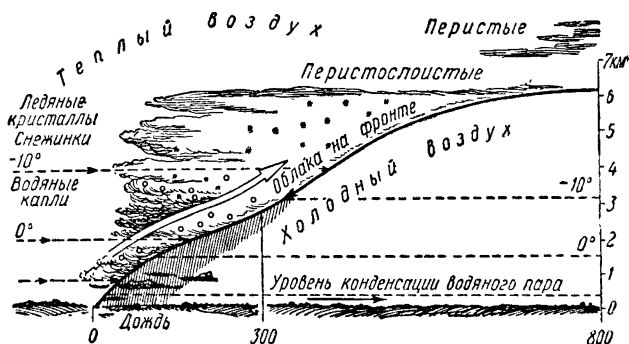


Рис. 8. Теплый фронт в разрезе.

массу более холодного воздуха, медленно поднимается вверх и начинает охлаждаться. Это охлаждение приводит к конденсации содержащегося в теплом воздухе водяного пара и к образованию облачности, а затем и осадков. Так как в этом случае теплая масса воздуха спокойно натекает на более холодную, то образующиеся облака располагаются растянутым слоем вдоль поверхности раздела. При этом впереди теплого фронта на расстоянии до 1000 километров от линии фронта на высоте 9—10 километров образуются тонкие перистые облака. Эти облака, кстати, при их дальнейшем уплотнении являются характерным признаком приближения теплого фронта. Вслед за ними надвигаются также тонкие, но несколько более плотные перистослоистые облака. Затем облака еще более уплотняются, снижаются и переходят в высокослоистые, закрывающие небо сплошной пеленой. В самой фронтальной зоне к

этим облакам добавляются низкие слоистодождевые и разорваннодождевые облака.

Ширина всей этой облачной системы обычно равна нескольким сотням километров, длина же вдоль линии фронта может достигать нескольких тысяч километров.

Мощность облачного слоя по вертикали увеличивается по мере снижения фронтальной поверхности и может значительно изменяться в зависимости от активности фронта. В случае резко выраженного теплого фронта, когда теплый воздух активно натекает по клину холодной массы, слой слоистодождевых и высокостратосферных облаков превышает 5—6 километров по вертикали. Осадки в виде обложного дождя при этом наблюдаются в зоне до 300 километров вперед от линии теплого фронта, а осадки в виде снега — в зоне до 400 километров. Интенсивность осадков повышается по мере приближения к линии фронта. Прекращаются они либо вдоль линии фронта, либо на некотором расстоянии от нее (не далее 50 километров). Прохождение теплого фронта обычно вызывает потепление.

В теплом воздухе за фронтом в большинстве случаев наблюдается пасмурная погода со слабыми осадками. Если запас влаги в нем невелик, погода может здесь проясняться.

В отдельных случаях, в частности, при очень большой влажности теплого воздуха, натекание его по клину холодного воздуха уже не носит спокойного характера: он довольно бурно поднимается вверх. Это приводит к развитию над фронтальной поверхностью кучеводождевых облаков, из которых выпадают ливневые осадки; иногда наблюдаются и грозы. Подобные явления, однако, сравнительно редки и еще не очень хорошо изучены.

При очень небольшой влажности теплого воздуха теплый фронт может и не вызывать облачности. В этом случае его продвижение можно обнаружить лишь измерением температуры, в частности, по наблюдениям температуры на разных высотах.

На рис. 9 изображено, как выглядит теплый фронт на синоптической карте за 9 часов 3 марта 1955 года.

Фронт обозначен зубчатой линией, полукруглые зубцы на которой обращены в сторону движения фронта. В более теплой массе воздуха, к западу от линии фронта, температура (она указана цифрами слева,

сверху близ кружков, обозначающих метеорологические станции) колеблется в пределах от -3 до -9 градусов,

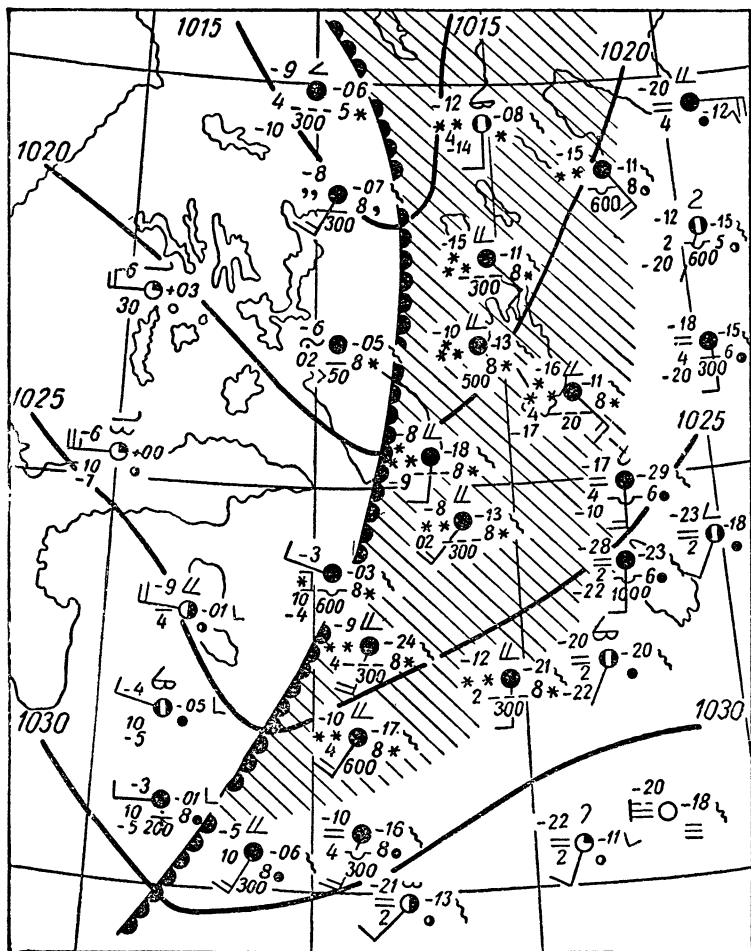


Рис. 9. Теплый фронт на синоптической карте за 9 часов 3 марта 1955 г.

а в более холодной массе, к востоку от линии фронта, в пределах от -10 до -22 градусов.

Перед линией фронта широкая полоса, покрытая штрихами, обозначает зону осадков. Об этих осадках в

виде снега свидетельствуют расположенные у кружков-станций значки в виде звездочек. Кружки в зоне осадков зачернены полностью: это означает, что во всей зоне сплошная облачность. Высоты нижнего слоя облаков колеблются в пределах 300—600 метров.

Рассматривая стрелки, обозначающие направление ветра, нетрудно видеть, что более теплая воздушная масса перемещается с запада на восток, а более холодная — с юга на север.

Холодный фронт образуется, когда массы холодного воздуха подтекают под отступающий теплый воздух.

Различают два рода таких фронтов (рис. 10). Холодный фронт первого рода (рис. 10, б) характеризуется тем, что холодный воздух, подтекая под теплый, движется сравнительно медленно. При этом вдоль фронта, часто на сотни километров, образуется мощная кучеводождевая облачность с ливнями, грозами и шквалами. По мере продвижения холодного воздуха поверхность раздела между ним и теплым воздухом повышается и становится более полой. В результате за линией фронта теплый воздух натекает на вторгающийся в него клин холодного воздуха уже более медленно. При этом кучеводождевые облака сменяются равномерным покровом слоистодождевых и высокостристых облаков, мощность которых по вертикали постепенно уменьшается по мере удаления от линии фронта. Из этих облаков, в зоне до 200 километров за линией фронта, выпадают обложные осадки. Если масса холодного воздуха неустойчива, в зафронтальной зоне могут развиваться облака кучевых форм.

Холодный фронт второго рода (рис. 10, а) отличается от первого тем, что холодный воздух движется значительно быстрее. Вытеснение теплого воздуха происходит очень бурно, сопровождается сильным и быстрым развитием мощных кучеводождевых облаков, грозами и ливнями. Вдоль фронта нередко (при большой разнице в температурах теплой и холодной масс воздуха) возникают шквальные ветры, достигающие разрушительной силы. Впереди фронта, на расстоянии до 200 километров, иногда наблюдаются высококучевые, так называемые чечевицеобразные облака.

Характер облачности быстро движущегося холодного фронта второго рода зависит от времени суток. Ночью

и утром фронт зачастую значительно размывается и сопровождается образованием низких облаков, разорванно-дождевых или слоистых. Днем этот фронт рождает мощную кучеводождевую облачность.

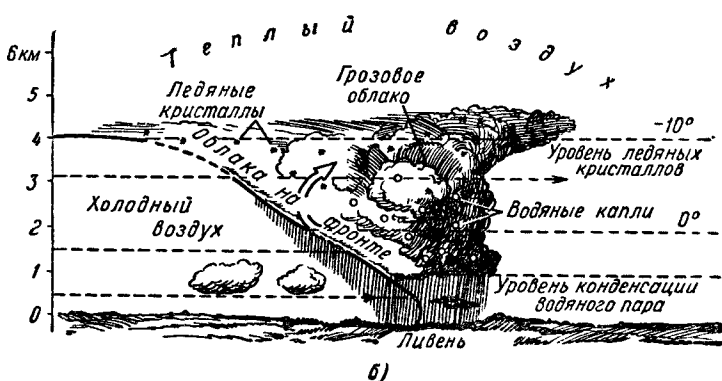
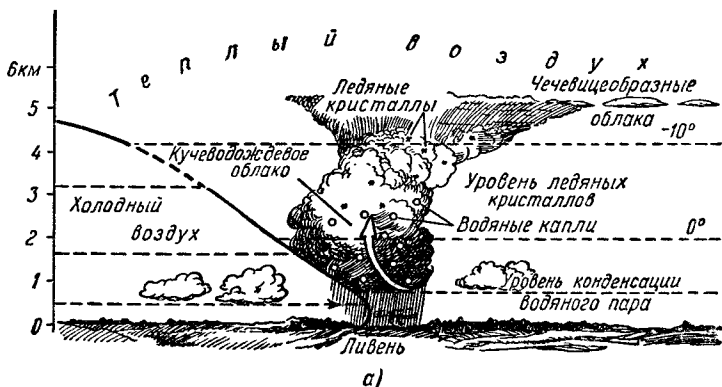


Рис. 10. Холодный фронт в разрезе:

а) быстро движущийся холодный фронт, б) медленно движущийся холодный фронт.

