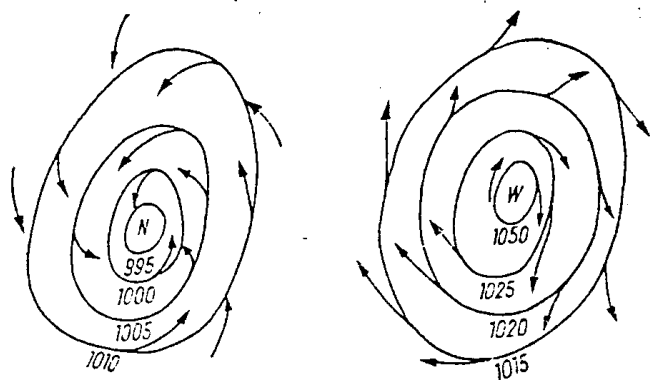


Obszary niżu, zatok i bruzd oraz oś rozciągania w siodle są obszarami zbieżności wiatrów, przyczyniają się więc do zbliżania się względem siebie różnych mas powietrza o różnych właściwościach fizycznych (temperatura, wilgotność itp.), przy czym powietrze cieplejsze wznosi się ponad chłodniejsze. W cza-



Rys. 85. Cyrkulacja w niżu i wyżu

się tego wślizgiwania się powietrza ciepłego ku górze dochodzi do kondensacji pary wodnej i do tworzenia się chmur i opadów. Dlatego właśnie ze zbliżaniem się tych układów barycznych należy oczekiwać pogorszenia się pogody.

Obszary wyżowe, kliny, wały i oś ściskania siodła, stanowiące obszary rozbieżności wiatrów, starają się jakby odciągnąć od siebie różne masy powietrza. Rozpływanie się powietrza w dolnych warstwach jest wywołane osiadaniem wyżej leżących warstw. W czasie tego procesu powietrze ogrzewa się i staje się bardziej suche. Z tego powodu w wymienionych układach barycznych istnieje zawsze tendencja do zaniku chmur.

Po ukończeniu pierwszego etapu analizy na mapie zaznacza się obszary występowania takich zjawisk, jak opady ciągłe, opady przelotne, mgły, burze itp. Tam, gdzie zjawiska te występują, nanosi się odpowiadające im symbole za pomocą różnokolorowych kredek. Symbole te maluje się w dużych rozmiarach, aby łatwo były widoczne. Mgły na przykład zaznacza się za pomocą równoległych linii koloru żółtego; opad ciągły — okrągłą otoczką wokół stacji — koloru zielonego; opad przelotny za pomocą odwróconego trójkąta, również koloru zielonego; zjawisko burzowe przedstawia się symbolem burzy koloru czerwonego. W ten sposób wyodrębnia się występowanie różnych typów pogody — jak pogodę mglistą, deszczową czy burzową. Takie podkolorowanie mapy bardzo ułatwia synoptykowi znalezienie miejsc występowania frontów atmosferycznych, czyli powierzchni rozgraniczających dwie różne masy powietrza.

Masą powietrza nazywa się pewną objętość powietrza, wypełniającą określoną przestrzeń i zalegającą nad jakimś obszarem ziemi, o charakterystycznych, mniej więcej jednakowych właściwościach fizycznych (temperatura, wilgotność itp.). Masa powietrza zalegając dłużej nad jakimś obszarem, np. nad lądem lub oceanem, przyjmuje cechy charakterystyczne tego obszaru, na przykład powietrze zalegające w strefie równikowej charakteryzuje duża wilgotność i wysoka temperatura, a masę powietrza występującą nad Arktyką, charakteryzują niskie temperatury i mała zawartość pary wodnej.

Obszary, w których formują się masy powietrza, nazywane są obszarami źródłowymi mas powietrza. Obszarami źródłowymi są obszary, nad którymi zalegają rozległe ośrodki wyżowe. Obszary te mają jednolite podłoże — albo ląd, albo powierzchnia oceanów.

