

LITERATURA.

E. Palmén. Ein Fall der Regeneration einer sterbenden Depression. Meteor. Zeitschr. 1929.

R. Schröder. Die Regeneration einer Zyklone über Nord- und Ostsee. Veröff. d. Geoph. Inst. Leipzig 1929.

O. Moese u. G. Schinze. Die beiden Hauptfrontalzonen AF und PF. Bemerkungen über ihre Rolle für Europa. Ann. d. Hydr. u. marit. Met. 1932, 10.

Viz také práce Refsdalovy a »Phys. Hydrodynamik« 1933.

§ 69. Anticyklony.

1. O všeobecných vlastnostech anticyklonálních útvarů jsem se již zmínil v druhé kapitole. Základní z nich jsou: malé horizontální gradienty tlaku a tudíž slabé větry ve vnitřní části systému; pohyb vzduchu ve směru pohybu ručiček hodin; divergence proudění v spodních vrstvách, podmíněná třením, a patrně protigradientové vtékání vzduchu ve vyšších vrstvách tak dlouho, dokud pokračuje zesilování anticyklony. Typické systémy proudnic při zemi v oblastech vyššího tlaku byly také projednány v § 25. Nutno ještě říci, že v souvislosti s divergencí jsou v anticykloně větší nebo menší měrou vyvinuty sestupné pohyby, které působí téměř zpravidla vytvoření se inverzí stlačováním. Sestupné pohyby vzdalují vzduch od stavu nasycení a podmiňují v anticyklonálních oblastech všeobecné převládání jasného počasí. Kondensace v oblastech vysokého tlaku může být vyvolána převážně ochlazením vzduchu od povrchu země nebo vyzařováním a odehrává se proto v tvaru mlh, vrstevných a vlnivých oblaků na plochách inverzí. Jen v létě, kdy chybějí silné inverze stlačováním, mohou být v anticyklonách také pozorovány konvekční oblaky. Zda je počasí v anticykloně jasné nebo zamračené, závisí především na obsahu vlhkosti a teploty její vzduchové hmoty a tudíž na původu této hmoty. Na příklad anticyklony skládající se z arktického vzduchu se vyznačují převážně jasnou oblohou; anticyklony s mořským polárním vzduchem, které prodlévají nad ochlazující se souši, mají často zamračené počasí.

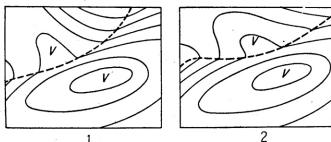
Dále je společnou známkou všech anticyklon, že v jejich centrálních částech chybějí fronty, dokonce i při tepelné asymetrii. Jen někdy sestupuje anticyklonální inverze stlačováním (katafronta) k povrchu země v oblasti anticyklony. Ale hřebeny anticyklony se mohou vyvinovat v jiné vzduchové hmotě a jsou při tom odděleny frontou od základního »tělesa« anticyklony (viz dále případ 1). Stává se, že se hřeben vyvinuje stejně nebo dokonce i větší měrou než základní anticyklona; pak máme anticyklonální systém s dvěma středy, skládající se ze dvou vzduchových hmot. S pokračujícím vývojem nového anticyklonálního středu dřívější slabne a mizí.

Anticyklony lze rozdělit na 4 základní typy:

1) Rychle se pohybující oblasti vyššího tlaku mezi jednotlivými cyklonami téže serie, t. j. vznikajícími na jedné a téže hlavní frontě. Většinou jsou to jen hřebeny vyššího tlaku bez uzavřených isobar ve středu. Značně řídkěji jsou to osamocené systémy s uzavřenými anticyklonálními isobarami, ne příliš velké plochy (stejně řádové velikosti jako cyklony). Tvoří se zcela uvnitř studeného vzduchu; bývá-li mezi přední a zadní částí anticyklony pozorován tepelný rozdíl, fronty uvnitř anticyklony při divergenci proudění přece nevznikají. Když postupuje serie frontálních cyklon (na př. polární fronty) podél severního okraje kvasistacionární anticyklony (v daném případě subtropické), jeví se oblasti vyššího tlaku, ležící mezi cyklonami

