

С. Ю. Зиновьев

Составление прогноза погоды по местным
признакам

Оглавление

1. Основные понятия гидрометеорологического обеспечения безопасности плавания	1
1.1. Ветер	1
1.2. Местные ветры	1
1.3. Катабатические ветры	2
1.4. Бора	2
1.5. Смерчи	2
1.6. Тропические ураганы	3
1.7. Бризы	4
1.8. Береговой эффект	5
1.9. Изобары	5
1.10. Барическое поле	6
1.11. Формы барического рельефа	6
1.12. Барическая тенденция	6
1.13. Барический закон ветра	6
1.14. Циклон	6
1.15. Антициклон	7
1.16. Атмосферный фронт	8
1.17. Теплый фронт	9
1.18. Холодный фронт	10
Предметный указатель	13

Список иллюстраций

1.1. Бризы	4
1.2. Береговой эффект	5
1.3. Условия погоды в молодом циклоне	7
1.4. Антициклон	8
1.5. Вертикальный разрез фронтального слоя	8
1.6. Тёплый фронт	9
1.7. Холодный фронт 1-го рода	11
1.8. Холодный фронт 2-го рода	12

Список таблиц

Введение

Погода для мореплавателей — прежде всего фактор, определяющий безопасность плавания. Затем — фактор экономический, и, наконец, как и для всех людей, — фактор комфорта, самочувствия и здоровья. Предсказание погоды, с научной точки зрения, одна из сложнейших физических задач. Для ее решения существует несколько методов.

Гидрометеорологическая обстановка — это метеорологические и гидрологические условия¹, складывающиеся в районах океанов и морей под воздействием процессов, происходящих в атмосфере и океане и оказывающих влияние на действия сил, применение оружия и технических средств Военно-Морского Флота.

Анализ фактической и предсказание (расчет) ожидаемой метеорологической обстановки необходимы для учета влияния этой обстановки при планировании операций (действий) и управлении силами флота.

Анализ фактической и предсказание (расчет) ожидаемой метеорологической обстановки необходимы для учета влияния этой обстановки при планировании операций (действий) и управлении силами флота.

Под прогнозом метеорологической обстановки (прогнозом погоды) понимается научно обоснованное предсказание значений метеорологических элементов и явлений на определенный район и заданный промежуток времени. Прогноз является конечным результатом анализа атмосферных процессов, который проводится на основе данных о фактической метеорологической обстановке и известных физических закономерностей в развитии атмосферных процессов.

¹Содержание, порядок составления и оценки прогноза гидрологической обстановки определяются специальными документами

Глава 1

Основные понятия гидрометеорологического обеспечения безопасности плавания

Воздушный океан находится в постоянном движении.

Воздушная масса — достаточно большое количество воздуха (высотой от 1 до 10 километров и горизонтальной протяженностью до нескольких тысяч километров) сравнительно однородного по своим физическим свойствам и резко отличного от воздуха соседних районов. В зависимости от географического расположения очагов их формирования и подстилающей поверхности воздушные массы получали названия: арктический морской (континентальный) воздух, воздух умеренных широт морской (континентальный), тропический морской (континентальный) воздух, экваториальный воздух.

Вес столба воздуха, распределенного на единице площади, называют давлением: плотный холодный воздух в приземном слое создает высокое давление, а более теплый и менее плотный воздух — низкое давление.

Разница в давлении между воздушными массами заставляет их двигаться из области высокого давления к области низкого, но сила трения подстилающей поверхности, вращение Земли и центробежная сила изменяют траекторию движения воздушных масс.

1.1. Ветер

Ветры — это движение потоков воздуха под действием разности температур и давлений. **Штормом** называется продолжительный сильный ветер, скорость которого превышает 15 м/с. **Шквалом** называют внезапное усиление ветра до штормового с резким изменением направления. **Ураганом** называется буря, когда скорость ветра превышает 24 м/с.

1.2. Местные ветры

Под **местными ветрами** понимают воздушные течения небольшой горизонтальной протяженности (от нескольких сот метров до десятков километров), характерные только для определенных географических районов. Происхождение их различно. Местные ветры могут быть либо проявлением местных циркуляции (бризы, горно-долинные ветры), либо они представляют собой изменения крупномасштабных движений атмосферы под влиянием орографии местности (фен, бора). Кроме того, в некоторых районах местными ветрами иногда называют сильные или обладающие особыми свойствами ветры, которые по существу являются крупномасштабными течениями. Подробно местные ветры описываются в лоциях морей.

1.3. Катабатические ветры

Вдоль холодного побережья Гренландии, Антарктиды и в некоторых других местах наблюдаются так называемые **катабатические ветры**, иногда достигающие штормовой силы. Вследствие охлаждения воздуха он становится более плотным и под действием силы тяжести стекает по склонам вниз к морю. К семейству катабатических ветров относится также бора.