Zależnie od geograficznego położenia rozróżnia się następujące rodzaje obszarów źródłowych:

- źródło mas powietrza arktycznego — obejmuje całą Arktykę,
- źródło mas powietrza polarno-kontynentalnego — obejmuje swym zasięgiem Kanadę oraz znaczne obszary Związku Radzieckiego,
- źródło mas powietrza polarno-morskiego obejmuje północną i północno-wschodnią część Atlantyku,
- źródło mas powietrza zwrotnikowo-kontynentalnego zajmuje północna część Afryki, południowe części Związku Radzieckiego oraz południową część Europy (latem),
- źródło mas powietrza zwrotnikowo-morskiego obejmuje zwrotnikowe partie O. Atlantyckiego, czyli tzw. obszar wyży zwrotnikowych,
- źródło mas powietrza równikowego obejmuje pas cisz równikowych, położony między pasatami półkuli północnej i południowej.

Wyżę są obszarami źródłowymi mas powietrza, ponieważ charakteryzują je słabe poziome gradienty ciśnienia. Od wartości tego gradientu zależy prędkość wiatru, a tym samym także prędkość przemieszczania się mas powietrza. W wyżu więc, z uwagi na słabe poziome gradienty ciśnienia, masy powietrza zalegają przez długi czas nad określonym obszarem i dzięki temu przyjmują właściwości charakterystyczne dla tego obszaru.

Podział mas powietrza przeprowadzony na podstawie nazw geograficznych ich obszarów źródłowych nazwano podziałem geograficznym.

Miesiąc	PA	PPm	PPms	PPk	PZm	PZk	Suma
Grudzień	6,0	36,3	36,8	19,4	1,5	—	100
Styczeń	11,2	35,3	30,5	21,5	1,5	—	100
Luty	8,7	30,9	27,6	30,9	1,2	0,7	100
Srednio w okresie zimy	8,6	34,3	31,6	23,9	1,4	0,2	100
Marzec	10,3	22,8	25,4	40,2	1,3	—	100
Kwiecień	14,6	29,5	27,3	23,1	4,4	1,1	100
Maj	16,8	28,6	37,0	15,0	2,4	0,2	100
Srednio w okresie wiosny	13,9	27,0	29,9	26,1	2,7	0,4	100
Czerwiec	5,8	36,9	40,2	17,1	—	—	100
Lipiec	0,6	45,2	43,0	6,7	4,3	0,2	100
Sierpień	—	45,6	36,8	15,7	1,9	0,7	100
Srednio w okresie lata	2,1	42,5	40,0	13,2	2,1	0,1	100
Wrzesień	2,0	40,0	38,9	17,3	1,1	0,7	100
Październik	3,4	37,9	35,7	20,4	2,4	0,2	100
Listopad	4,0	34,3	39,2	21,1	0,8	—	100
Srednio w okresie jesieni	3,1	37,5	38,1	19,6	1,4	0,3	100
Srednio w roku	6,9	35,3	34,9	20,7	1,9	0,3	100

4.5

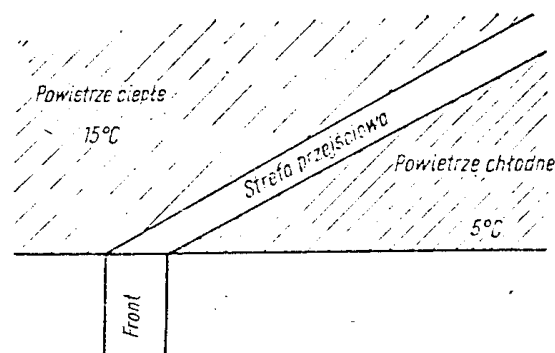
FRONTY ATMOSFERYCZNE

Nierównomierne nagrzewanie się mórz i lądów jest przyczyną powstania poziomych gradientów temperatury i ciśnienia, od których z kolei zależy ruch powietrza. Wskutek przemieszczania się mas powietrza o różnych właściwościach fizycznych może dojść do zetknięcia się ze sobą różnych mas powietrza lub do ich rozsunienia. W przypadku zbliżania się do siebie mas powietrza o różnych właściwościach fizycznych zwiększają się poziome gradienty temperatury, wilgotności, ciśnienia i innych elementów meteorologicznych: zwiększa się również prędkość wiatru. Strefy, w których dochodzi do zetknięcia się różnych mas powietrza, na przykład ciepłych i wilgotnych z chłodnymi i suchymi, noszą nazwę stref frontowych.

Ciepłą masą powietrza jest masa przemieszczająca się znad podłoża cieplejszego nad podłoże chłodniejsze; w okresie zimy na przykład powietrze napływające znad cieplejszego Atlantyku

na wychłodzony ląd Europy stanowi ciepłą masę powietrza. Za chłodną masę powietrza należy uważać tę, która płynie znad podłoża chłodniejszego nad cieplejsze (np. latem napływ mas powietrza morskiego nad Europę).