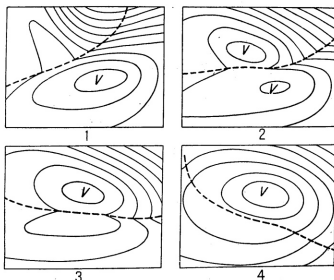
v barickém poli jednoduše jako hřebeny základní anticyklony. Od základního »tělesa« anticyklony složeného z tropického vzduchu jsou však tyto studené hřebeny odděleny hlavní frontou (viz obr. 190).

2) Studené anticyklony uzavírající vývoj serie cyklon, t. j. vyvinující se v týlu nikoliv jednotlivé cyklony, nýbrž celé cyklonální serie. Anticyklony tohoto typu jsou velice podobné prvnímu



Obr. 190. Hřebeny v polárním vzduchu na okraji subtropické anticyklony (z »Phys. Hydr.« 1933).

typu. Vyvinují se také v studeném vzduchu (při polární frontě v polárním, při arktické frontě v arktickém). Vyvinují se však obvykle silněji, jejich intenzita se zesiluje, tvoří se řada uzavřených isobar ve středu a plocha těchto anticyklon vzrůstá do rozměrů ústředních cyklon a více. Zvláště pozoruhodná je tendence těchto anticyklon k ustálení, t. j. k nabytí



Obr. 191. Regenerace subtropické anticyklony (z »Phys. Hydr.« 1933).

málo pohyblivého stavu (s přechodem do typu 3 nebo 4). Tak proniká studená závěrečná anticyklona při polární frontě spolu s polárním vzduchem do subtropů (obr. 191). Tam nahrazuje dřívější subtropickou anticyklonu, více méně se ustaluje, při čemž se polární vzduch prohřívá a proměňuje v tropický. Pohyblivé anticyklony arktického vzduchu v studené době roční se ustalují nad pevninou Eurasie a »vlévají se« často do anticyklony, která zde existovala dříve nebo ji nahrazují.

3) Dlouho trvající (po týdnech) málo pohyblivé anticyklony, skládající se z arktického nebo polárního vzduchu. Někdy mají čistě monsunový původ (zvláště nad studenou souší v zimě). Zpravidla se však »doplňují« monsunové oblasti vyššího tlaku ustalujícími se pohyblivými anticyklony druhého (řídčeji prvního) typu. Rychlost pohybu anticyklony se při tom silně zmenšuje, intenzita (měřená tlakem ve středu) vzrůstá (někdy na hodnoty blízké k 1060 mb i více); vertikální mohutnost rovněž vzrůstá; plocha se mimofádně zvětšuje, někdy až k rozměrům téměř celé Evropy. Ve volném ovzduší se odehrává v oblasti anticyklony adiabatické ohřívání vzduchu vlivem vývoje sestupných pohybů. Nutno poznamenat, že v létě jsou stacionární anticyklony vůbec rozplynulejší a méně intenzivní než v zimě a někdy se jeví jako rozsáhlé, téměř bezgradientové oblasti slabě zvýšeného tlaku.

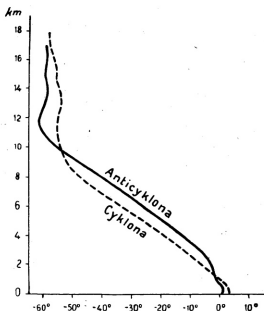
4) Převážně oceánské anticyklony subtropického pásma, obnovované stále pronikáním anticyklon druhého typu z mírných šířek a podmíněně značnou měrou také ději v stratosféře. Zachování a zesílení anticyklon v subtropích napomáhají — jak víme — takové zvláštnosti mechanismu všeobecné cirkulace, jako nahromadění ~~ze~~ odtékajícího vzduchu antipasátů od rovníku, vlivem uchylující síly rotace zemské.