1.4. Бора

Бора — это сильный и порывистый ветер, направленный вниз по горному склону и приносящий в зимнее время значительное похолодание. Бора наблюдается в местностях, где невысокий горный хребет граничит с морем. Холодная воздушная масса, встречая на пути горный хребет, задерживается им; происходит накопление воздуха перед хребтом. Воздушная масса увеличивает свою вертикальную протяженность до момента, когда она сравняется с высотой перевала. После этого холодный воздух через перевал обрушивается в сторону моря в виде холодного, штормовой силы ветра. Вертикальная мощность боры обычно не превышает $200 \div 500$ м, а распространяется она в море на несколько километров.

В Советском Союзе бора встречается во многих местах, но особой силы она достигает в зимнее время в районах Новороссийска и Новой Земли, где скорость ветра в порывах достигает иногда $50 \div 60$ м/с. Бора наблюдается также в районе Триеста.

Бора возникает как результат переваливания холодных масс воздуха через горные хребты и их обвал к морю. Бора является типичным ветром для западных берегов о. Новой Земли, где ее повторяемость зимой достигает $10 \div 11\%$. Типичное синоптическое положение, обуславливающее бору, сводится к наличию над юго-восточной частью Баренцева моря циклона, перемещающегося на восток, при наличии над Карским морем и севером Баренцева моря области повышенного давления.

Скорости ветра при боре нередко превышают 40 м/с, а в порывах могут достигать 60 м/с. Направление ветра при этом обычно восточное. Бора может наблюдаться в течение нескольких суток и распространяется в море на расстоянии до 20 миль.

Явления, подобные новоземельской боре, отмечаются также и в других районах Северного театра. Они наблюдаются у юго-восточных, южных и юго-западных берегов Гренландии достигая наибольшей повторяемости в весеннее время года. В прибрежной полосе при боре скорости ветра могут достигать $60 \div 80$ м/с. И распространяться в море на $30 \div 40$ миль. Направление такого воздушного потока перпендикулярно береговой черте и направлено в сторону моря.

1.5. Смерчи

В условиях большой неустойчивости атмосферной стратификации, когда образуются мощные кучево-дождевые облака, под ними возникают вертикальные вихри небольшого диаметра, простирающиеся от поверхности Земли до нижней границы облаков. Над морем такие вихри называют **смерчами**, а над сушей — **тромбами**. В Северной Америке тромбы называются **торнадо**.

Вихрь возникает в передней части грозового облака. У смерчей над морем диаметр вихря достигает десятков метров, у тромбов над сушей — $100 \div 200$ м, а в американских торнадо — еще больше. Скорость вращения воздуха в таком вихре более 100 м/с. Вращение воздуха сопровождается поднятием его вверх по спирали. В процессе вращения вихрь втягивает сверху облако, а снизу — воду или пыль с земной поверхности. Поэтому смерчи и тромбы видны как темные столбы между облаками и Землей, расширяющиеся сверху и снизу.

Тромбы и смерчи перемещаются вместе с облаком со скоростью $30 \div 40$ км/ч. Время существования смерчей — минуты, тромбов — десятки минут, но иногда несколько часов. За это время смерч может над морем продвинуться на несколько миль, а тромб над сушей — на десятки километров, считая все на своем пути.

Тромб сопровождается грозой, ливневым дождем, градом. Водяные смерчи реже связаны с грозами. Тромбы проходят поодиночке, хотя торнадо изредка наблюдаются по два и более. Смерчи часто возникают целыми сериями, по несколько вихрей, даже по $20 \div 30$. Необходимым условием возникновения вихрей являются высокая температура воздуха и его большое влагосодержание. Эти условия характерны для атлантического побережья Северной Америки.

Атмосферное давление в вихре сильно понижено, на десятки миллибар. Падение давления при прохождении тромба настолько велико и быстро, что внутреннее давление в зданиях не успевает выровняться с наружным, поэтому дома, попавшие в сферу действия тромба, иногда взрываются. Смерчи обладают меньшей разрушительной силой, однако суда должны избегать встречи со смерчами, что сделать нетрудно, так как они видны с достаточно большого расстояния.

1.6. Тропические ураганы

В северную часть Атлантического океана в отдельных случаях проникают **тропические циклоны**, известные под названием **вест-индских ураганов**, обладающих огромной разрушительной силой. Подсчитано, что если бы всю энергию только одного тропического циклона превратить в электрическую, то ее хватило бы всему человечеству на несколько лет. В среднем за год в Атлантическом океане наблюдается около $12 \div 13$ циклонов. Они характеризуются небольшими размерами, не превышающими в диаметре $100 \div 300$ миль, низким давлением в центре, достигающим 940 мб, большими барическими градиентами и скоростями ветра до 40 м/с. Особенно сильный ветер наблюдается в центральной части урагана, причем усиливается он внезапно. Таким образом, вест-индские ураганы представляют собой чрезвычайно опасное явление для мореплавателей и при их приближении должны быть приняты меры для расхождения с центром урагана. Иногда вест-индские ураганы имеют в диаметре 1000 и более миль. В таких случаях ветер достигает большой силы только в центральной части урагана диаметром несколько сот миль. Сильный ветер, связанный с тропическим циклоном, развивает большую волну, которая распространяется радиально по всем направлениям и ощущается в виде зыби на больших расстояниях. *Скорость распространения зыби больше скорости перемещения циклона, и поэтому ее появление в направлении, несовпадающим с направлением дующего ветра, может служить одним из важнейших признаков приближения урагана.*