Chłodne i ciepłe masy powietrza różnią się między sobą nie tylko wartościami temperatury i wilgotności, ale także gęstością. Z tego względu układają się one względem siebie nie pionowo, lecz pod pewnym kątem, przy czym chłodne powietrze jako cięższe wklina się pod powietrze cieplejsze, lżejsze. Rozmiary stref przejściowych są stosunkowo nieduże w porównaniu z masami powietrza. W strefach frontowych tworzą się wąskie strefy, rozgraniczające od siebie masy powietrza chłodnego i ciepłego, nazwane frontami atmosferycznymi. Powierzchnie frontowe są nachylone zawsze w stronę powietrza chłodnego, które zalega w postaci wąskiego klina pod powietrzem ciepłym (rys. 86). Stopień nachylenia powierzchni frontowych w naszych



Rys. 86.
Powierzchnia frontowa

szerokościach geograficznych wynosi mniej niż 1°. Po to, aby powierzchnia frontowa podniosła się o 1 km, trzeba się przesunąć w kierunku powietrza chłodnego średnio o 100 km.

Wszystkie fronty obserwowane w atmosferze mają jedną wspólną cechę — są one po prostu powierzchniami rozdzielającymi dwie masy powietrza o różnych właściwościach fizycznych.

Jednak typy pogody związane z nimi są bardzo różne. Inny typ pogody związany jest z tzw. frontem ciepłym, inny z frontem chłodnym, a jeszcze inny z tzw. frontem zokludowanym.

Frontem ciepłym nazwano front, który przemieszcza się w kierunku powietrza chłodnego.

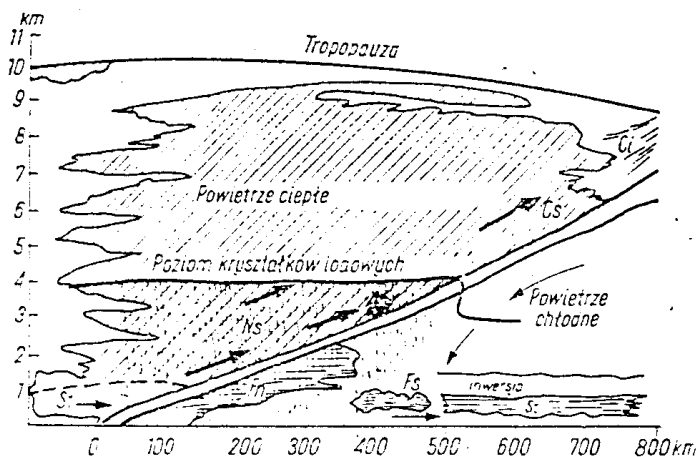
Front zaś przemieszczający się w kierunku powietrza ciepłego nazwano frontem chłodnym. Front, jaki powstaje w wyniku połączenia się obu wymienionych frontów, określa się mianem frontu zokludowanego lub po prostu okluzją.

Front ciągnący się równolegle do izobar nie przemieszcza się i nazywa się frontem stacjonarnym.

FRONT CIEPŁY

Ruch powietrza zależy od rozkładu ciśnienia i kierunku izobar. Jeżeli przebieg izobar zmusza ciepłe powietrze do przemieszczania się w kierunku linii frontu, a chłodne do ustępowania od tej linii, to front taki nazywa się frontem ciepłym (rys. 87).

Przemieszczający się front ciepły przynosi ocieplenie, gdyż chłodna masa powietrza zostaje zastąpiona cieplejszą masą powietrza. Ciepłe powietrze płynące za frontem ciepłym płynie szybciej niż powietrze chłodne, dogania je i następnie zaczyna się wślizgiwać po klinie ustępującego chłodnego powietrza. W czasie wślizgiwania się do góry powietrze się ochładza, co z kolei prowadzi do rozwoju procesu kondensacji. W wyniku tego procesu na powierzchni frontu ciepłego tworzy się zwarty układ chmur,



Rys. 87. Front ciepły

nazwany układem chmur frontowych. Z chmur tych wypadają długotrwałe opady ciągłe. Dolna granica chmur jest wyznaczona przez powierzchnię frontową, górny zaś pułap chmur wynosi 7—9 km.

