

Dairəvi izobarlarda qradiyent külək.

Deyildi ki kimi geostrofik külək – sərbəst atmosferdə geniş yayılmış dayanıqlı stasionar hərəkətdir. Belə bir sual yaranır. Atmosferdə digər dayanıqlı hərəkətlər mövcuddurmu? Hava xəritələrindən görmək olar ki, siklon və antisiklonlar da geniş yayılmış dayanıqlı hərəkətlərdir. Silindrik koordinat sistemində tənlikləri istifadə etməklə bu hərəkətlərə baxaq. İki hərəkət tənliyi və kəsilməzlik tənliyi verilmiş təzyiq sahəsində külək sürətinin toplananlarını almağa imkan verir.

$$\frac{dV_{\psi}}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + l V_{\psi} + \frac{V_{\psi}^2}{r}, \quad (1)$$

Barik qradiyent, koriolis, mərkəzdənqaçma, r- radius, vpsi –sürət

$$\frac{dV_{\psi}}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial \Psi} - l V_r + \frac{V_r V_{\psi}}{r}, \quad (2)$$

$$\text{div } \vec{V} = \frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_{\psi}}{\partial z} + \frac{V_r}{r} = 0. \quad (3)$$

Stasionar hərəkət zamanı silindrik koordinat sistemində səth üzərində

$$\frac{dV_r}{dt} = \frac{dV_{\psi}}{dt} = 0 \quad \text{olur.}$$

Bundan əlavə dairəvi izobarlarda təzyiq sahəsi ψ -yə görə simmetrikdir, yəni ondan asılı deyil. Nəticə olaraq sürət sahəsi də simmetrikdir.

Beləliklə,

$$\frac{\partial p}{\partial \psi} = 0, \quad \frac{\partial V_{\psi}}{\partial \psi} = 0$$

Nəticədə (1) (2) (3) tənliklər sistemi aşağıdakı şəkə gətirilir.

$$0 = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dr} + \ell V_{\psi} + \frac{V_{\psi}^2}{r} \quad (1a)$$

$$0 = -\ell V_r - \frac{V_r V_{\psi}}{r} \quad (2a)$$

$$\operatorname{div} \vec{V} = \frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{\partial V_z}{\partial z} + \frac{V_r}{r} = 0 \quad (3a)$$

(2a) tənliyi aşağıdakı şəkilə gətirilir

$$V_r = \left(l + \frac{V_{\psi}}{r} \right) = 0$$

Bu tənliyin iki həlli mümkündür. Ya $V_r = 0$ və ya $V_{\psi} = -lr$.

İkinci bərabərlik Koriolis qüvvəsi ilə mərkəzdənqaçma qüvvəsinin tarazlığını ifadə edir. Prinsipcə belə hərəkət barik qradient qüvvələrinin olmadığı halda mümkündür. Ancaq nəzərə alsaq ki, Koriolis qüvvəsi və mərkəzdənqaçma qüvvəsi hərəkətsiz hava hissəciklərinə təsir etmir o zaman bu cür hərəkətin yaranması sual doğurur. Çünki yalnız barik qradient qüvvəsi hərəkətsiz hava hissəciklərini təcilləndirə bilər. Ona görə belə hərəkət dayanıqlı deyildir və meteoroloji praktika üçün bir o qədər əhəmiyyətli deyil.

Deməli, bu nəticəyə görə tənliyin həllinin düzgün variantı $V_r = 0$ zamanı olur. O zaman (3) tənliyi $\frac{\partial V_z}{\partial z} = 0$ halına gətirilir. Başqa sözlə $V_z = \text{const}$. Bu o deməkdir ki, sərbəst atmosferdə şaquli sürət yaranmır. Lakin sərhəd təbəqəsində şərait tamamilə başqa cürdür. Sərhəd təbəqəsində küləyin sürəti izobardan sola doğru meyillənir. (şimal yarımkürədə). Bu siklonlarda cərəyan xətlərinin uyğunlaşmasına, antisiklonlarda isə cərəyan xətlərinin ayrılmasına səbəb olur. Bu da öz növbəsində şaquli sürətlərin yaranmasına və başlanğıc təzyiq sahəsini dağdan yerüstü təzyiqin dəyişməsinə səbəb olur. Bunlara əsasən deyə bilərik ki, sərhəd təbəqəsinin yuxarı sərhəddində mövcud olan şaquli sürət bu sərhəddən yüksəklikdə dəyişmir.

Beləliklə, biz külək sürətinin iki toplananını tapdıq, birinci toplanan 0-a bərabərdir, ikinci isə sabit olaraq qalır.

$$V_r = 0, \quad V_z = \text{const.} = V_z \quad z \geq H \text{ olanda,} \quad (4)$$

H – sərhəd təbəqəsinin qalınlığıdır.