1.7. Бризы

Бризами называются реверсивные ветры на берегах океанов, морей и озер, имеющие суточную периодичность. У поверхности Земли днем они направлены с моря на сушу — морские бризы, а ночью — с суши на море — береговые бризы. В низких широтах бризы образуются в течение всего года, в умеренных и высоких широтах — обычно в теплое время года.

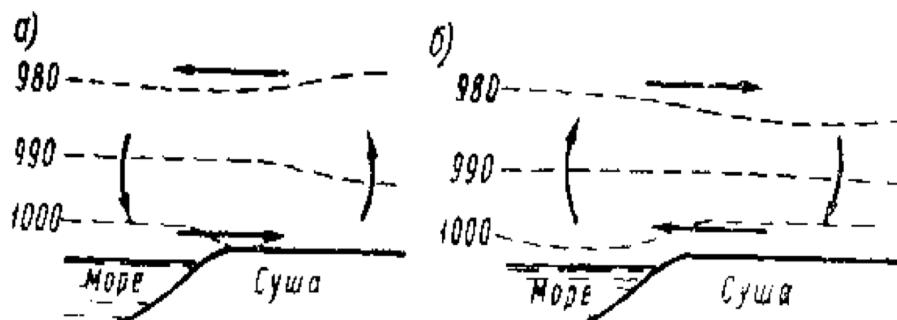


Рис. 1.1: Бризы
а) морской; б) береговой

Причина возникновения бризов — неравномерное нагревание и охлаждение суши и водной поверхности в течение суток. После восхода Солнца поверхность суши и воздух над ней прогреваются значительно быстрее, чем море. Так как в теплом воздухе давление с высотой падает медленнее, чем в холодном, то по мере нагревания воздуха над сушей на некоторой высоте давление будет выше, чем на той же высоте над морем. Изобарические поверхности на высотах будут наклонены в сторону моря, и вследствие этого на высотах начнется отток воздуха с суши на море (рис. 1.1). Благодаря увеличению массы воздуха над морем давление в нижних слоях здесь окажется выше, чем над сушей, т.е. изобарические поверхности здесь будут наклонены с моря на сушу. Это приведет к движению воздуха с моря на сушу, т.е. к развитию ветра, называемого **морским бризом**. Морской бриз начинается с 8 ÷ 10 ч утра. Постепенно он усиливается и достигает максимума после полудня, затем медленно затухает ко времени захода Солнца.

Ночью поверхность суши охлаждается быстрее, чем поверхность моря, вследствие чего на высотах движение воздуха будет происходить с моря к суше, а в нижних слоях будет развиваться ветер от суши к морю, называемый **береговым бризом**. Береговой бриз начинается после захода Солнца и продолжается до 8 ÷ 9 ч следующего дня.

Морской бриз обычно сильнее берегового, так как в дневные часы контраст температур между водной поверхностью и сушей значительно больше, чем ночью.

Скорость ветра и вертикальные и горизонтальные размеры бризовой циркуляции весьма разнообразны и изменчивы. Они зависят от суточного хода температуры воздуха над континентом, а, следовательно, от широты места, от градиентов давления, а также от рельефа и формы побережья.

Особенно четко бризовая циркуляция проявляется в тропической зоне, где контрасты температур между поверхностью суши и моря особенно велики.

Так, в тропической зоне морской бриз зарождается на расстоянии 100 ÷ 150 км от берега и проникает на сушу на 80 ÷ 100 км; береговой бриз распространяется на меньшее расстояние. В умеренных широтах морской бриз зарождается в 10 ÷ 100 км от берега, и в глубь суши он распространяется до 30 ÷ 40 км. Скорость ветра при морских бризах в тропической зоне достигает 5 ÷ 7 м/с, при береговых — 1 ÷ 3 м/с.

1.8. Береговой эффект

Рассмотрим случай, когда ветер над морем дует параллельно береговой черте, идущей, например, в меридиональном направлении. Так как ветер над сушей отклоняется от изобар на больший угол, чем над морем, то вдоль западного берега образуется **зона дивергенции** (расходимость линий тока), в которой происходит ослабление ветра, опускание масс воздуха, а следовательно, устанавливается безоблачная погода. Наоборот, вдоль восточного берега образуется **зона конвергенции** (сходимость линий тока) и соответственно будет происходить усиление ветра, развитие восходящих движений воздуха, что способствует образованию облачности и выпадению осадков. Такое изменение силы ветра называется **береговым эффектом** (рис. 1.2). Ветер в прибрежной зоне всегда усиливается, если суша располагается справа от направления линии тока ветра, и ослабевает, если суша слева. Береговой эффект будет наблюдаться и в случае, когда ветер дует под острым углом к береговой черте. Этот эффект усиливается, если берег высокий или гористый.