Wskutek tego, że powietrze ciepłe wślizguje się bardzo powoli ku górze, wygląd chmur przypomina gładką ogromną zasłonę. Zasłona ta ciągnie się wzdłuż frontu pasem szerokości kilkuset kilometrów na długości przekraczającej często 1000 km. Grubość zasłony chmur maleje w miarę oddalania się od linii frontu.

Najwyższe chmury, będące zwiastunami frontu ciepłego, pojawiają się już na 700—800 km przed frontem — są to chmury Cirrus uncinus (chmury pierzaste o kształcie przecinków), zbudowane z drobnych kryształków lodu. Występują one na wyso-

kości 7—9 km. Za Cirrusami pojawia się jednolita warstwa chmur Cirrostratus. O obecności ich świadczy m. in. wystąpienie białego kręgu wokół słońca lub księżyca (zjawisko halo). Chmury Cirrostratus stopniowo grubieją i przechodzą w chmury średnie warstwowe (Altostratus), zalegające na wysokości 2—4 km i występujące w odległości 100—400 km przed frontem. Zbudowane są z mieszaniny kropeł wody i kryształków lodu. Tworzą się w nich płatki śniegu — w okresie lata płatki te topnieją, tworząc kropelki deszczu. W miarę zbliżania się do linii frontu chmury Altostratus przechodzą w chmury Nimbostratus — warstwowo-deszczowe, z których wypada silny długotrwały opad ciągły. Pod chmurami warstwowo-deszczowymi przemieszczają się z dużą prędkością strzępy poszarpanych chmur Strato fractus, nazywanych także „chmurami zleń pogody”. Unoszą się one na wysokości 100—200 m nad powierzchnią ziemi.

Tylna ściana zasłony chmur frontowych kończy się nagle tuż za linią frontu. Niebo się przejaśnia, a powietrze ociepla.

Strefa opadów przed linią frontu ma szerokość 300—400 km.

Zakładając, że szerokość strefy opadów wynosi 300 km i że front przemieszcza się z prędkością 20—40 km/h, można wyliczyć w przybliżeniu za pomocą wzoru na obliczenie prędkości w ruchu jednostajnym, jak długo będzie trwał opad:

$$v = \frac{s}{t} \quad \text{stad} \quad t = \frac{s}{v}$$

gdzie:

v — prędkość,
 s — droga,
 t — czas.

$$t = \frac{300}{20} = 15 \text{ h}$$

$$t = \frac{300}{40} = 7,5 \text{ h}$$

Z obliczenia wynika, że im prędzej przemieszcza się front, tym krócej trwa opad. Za pomocą tego samego wzoru można obliczyć, ile czasu upłynie od chwili pojawienia się pierwszych Cirrusów do wystąpienia opadów. Wiadomo, że chmury te pojawiają się na 800 km przed frontem, a opady występują na 300 km od linii frontu.

$$800 - 300 = 500 \text{ km}$$

$$t = \frac{500}{20} = 25 \text{ h}$$

Oznacza to, że jeśli front przemieszcza się bardzo wolno, to dopiero po upływie 25 godzin od chwili pojawienia się pierwszych Cirrusów zacznie padać deszcz.

Jeżeli front przemieszcza się szybko, np. z prędkością 40 km/h,

czas, po upływie którego zacznie padać deszcz, wyniesie (są to oczywiście obliczenia przybliżone):

$$t = \frac{500}{40} = 12,5 \text{ h}$$

Opady towarzyszące frontowi ciepłemu wypadają zawsze przed linią frontu (rys. 87).

Tu jeszcze mała uwaga. Nie każdemu frontowi ciepłemu muszą towarzyszyć opady. Wystąpienie opadów związane jest bowiem z wilgotnością powietrza. Gdy po klinie chłodnego powietrza wślizguje się powietrze ciepłe, ale suche i gdy poziom kondensacji położony jest wysoko, wówczas układ chmur frontowych jest „zredukowany” i opad nie wypada.

Jak już wspomniano, z przejściem frontu związana jest wyraźnie zmiana pogody, uwarunkowana zmianą poszczególnych elementów meteorologicznych. Przebieg zmian elementów meteorologicznych przed nadejściem, w czasie przechodzenia i po przejściu frontu przedstawiono w tablicy 18.

Na mapie pogody front ciepły jest kreślony linią czerwoną albo linią z dorysowanymi półkulami.