İzobar boyu yönəlmiş külək sürətinin toplananları (1) düsturundan tapılır. Bu tənliyə görə üç qüvvə barik qradient, Koriolis və mərkəzdənqaçma qüvvəsi tarazlıq halındadırlar. Hava hissəcikləri silindrik koordinat sisteminə nəzərən təcilsiz hərəkətdədirlər. Başqa sözlə V_ψ cərəyan xətləri boyunca sabitdir. (1) tənliyində dəyişikliklər apardıqdan sonra aşağıdakı şəklə düşər:

$$V_\psi^2 + r l V_\psi - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} = 0 \quad (5)$$

(5) kvadrat tənliyini həll etsək alarıq:

$$V_\psi = -\frac{rl}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{rl}{2}\right)^2 + \frac{r}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r}} = \frac{rl}{2} \left(-1 \pm \sqrt{1 + \frac{4}{rl^2 \rho} \frac{\partial p}{\partial r}} \right). \quad (6)$$

Biz iki işarədən birini seçməliyik. Çox böyük radiuslarda mərkəzdənqaçma

qüvvəsi itir $\frac{V_\psi^2}{r} \rightarrow 0$ və külək geostrofik olur. Aydınır ki, mənfi işarəsinin

seçilməsi $r \rightarrow \infty$ şərtində, sonsuz böyük sürətə gətirib çıxarır. Deməli biz genişmiqyaslı atmosfer burulğanları siklon və antisiklonlar üçün müsbət işarəsinə

seçməliyik. Siklonlarda aşağı təzyiq mərkəzdə olduğundan $\frac{\partial p}{\partial r} > 0$, antisiklonlarda

isə $\frac{\partial p}{\partial r} < 0$.

Radius r , qradient $\frac{\partial p}{\partial r}$ izobarlara perpendikulyardır. Deməli, $\frac{\partial p}{\partial r}$ tam təzyiq qradientini ifadə edir. Onu geostrofik küləyin sürəti ilə ifadə edək. Siklon və antisiklonlarda uyğun olaraq aşağıdakı tənlikləri ala bilərik,

$$\frac{\partial p}{\partial r} = \pm \frac{\partial p}{\partial n}, \quad \frac{1}{\rho l} \frac{\partial p}{\partial r} = \pm V_g$$

Yuxarı işarələr siklona, aşağı işarələr isə antisiklona aiddir. Görürük ki, siklonlarda külək subgeostrofikdir, yəni eyni barik qradientdə sürət geostrofikə nisbətən azdır. Antisiklonlarda isə külək supergeostrofikdir.

$r \rightarrow \infty$, $V_\psi \rightarrow \pm V_g$ olanda “+” işarəsi siklonlarda V_ψ sürətinin müsbət olduğunu göstərir, yəni siklonlarda hərəkət saat əqrəbinin əksi istiqamətində yönəlmişdir, antisiklonlarda isə saat əqrəbi istiqamətində yönəlmişdir.

(6) ifadəsinə qayıdaq. Bu ifadə həm böyük həm də kiçik radiuslarda yararlıdır. Kök işarəsi qarşısındakı + işarəsinin saxlanması ifadənin aşağıdakı şəkllə düşməsinə gətirib çıxarır:

$$V_\psi = \frac{rl}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{4}{rl^2} \frac{\partial p}{\partial r}} \right) = \frac{rl}{2} \left(-1 + \sqrt{1 \pm \frac{4V_g}{r|l|}} \right). \quad (7)$$

Bu tənliyə siklon və antisiklonlara baxaq.

Siklon. (şək 1) Doğrudanda $\frac{\partial p}{\partial r} > 0$ şərtində kvadrat kök vahiddən böyükdür və mötərizədəki kəmiyyət həm şimal həm cənub yarımkürəsində müsbətdir, çünki kök altındakı l^2 - kəmiyyəti həmişə müsbətdir. Mötərizənin önündəki vuruq $\frac{lr}{2} = \omega \sin \varphi$ şimal yarımkürəsində müsbət, cənub yarımkürədə isə mənfidir, $\varphi < 0$ olduqda. Beləliklə şimal yarımkürəsində siklonda küləyin sürəti müsbətdir (saat əqrəbinin əksi), cənub yarımkürəsində isə mənfidir (saat əqrəbinin istiqaməti).

İstənilən müsbət təzyiqliq qradientlərində kökaltı ifadə $1 + 1 + \frac{4}{rl^2 \rho} \frac{\partial p}{\partial r} > 0$ və kvadrat kök həqiqi kəmiyyətdir.

Beləliklə barik qradient və sürətin qiyməti üçün heç bir məhdudiyət yoxdur. Həqiqətdə hər iki kəmiyyət real siklonlarda çox böyük ola bilər.

Antisiklonlarda isə əksinə olaraq Şimal yarımkürəsində $\frac{\partial p}{\partial r} < 0$, kvadrat kök vahiddən kiçikdir və sürət mənfidir (saat əqrəbi istiqaməti). Cənub yarımkürədə isə müsbətdir.

Beləliklə, kiçik radiuslarda nə barik qradient nə də küləyin sürəti modula görə böyük ola bilməz. Buna görə də, zəif küləklər antisiklonun mərkəzi yaxınlığında müşahidə olunur.

Siklon və antisiklonlarda küləyin sürəti barik qradientdən asılıdır və izobar boyu elə istiqamətlənir ki, aşağı təzyiqliq hərəkətin solunda qalır. (Şimal yarımkürədə). Belə külək qradient külək adlanır. Geostrafik külək – qradient küləyin xüsusi halıdır.

Siklon və antisiklonlarda Şimal və Cənub yarımkürələrində fırlanma istiqamətləri əksdir, çünki Koriolis qüvvələrinin istiqaməti sürətin əksinədir. Ekvatorunda Koriolis qüvvələri itir. Bu vaxt siklonlarda çox böyük sürət zamanı mərkəzdən qaçma sürəti barik qradient qüvvəsini tarazlaya bilər. Antisiklonlarda isə qalan iki F_p və F_c qüvvələri bir tərəfə istiqamətləndiyindən (mərkəzdən) tarazlıq mümkün deyil. Ən güclü siklonlar ekvatoru keçir və tezliklə dağılırlar, çünki onlar əks istiqamətə dönməyə məcburdurlar. Antisiklonlar isə ekvatoru keçən kimi dağılırlar.