TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRLIGI

MAGTYMGULY ADYNDAKY TÜRKMEN DÖWLET UNIWERSITETI

DINAMIKI METEOROLOGIÝA

S.M. Hümmedow, S.S. Hümmedowa

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy
Türkmenistantyň Bilim Ministrligi tarapyndan hödürlendi

Aşgabat-2010

S.M. Hümmedow,   S.S. Hümmedowa
DINAMIKI   METEOROLOGIỲA
Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy – A : Türkmen döwlet neşirýat gullygy, 2010. 94 sah.

Giriş:

Garaşsyz hem baky Bitarap Türkmenistanyň döwletiniň Hormatly Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedow Beýik Galkynyşlar we özgeritmeler zamanasynda ýurduň ähli pudaklarynda şol sanda howa gullugynda hem ýokary derejede , Altyn Asyryň talaplaryna laýyk iş alyp barmak wezipelerini öňde goýdy. Hormatly Prezidentimiziň tagallasy bilen ösen döwletleriň, Russiýanyň, ABŞ-yň hem-de Ýewropa döwletleriniň howa gulluklary we beýleki halkara guramalary bilen giň hyzmatdaşlyk amala aşyrylýar.

Halkara howa maglumatlaryny alyş-çalyş işleriniň giňelmegi howa
çaklamalarynyň takyklygyny, özüni ödeýşini barha ýokarlandyrýar. Howa çaklamalarynyň usulýeti kämilleşýär. Türkmenistanyň howa gullygynyň çaklamalar bölümi halkara usuly tejribeler bilen başlaýar. Howa çaklamalarynyň Ýewropa merkeziniň GDA ýurtlary üçin çaklama merkeziniň, ABŞ-yň howa çaklamalary gullugynyň nusgalary giňden peýdalanylýar. Howa çaklamalarynyň gidrodinamiki usullary we amaly derňew usullary boýunça häzirki zaman elektron serişdelere esaslanýan çaklama nusgalarynyň iş ýüzünde ulanmak Garaşsyz Türkmenistanda howa çaklamalar gullugyny ösen derejä ýetirýär.

Hormatly Prezidentimiz tagallasy bilen Garaşsyz Türkmenistan döwletimizde uçarýet pudagynyň ösüşi täze döwre aýakbasdy. Galkynyşlar we özgertmeler zamanasynyň ilkinji ýyllaryndan başlap Bitaraplyk we Açyk gapylar syýasatynyň täzeçe durmaşa geçirilmegi, dünýäniň ähli ösen ýurtlary bilen hoşniýetli gatnaşyklaryň has ösdürilmegi Türkmenistanda howa gullugynyň ösüşine hem uly itergi berdi. Dünýäniň dürli künjekleri bilen täze howa ýollary döredildi. Uçarýet boýunça halkara hyzmatdaşlygy giň gerim alýar. Türkmenistan BDMG-niň hemde Halkara IKAO guramasynyň agzasy bolmak bilen meteorologiỳa pudagy boyunça ähli halkara ylalaşyklara işeňňir gatnaşýar.Türkmenistanda halkara talaplaryna laýyk gelýän gonalgalar, uçuş merkezleri döredildi. Türkmen howa ýollarynda häzirki zaman uçarlary hereket edýär. Munuň özi Garaşsyz hem Bitarap Türkmenistanda uçarýet meteorologiýasynyň ösmegine örän uly goşant goşýar.Hormatly prezidentimiz ýurduň uçarýet ulgamyny mundan beýläk hem ösdürmek üçin parasatly çözgütleri kabul edýär we durmuşa geçirýär.

1) Dersi okatmaklygyň maksady atmosferada bolup geçýän hadysalar, olaryň we dürli meteorologiki ululyklaryň üýtgäp durmagy barada talyplara nazary düşünjeler bermeklikden ybaratdyr. Dersde tebigy howa hadysalarynyň döreýiş, bolup geçiş we dowam ediş mehanizmleri öwrenilýär. Olardaky kanunalaýyklaryň matematiki ýazgysy beýan edilýär.