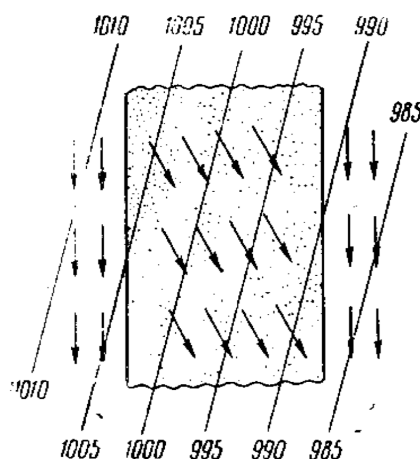


Рис. 1.2: Береговой эффект

Всякое препятствие, стоящее на пути воздушного потока, отклоняет его, и он либо обтекает препятствие с боков, либо перетекает через него сверху. При горизонтальном обтекании ветер усиливается у мысов, оконечностей островов и т.п., так как линии тока в таких местах сближаются. Это усиление ветра называется **угловым эффектом**. Если мыс или остров остается справа от направления линии тока, то ветер будет особенно сильным. Примером является **бакинский норд** — ветер северных направлений у Апшеронского полуострова на Каспийском море.

Существенное усиление ветра наблюдается в проливах с высокими берегами, причем в них преобладают ветры, дующие вдоль пролива. За препятствиями скорость ветра уменьшается, и там образуется ветровая тень. Этим объясняется известный факт, что в заливах, бухтах и фьордах ветер значительно слабее, чем в открытом море.

1.9. Изобары

Изобарами называются линии, соединяющие на карте точки с равным атмосферным давлением.

1.10. Барическое поле

Барическое поле — распределение давлений на каком-либо горизонтальном уровне.

1.11. Формы барического рельефа

Формы барического рельефа — системы расположения изобар, характеризующие тип падения или повышения давления. Различают следующие формы барического рельефа: **циклон**, **ложбина**, **антициклон**, **отрог**, **гребень** или **клин**, **седловина**.

1.12. Барическая тенденция

Барическая тенденция — это величина изменения давления в течении трех часов перед последним наблюдением.

1.13. Барический закон ветра

Барический закон ветра — если встать спиной к ветру, то в северном полушарии низкое давление находится слева, а высокое — справа от направления ветра. В южном полушарии — наоборот.

1.14. Циклон

Циклон — вихреобразное возмущение в атмосфере с понижающимся давлением к центру. Характеризуется системой ветров, дующих против часовой стрелки в северном полушарии и по часовой стрелке в южном полушарии. Циклон зарождается, когда область пониженного давления возникает на границе двух масс воздуха разной температуры. В циклонах два фронта — холодный и теплый. Стадии развития циклона: волна, волновой циклон, окклюзия или замыкание, вихрь.

Стадия молодого циклона (рис. 1.3) характеризуется наличием теплого сектора, т.е. сектора в южной части депрессии с теплым воздухом и ограниченного спереди теплым фронтом, сзади — холодным. Холодный фронт в развивающемся циклоне движется быстрее теплого. Стадия молодого циклона продолжается до тех пор, пока в центре циклона у земной поверхности остается теплый воздух. Продолжительность этой стадии в среднем $12 \div 24$ ч. В молодом циклоне можно выделить три зоны, резко различающиеся по условиям погоды.