Холодные фронты особенно отчетливо проявляют себя в теплое время года. В холодное время года все явления холодного фронта выражены гораздо менее резко. Обычно в этом случае дело ограничивается тем, что на линии фронта развивается слоисто-кучевая или слоистая облачность и выпадают осадки.

Зона ливневых осадков при прохождении холодного фронта обычно ограничивается шириной в

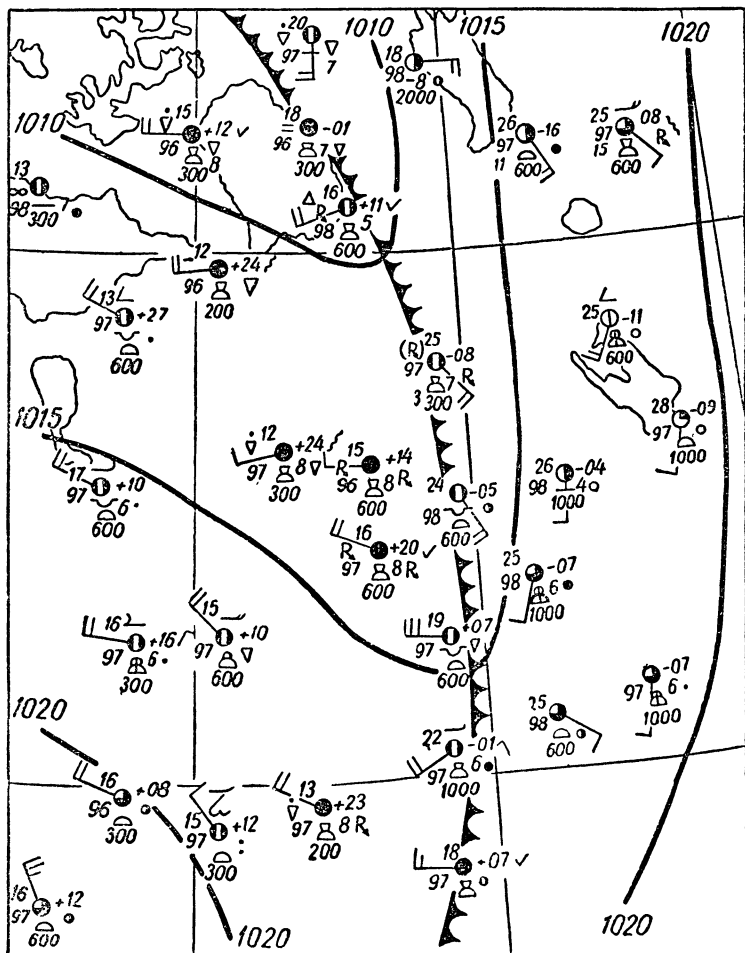


Рис. 11. Холодный фронт на синоптической карте за 15 часов 17 июня 1955 г.

10—20 километров. Прохождение холодного фронта, как правило, вызывает похолодание.

На рис. 11 показан холодный фронт на синоптической карте за 15 часов 17 июня 1955 года. Он обозначен зубчатой линией; острия зубцов направлены в сторону перемещения фронта. В более холодной массе воздуха, к западу от линии фронта, температура воздуха колеблется в пределах от 12 до 16 градусов. В менее холодной массе, к востоку от линии фронта, температура достигает 25—28 градусов. Значки облачности на линии фронта \mathfrak{Z} свидетельствуют о наличии кучеводождевых облаков, а значки \mathfrak{K} обозначают грозы.

По стрелкам, указывающим направление ветра, видно, что более холодная масса воздуха перемещается с северо-запада на юго-восток, а более теплая масса воздуха — в основном с юга на север.

Помимо основных типов фронтов, теплого и холодного, в атмосфере возникают еще так называемые фронты окклюзии. Дело в том, что холодный фронт всегда следует за теплым, и так как он движется быстрее теплого, то в конце концов нагоняет его. В результате массы воздуха, следующие за холодным фронтом, смыкаются с массами воздуха, отступающими перед теплым фронтом, а теплый воздух вытесняется вверх. Это явление и называется окклюзией*). Различают три типа окклюзий.

Окклюзия по типу холодного фронта возникает в том случае, когда массы воздуха, следующие за холодным фронтом, оказываются более холодными, чем массы воздуха, отступающие перед теплым фронтом. При этом более холодный воздух, смыкаясь с менее холодным, будет подтекать под последний и заставлять его подниматься вверх. В результате этого движения, а также смыкания облачности и осадков холодного и теплого фронтов, получается картина, изображенная на рис. 12.

Окклюзия по типу теплого фронта возникает в случае, если массы воздуха, следующие за холодным фронтом, оказываются менее холодными, чем массы воздуха, отступающие перед теплым фронтом. Нетрудно видеть, что при этом менее холодные массы, встречаясь с более холодными, начинают скользить вверх, натекая вдоль поверхности раздела теплого фронта.

Распределение облачности и осадков при этом типе окклюзии показано на рис. 13. Облачность имеет здесь

*) От латинского слова *occludere* — закрывать, захлопывать.

различную мощность, распространяясь по вертикали иногда на значительную высоту. В большинстве случаев

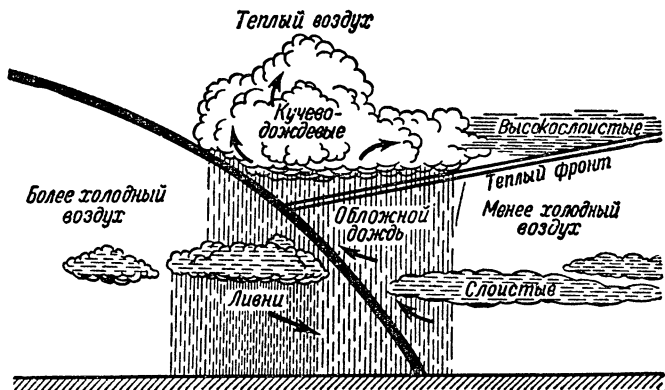


Рис. 12. Фронт окклюзии по типу холодного фронта.

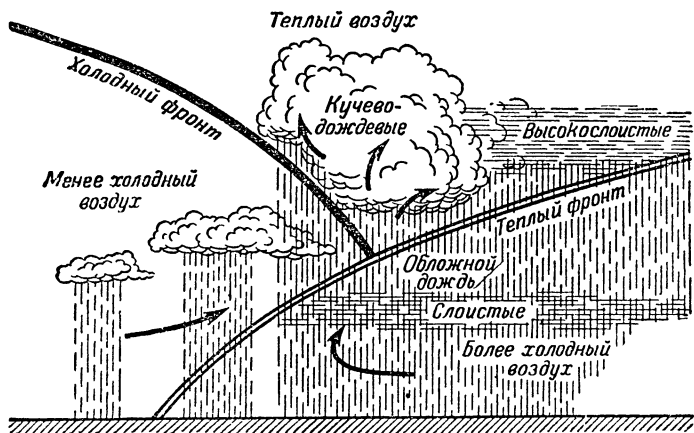


Рис. 13. Фронт окклюзии по типу теплого фронта.

наблюдается несколько слоев облаков. Верхняя граница самого нижнего слоя лежит обычно на высоте 1000—1500 метров, а самого верхнего слоя — достигает высоты 5000 и более метров,

На рисунках 12 и 13 изображена начальная стадия окклюзии. В дальнейшем в массе вытесняемого теплого воздуха образуется плотный слой волнистых облаков.

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПОГОДУ

Итак, изменения погоды обуславливаются движением и взаимодействием воздушных масс. Если по синоптическим картам будет установлено, что какая-либо воздушная масса в каком-то районе задерживается, то можно считать, что погода в этом районе будет меняться мало. Если же по картам видно, что воздушная масса скоро уступит свое место другой, с иными свойствами, то следует ожидать и соответствующего изменения погоды. Отсюда становится ясно: чтобы решать вопросы о вероятных переменах погоды, необходимо разбираться в причинах и закономерностях горизонтальных движений воздуха.

Как же возникают в атмосфере горизонтальные движения воздуха? Исследования показали, что основной причиной возникновения воздушных течений является неравномерное распределение атмосферного давления. Если на какой-то площади создается высокое давление, то избыток масс воздуха над ней начинает оттекать к областям с более низким давлением. Разность давления и является той движущей силой, которая вызывает перемещение воздуха. Причиной неоднородного распределения давления является неравномерность распределения температуры воздуха. Эта неравномерность приводит к тому, что атмосфера в разных ее частях оказывается нагретой не одинаково. В результате в ней как бы создаются столбы воздуха с разной температурой. В более теплом воздухе давление его с высотой уменьшается медленнее, чем в более холодном, и на некоторой высоте давление в теплом воздухе окажется выше, чем давление на той же высоте в холодном воздухе. Это вызовет в верхнем слое ток более теплого воздуха в сторону холодного. В результате произойдет увеличение массы в столбе холодного воздуха и повышение давления у его основания. Это, в свою очередь, вызовет в нижнем слое движение холодного воздуха в сторону теплого. Очевидно, что

эти рассуждения сохраняют силу вне зависимости от масштабов процесса. Следовательно, они могут быть применимы и при рассмотрении вопроса о циркуляции атмосферы всего земного шара, так как на Земле всегда имеются постоянный очаг тепла (экваториальная зона) и два постоянных очага холода (район полюсов).

Разберемся в этом подробнее.

Как уже говорилось, поверхность земного шара нагревается Солнцем неодинаково. Непосредственно лучами Солнца воздух нагревается очень незначительно, основная масса тепла поступает в атмосферу от нагретой Солнцем поверхности Земли. Атмосферный воздух нагревается от земной поверхности как от печи.

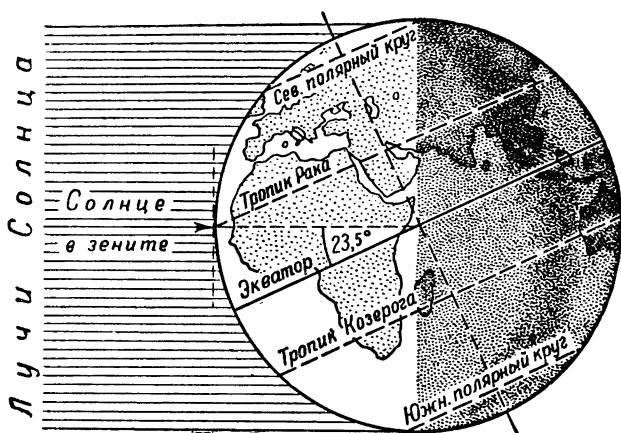


Рис. 14. Положение Земли по отношению к солнечным лучам в день летнего солнцестояния.