Atmosfera hadysalarynyň we esasy howa ululyklaryň arasyndaky baglanyşyk olaryň üýtgemeginiň özara täsiri aýyl-saýyl edilýär. Atmosferadaky termodinamiki we dinamiki hadysalaryň giň göwrümini ýazyp beýan edýän differensiýal deňlemeler ulgamy özleşdirilýär. Olar dürli howa şertleri üçin derňelýär we gura şertler kesgitlenýär. GTD-niň deňlemeleri esasynda atmsofera hadysalary dürli howa ýagdaýlary üçin modelleşdirilýär. Her bir modelde meteoululyklaryň we hadysalaryň özlerine mahsus bolan aýratynlyklary göz öňünde tutulýar. Olaryň häsiýetnamalary boýunça dürli ýakynlaşmalar girizmek bilen GTD-niň çözüwleri beýan edilýär.

Bu dersi öwrenmegiň netijesinde talyplar atmsofera hadysalarynyň giň göwrümini döredijilikli özleşdirmegi başarmalydyr. Ol hadysalary matematiki modeleşdirmek endiklerine eýe bolmalydyrlar. Dersi öwrenmegiň esasy wezipesi çaklama modelleriniň we häzirki zaman hasaplaýyş tehnikasynyň kömegi bilen howa hadysalaryny we ululyklaryny mukdar taýdan bahalandyrmaga hem-de çaklamalary düzmäge ukypy hünärmenleri taýarlamakdyr.

2) Dinamiki meteorologiýa dersi ilkinji nobatda meteorologiýanyň “Umumy meteorologiýa”, “Sinoptiki meteorologiýa” ýaly esasy bölümleri bilen baglanyşyklydyr. Sebäbi atmosfera hadysalarynyň nazary beýanynda adiabatiki we adiabatik däl şertler, statiki we termodinamiki hadysalar, turbulent alyş-çalyşyk we energiýa öwrülşikleri uly orun tutýar. Şeýle hem “dinamiki meteorologiýa” dersinde erkin atmosferada bolup geçýän hadysalar, ol ýerde meteorologiki ululyklaryň, howa hereketiniň üýtgeýiş dinamikasy öwrenilýär. Ýagny “Aerologiýa” bölüminde özleşdirilýän möhüm meseleler çözülýär, ýa-da modelleşdirilýär. Başlangyç we gura şertler goýulýar. Umuman “Dinamiki meteorologiýa” meteorologiýanyň ähli bölümleri bilen baglanyşýar. Öwrenilýän dersde düzülýän we özleşdirilýän GTD-niň deňlmeleri üýtgeýän ululyklaryň 1-nji we 2-nji tertipli önümlerinde aňladylýar. Tizlik tüweleýiniň, akyş (tok) funksiýasynyň we dürli ululyklarynyň adiweksiýasynyň deňlemeleri, aňlatmalary ýazylanda laplasiýan, ýakobiýan, ýaly matematiki operatorlar peýdalanylýar. Wektor ululyklaryň diwergensiýasyna garalýar. Diýmek “Dinamiki meteorologiýa’ dersi ýokary matematikanyň “Matematiki derňew”, “Differensiýal deňlemeler”, “Wektor algebrasy” ýaly bölümleri bilen hem çuňňur baglanyşykda bolup durýar.

Aslyýetinde “Dinamiki meteorologiýa” dersiniň öwrenýän zady howa ýagdaýyny kesgitleýän atmosfera hadysalarynyň we ululyklarynyň üýtgeýşiniň fiziki esaslary bolup durýar. Bu ýerde ilkinji nobatda massanyň, hereket mukdarynyň we energiýanyň saklanma kanunlary ýaly nazary düşünjelerden ugur alynýar. Şeýle hem ýylylyk akymynyň we şöhlelenme kanunlaryna esaslanylýar. Atmosferadaky tolkun hereketleri, grawitasiýa, koriolis we basyş gradiýentiniň güýçleri düýpli özleşdirilýär. GTD-niň deňlemeleri matematiki-fizikanyň usullary esasynda çözülýär. Bu bolsa “Dinamiki meteorologiýa” dersiniň ýokary fizikanyň degişli bölümlerine esaslanýandygyny görkezýär.