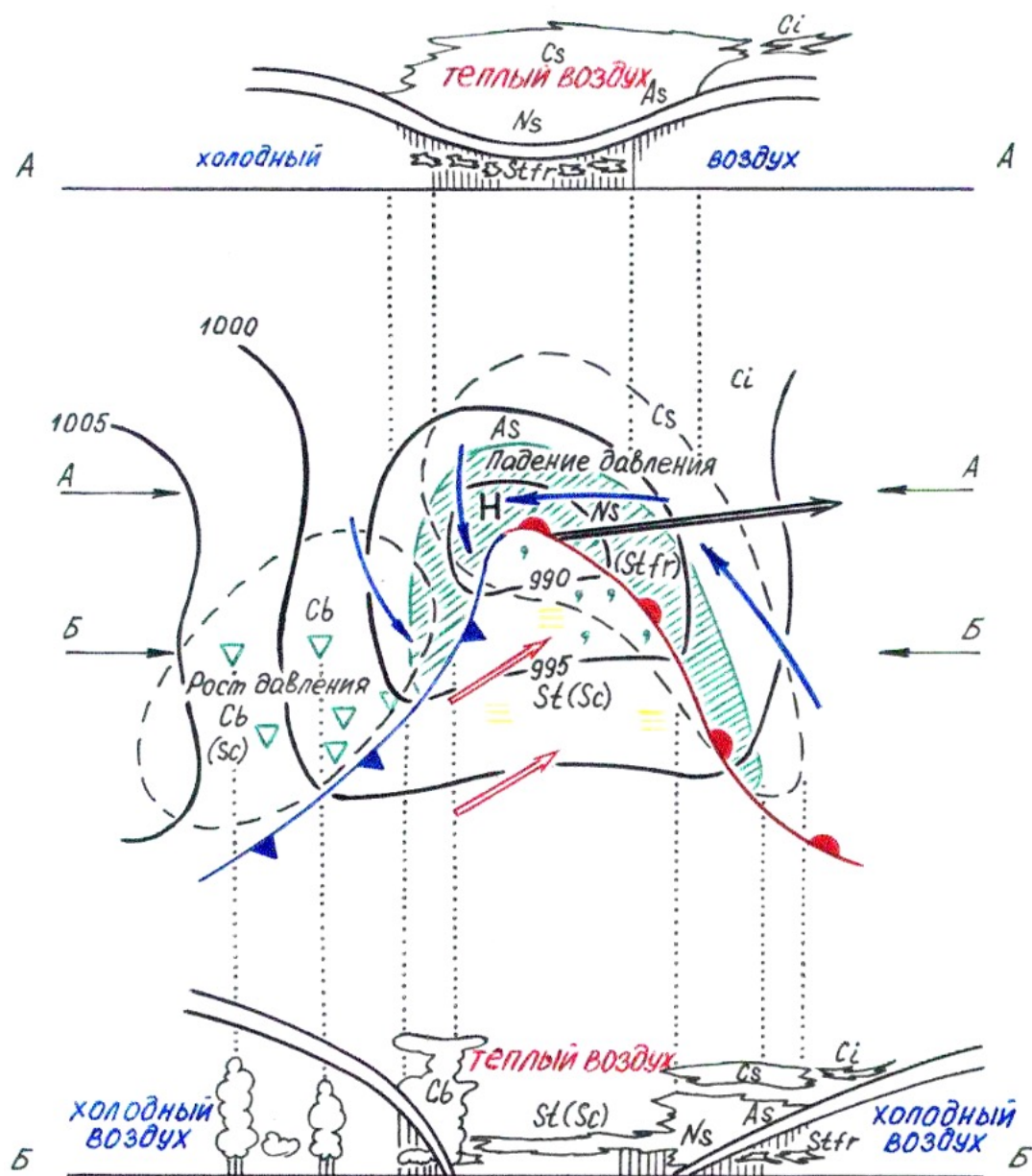


Рис. 1.3: Условия погоды в молодом циклоне

1.15. Антициклон

Антициклон — вихреобразное возмущение в атмосфере с повышенным давлением в центре; область повышенного атмосферного давления, состоящая из однородной воздушной массы вращающейся по часовой стрелке в северном полушарии (рис. 1.4 и против часовой стрелки в южном полушарии).