Степень нагрева земной поверхности лучами Солнца зависит от положения Земли относительно Солнца. В течение года наша планета совершает один оборот вокруг Солнца. При этом одну половину года к Солнцу наклонено северное полушарие Земли; в это время оно получает больше тепла, чем южное, и в северном полушарии стоит лето, а в южном зима (рис. 14). В следующие полгода к Солнцу наклонено южное полушарие, которое теперь получает больше тепла, чем северное; в этот период в северном полушарии стоит зима, а в южном лето (рис. 15).

Из рисунков нетрудно видеть, что в период летнего солнцестояния (рис. 14) в Арктике Солнце не заходит за горизонт, стоит долгий полярный день, а на южном полюсе Антарктида погружается в полярную ночь. В период зимнего солнцестояния (рис. 15) в Арктике Солнце находится за горизонтом и здесь стоит полярная ночь. В это же время в Антарктиде господствует полярный день.

Земля шарообразна. Поэтому количество тепла, поступающее от Солнца, различно для разных мест на

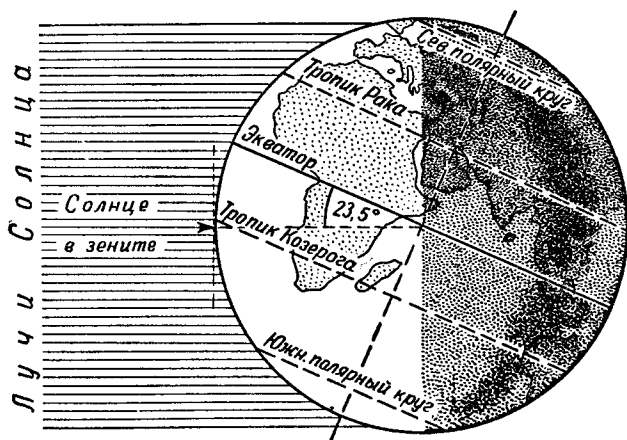


Рис. 15. Положение Земли по отношению к солнечным лучам в день зимнего солнцестояния.

земном шаре. В зоне экватора солнечные лучи падают на земную поверхность почти отвесно, а ближе к полюсам под углом — они здесь как бы скользят по поверхности Земли. Ясно, что одно и то же количество солнечных лучей распределяется по большей поверхности, падая под углом, чем при отвесном падении.

Подсчеты показывают, что на полюс поступает солнечной энергии почти в три раза меньше, чем на экватор. Этим и объясняется жаркий климат в экваториальных областях Земли и холодный в полярных. Таким образом, на Земле есть постоянный очаг тепла (экваториальная зона) и два постоянных очага холода (районы полюсов).

Если бы Земля не вращалась и поверхность ее была совершенно однородной, циркуляция атмосферы была бы очень проста: в нижнем слое воздушные массы двигались бы от полюсов к экватору, а в верхних слоях — от экватора к полюсам. В действительности картина гораздо более сложна.

Во-первых, на движение воздуха оказывает влияние отклоняющая сила вращения Земли. Эта сила действует на всякое движущееся тело и всегда направлена перпендикулярно к направлению движения, причем в северном полушарии вправо, а в южном влево. Под ее влиянием реки в нашем полушарии подмывают больше правый берег и он поэтому обычно выше, чем левый. Известно также, что на двухпутных железнодорожных линиях правый рельс изнашивается быстрее, чем левый. Льды в арктических морях движутся не по направлению ветра, а отклоняясь от него вправо на 30—40 градусов. В силу этого же закона движение атмосферного воздуха также отклоняется в северном полушарии вправо, а в южном влево.

В результате схематично можно представить следующее распределение воздушных течений в атмосфере (рис. 16). Воздух, поднимающийся в экваториальной зоне и начавший в северном полушарии двигаться на некоторой высоте к северному полюсу, под влиянием отклоняющего действия вращения Земли будет постепенно отклоняться вправо (к востоку). На широте около 30 градусов это отклонение достигнет 90 градусов и воздух будет двигаться уже не с юга на север, а с запада на восток. Так как при этом поступление воздуха из экваториальной зоны не прекращается, то над широтой 30 градусов он накапливается и вызывает повышенное атмосферное давление в широкой полосе у земной поверхности. Аналогичная картина наблюдается и в южном полушарии при движении воздуха из экваториальной зоны к южному полюсу. Воздух из поясов высокого давления над 30 градусами широты оттекает к экватору и к полюсам.

В результате в полосе между экватором и параллелями 30 градусов в обоих полушариях возникают постоянные ветры — пассаты. В северном полушарии они дуют с северо-востока, а в южном — с юго-востока.

Обратные им потоки на высоте называются антипассатами.

В северном полушарии та часть приземного воздуха, которая оттекает из пояса высокого давления к полюсу,

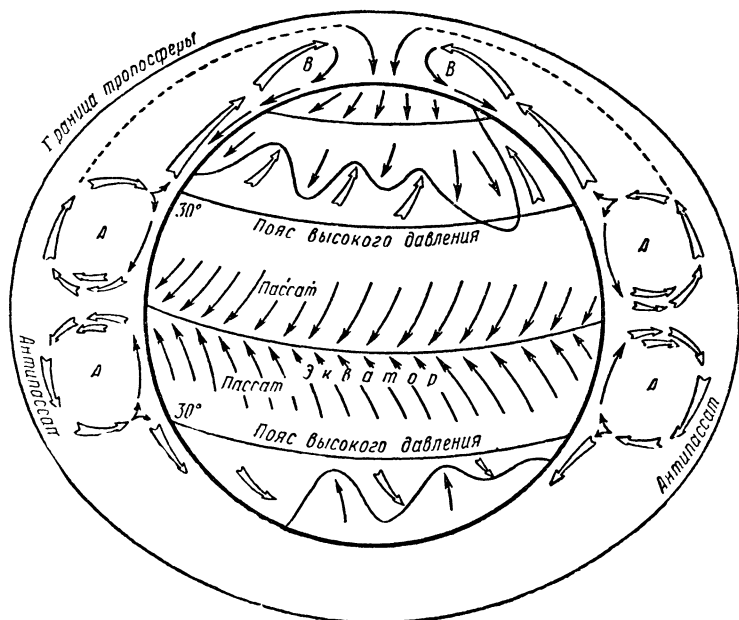


Рис. 16. Упрощенная схема общей циркуляции атмосферы.

образует в этой зоне юго-западные ветры. Навстречу этому потоку из района северного полюса движется холодный воздух, направляющийся в сторону экватора. При этом под действием отклоняющей силы вращения Земли он приходит в умеренные широты в виде северо-восточного потока.

Встреча потоков относительно теплого воздуха с юго-запада с холодным воздухом, текущим с северо-востока, приводит к тому, что в одних районах теплый воздух натекает на холодный, продвигаясь к северу, а в других, наоборот, холодный воздух прорывается далеко к югу. Как мы увидим дальше, это взаимодействие теплого и холодного потоков воздуха приводит к образованию циклонов.

Рассмотренная выше схема общей циркуляции атмосферы является весьма упрощенной. В действительности картина гораздо сложнее. Общую схему нарушают как сезонные изменения высоты Солнца над горизонтом (зима и лето), так и, в особенности, неоднородность подстилающей (земной) поверхности. В первую очередь сказывается неравномерность нагревания воздуха над сушей и над водой. Днем поверхность суши сильно нагревается Солнцем, а ночью быстро остывает. Вода же, которая обладает большей теплоемкостью, мало нагревается днем, но зато медленно охлаждается ночью. В результате на берегах морей возникают постоянные потоки воздуха, называемые бризами. Днем суша нагревается сильнее, чем море, и воздух над ней, как более теплый и относительно легкий, поднимается вверх. На его место с поверхности моря притекает более холодный воздух. Так возникает дневной бриз. Ночью воздух над сушей охлаждается быстрее, чем над морем, и начинает двигаться в сторону моря, на место поднимающегося над ним более теплого воздуха. Возникает ночной бриз.

В более крупном масштабе подобное явление происходит на берегах океанов. Из-за различного нагревания поверхности суши и океана возникают воздушные течения, имеющие сезонный характер. Эти течения (их называют муссонами) зимой направлены с охлажденной суши на более теплую поверхность океана, а летом, наоборот, с менее нагревающейся поверхности океана на более нагретую поверхность суши.

Особое значение в системе циркуляции атмосферы имеет возникновение на поверхностях разделов между различными по температуре массами воздуха атмосферных вихрей — циклонов. По наиболее разработанной и распространенной, так называемой «волновой» теории происхождения циклонов, возникают и развиваются они следующим образом. Огромные массы теплого и холодного воздуха, имеющие различную плотность и движущиеся в противоположных направлениях вдоль фронтальных поверхностей, вызывают образование волн на этих поверхностях. Начало образования такой волны схематически изображено на рис. 17. При появлении волны теплый воздух начинает натекать на более холодный, а холодный — вторгаться под теплый. В результате обра-

зуется циклоническая, т. е. круговая система ветров и связанная с нею замкнутая область пониженного давления — циклон. В области зарождающегося циклона появляются два различных участка фронта — теплый и холодный.

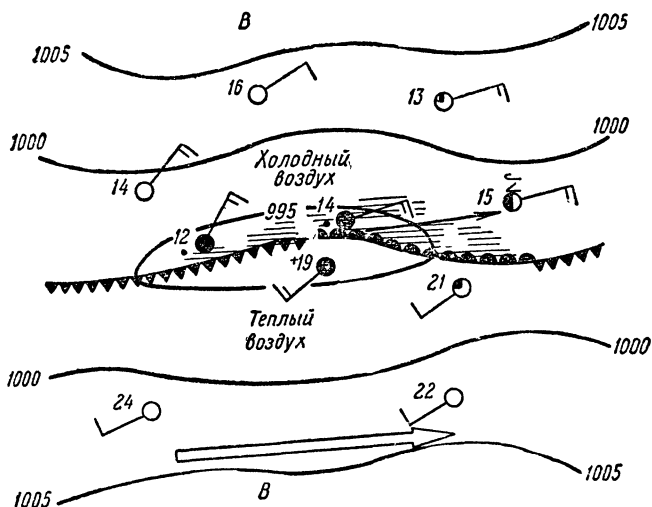


Рис. 17. Возникновение волны на стационарном атмосферном фронте и образование нового циклона.