Rozšířené představy o stálosti a stacionárnosti těchto soustav vnučené nám statistickou klimatologií jsou silně přepjaté. Na jižní polokouli je průměrné trvání života jednotlivé subtropické anticyklony 6—7 dní. Jak uvidíme dále, pohybují se subtropické anticyklony také všeobecně od západu na východ, zvláště rychle na jižní polokouli. Od azorských anticyklon se oddělují často »jádra« vyššího tlaku, postupující z Atlantiku do jižní Evropy obyčejně před depresí, putující od západu do Evropy. Nad Evropou se již mohou tyto subtropické anticyklony ustálit.

Podle Rungeho (1931) bylo za 11 let (1901—1911) v oblasti Evropy (bez východního dílu evropského území SSSR.) pozorováno 357 anticyklon; z nich bylo 176, t. j. polovina, azorského původu (s maximem v létě, kdy subtropické pásmo vysokého tlaku zaujímá nejsevernější polohu); ostatní byly původu polárního nebo sibiřského. Podle Brounova (1886) vzniklo za 4 léta (1876—1879) ze 190 anticyklon nad Evropou 107 (56%) přímo nad Evropou samou a 70 (37%) přišlo zvenku, při čemž z Atlantického oceánu 64 (z nich 6 od jihozápadu, 39 od západu, 15 od severozápadu, 4 od severu). Nutno poznamenat, že na málo významné hřebeny vyššího tlaku neměl zřetel ani Runge, ani Brounov. Za 4 léta napočítal Brounov nad Evropou 20 případů ustálení ze 132 anticyklon; nejvíce v lednu (9 případů). V letních měsících Brounov u ustálení anticyklon vůbec nepozoroval. Kdyby se významu termínu »ustálení« nebral tak přísně, jak to dělal Brounov (během 24 hodin nemění střed anticyklony polohu) a kdyby se mluvilo jen o značném zpomalení rychlosti anticyklon nad pevninou, bylo by takových případů již mnohem více. Defant považuje dokonce stacionární anticyklony v Evropě za pravidlo (kdežto v severní Evropě jsou téměř vyloučeny).

2. Nejdříve projednáme stavbu »vsunutých« (t. j. ležících mezi dvěma za sebou jdoucími cyklony) a »závěrečných« pohyblivých anticyklon skládajících se z polárního vzduchu. V podstatě se shoduje každý takovýto hřeben nebo anticyklona s jazykem polárního vzduchu mezi dvěma cyklony. Pohyblivá anticyklona polárního původu je v celém svém »tělese« charakterisována nízkou teplotou. Runge uvádí jako příklad anticyklonu z 2. listopadu 1910, kdy od výšky 2 km a do výšky 7 km, až k tropopause, byla teplota o 10—15° nižší než bývá v anticyklonách

subtropického původu nad střední Evropou v stejné době roční. Anticyklonální cirkulace se v pohyblivých anticyklonách vysoko nerozšiřuje a nedosahuje vždy horní části troposféry; studené pohyblivé anticyklony jsou převážně nízké. To však neznamená, že také studené vzduchové hmoty tvořící anticyklony jsou nízké. V tlů silně vyvinutých cyklon, které se rozšířily ve směru vertikálním až k stratosféře, proniká polární vzduch, tvořící anticyklonu, k jihu mohutnými hmotami sahajícími až k stratosféře nebo dokonce do ní. R u n g e poukázal na nízkou polohu tropopausy nad některými studenými pohyblivými anticyklonami (pod 7000 m), která se patrně vysvětluje tím, že se nízká polární tropopausa posunula s celou hmotou polárního vzduchu k jihu.



Obr. 192. Průměrné vertikální rozdělení teploty v cyklonách a anticyklonách nad Evropou v zimě (podle H u m p h r e y s a).

Avšak s postupem zesílení a ustálení anticyklony se vyvinují v jejím volném ovzduší stále více sestupné pohyby, které působí prohřívání vzduchové hmoty anticyklony. Současně vzrůstá také vertikální mohutnost anticyklony a výška tropopausy v její oblasti (viz obr. 192).