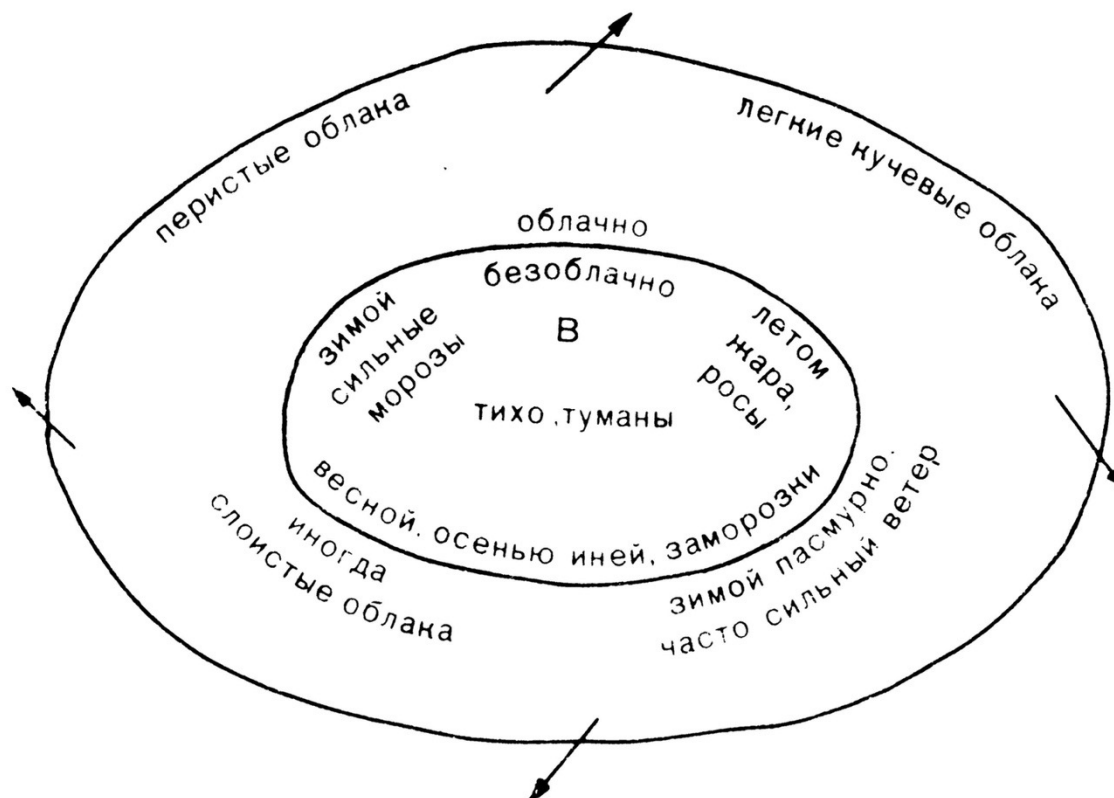


Рис. 1.4: Антициклон

1.16. Атмосферный фронт

Атмосферный фронт — сравнительно узкая (несколько километров) переходная зона между двумя воздушными массами.

Если воздушный поток направлен от теплой воздушной массы к холодной, то и фронт перемещается в этом направлении, такой фронт называется **тёплым**.

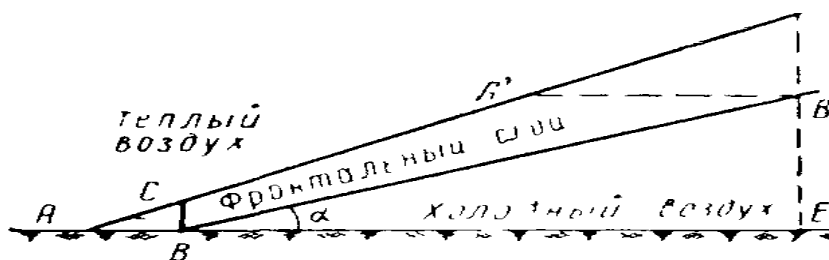


Рис. 1.5: Вертикальный разрез фронтального слоя

Ширина фронтального слоя (рис. 1.5 в приводном (приземном) слое (отрезок AB) наименьшая: от нескольких до десятков километров, а на высоте $3 \div 5$ км ($A'B'$) может достигать 300 км. В верхней половине тропосферы ширина фронтальной зоны может быть еще больше. Вертикальная мощность слоя (BC и $B'P$) обычно не превышает 1 км. Горизонтальная проекция фронта AE составляет $100 \div 1000$ км, а его высота EP — от 1 до 10 км.

Обычно толщиной фронтального слоя пренебрегают и считают, что фронт — поверхность, которую называют фронтальной.

сужающийся вперед. Нижняя граница этого облачного массива приблизительно совпадает с верхней границей фронтального слоя. Впереди и несколько выше фронтальной поверхности обычно возникают перистые облака (*Ci*). Под поверхностью фронта в массах холодного воздуха обычно образуются разорванно-слоистые (*Frst*) облака.

На рис. 1.6 приведена схема вертикального строения облачной системы теплого фронта. Однако в каждом конкретном случае строение облачной системы теплых фронтов может существенно отличаться от этой схемы.

Перед линией теплого фронта образуется зона обложных осадков, наибольшая ширина которой при дожде достигает 300 км., а при снеге — 400 км. Это связано с тем, что снег из высокостроистых облаков чаще достигает земной поверхности, в то время как дождь в летнее время обычно при падении испаряется и до земной поверхности не доходит. Внутри области осадков часто наблюдается туман, обусловленный притоком водяного пара в холодный воздух за счет испарения осадков, а также адиабатическим охлаждением воздуха в связи с падением давления. Ширина зоны тумана может достигать 100 ÷ 200 км. Предфронтальный туман теплого фронта чаще всего образуется в холодное время года. Плохая видимость и сильный ветер являются основными трудностями, которые могут встретиться при пересечении теплого фронта. Кроме того, зимой здесь возможно обледенение судна.

После прохождения теплого фронта наступает потепление. Вся система облачности находится перед теплым фронтом, поэтому по характеру изменения облачности можно судить о приближении теплого фронта.

При появлении перистых облаков начинается сначала медленное, а затем постепенно ускоряющееся падение давления, которое прекращается незадолго до прохождения линии фронта; после ее прохождения давление остается неизменным или медленно понижается, а иногда растет.

Изменение скорости и направления ветра также является хорошим признаком приближения теплого фронта. По мере падения давления скорость ветра постепенно увеличивается, достигая наибольшей величины перед прохождением фронта. Направление ветра медленно отклоняется влево, а в момент прохождения линии фронта резко поворачивает вправо (в северном полушарии).

1.18. Холодный фронт

Холодными называются участки основного фронта, перемещающиеся в сторону относительно теплой воздушной массы. За холодным фронтом перемещается холодная воздушная масса.