На рис. 18 приведено последовательное развитие циклона. Рис. 18, а показывает начальную стадию движения теплого и холодного воздуха вдоль фронтальной поверхности. Рис. 18, б — начало развития волны с сопутствующим появлением осадков (заштрихованная зона). На рис. 18, в вы видите дальнейшее развитие волны (стадия молодого циклона). На рис. 18, г сектор, занимаемый теплым воздухом, сужается в связи с более быстрым движением холодного фронта и приближением холодного фронта к теплову. Циклон продолжает углубляться. На рис. 18, д показано начало затухания (окклюзии) циклона, возникающего вследствие подсекания холодным воздухом теплого и вытеснения теплого воздуха вверх. Наконец, на рис. 18, е изображена заключительная стадия жизни циклона — оставшийся после

окклюзии вихрь холодного воздуха, который быстро теряет силу.

Характерная для циклона погода наиболее ясно выражена в его второй стадии, стадии молодого циклона.

На рис. 19 отчетливо видно, к чему привел изгиб фронтальной поверхности, на которой образовалась волна, переходящая затем в циклон. Давление воздуха в центре циклона показано изобарой, соответствующей 990 миллибарам; к краям циклона это давление увеличивается до 1000 миллибар. От центра циклона расходятся теплый и холодный фронты. Температура воздуха в теплом секторе, заключенном между холодным и теплым фронтом, составляет 2—3 градуса выше нуля. В холодном воздухе, перед теплым фронтом, она понижается до 5—9 градусов ниже нуля. Заштрихованная полоса перед теплым фронтом обозначает широкую зону осадков в виде снега. Высота облачности при этом колеблется от 50 до 300 метров. В массе воздуха за холодным фронтом температура воздуха 2—3 градуса ниже нуля.

Направление ветра (указываемое на рис. 19 стрелками) свидетельствует о том, что воздух подтекает к центру циклона, образуя общий вихрь, вращающийся вокруг центра циклона против часовой стрелки. Как видно, на этой стадии развития циклона теплый воздух продвинулся далеко на север, а холодный воздух в тылу холодного фронта продвигается далеко на юг.

Нетрудно видеть, что в циклонической циркуляции участвуют массы воздуха с различными тем-

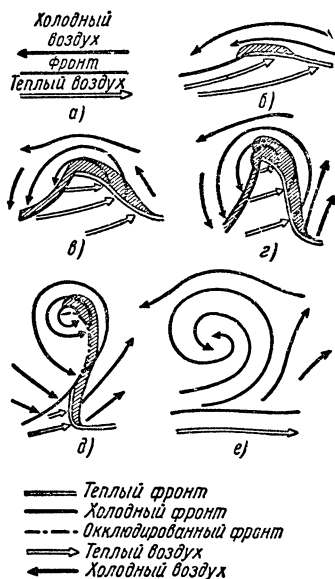


Рис. 18. Последовательное развитие циклона.

пературами, притекающие из разных географических районов.

Таким образом, нанесение изобар и выявление местоположения циклона на синоптической карте помогает определить направление движения воздушных масс. Как уже говорилось, воздушные массы в каждый данный

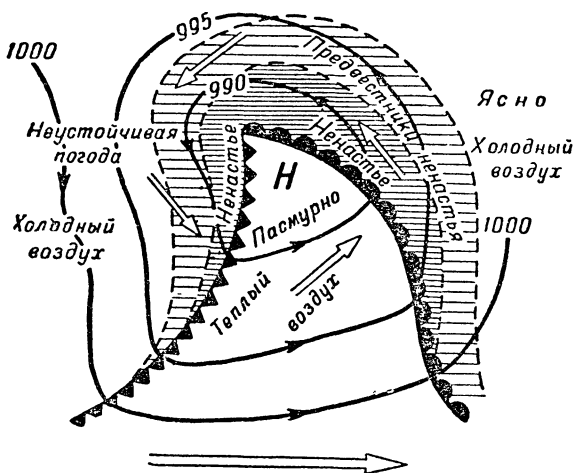


Рис. 19. Только что образовавшийся «молодой» циклон.

момент перемещаются параллельно изобарам, оставляя изобары с более низким давлением слева. Изменение направления изобар свидетельствует об изменении направления перемещения воздушных масс. Если проследить за развитием и перемещением такого циклона по синоптическим картам, можно одновременно проследить и дальнейшее перемещение воздушных масс и фронтов.

В некоторых случаях циклоны следуют друг за другом сериями, до 4—5 циклонов один за другим, в виде нескольких волн на одной и той же фронтальной поверхности.

Кроме того, если в область циклона попадает новый фронт, располагавшийся ранее где-либо севернее, т. е. вторгается новый поток холодного воздуха, циклон может снова углубиться, ветры в нем усиливаются, он как бы «возрождается».

В умеренных широтах циклоническая циркуляция воздуха выражается, как мы видели, в вихревом движении больших масс воздуха вокруг центра циклона. Однако под этим не нужно понимать вихрь в обычном значении этого слова. Скорости ветра в циклонах, особенно на холодных фронтах, бывают велики, но все же они очень редко достигают разрушительной силы. Но в тропиках, в зоне тропического фронта над океанами, возникают особые формы циклонов — ураганы и тайфуны, при которых скорость ветра очень велика.

В начале своего образования такой циклон имеет совсем небольшой диаметр. В процессе развития циклона сильно падает давление в его центре (за счет подъема вверх теплого и влажного тропического воздуха), что и приводит к крайнему усилению ветра — до 50—70 метров в секунду, с отдельными порывами, достигающими до 100—110 метров в секунду. Захватывая берега материков и острова, такой тайфун нередко вызывает большие разрушения. Так, в 1934 г. тайфун, разразившийся над Японией, разрушил полностью или частично 700 000 домов, 1800 мостов, вызвал наводнение в прибрежных областях, вывел из строя более 11 000 судов.

Циклоны обычно разделяются областями повышенного давления, развивающимися часто в замкнутые барические системы с повышенным давлением в центре — антициклоны. Подобно циклонам они возникают, развиваются и разрушаются. Различие заключается в том, что в антициклоне в процессе его развития происходит накопление массы воздуха, которое вызывает рост атмосферного давления в его центре. В результате антициклон представляет собой громадный вихрь, в котором воздушные потоки направлены от центра к периферии.

Диаметр антициклонов может достигать 1500—2000 километров.

В центре антициклона происходит приток воздуха из верхних слоев, который, нагреваясь при опускании, препятствует возникновению облачности и осадков. В некоторых стадиях своего развития антициклоны способны долго задерживаться на одном месте и тогда здесь длительное время стоит устойчивая ясная погода. Наблюдающиеся на нашей территории летом засушливые периоды связаны обычно с такими устойчивыми антициклонами. Существование их поддерживается

за счет вторжений холодного и сухого воздуха из Арктики.

Зимой в устойчивых антициклонах над материком температура воздуха часто значительно понижается. На Европейской территории СССР это понижение может достигать 30—40, а в Якутии и на Чукотке 50—55 градусов мороза и ниже.

ПРЕДВИДЕНИЕ ПОГОДЫ НА КОРОТКИЙ СРОК

А теперь мы можем перейти к вопросу о том, как же научно предсказывается погода. Прежде всего надо сказать, что в основном прогнозы погоды делятся на два основных вида: краткосрочные — на срок от нескольких часов до суток, и долгосрочные — на месяц и более вперед. В основе того и другого лежит анализ синоптических карт. Посмотрим сначала, как это делается для краткосрочных прогнозов погоды.

Прежде всего специалист-синоптик *) подробно изучает очередную синоптическую карту с нанесенными на ней данными. Он рассматривает распределение давления воздуха. Для этого он проводит на карте линии равных давлений воздуха — изобары. Это дает возможность выяснить, как размещаются на карте циклоны и антициклоны. Чтобы определить, как они будут в дальнейшем развиваться и куда перемещаться, помимо изобар на карте проводятся еще так называемые линии изотенденций. Эти линии соединяют на карте места с одинаковой величиной изменения давления воздуха за промежуток между очередными сроками наблюдений. Данные об этом передаются метеорологическими станциями и наносятся на карты. Изотенденции проводятся через каждый миллибар и позволяют видеть на картах очаги наибольшего роста или наибольшего падения давления воздуха.

Затем, для того чтобы определить характеристики воздушных масс и фронтов, на карте цветными карандашами выделяются районы, где наблюдаются осадки, туманы, грозы, метели, сильные ветры, гололед. Используя ряд дополнительных материалов (диаграммы распределения температуры и влажности по высотам и др.),

*) Так называют метеорологов, составляющих прогнозы погоды.

на карте наносят линии фронтов. При этом устанавливают местоположение как ранее существовавших, так и вновь возникших фронтов. Одновременно определяются типы и характеристики фронтов.

В настоящее время, в связи с широким распространением метеорологических наблюдений на разных высотах, помимо приземных карт погоды составляются также высотные карты. В частности, большое значение приобрели так называемые карты барической топографии, отображающие распределение давления воздуха по высотам. На этих картах, на основе наблюдений, наносятся высоты (над уровнем моря) поверхностей одинакового давления воздуха или, как их называют, изобарических поверхностей.

Карты барической топографии позволяют судить о вертикальном строении атмосферных вихрей — циклонов и антициклонов. В совокупности с другими специальными графиками, показывающими распределение по высотам температуры, давления и влажности воздуха, карты барической топографии представляют синоптику дополнительные возможности для суждения о ходе развития процессов погоды, а следовательно, и для прогнозов погоды.

Карты барической топографии позволили перейти от обычного анализа атмосферных процессов на плоскости по приземным синоптическим картам к анализу изменения этих процессов в пространстве, в значительном слое нижней атмосферы.

Изучение каждой очередной карты проводится в сравнении с картой за предыдущий срок. Это облегчает задачу, поскольку на предыдущей карте уже было выявлено, как складывались атмосферные процессы, и анализ новой карты сводится к тому, чтобы установить, как идет развитие этих процессов.

На основе сравнения результатов анализа очередной карты с предыдущей (или с картами за несколько сроков) прежде всего составляется прогноз синоптического положения. Это означает, что синоптик должен определить общий характер развития атмосферных процессов, т. е. определить вероятное перемещение и развитие циклонов и антициклонов, воздушных масс и фронтов. Все это наносится на чистый бланк карты. Обычно прогноз дается на сутки вперед.