3) Dinamiki meteorologiýa boýunça ilkinji ylmy işler esasan 30-njy we 40-njy

ýyllarda ýazylyp başlandy. Ýöne ol işleriň ýönekeý we örän çäkli bolmagy tebigydyr. Ýokary matematikanyň we fizikanyň nazary bölümleriniň ösmegi bilen atmosfera hadysalaryny beýan etmegiň usullary hem barha kämilleşdi. GTD-niň deňlemeleriniň çözüwlerine esaslanýan çaklama molellerini döretmäge giň mümkinçilikler ýüze çykdy. Dinamiki meteorologiýa boýunça ilkinji okuw kitaplary 50-nji ýyllaryň başlarynda çap edilip başlandy. Geçen ýyllaryň dowamynda atmosfera fizikasynyň bölümleri uly ösüşe eýe boldy. Şoňa görä nazary barlaglaryň usullary hem has kämilleşdi we üýtgedi. Atmosfera hadysalaryny beýan edýän deňlemeleri analitiki derňemegiň adaty usullarynyň ýerine amaly integrirlemegin usullary girizildi. Şonuň esasynda çyzykly däl meseleleri ygtybarly çözmegiň giň mümkinçilikleri döredi. Ylmyň ösüşinde ozal üns berilmedik ýa-da belli bolmadyk täze örän ähmiýetli meseleleriň ýüze çykmagy bu ýerde tebigy zatdyr. Soňky ýyllaryň barlaglaryndan esasan atmosferanyň umumy aýlaw hereketi (sirkulýasiýasy) we amaly howa çaklamalarynyň fiziki esaslary boýunça alnan nazary netijeler uly ähmiýete eýedir. Şeýle hem atmosferadaky serhet gatlaklarynyň meselelerine uly üns berilýär. Planetar serhet gatlagynda bolup geçýän hadysalary hasaba almak häzirki zaman amaly çaklamalarynyň möhüm wezipeleriniň biridir. Halk hojalygynyň köp pudaklarynda howa bilen baglanyşykly meseleler çözülende serhet gatlagynda bolup geçýän hadysalara, hususan hem aşaky gatlaklardaky turbulentlik kadalaryna çuňňur düşünmeklik zerur bolup durýär. Ýer gurşawynda radiasiýanyň ýaýramagy, erkin atmosferadaky bulutlaryň we turbulentligiň nazaryýeti baradaky nazary barlaglar hem dinamiki meteorologiýanyň ösüşinde öz ornuny tutýar. Häzirki zaman nazary barlaglarda hasaplanyş matematikasynyň we EHM-iň mümkinçiliklerine görä meseleleri kadaly goýmak, esasly ýönekeýleşdirme girizmek, hasaplamalaryň netijelerini aýdyňlaşdyrmak esasy ugurlar bolup durýar.

§1. UMUMY DÜŞÜNJELER. DEŇAGRAMLYK DEŇLEMELERI.

1) Atmosfera gazlaryň garyndysy bolmak bilen, üznüksiz bitertip hereketde

ýerleşen örän kiçi ýönekeý jisimleriň ummasyz sanyndan ybarat uly ulgamy emele getirýär. Köp atmosfera hadysalarynyň matematiki beýan edilişinde atmosferany tutuşlaýyn gurşaw hökmünde seredip bolarmy diýen sorag ýüze çykýar. Bu gipotezany peýdalanmak, howa hereketiniň tizligi, onyň temperaturasy, dykyzlygy, basyşy ýaly makroskopiki ululyklara garamaga, hem-de bu ululyklaryň giňişlik we wagt boýunça üýtgemelerini beýan edýän deňlemeleri ýazmaga mümkinçilik berýär.