Если воздушный поток направлен от холодной воздушной массы к более теплой, то такой фронт называется холодным. Отставание нижних слоев воздуха от верхних под влиянием трения о земную поверхность приводит к тому, что верхние слои обрушиваются вниз: холодный фронт приобретает форму катящегося вала. Вытесняемый прямо вверх теплый воздух быстро поднимается и образует гряду темных туч — кучево-дождевых облаков. В зависимости от скорости перемещения холодного воздуха различают холодные фронты *первого* (скорость передвижения невелика, рис. 1.7) и *второго* рода (рис. 1.8).

Структура холодных фронтов различается в зависимости от того, быстро или медленно они движутся.

По этой причине различают: холодные фронты 1-го рода — медленно движущиеся фронты, у которых облачность и осадки располагаются в основном за линией холодных фронтов

2-го рода — быстро движущиеся фронты, у которых облачность и осадки расположены в основном перед линией фронта.

Холодные фронты 2-го рода наблюдаются в центральной части циклона, а 1-го рода — на его периферии.

При холодном фронте 1-го рода происходит вытеснение масс теплого воздуха вторгающимся под него клином холодного воздуха. Здесь характер облачности представляет собой зеркальное изображение облачности теплового фронта. Непосредственно перед линией фронта возникает кучево-дождевые облака (*Cb*), из которых выпадают ливневые осадки, сопровождаемые грозами. Ширина зоны ливневой облачности — несколько десятков километров.

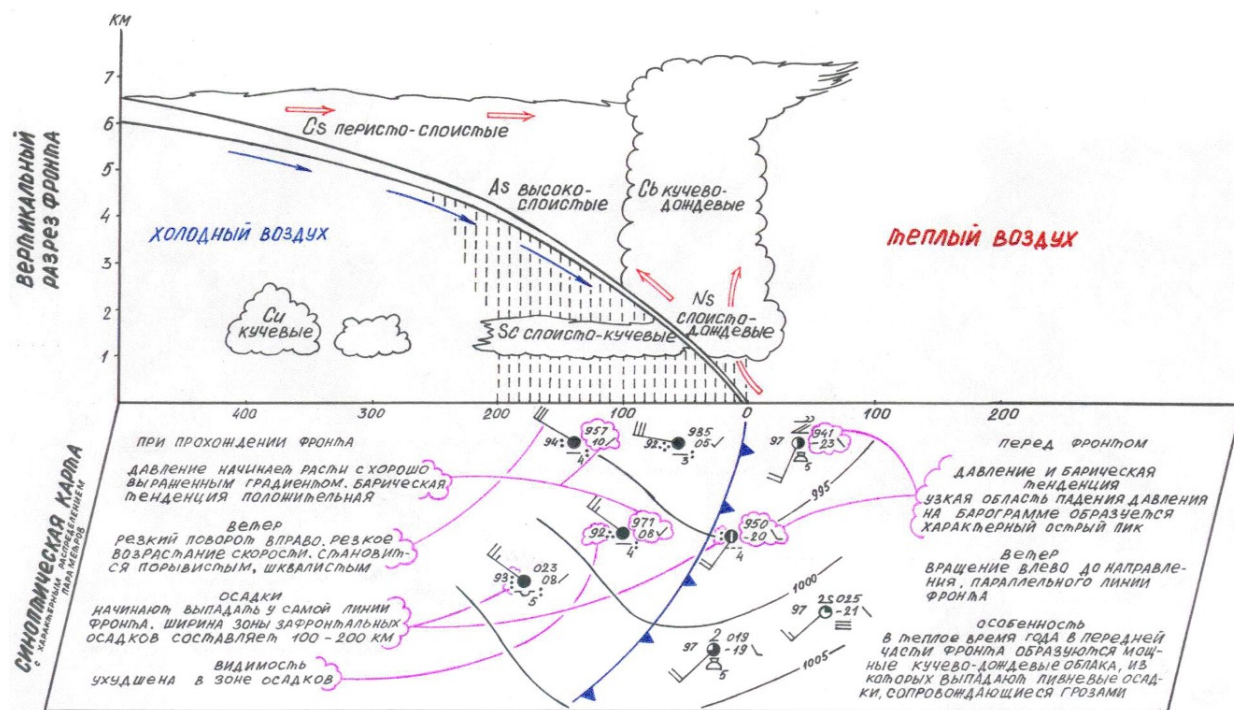


Рис. 1.7: Холодный фронт 1-го рода

Облачная система *Ns-As* с обложными осадками располагается за линией фронта. Ширина зоны облачности, ее мощность и, соответственно, ширина зоны осадков примерно вдвое меньше, чем у теплового фронта.

Таким образом, в отличие от теплового фронта система облачности холодного воздуха 1-го рода не позволяет заранее обнаружить его приближение.

Холодный фронт 2-го рода отличается тем, что быстрое перемещение вала холодного воздуха вызывает перед линией фронта бурный подъем оттесняемого теплого воздуха, а нисходящие движения воздушных потоков препятствуют распространению облачной системы непосредственно за линией фронта.