Карта будущего положения указывает вероятное местоположение центров циклонов и антициклонов (буквами *H* — для низкого и *B* — для высокого давления) и ожидаемых зон наибольшего изменения давления (буквами *P* — для роста и *П* — для падения давления). Кроме того, для ряда географических пунктов производится расчет ожидаемого давления воздуха. Затем намечается предполагаемое расположение фронтов. В заключение на карте вокруг центров низкого и высокого давления проводятся изобары, ограничивающие циклоны и антициклоны.

В результате синоптик получает по существу ту же синоптическую карту, только без нанесенных данных.

Чем тщательнее будет составлен прогноз будущего синоптического положения, тем правильнее будет и прогноз погоды. Имея схему будущего расположения барических систем и фронтов и учитывая условия погоды, отображенные на предыдущих синоптических картах, можно судить и о вероятных изменениях погоды в том или ином районе. Так, например, если при анализе синоптического положения установлено, что через район, для которого нужно дать прогноз погоды, должен проходить теплый фронт, то, очевидно, можно будет рассчитывать на то, что погода в этом районе будет соответствовать характеристикам теплого фронта.

При этом, однако, всегда приходится учитывать местные условия, которые могут тем или иным образом влиять на погоду. Наблюдения показывают, что нередко в силу местных условий один и тот же атмосферный процесс может привести к существенно различным условиям погоды.

Приходится учитывать, например, усиление восходящих потоков воздуха при переходе их через горные хребты, возникновение облачности в связи с неравномерным нагреванием воздуха над различными участками земной поверхности и т. д. Нужно считаться также с тем, что вследствие понижения температуры воздуха ночью и повышения ее днем фронты в течение суток могут менять интенсивность, ослабевая ночью и обостряясь днем.

Краткосрочные прогнозы погоды даются на различные сроки. Прогнозы общего пользования составляются обычно на сутки вперед. К ним относятся, в частности,

те, что передаются ежедневно по радио для Москвы и Московской области Центральным институтом прогнозов, а также республиканскими и областными Бюро погоды для соответствующих республик и областей. Кроме того, Служба погоды дает и специализированные прогнозы по запросам соответствующих потребителей. Например, для авиации прогнозы составляются на время

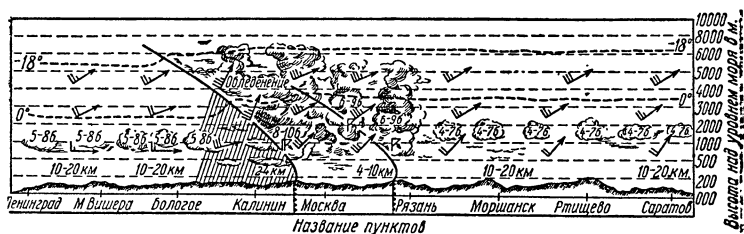


Рис. 20. Графическое изображение условий погоды по пути полета, в разрезе.

от вылета самолета до его посадки и для маршрута полета.

Для рейсовых самолетов Гражданского воздушного флота прогнозы погоды выдаются летчикам одновременно с графическим изображением условий погоды по пути полета в разрезе (рис. 20). Это позволяет летчику выбрать наиболее выгодную высоту полета.

На основании составляемых прогнозов Служба погоды предупреждает о возможности возникновения опасных для той или иной отрасли хозяйства явлений. Сюда относятся предупреждения о заморозках для садоводов и огородников, предупреждения о штормах для морского и речного флота и для авиации и т. д.

ДОЛГОСРОЧНЫЕ ПРОГНОЗЫ ПОГОДЫ

С 1922 г. наша Служба погоды регулярно дает прогнозы погоды и на долгие сроки. При этом различают так называемые прогнозы малой заблаговременности, на период 3—10 дней, и большой заблаговременности — на месяц, на сезон.

Известны многочисленные попытки разрешения проблемы предвидения погоды на длительный срок, но одним

из наиболее эффективных является метод советского ученого Б. П. Мультановского (1876—1936). Этот метод основан на исследовании процессов в атмосфере по синоптическим картам. Коротко говоря, он заключается в следующем. По исследованиям Б. П. Мультановского и его учеников, северное полушарие можно разделить на три района, в каждом из которых в силу их физико-географических особенностей развиваются своеобразные атмосферные процессы. Эти районы получили названия естественных синоптических районов.

На погоду Европейской части СССР влияют процессы, которые развиваются в районе от Гренландии на западе до Енисея на востоке и от побережья Северного Ледовитого океана до 30 градусов северной широты. Для этого района Б. П. Мультановский установил закономерности в смене циклонов и антициклонов. Промежуток времени, в течение которого на пространстве естественного синоптического района сохраняется географическое расположение циклонических и антициклонических образований, был назван Б. П. Мультановским естественным синоптическим периодом. При этом сохраняется направленность перемещения циклонов и антициклонов. В результате по первым двум дням естественного синоптического периода можно судить о вероятном расположении и перемещении циклонов и антициклонов в течение остальных дней периода. Соответственно можно судить и о вероятных изменениях условий погоды на путях перемещения циклонов и антициклонов.

Исследования показали, что продолжительность естественного синоптического периода сохраняется в пределах от 5 до 8 дней. Именно это и позволяет использовать синоптические периоды для прогноза погоды.

По первым дням периода устанавливается вероятная направленность перемещения циклонов и антициклонов. Для определения хода развития атмосферных процессов в течение естественного синоптического периода Б. П. Мультановский предложил составлять специальные карты, на которых на основе ежедневных синоптических карт обозначались изо дня в день положения центров циклонов и антициклонов. Центры циклонов

обозначались черными кружками, а антициклонов — светлыми. Такие сборные карты (рис. 21 и 22) позволяют наглядно представить себе размещение циклонов и антициклонов в исследуемом районе за весь период. Как видно из рис. 21, на карте могут быть отчетливо

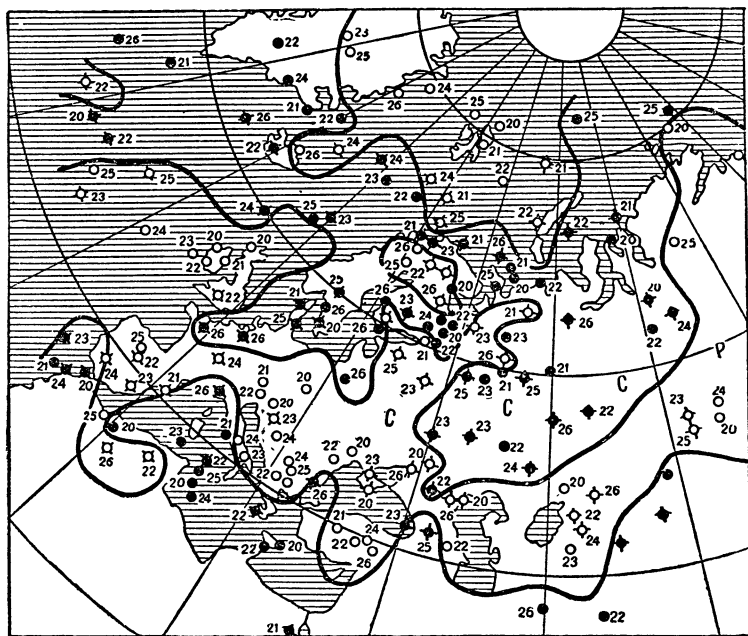


Рис. 21. Сборная карта естественного синоптического периода с 20 по 26 января 1935 г.

выделены зоны преобладания циклонов и антициклонов. Рисунок показывает, что определенное соотношение этих зон сохраняется в течение всего периода с 20 по 26 января 1935 г. Затем наступает перелом и в период с 27 января по 4 февраля 1935 г., т. е. в следующий естественный синоптический период, указанные зоны меняются местами (рис. 22). Нетрудно представить, что при этой смене меняются и условия погоды в соответствующих районах.

Наступление перелома от одного синоптического периода к другому обнаруживается в самом начале нового периода, что и дает возможность определить вероятное развитие процессов на этот новый период.

Что касается чисто погодных характеристик, то они определяются в первую очередь по заранее известным

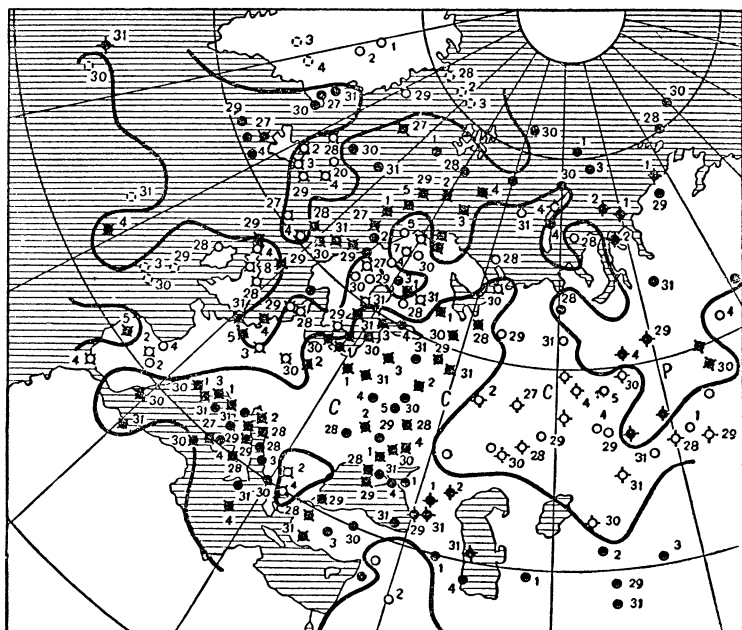


Рис. 22. Сборная карта естественного синоптического периода с 27 января по 4 февраля 1935 г.

связям между атмосферными процессами и условиями погоды. Большую помощь в этом оказывает и подбор так называемых аналогов. Для этого используется архив синоптических карт за прошлые годы. Из него выбираются те карты, положение на которых наиболее соответствует процессу, ожидаемому для данного синоптического периода.

Для удобства подбора аналогов архив карт обрабатывается так, что отражаемые каждой картой положе-

ния выражаются цифровыми характеристиками и наносятся на отдельные карточки. Подбор аналога по таким карточкам может производиться с помощью электронных счетных машин, что избавляет от необходимости затрачивать большой труд на перелистывание многочисленных карт в архиве.