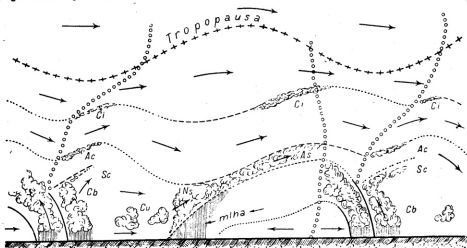
Nejprve to dokázali Teisserenc-de-Bort a Hann začátkem tohoto století. Jako potvrzení uvedu přehled W a g n e r ů v (1910) podle aerologického materiálu mezinárodních dnů v Evropě. V přehledu jsou udány průměrné odchylky teploty v cykloně a anticykloně od společných průměrů do výšky 12 km.

V přízemních vrstvách je anticyklona v průměru studenější než cy-

Výška v km	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cyklona	-0,8	-2,0	-2,7	-3,4	-3,8	-3,9	-3,8	-3,5	-2,6	-0,2	+2,6	+4,4
Anticyklona ...	1,1	2,0	2,5	2,9	3,0	3,2	2,9	2,9	1,6	0,3	-1,7	-2,6
Rozdíl	1,9	4,0	5,2	6,3	6,8	7,1	6,7	6,4	4,2	0,5	-4,3	-7,0

klona následkem zesíleného vyzařování za jasného anticyklonálního počasí. Ale již počínaje výškou 1000 m je »průměrná« anticyklona teplejší než »průměrná« cyklona, jak vyplývá z tabulky. Teprve od výšky 11 km se stává anticyklona znovu studenější než cyklona, vlivem vyšší polohy a nižší teploty stratosféry nad anticyklonou. Humphreys (1919) dospěl na základě ještě bohatšího materiálu evropských aerologických pozorování za 13 let k stejnému závěru, že v spodních 10 km je anticyklona teplejší než cyklona, zvláště v zimě. V ještě vyšších vrstvách do maximální výšky 18 km je naproti tomu anticyklona studenější než cyklona, zejména v létě.

Anticyklony jsou tedy podle statistických dat v Evropě teplejší než cyklony. Podle severoamerických údajů jsou však anticyklony dokonce v průměru studenější než cyklony. Tento rozpor se vysvětluje snadno tím, že ve Spojených státech severoamerických cyklony a anticyklony postupují velmi rychle, bez ustálení, při čemž mají cyklony častěji než v Evropě



Obr. 193. Schema Stüveovo (1922).

teplé sektory z tropického vzduchu. Průměrný výsledek v Evropě je určen značným množstvím polárních anticyklon, ustálených nad pevninou (a také anticyklon azorského původu, o kterých viz dále) a převládáním studených okludovaných cyklon. Průměrný výsledek v Americe je určen absolutním převládáním rychle se pohybujících anticyklon polárního vzduchu a značným množstvím mladých cyklon.

Vraťme se k pohyblivé anticykloně. Na základě drakového aerologického materiálu v Evropě (Lindenberg) sestrojil Stüve r. 1922 statistické schema vertikální stavby za sebou následujících pohyblivých cyklon a anticyklon, znázorněné na obr. 193.

Anticyklona, postupující mezi dvěma cyklonami, leží na tomto schématu v studené vzduchové hmotě, jejíž profil je na obrázku znázorněn. V přední části je studená hmota ohraničena studenou frontou předcházející cyklony; v týlu této hmoty přechází plocha rozhraní v teplou frontu následující cyklony. Uvnitř studené hmoty je naznačena podružná studená fronta a vnitřní inverze stlačováním. Křížky v horní části obrázku je vyznačena poloha tropopausy.