Возникающая облачная система представляет собой в основном вал мощных облаков *Cb*. При их растекании в небольшом количестве могут образоваться *Ci*, *Cc*, *As* и *Sc*, а под ними, в зоне выпадающих ливневых осадков, обычно наблюдаются *Cb* или *Cu fra* (*Cu fra* — разорванные кучевые) плохой погоды. На высотах 4 ÷ 5 км восходящий поток адиабатически охлажденного влажного воздуха встречается с нисходящим потоком адиабатически нагретого сухого воздуха. В результате образуется верхний вторичный фронт, под которым вал облаков *Cb* вытягивается вперед. Передний его край, имеющий характер *Sc*, может постепенно разделиться на ряды чечевицеобразных облаков *As*. Эти облака выносятся вперед от

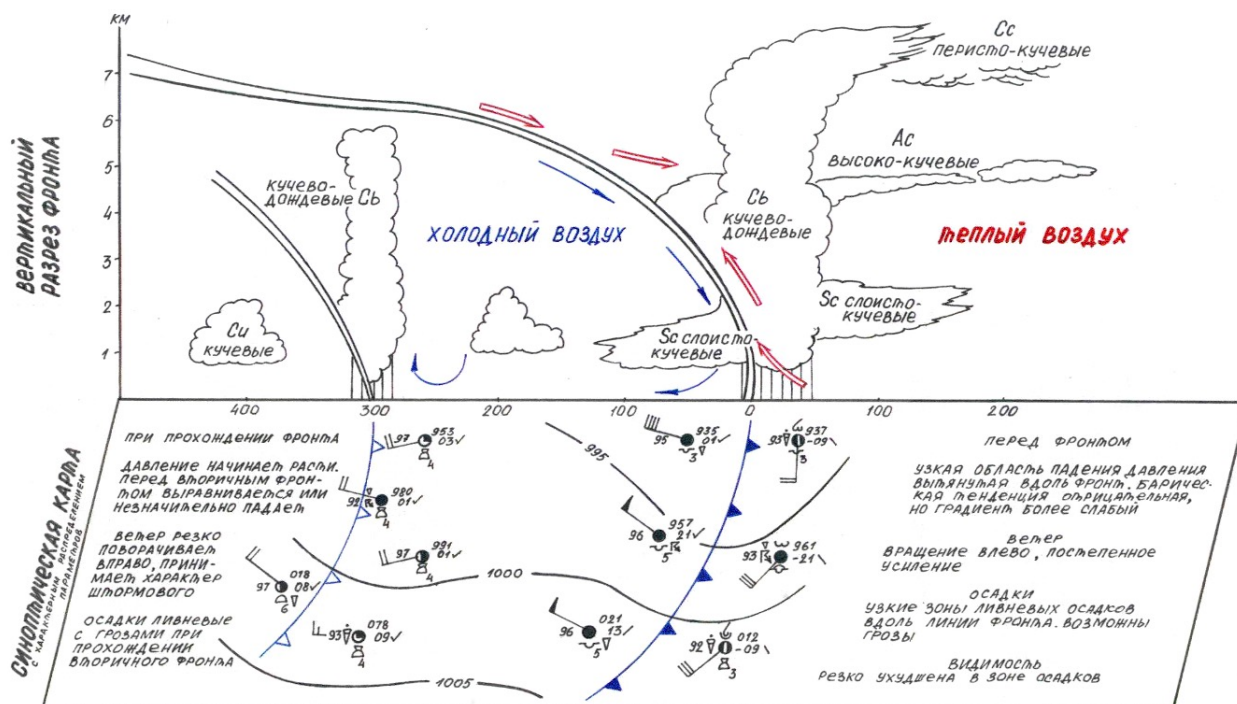


Рис. 1.8: Холодный фронт 2-го рода

линии фронта на $200 \div 300$ км и их обнаружение является надежным предупреждением о приближении холодного фронта 2-го рода.

Предметный указатель

антициклон, 7
атмосферный фронт, 8
бакинский норд, 5
барическая тенденция, 6
барический закон ветра, 6
барического рельефа форма, 6
барическое поле, 6
береговой эффект, 5
бора, 1, 2
бриз, 1, 4
 береговой, 4
 морской, 4
ветер, 1
воздушная масса, 1
гоно-долинный ветер, 1
давление, 1
дивергенции зона, 5
зона обложных осадков, 10
изобары, 5
катабатические ветры, 2
ковергении зона, 5
местные ветры, 1

смерч, 2
торнадо, 2
тромб, 2
угловой эффект, 5
ураган, 1
ураганы
 вест-индские, 3
 тропические, 3

фен, 1
фронт
 верхний, 9
 вторичный, 9
 высокий, 9
 низкий, 9
 основной, 9
 призмный, 9
 тропосферный, 9
 тёплый, 8, 9
 холодный, 10
 холодный 1-го рода, 10
 холодный 2-города, 11

циклон, 6
циклоны
 тропические, 3
шквал, 1
шторм, 1