Для предсказания погоды на срок, превышающий естественный синоптический период, на месяц или на сезон, Б. П. Мультановский использовал исследование путей движения антициклонов. Проследив это движение по синоптическим картам за длительный период времени, он обнаружил, что оно совершается по некоторым определенным путям или «осям». Имеются две группы этих путей: одна направлена с запада на восток, другая — с севера на юг. К первой группе относятся пути движения антициклонов, зарождающихся над Атлантическим океаном в районе Азорских островов, к другой — пути перемещения антициклонов, возникающих в арктических районах. Оказалось, что, раз начавшись, движение антициклонов по определенным осям сохраняется в течение продолжительного времени, порядка месяца и иногда даже сезона. Составляя сборные карты для тех периодов, в которые антициклоны движутся по какой-либо определенной оси, возможно определить и общий характер погоды в различных районах при движении антициклонов.

При каких условиях антициклоны начинают двигаться по той или иной оси? Исследование этого вопроса привело к выводу, что направление движения антициклонов зависит от распределения давления в тех районах, откуда они берут свое начало. Эти области Б. П. Мультановский назвал центрами действия атмосферы.

Один из таких центров расположен в Атлантическом океане, в районе Азорских островов. В полярном районе имеется три центра действия атмосферы.

В результате все европейские оси движения антициклонов разлагаются на азорские (при смещении антициклонов с запада на восток), нормальные полярные (с северо-запада на юго-восток) и ультраполярные (с северо-востока на юго-запад или с севера на юг) (рис. 23).

Ученики Б. П. Мультановского — С. Т. Пагава, Г. Я. Вангенгейм и другие продолжают его работу. Для

этого они используют ряд материалов, которые еще не были доступны Мультановскому, например, карты распределения метеорологических элементов по высотам,

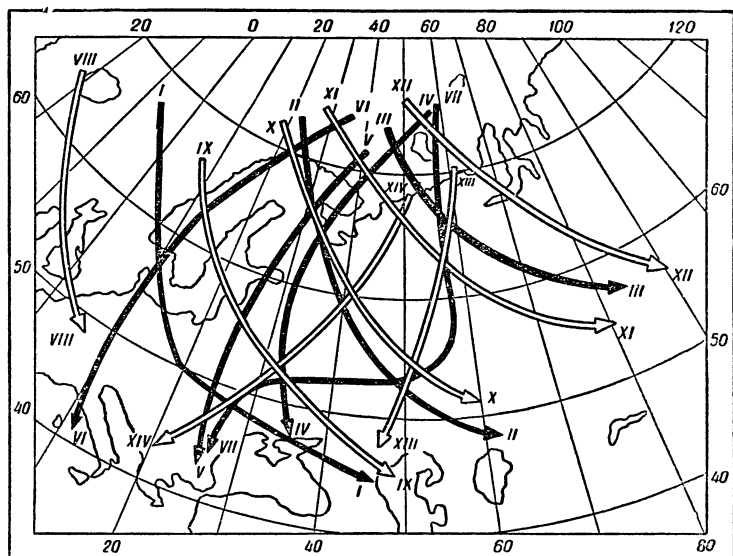


Рис. 23. Оси полярных антициклонов по Б. П. Мультановскому.

Черные стрелки — оси холодного времени года,
светлые стрелки — оси теплого времени года.

карты погоды всего северного полушария и т. д. Все это, несомненно, способствует усовершенствованию метода долгосрочных прогнозов погоды.

МОЖНО ЛИ САМОМУ ПРЕДСКАЗЫВАТЬ ПОГОДУ?

Передающиеся по радио прогнозы погоды охватывают обычно довольно большие территории — область, район. Но нас обычно интересует будущая погода для какого-либо конкретного места или пункта (колхоз, совхоз, парк культуры, стадион и т. д.). Для этого можно использовать некоторые, накопленные за длительное время местные признаки погоды. В основном эти признаки связаны с появлением и прохождением циклонов и

антициклонов, воздушных масс и фронтов. Подбором и систематизацией этих признаков у нас занимались многие ученые-метеорологи: П. И. Броунов, А. Ф. Дюбюк, Б. Л. Дзерdzeевский и другие. Расскажем о некоторых из наиболее, если так можно выразиться, «прочных» местных признаках изменения погоды, которые могут быть использованы для уточнения прогнозов погоды. По ним в ряде случаев можно предсказать, какое изменение погоды следует ожидать в данной точке.

При этом надо помнить, что для определения того, как изменится погода в ближайшем будущем, недостаточно пользоваться одним каким-либо из приведенных признаков. Необходимо учитывать все такие признаки. И, главное, нужно внимательно и, по возможности, непрерывно наблюдать за изменениями погоды в данном месте с тем, чтобы повседневно проверять, как оправдывается то или другое предположение об изменении условий погоды. Чем больше будет такого опыта, тем удачнее станут собственные предсказания погоды.

Общеизвестно, что погода в любом месте может меняться очень быстро. Изменения ее зависят от многих причин. Однако все многообразие погоды можно представить несколькими основными типами. Для практических целей можно ограничиться четырьмя типами погоды:

Первый тип — ясная или малооблачная погода, без осадков.

Второй тип — облачная с прояснениями погода, с кратковременными ливневыми осадками.

Третий тип — пасмурная погода с низкой облачностью.

Четвертый тип — ненастная погода с обложными осадками.

Каждый из этих типов погоды может сохраняться некоторое время, сменяясь затем другим. Поэтому особенно важны те признаки, по которым можно судить о вероятности смены того или иного типа погоды. Например, очень важно предусмотреть смену сухой, хорошей погоды на пасмурную и дождливую, или холодной погоды на теплую, и т. д.

Вот основные признаки, предвещающие возникновение или сохранение того или иного из указанных типов погоды.

По первому типу погоды. Основные признаки наступления ясной и сухой погоды после ненастья: постепенное ослабление ветра, прекращение осадков, уменьшение облачности, часто до полного прояснения. Зимой при этом наблюдается заметное похолодание, а летом, наоборот, повышение температуры.

Одним из признаков сохранения установившейся хорошей погоды является суточный ход облачности. В этом случае после ясной ночи к 9—10 часам утра появляются кучевые облака. Эти белые, сверкающие в лучах Солнца облака резко выделяются на фоне голубого неба; они даже носят название кучевых облаков хорошей погоды. К полудню эти облака несколько развиваются по вертикали, а к вечеру размываются и вновь наступает ясная погода.

О сохранении ясной или малооблачной погоды можно судить и по окраске неба. Характерным для этого является то, что небо утром голубое, днем — белесоватое; вечерняя заря имеет окраску золотистую или оранжевую с переходом позднее к зеленовато-желтой.

В ясные ночи, когда воздух у земли сильно охлаждается, обычно возникают невысокие, стелющиеся по земле и скапливающиеся в низинах туманы.

Очень характерен для ясной погоды ход температуры в течение суток. От восхода Солнца до 2—3 часов дня температура повышается, а затем непрерывно понижается до утра следующего дня.

Если зимой после установления ясной погоды день ото дня становится все холоднее, это является надежным признаком того, что ясная погода сохранится продолжительное время.

О вероятности наступления погоды **второго типа**, т. е. облачной погоды с прояснениями и кратковременными ливневыми осадками, можно судить в основном по облачности. Так, если в жаркую погоду летом, в ясный день утром вскоре после восхода Солнца, на небе появляются довольно высокие, часто мало заметные облака в виде зубцов или башенок, то к вечеру можно ожидать сильного развития по вертикали кучеводождевых облаков, которые разражаются ливнем с грозой. Это — так называемые тепловые грозы.

Одним из признаков их появления служит также высокая влажность в теплом воздухе, когда создается ощущение духоты и, как говорят, «парит».

Грозы и ливни возникают также при прохождении холодных фронтов. В этом случае ясная хорошая погода быстро сменяется на более прохладную, ветер усиливается, с одной из сторон горизонта надвигается целая цепь сильно развитых по вертикали кучеводождевых облаков. Возникают сильные ливневые дожди, как правило, с грозами, часто с градом.

После прохождения такого фронта может наступить прояснение, но в большинстве случаев летом вслед за этим создается неустойчивая погода, характерная большой облачностью (кучеводождевые облака) и ливневыми осадками. Зимой это сильный снегопад с крупными хлопьями снега.

При погоде третьего типа — пасмурной, с низкой облачностью, небо покрывается полосами низких серых слоистообразных облаков. Температура воздуха в течение суток почти не меняется, ветер также сохраняет примерно одну и ту же силу и направление.

И, наконец, признаки наступления погоды четвертого типа, т. е. ненастной погоды. При ясном небе на горизонте появляются полосы высоких прозрачных перистых облаков, они особенно хорошо видны при заходе Солнца. По мере приближения к пункту наблюдения эти облака становятся все более плотными, возникают полупрозрачные полосы, которые постепенно распространяются на все небо, переходя в так называемые перистослоистые облака. Чем быстрее движутся эти облака, тем скорее наступает ухудшение погоды. Появление таких облаков показывает, что ненастная погода находится от нас на расстоянии 200—400 километров в той стороне горизонта, откуда движутся облака.

Обычная скорость перемещения таких облаков равна 30—40 километрам в час. Поэтому через 7—10 часов после появления перистых облаков в пункте наблюдения можно ожидать наступления ненастной погоды.

В начале сквозь облачность отчетливо просвечивают Солнце или Луна, но затем, по мере уплотнения облаков, все небо закрывается сплошной пеленой сначала высоко-слоистых, а затем и слоисто-дождевых облаков. Начинается выпадение обложных осадков, наступает ненастье. Все это в основном соответствует смене погоды при прохождении хорошо выраженного теплого фронта (см. стр. 22).

Бывает, однако, и так, что появление перистых и перистослоистых облаков не приводит к ненастной погоде в пункте наблюдения — в том случае, если направление перемещения теплого фронта, связанного с циклоном, несколько изменится и слоистодождевые облака с выпадающими из них осадками пройдут мимо. На этом примере вы можете видеть, как ограничены возможности точного предвидения погоды без рассмотрения синоптической карты.

Чтобы добиться по возможности лучших результатов в предсказании погоды по местным признакам, нужно придерживаться следующих правил.

Горизонт наблюдателя должен быть максимально открыт, в особенности на запад, чтобы как можно раньше обнаружить появление характерных облаков. Наблюдения нужно вести непрерывно, чтобы не пропустить характерных признаков смены погоды.

Как анализ, так и прогноз погоды в этом случае нужно производить с учетом всех возможных в данном случае наблюдений. Очень полезен здесь многолетний опыт наблюдений за чисто местными признаками изменения погоды, связанными с особенностями физико-географических условий именно данного пункта. Эти признаки обнаруживаются, как правило, при длительных наблюдениях погоды в различное время года в конкретных условиях (склон горы, ущелье, берег озера, большие болота и т. д.). Естественно, что влияние этих чисто местных условий не может быть учтено в прогнозах, которые дает Бюро погоды для больших районов. Для уточнения же прогнозов применительно к данному месту учет этого влияния может зачастую сыграть решающую роль, особенно в тех случаях, когда необходимо предвидеть, как изменится погода в ближайшие несколько часов.