Zmiany elementów meteorologicznych podczas przemieszczania się frontu ciepłego

TABLICA 18

Element meteorologiczny	Przed frontem	Podczas przechodzenia frontu	Po przejściu frontu
Ciśnienie	równomiernie obniża się	nie zmienia się	zmienia się nieznacznie lub stopniowo obniża się
Wiatr	wzmacnia się i czasami skręca w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara	skręca zgodnie z kierunkiem wskazówek zegara i czasami wzmacnia się	kierunek nie zmienia się
Temperatura	nie zmienia się lub nieco podwyższa się	podwyższa się stopniowo	wyraznie podwyższa się
Zachmurzenie	pojawia się stopniowo, chmury Ci, Cs, As, Ns, St, fr	chmury Ns i St fra	St lub Sc
Widoczność	poza strefą deszczu widoczność dobra	słaba, częste mgły	zazwyczaj zła, mogą występować mgły
Pogoda	(deszcz lub śnieg) opad ciągły	opad ustaje	silne zachmurzenie, mżawka lub słabe deszcze

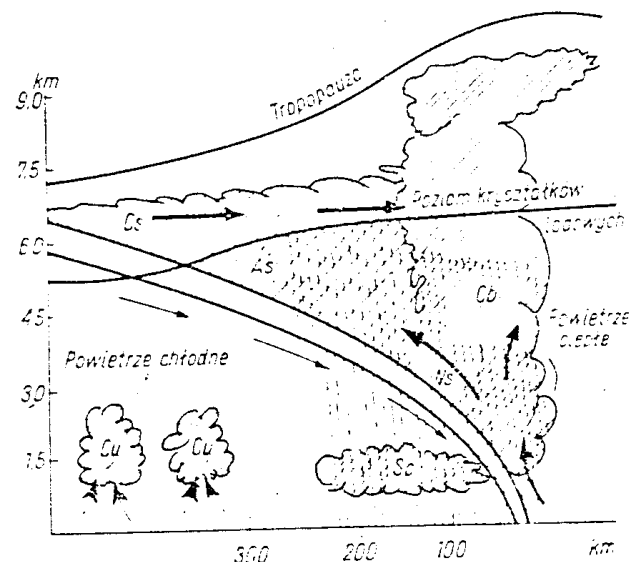
Dotychczasowe rozważania dotyczyły opadów ciągłych, towarzyszących dżdżystej i pochmurnej pogodzie, utrzymującej się przez długi czas. Często jednak zdarza się, że piękna bezchmurna pogoda nagle, w sposób bardzo gwałtowny zmienia się w pogodę, w której obserwuje się rozwój silnie wypiętrzonych chmur kłębiasto-deszczowych (Cumulonimbus), z burzami, opadami przełotnymi i szkwałami. Zjawiskom tym towarzyszy wyraźne ochłodzenie. Ten typ pogody jest związany z przejściem frontu chłodnego.

4.5.2

FRONT CHŁODNY

Front chłodny przemieszcza się od chłodnej masy powietrza w kierunku powietrza ciepłego. Od frontu ciepłego różni się on znaczną stromością powierzchni frontowej. Poza tym, rzecz bardzo istotna, nasuwające się powietrze chłodne nie wślizguje się do góry, lecz jakby wklina się pod powietrze ciepłe i wypycha je do góry.

Znaczna stromość powierzchni frontowej, zwłaszcza jej przedniej części, wywołana jest tarciem nasuwającego się powietrza chłodnego o podłoże. Tarcie to powoduje hamowanie dolnych warstw powietrza przy jednoczesnym szybszym przemieszczaniu się warstw wyżej położonych. Dlatego czoło frontu chłodnego jest prawie pionowe, a często nawet lekko podwinięte do tyłu.

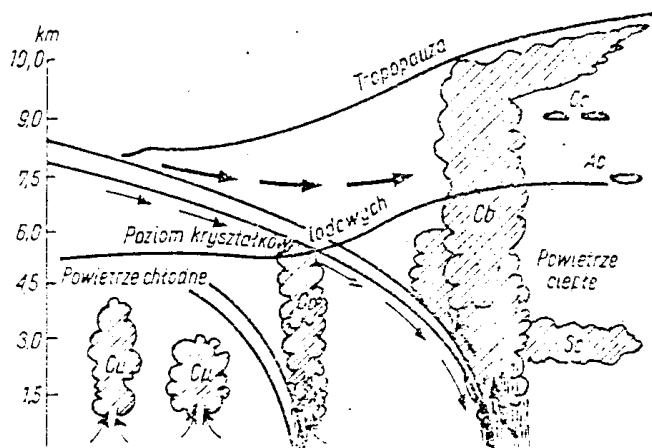


Rys. 88. Front chłodny I rodzaju

Z uwagi na szybkość przemieszczania się frontów chłodnych podzieleno je na dwa rodzaje. Tak więc fronty przemieszczające się wolno nazwano frontami I rodzaju, a szybko przemieszczające się fronty chłodne nazwano frontami II rodzaju. Fronty te różnią się między sobą także rodzajem zachmurzenia oraz charakterem opadu.