Vertikální mohutnost studené hmoty je však na schématu znázorněna velmi malou, přibližně v rozsahu spodních 4 km. Proto se přibližuje

schema Stüveovo více k poměrům na arktické frontě; polární hmoty vzduchu se však mohou prostírat dokonce až k samé substratosféře, jak víme třeba z pozdějších výzkumů Palménových, Rungeových a jiných. Ovšem na jižním okraji polární anticyklony má rozteklá hmota polárního vzduchu již dosti malou výšku a máme zde obraz blízký k schématu Stüveovu.

J. Bjerknæs (1931) prozkoumal aerologicky konkrétní případ z 26.—28. prosince 1928 s pomocí serie sondáží nad Bruselem v krátkých několikahodinových intervalech časových. Za tuto dobu přešla nad Bruslem studená fronta cyklony ustupující na východ, jižní okraj anticyklonálního hřebene a teplá fronta nové cyklony (viz mapy obr. 242—249). Bjerknæs sestavil isoplexy teploty nad Bruselem při přechodu těchto poruch do výšky 15 km (obr. 194, nahoře) a stejné isoplexy potenciální teploty (obr. 195, nahoře). Podle nich rekonstruoval Bjerknæs profil studené vzduchové hmoty (spodní silná čára na obou uvedených náčrtcích), polohu inverze stlačováním uvnitř ní (čerchané čáry), polohu tropopausy (silná čára v horních částech náčrtků) a rozdělení proudnic poblíže front (obr. 195, dole). Mimoto jsou na obr. 194 dole znázorněny ombrogram, barogram, thermogram a změna větru v Bruselu při přechodu zkoumaných poruch od 12 hod. 26. prosince do 12 hod. 28. prosince. Velmi dobrá shoda konkrétního obrazu, který dostal Bjerknæs se schématem Stüveovým je zřejmá.

Anticyklony polárního vzduchu vykazují všeobecně teplotní asymetrii. Čerstvý polární vzduch, přitékající v přední (obyčejně východní) části anticyklony je studenější než polární vzduch, proudící zpět — od jihu na sever — v zadní (západní) části anticyklony. Ale přechod teploty od studené přední části k teplému týlu je vždy nepřetržitý; v anticykloně vlivem divergence proudů nejen nevznikají fronty, nýbrž také fronty do ní vstupující se rozplývají. V přední části anticyklony je polární vzduch všeobecně studenou hmotou, v zadní části pak — hmotou teplou. Proto je vertikální zvrstvení více méně vrátké v přední části anticyklony a stabilní v týlu. Tím se vysvětluje převládání mlh v západních částech anticyklon.

3. Jazyky studeného vzduchu mezi frontálními cyklonami se během času stále rozšiřují současně se zúžením teplejších sektorů cyklon. Vlivem takového roztékání studeného vzduchu (v zimě pak také vlivem jeho »sesedání« následkem radiačního vychlazení spodních vrstev) se vyvinuje v zesilující anticykloně také stále více sestupný pohyb vzduchu. Sestupný pohyb spolu s divergencí vytvářejí deformační pole a působí vývoj inverzí stlačováním ve volném ovzduší anticyklon. Vyzařování, zvláště v zimě a v letních nocích, působí ještě vytvoření se přízemních inverzí. Horní plocha studené vzduchové hmoty v anticykloně je také inverzí stlačováním, která přechází na okraji anticyklony v cyklonální fronty. Nad každou inverzí stlačováním (v »tělese« anticyklony se jich může vyvinout několik)¹⁾ bývá pozorováno zvýšení teploty a pokles poměrné vlhkosti.

Dynamické oteplování v anticykloně se zesiluje zvláště, když příliv čerstvého studeného vzduchu v přední části anticyklony je přerušen a anticyklona se ustaluje. Uvedu zde zajímavá čísla (podle Rungeho), charakterisující změnu vertikálního zvrstvení polárního vzduchu při ustálení anticyklony. Podle pozorování v Lindenbergu v letech 1908—1914 jsou vypočítány průměrné teploty v čerstvém polárním vzduchu v zimě a v polárním vzduchu, který byl během několika dní v stacionárním stavu:

1) Kromě inverzí stlačováním bývají arciť pozorovány také isothermie a vrstvy s velmi malým vertikálním gradientem teploty, podmíněné týmiž sestupnými pohyby.