ПЕРСПЕКТИВЫ УЛУЧШЕНИЯ ПРОГНОЗОВ ПОГОДЫ

Известно, что прогнозы погоды не всегда оказываются правильными. Однако практика показывает, что в настоящее время прогнозы оправдываются уже в 80 и даже в 90 случаях из 100. При этом также следует учитывать одно существенное обстоятельство: во многих случаях предсказание погоды по всем ее элементам не

имеет большого практического значения. Так, например, для сельского хозяйства не так уж важно знать, какова будет высота облаков. Иное дело — каков будет ход температуры? Да и здесь наибольшее значение имеет переход ее через 0 градусов. Ошибка в 1—2 градуса при температуре около 0 градусов играет значительно большую роль, чем такая же ошибка при других температурах, более высоких или низких.

В быту мы оцениваем прогнозы, передающиеся Бюро погоды по радио, обычно по температуре и осадкам. Надо сказать, что пока еще невозможно совершенно точно сказать, где, в каком пункте и в какой именно час будет дождь. Атмосферные процессы, связанные с выпадением осадков, очень сложны. Слишком много причин обуславливают их выпадение. Тут и вертикальные токи воздуха, и ветер, и степень увлажнения и прогретости воздуха и поверхности земли и т. д. Вот почему в прогнозах погоды говорится лишь о том, что ожидаются «временами дожди», «местами по области дожди» и т. п.

При этом бывает еще и так: синоптик предсказал для района Москвы дождь, а дождь захватил лишь некоторые районы Москвы. И вот, скажем, жители района Сокольников, где дождь прошел, говорят, что синоптики дали правильный прогноз, а жители юго-западного района столицы, где дождя не было, будут ворчать, что Служба погоды «опять ошиблась».

Кроме того, как уже было сказано выше (стр. 23), осадки, связанные с прохождением фронтов, обычно занимают некоторые определенные и достаточно обширные зоны. Появление таких осадков относительно легко предвидеть, следя по синоптическим картам за их перемещением. Сложнее обстоит дело при определении места и времени возникновения осадков, например, внутри холодной воздушной массы, в которой они быстро возникают и быстро прекращаются.

Что касается температуры воздуха, то наиболее резкие ее изменения наблюдаются при прохождении атмосферных фронтов. Определить же точно момент прохождения через данный пункт фронта иногда бывает очень трудно. Колебания в скорости перемещения этих разделов могут достигать больших величин. При этом синоптику, дающему прогноз, трудно определить тот момент, когда температура резко изменится. Большую роль

играет и то обстоятельство, что направление перемещения фронтов нередко изменяется. В результате возможен, например, такой случай. По ходу развития атмосферного процесса можно предполагать, что масса холодного воздуха, вторгающегося с севера или северо-востока в центральную часть Европейской территории СССР, достигнет Москвы к 18 часам такого-то числа и вызовет резкое похолодание. Однако достаточно этой массе совсем немного не дойти до Москвы или пройти где-то восточнее или западнее, как высказанное предположение для Москвы уже не оправдается.

Все это не означает, однако, что подобные трудности неодолимы. Методы наблюдений и исследований атмосферы и сами методы прогнозирования непрерывно совершенствуются. Так, в последнее время в практике метеорологической службы все шире используется радиолокационная техника. Она позволяет следить за образованием и перемещением дождей и своевременно предупреждать о ливнях и граде.

Весьма существенное значение для дальнейшего улучшения прогнозов погоды имеет быстрая обработка данных метеонаблюдений. Теперь для этой цели начали использовать электронно-счетные машины *).

Они позволяют за очень короткий срок, за один-два часа, проделать такую вычислительную работу, на которую требуются месяцы труда вычислителей!

Работа машин в этом случае в общих чертах заключается в следующем. Исходный материал в виде цифровых записей — результатов наблюдений на отдельных метеостанциях, переносится на специальные карточки стандартной формы, на которых пробиваются группы отверстий, соответствующие данным числам. На таких же карточках, опять-таки в виде групп отверстий, наносится в числовом выражении программа решения задачи. После этого исходные данные и программа решения задачи вводятся в вычислительную машину. Результаты расчета, выполняемого машиной, выражаются в виде чисел, позволяющих при нанесении их на карту в тех же пунктах, в которых были заданы исходные величины, строить

*) Об этих машинах рассказывает брошюра «Научно-популярной библиотеки» Гостехиздата: М. С. Тукачинский, Как считают машины.

карты будущего распределения метеорологических элементов. Такие предвычисленные карты погоды следующего дня позволяют синоптику с большей вероятностью строить предположения о том, какие предстоят изменения условий погоды в том или ином пункте или районе.

Внедрение электронно-вычислительной техники в практику Службы погоды открывает широкие перспективы для улучшения качества прогнозов погоды.

В последнее время учеными было открыто, что многие атмосферные процессы можно описать на основе точных законов физики, математики и термодинамики. Найдены соответствующие математические уравнения, решая которые можно определить вероятное будущее распределение давления, температуры и влажности воздуха, осадков и ветра и соответственно вероятное размещение циклонов и антициклонов, атмосферных фронтов и воздушных масс.

В результате теперь имеются способы, которые позволяют численным путем составить прогноз изменения давления и температуры воздуха на сутки вперед. Особенно полезно предвычисление будущего распределения давления воздуха. Это предвычисление позволяет строить карты будущего распределения давления воздуха и таким путем установить предстоящее распределение областей высокого и низкого давления, что, как вы уже знаете, весьма важно для анализа и прогноза погоды.

Использование такого метода, требующего большого количества расчетов, возможно только с помощью электронных вычислительных устройств.

Рассматривая вопрос о перспективах улучшения прогнозов погоды, необходимо также учитывать следующее.

До недавнего времени исследование атмосферных процессов, влияющих на погоду, в основном базировалось на наблюдениях в нижнем слое атмосферы — тропосфере, т. е. до высот порядка 8—15 километров. Но земная атмосфера распространяется в высоту до многих сотен километров. Взаимодействие и взаимозависимость процессов во всей толще атмосферы еще недостаточно изучены.

Мы уже говорили, что основную роль в развитии атмосферных процессов на Земле играет Солнце. Однако вопрос о роли солнечной активности в изменении погоды также еще мало изучен, главным образом из-за того, что до последнего времени не было точных инструментальных наблюдений над состоянием высоких слоев атмосферы.

Связь между солнечной активностью и процессами в атмосфере была, в частности, обнаружена при изучении солнечных пятен. Как известно, максимум пятен повторяется регулярно через каждые 11 лет. Установлено, что в периоды этих максимумов наблюдаются некоторые отклонения от нормы в развитии атмосферных процессов на Земле. В то же время периодичность в изменении количества солнечных пятен обуславливает и периодичность некоторых явлений на Земле. Так, например, при увеличении числа пятен на Солнце в тропиках в зоне Азия — Австралия наблюдается понижение давления воздуха, а в зоне Америки и восточной части Тихого океана повышение. Известно также, что наводнения в долине Нила повторяются через 22 года, т. е. ровно через два периода между очередными максимумами солнечных пятен.

Кроме солнечных пятен, на атмосферу Земли влияет ультрафиолетовое и рентгеновское излучения Солнца; под действием этих излучений в высоких слоях атмосферы образуется особый слой — ионосфера, простирающийся от высоты в 70 километров, примерно до высоты в 500 километров над поверхностью Земли *).

Интенсивность ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца меняется в связи с изменением солнечной активности, что приводит к изменениям в состоянии слоев ионосферы.

Солнце является также источником различных электрически заряженных частиц-корпускул, выбрасываемых в межпланетное пространство. Наблюдения показывают, что приближение этих частиц к Земле вызывает в ее атмосфере целый ряд явлений. Возникают возмущения в магнитном поле Земли, появляются полярные сияния, нарушаются нормальные условия отражения радиоволн от ионосферных слоев.

Все указанные нами виды солнечного излучения оказывают непосредственное влияние лишь на очень высокие слои атмосферы. Например, ультрафиолетовое излучение Солнца практически до поверхности Земли не доходит, поглощаясь по пути воздухом атмосферы и особенно входящим в его состав газом озоном. Последний имеет наибольшую концентрацию на высоте порядка 30 километров

*) Подробнее об этом см. в брошюре: Ф. И. Честнов, Загадка ионосферы, «Научно-популярная библиотека» Гостехиздата.

над поверхностью Земли и служит барьером для ультрафиолетового излучения Солнца. Корпускулярное излучение также проникает в земную атмосферу до высот порядка 60—70 километров над земной поверхностью.

Однако в последние годы снова обращено внимание на то, что целый ряд явлений, наблюдающихся в нижних слоях атмосферы, все же связан с изменением солнечной активности. Помимо уже приводившихся выше примеров, обращает на себя внимание то, что в периоды максимумов солнечной активности температура в тропических поясах Земли приблизительно на полградуса ниже, чем в периоды минимумов. Неоднократно обнаруживалась связь между солнечной активностью и числом гроз и т. д.

Все это приводит к мысли, что в атмосфере Земли действует какой-то еще недостаточно исследованный механизм, обуславливающий связь изменений погоды на земном шаре с солнечной активностью.

В настоящее время есть предположение, что между верхними и нижними слоями атмосферы существует достаточно интенсивный обмен, в процессе которого энергия, поглощаемая верхними слоями атмосферы, переносится в ее нижние слои. Выяснить этот вопрос, однако, можно лишь путем подробных исследований атмосферы по вертикали, до больших высот.

Большую помощь в этом теперь оказывают метеорологические ракеты и искусственные спутники Земли.

Продолжающееся исследование вопроса о том, как влияет солнечная активность на процессы в атмосфере, открывает большие перспективы в изучении физических процессов в атмосфере и законов, ими управляющих. А это в свою очередь несомненно даст в руки метеорологов дополнительные и очень важные сведения, которые позволят улучшить качество прогнозов погоды.

Процессы, происходящие в атмосфере, взаимосвязаны в масштабе всего земного шара. Вспомните хотя бы тот же пример с влиянием ледовитости арктических морей на уровень африканских озер! Даже кажущиеся чисто местными явления атмосферы в какой-то степени неизбежно связаны с общей циркуляцией атмосферы, от полюса до полюса. Между тем наблюдения над состоянием атмосферы до сих пор в основном производятся в обжитых районах, так как организовать метеорологические станции в приполярных, горных и пустынных районах не так

легко. Более 70 процентов поверхности Земли занято океанами и морями, где наблюдения могут быть обеспечены также лишь в ограниченной степени, на плавающих судах.