Front chłodny I rodzaju (wolno przemieszczający się, rys. 88). W przypadku frontu chłodnego I rodzaju napływające chłodne powietrze wklina się pod ustępujące powietrze ciepłe. W wyniku tego procesu powietrze ciepłe wślizguje się po klinie chłodnego powietrza ku górze w kierunku napływającego chłodnego powietrza. W efekcie tego wślizgu dochodzi do utworzenia się układu chmur podobnego do układu na froncie ciepłym, lecz o odwrotnym porządku. Na samym czole frontu rozwijają się silnie wypiętrzone chmury konwekcyjne Cb, za nimi chmury Cs, dalej As i Ns. Z chmur Cb tuż w bezpośredniej bliskości linii frontu wypadają silne opady ulewne, za linią frontu, z chmur Ns wypadają opady ciągłe. W porównaniu z frontem ciepłym, strefa opadów frontu chłodnego I rodzaju jest o połowę węższa i wynosi 150—200 km.

Front chłodny II rodzaju (szybko przemieszczający się, rys. 89). Wskutek szybkiego przemieszczania się tego frontu dochodzi do gwałtownego wypychania powietrza ciepłego ku górze, co prowadzi do nadzwyczaj silnego rozwoju chmur kłębiastych Cb,



Rys. 89. Front chłodny II rodzaju

tworzących, zwłaszcza latem, coś w rodzaju wału chmur burzowych, bądź też pionowej ściany chmur. Przed tą ścianą chmur występują czasami chmury Ac, Cc oraz Ac lent, świadczące o tym, że w wyniku szybkiego ruchu tego frontu doszło do załadowania.

Przejściu takiego frontu nad miejscem obserwacji towarzyszą silne ulewne burze i silne szkwały. Strefa opadów jest stosunkowo niewielka. Średnio wynosi ona 60—80 km. Z uwagi na to, że front chłodny II rodzaju przemieszcza się szybko, a strefa opadów jest wąska, deszcz trwa niedługo, nie dłużej niż 30—60 min. Po przejściu frontu obserwuje się rozpogodzenie na przemian ze wzrostem zachmurzenia, głównie przez chmury Cu i Cb, z opadami przelotnymi, a nieraz i burzami. Tego rodzaju pogodę nazwano „pogodą zmienną”. Z przejściem tego rodzaju frontu związane jest zawsze ochłodzenie.

W okresie lata za frontem chłodnym napływają świeże masy PPM, wyróżniające się małym zapyleniem, w związku z czym widoczność pozioma jest bardzo dobra, a niebo ma barwę ciemnego błękitu.

Zmiany elementów meteorologicznych podczas przechodzenia frontu chłodnego

TABLICA 19

Elementy meteorologiczne	Przed frontem	Podczas przechodzenia frontu	Po przejściu frontu
Ciśnienie	obniża się	szybko podwyższa się	podwyższa się stopniowo
Wiatr	wzmaga się, lekko skręca w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara, często porywisty	nagle skręca w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara, często występują szkwały	po przejściu szkwału wiatr skręca w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara; często może się wzmacniać
Temperatura	obniża się w strefie występowania deszczu	gwałtownie się obniża	stopniowo obniża się; bardzo zmienna w strefie deszczu
Zachmurzenie	Ac lub As oraz Cb	Cb z chmurami „złej pogody” (St fr), sunącymi nad powierzchnią ziemi	podstawy chmur podnoszą się bardzo szybko; występują Ac, As oraz Cc i Cb
Widoczność	zwykle zła	umiarkowana, lecz szybko poprawiająca się	bardzo dobra poza strefą opadów
Pogoda	czasami mogą występować deszcze oraz burze	często silny deszcz, opady gradu i burze	silne przelotne opady, częste przejaśnienia; typ pogody zmiennej

*limbocumulus
limbocumulus - b. d. r. z.*