Výška km	Země	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Čerstvý PL	-11,0°	-12,2°	-14,4°	-16,4°	-18,4°	-21,2°	-24,1°
Starý PL	-12,8°	- 8,2°	- 5,2°	- 4,5°	- 6,2°	- 8,9°	-12,0°
Rozdíl	- 1,8°	+ 4,0°	+ 9,2°	+11,9°	+12,2°	+12,3°	+12,1°

Vidíme, že při radičním snížení teploty v přízemní vrstvě je teplota ve výšce 1,5—3,0 km v starém polárním vzduchu o 12° vyšší než v čerstvém. Nepřekvapuje, že se takový silný efekt dynamického oteplení projevuje i v průměrném rozdělení teploty v evropských anticyklonách.

Při zesílení anticyklony vzrůstá stále vertikální mohutnost vrstev zasažených anticyklonální cirkulací, zvláště po ustálení. Současně roste stále výška tropopausy nad anticyklonou, obdobně, jako se nad cyklonou tropopausa snižuje. Vznikají jakoby vlny tropopausy, jejichž hřebeny jsou nad anticyklonami a doliny nad cyklonami. Rozdíl výšek tropopausy nad cyklonou a anticyklonou činí v průměru kolem 2 km. Avšak při zvláště silném vývoji cyklon a anticyklon se odchyluje snížení tropopausy nad cyklonami a její zvýšení nad anticyklonami od průměrné polohy značně více. Je znám již uvedený případ snížení tropopausy nad cyklonou téměř do 5 km nad hladinou moře. Nad mohutnými ustálenými poruchami máme tedy v stratosféře »hory« a »trychtýře«. Stratosféra se jakoby vtahuje cyklonou a vyboulí se nad anticyklonou. V horní části troposféry a v spodní stratosféře bývá tedy nad cyklonou pozorován sestupný pohyb vzduchu, nad anticyklonou pak pohyb výstupný. Zastavíme se u toho všeho ještě podrobněji v § 70.

Nutno se ještě zmínit o subtropických anticyklonách. Ty patří bezpochyby k vysokým anticyklonám a jsou vlastně výsledkem ustálení pohyblivých anticyklon polární fronty v subtropech. Avšak na př. při rozšíření výběžků nebo při přesunu »jader« azorské anticyklony k východu se patrně stává, že anticyklona zasahuje stále nové hmoty vzduchu v troposféře.

Nutno předpokládat, že přemístění subtropických anticyklon jest efektem samostatných tlakových vln v hladině tropopausy. Možná, že zvýšení tlaku v těchto vlnách jsou podmíněna přílivem studených ekvatoriálních hmot vzduchu v spodní části stratosféry. Nehodlám se zde zabývat podrobněji existujícími hypotézami, dokud ještě nemají dostatečně pevný základ. Rozšíření aerologických pozorování nad oceány se jeví v tomto směru zvláště nutným. Poznámám jen, že postup subtropických anticyklon od Azor do Evropy vykazuje často určitý rytmus: jádra vyššího tlaku, »odpoutávající se« od azorské anticyklony, postupují v intervalech 7,2 dní (Weickmann). Takový rytmus ve vycházení jader z azorského »činného ústředí« bývá pozorován téměř každoročně, ale zřídka déle než pět týdnů za sebou; po přestávce několika týdnů začínají tyto rytmické pohyby znovu a trvají několik týdnů.

Určitý rytmus bývá pozorován také ve výskytu polárních anticyklon. Nejzřejmější anticyklony se vyvinoují nikoli mezi jednotlivými cyklonami dané serie, nýbrž mezi jednotlivými seriami. Průměrně bývá v Evropě během roku pozorováno kolem 60 serií cyklon; ve vzniku polárních anticyklon a jejich vpádu do subtropů bývá proto pozorována perioda 5½ dní.