Конечно, в будущем сеть метеостанций равномерно покроет всю поверхность земного шара. В настоящее время, пока эта проблема не решена, организуются согласованные в международном порядке эпизодические массовые исследования атмосферы в целом. Такие исследования были проведены, например, в международные полярные годы (МПГ) в 1882—1883 и 1932—1933 годах, в основном в полярных областях. В настоящее же время, как известно, проводится Международный геофизический год (МГГ)*). Наблюдения по этому году проводятся в течение 18 месяцев — с 1 июля 1957 г. по 31 декабря 1958 г. Это время совпадает с периодом максимума солнечной активности, когда все явления на Земле, связанные с деятельностью Солнца, выражены наиболее отчетливо. В огромную программу исследований в период МГГ входят изучение метеорологических явлений, земных токов, полярных сияний, свечения ночного неба, ионосферы, метеоров, солнечной активности, космических лучей, ледников и вечной мерзлоты и т. д. Организованы специальные станции в малодоступных районах земного шара, в частности в тропиках, в Арктике и Антарктике.

Особое внимание уделяется исследованию атмосферы при помощи ракет и искусственных спутников Земли. Советский Союз принимает активное участие в проведении МГГ. Ученые СССР организовали специальные пункты наблюдений и в Арктике, на дрейфующих льдинах, и в Антарктиде, в поселках «Мирный», «Восток» и «Советская». Наблюдения в океане производятся на дизель-электроходе «Обь», на судах «Витязь», «Океан» и др. Для того чтобы получить единовременную картину состояния атмосферы по определенным направлениям, организованы дополнительные станции, расположенные вдоль специально выбранных меридианов и параллелей. Метеорологические исследования по материалам МГГ в СССР проводятся в основном по следующим проблемам: изучение общей циркуляции атмосферы и трехмерный анализ со-

*) Подробнее см. в брошюре: В. П. Цесевич, Международный геофизический год, Гостехиздат, 1957.

стояния атмосферы на больших пространствах; изучение динамики атмосферы у экватора и обмена воздуха между северным и южным полушариями; изучение связи между явлениями в атмосфере и нижней стратосфере и т. д. Кроме того, большое внимание уделяется вопросам изучения космических лучей, корпускулярного и ультрафиолетового излучения Солнца и исследованию ионосферы.

При помощи советских метеорологических ракет уже получены весьма ценные сведения о распределении давления и плотности воздуха на больших высотах, о строении ионосферы. Исключительно ценные сведения об атмосфере дали наши искусственные спутники Земли.

Одноступенчатая геофизическая ракета с научной аппаратурой весом в 1690 килограммов, запущенная в СССР 27 августа 1958 года, достигла огромной высоты в 450 километров. Помимо разнообразной научной аппаратуры на ней в специальной герметической кабине были помещены два подопытных животных — собаки «Белянка» и «Пестрая».

После спуска ракеты на землю, было установлено, что животные находятся в хорошем состоянии. Вся аппаратура работала в полете нормально.

Успешное испытание этой ракеты явилось еще одним доказательством превосходства советской науки и техники.

Результаты исследований в период МГГ будут иметь исключительно важное значение для решения многих вопросов в области улучшения качества предвидения погоды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

МОЖЕТ ЛИ ЧЕЛОВЕК УПРАВЛЯТЬ ПОГОДОЙ?

Мы рассказали о том, как люди постепенно решали и решают сложную задачу предвидения погоды. Но на этом человеческая мысль не останавливается. Давно уже существует дерзновенная мечта — нельзя ли не только предвидеть погоду, но и управлять ею? Нельзя ли добиться того, что бы человек мог в нужное время вызвать, например, дождь или, наоборот, предотвратить его возникновение?

Понятно, что решить это еще сложнее, чем научиться предвидеть погоду.

Дело в том, что, например, для образования нескольких кучевых облаков в природе расходуется энергии в пересчете на электрическую около 30 миллионов киловатт-часов. Или, скажем, ветер дует со скоростью 20 метров в секунду по фронту в 200 километров. Затрата энергии в этом случае равна также нескольким миллионам киловатт-часов. А однажды ученые подсчитали, что при прохождении циклона выпало около 40 кубических километров осадков. Оказалось, что для того чтобы получить такое количество осадков в природе было затрачено тепла на подъем воздуха до уровня конденсации столько же, сколько его было бы выделено при сжигании примерно миллиона тонн лучшего угля или нефти. Эти примеры можно было умножить; все они показывают, какая огромная энергия затрачивается на процессы в атмосфере. Поэтому ученые ищут пути решения проблемы не путем применения мощных источников энергии, а путем искусственного развязывания того или иного процесса в атмосфере, который уже, образно говоря, «созрел», и нужен лишь некоторый толчок для его осуществления. Такой метод уже дает положительные ре-

зультаты. Например, оказалось возможным воздействовать на облака.

Как известно, облака по своему строению делятся на ледяные (состоящие из ледяных кристаллов), водяные (состоящие из мелких водяных капель) и смешанные, в которых имеются и ледяные кристаллы и водяные капли. При этом водяные капли находятся в переохлажденном состоянии, т. е. остаются жидкими при температурах ниже 0° . Оказалось, что если, например, в такое смешанное облако ввести некоторое количество химических частиц, способных вызвать замерзание переохлажденных капель, то в нем начнется процесс укрупнения капель, капли будут выпадать из облака, а облако рассеется.

В качестве веществ для этой цели наиболее подходящими оказались твердая углекислота («сухой лед») и иодистое серебро.

Сухой лед сбрасывается в распыленном виде с самолета на облака. Иодистое серебро нагревается до температуры около 1000 градусов и получающийся при этом дым также с самолета вводится в облака.

В настоящее время такие исследования ведутся как в нашей стране, так и за рубежом. В капиталистических странах наряду с серьезными научными исследованиями к этой проблеме нередко подходят с коммерческой точки зрения. Предприимчивые дельцы используют отдельные удачные опыты получения искусственных осадков для личной наживы. В США, например, был широко известен «делатель дождя», некий Хатфильд, который именовал себя профессором. За каждый «созданный» дождь он получал до 4000 долларов. Между тем, как это было позднее установлено специальной комиссией, успешное вызывание дождя «профессором» было связано с тем, что осадкам благоприятствовала сама погода и дождь шел бы без всякого вмешательства этого «ученого». Понятно, что подобные «изобретения» ловких буржуазных дельцов не имеют ничего общего с научными работами.

В Советском Союзе теперь уже все чаще производят рассеяние низких облаков и туманов над аэродромами. На некоторое, правда, короткое время удается открыть поверхность аэродрома и дать возможность самолетам, идущим на посадку, совершить ее без затруднений.

Надо заметить, что исследователей привлекает также мысль о том, чтобы вызвать при рассеянии облаков осадки, т. е. искусственно вызывать дождь. Однако пока что больших успехов в этом направлении нет. Оказалось, в частности, что общий запас воды в тех видах облаков, которые поддаются рассеянию, так невелик, что образующиеся при их рассеянии капли либо испаряются в воздухе, не доходя до поверхности Земли, либо выпадают на Землю в очень малых количествах. Но это не значит, конечно, что задача искусственного вызывания дождей является неразрешимой. Проблемой искусственного воздействия на процессы в атмосфере занимаются теперь ученые многих стран мира.

Нет сомнения в том, что эта проблема будет решена уже в недалеком будущем.



СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
От народных примет к научному предвидению погоды	4
Как возникла современная служба погоды и что она собой представляет	6
О чем рассказывает синоптическая карта	14
Горизонтальные движения воздуха и их влияние на погоду	30
Предвидение погоды на короткий срок	40
Долгосрочные прогнозы погоды	43
Можно ли самому предсказывать погоду?	48
Перспективы улучшения прогнозов погоды	52
Заключение. Может ли человек управлять погодой?	60

Михаил Васильевич Беляков
Погода и ее предвидение
Редактор *В. А. Мезенцев*
Техн. редактор *В. Н. Крючкова*
Корректор *Е. А. Белицкая*

Сдано в набор 6/VI 1958 г.
Подписано к печати 10/IX 1958 г.
Бумага 84×108^{1/2}₃₂. Физ. печ. л. 2.
Условн. печ. л. 3,28. Уч.-изд. л. 3,20.
Тираж 50 000 экз. Т-09059.
Цена книги 1 р. Заказ 1959

Государственное издательство
технико-теоретической литературы
Москва, В-71, Ленинский проспект, 15.

Первая Образцовая типография
имени А. А. Жданова
Московского городского Совнархоза.
Москва, Ж-54, Валовая, 28.

Цена 1 руб.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

— ● —
НАУЧНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬНАЯ БИБЛИОТЕКА

ВЫШЛИ В СВЕТ:

- Вып. 1. Проф. Р. В. КУНИЦКИЙ. Было ли начало мира.
Вып. 2. Проф. Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ. Происхождение небесных тел.
Вып. 3. Проф. Р. В. КУНИЦКИЙ. День и ночь. Времена года.
Вып. 4. Г. А. АРИСТОВ. Солнце.
Вып. 5. Е. Л. КРИНОВ. Небесные камни.
Вып. 6. Проф. В. И. ГРОМОВ. Из прошлого Земли.
Вып. 7. Проф. Г. А. МАКСИМОВИЧ и Н. А. МАКСИМОВИЧ. Свидетели прошлого.
Вып. 8. Проф. С. К. ВСЕХСВЯТСКИЙ. Как познавалась вселенная.
Вып. 9. И. Г. ЛУПАЛО. Наука против религии.
Вып. 10. Ф. Ю. ЗИГЕЛЬ. Что такое кометы.
Вып. 11. Г. Н. БЕРМАН. Счет и число.
Вып. 12. К. Л. БАЕВ. Земля и планеты.
Вып. 13. Е. Л. КРИНОВ. Планеты-карлики астероиды.
Вып. 14. А. И. КРАСНОВ. Возможен ли вечный двигатель?
Вып. 15. В. П. ЦЕСЕВИЧ. Есть ли жизнь на других планетах.
Вып. 16. Б. М. АНДРЕЕВ. Климат.
Вып. 17. В. А. ШИШАКОВ. Рассказы о Луне.
Вып. 18. Г. П. ГОРШКОВ. Строение земного шара.