Uly häsiýetnamalary girizmek üçin, ulgamyň örän kiçi ýönekeý göwrümi boýunça ortalaşdyrmagy amala aşyrmak zerur bolýar. Ýagny bu göwrümiň çyzykly ölçegleri molekulalaryň erkin ulgamy bilen deňeşdirilende örän uly bolup, ($l_o >> l$) seredilýän hadysanyň häsiýetli masştabyna görä bolsa has kiçi bolmalydyr. Ýagny:

$$l << l_o << L; \quad L = \delta / grad\delta$$

Bu ýerde: δ-islendik makroskopik ululykdyr.

Birinji şert molekulýar hereket bilen baglanyşykly gyşarmalary aradan aýyrýar. Ikinji şert berlen göwrümiň çäginde ortalaşdyrylan ululyklaryň üýtgemelerini hasaba almazlyga mümkinçilik berýär.

Umuman $l << l_o$ bolanda $V \sim l_o^3$ göwrümdäki molekulalaryň sany, seredilýän toplum boýunça ortalaşdyrmakda aýratyň molekulalaryň hereketi bilen şertlenen gyşarmalar hasaba alardan az bolar ýaly ululyga eýedir.

Şonuň netijesinde ýylylyk hereketiniň tizliginiň ortaça wektory nula deňdir. Düzgüne görä käbir ýörite wezipeler göz öňünde tutulmasa häsiýetli masştab $L > 1$ *m*. Şoňa görä $Z < 100$ *m*. beýiklikdäki köp hadysalar beýan edilende atmosferany tutuşlaýyn gurşaw hasaplap bolar. $Z>100\ m$. beýikliklerde bu gipoteza ýerine ýetmeýär.

2) Atmosfera hadysalarynyň dinamikasy öwrenilende basyş, temperatura, tizlik meýdanlary we käbir başga häsiýetnamalar uly gyzyklanma döredýär. Bu meýdanlaryň giňişlik we wagt boýunça üýtgemelerini derňemek üçin degişli deňlemeleri ýazmak zerur bolup durýar. Olar üç sany fundamental (düýpli) saklanma kanynlaryna (massanyň, hereket mukdarnyň we energiýanyň) esaslanandyr. Olaryň birinjisi üznüksizlik deňlemesini, ikinjisi hereket deňlemesini, üçünjisi ýylylyk akymynyň deňlemesini ýazmaga mümkinçilik berýär. Bu meselä garap geçeliň.

Dykyzlygy ρ bolan howa massasy hereket edýän bolsun. Bu ýerde α-käbir udel, ýagny massa birligine düşýän skalýar ululyk diýeliň. Onda göwrüm birliginde $\rho\alpha$-ululyga deň bolan substansiýalaryň mukdary bar bolar. Bellenen nokatda wagt birliginde substansiýalaryň üýtgemegi:

$\frac{\partial \rho a}{\partial t}$ -e deňdir. dV-örän kiçi göwrümde, bu ululyk:

$$\frac{\partial \rho a}{\partial t} dV \text{ -e deňdir.}$$

Ähli V göwrümde bolsa:

$$\iiint\limits_{(V)} \frac{\partial \rho a}{\partial t} dV \quad -$$

ululyga deň bolar.

Bu üýtgeme seredilýän göwrümiň üstünden S geçýän substansiýalaryň akymy bilen:

$\Phi\Phi\rho a V_{an} dS$ hem-de göwrümiň içindäki çeşmeler (akymlar) bilen şertlenip biler: $\iiint IdV$

S-göwrümi dartýan üst;

I-çeşmäniň kuwwaty, ýagny göwrüm birliginde wagt birliginde ýüze çykýan
substansiýalaryň mukdary;
$\rho a V_{an}$-üst birliginde geçýän akym;
n-üste geçirilen normal ($\perp$);
Islendik substansiýa üçin umumy deňlik şerti şeýle bolar:

(1)

$$\iiint_V \frac{\partial \rho a}{\partial t} dV = -\Phi_S \Phi \rho a \vartheta_{an} dS + \iiint_V I dV$$

3) Ikileýin integralyň öňünde minus alamatynyň bolmagy akymyň ugry daşky
normal bilen gabat gelende onuň polojitel kabul ediýänligi bilen şertlenendir. Alamatyň şeýle saýlanmagynda polojitel akym seredilýän göwrümden maddanyň gitmegini aňladýar. Bu ýerden $\partial \rho \alpha / dt$ we $\rho a V_{an}$ ululyklaryň dürli alamtaly bolmagy gelip çykýar.

Gauss-Ostrogradskiniň formulasyny peýdalanyp alarys:

$$\iiint_V \left(\frac{\partial \rho a}{\partial t} + div \rho a \vartheta_{an} - I \right) dV = 0 \qquad (2)$$

Eger integral aşagyndaky funksiýa üznüksiz we differensirlenýän bolsa, onda islendik göwrüm üçin differensial deňlemäni ýazyp bolar:

$$\frac{\partial \rho a}{\partial t} = -div \rho a \vartheta_{an} + I \qquad (3)$$

Giňişlikde bellenen birlik göwrümde berlen substansiỳanyň mukdarynyň wagta görä üýtgemegi ol ýerde substansiýa çeşmeleriniň bar bolamgy we olaryň daşky akymlarynyň döremegi bilen şertlenendir.

Bu ýerde akym şeýle aňladylar:

$$\rho a V_{an} = \rho a V + \rho (V_a - V) = j_k - j_D \qquad (4)$$

V-howa hereketiniň orta tizligi

j_k-konwektiw akym

j_d-diffuziýa akymy

Sag tarapdaky birinji goşulyjy ρaV substasiýanyň *a* umumy ortaça akym bilen geçişini aňladýar. Oňa konwektiw j_k akym diýilýär. Ilkinji goşulyjy $\rho a(V_a-V)$ substansiýanyň *a* ýaỳramagynyň orta tizliginiň umumy tizlikden tapawutlanmagy bilen şertlenen garyşma (diffuziýa) akymyny j_d aňladýar. Bu akym umumy tizlik bilen seredilýän *a* substansiýanyň giňişlikde deňölçegsiz ýaýramagy bilen ýüze çykýar. Ol öz manysy boýunça *a* substansiýanyň giňişlik deňölçegsizligini häsiýetlendirýän ululyklar bilen baglanyşykly bolmalydyr.

(4) deňlemäni (3)-de ýerine goýup alarys:

$$\frac{\partial \rho a}{\partial t} = -div\rho aV - div\rho a(V_a - V) + I \qquad (4a)$$

Bu *a* substansiýanyň diwergent görnüşdäki balans (deňlik) deňlemesidir. Ony başgaça hem ýazyp bolar:

$$\frac{\partial \rho a}{\partial t} = -(Vgrad\rho a) - \rho adivV - divj_D + I \qquad (4b)$$

Bu ýerden hususy önüm:

$$\frac{\partial \rho a}{\partial t} = -\rho adivV - divj_D + I \qquad (4c)$$

Soňky deňlemeler alnanda şu aňlatmalar:

$div\rho aV=(Vgrad\rho a)+\rho adivV$

$div\rho a(V_a-V)=divI_D$

$\frac{\partial \rho a}{\partial t} + \frac{\partial \rho a}{\partial t} + (Vgrad\rho a)$ göz öňünde tutuldy.

§2. ESASY DEŇLEMELERIŇ GETIRILIP ÇYKARYLYŞY.

1) Howa dürli gazlaryň garyndysydyr. Goý ρ_i - i-nji gazyň dykyzlygy bolsun.

$$C_i = \frac{\rho_i}{\rho}$$ -ol gazyň massa düzümi (konsentrasiýasy) diýeliň.

Bu ýerde:

$$\sum_{i=1}^{k} \rho_i = \rho \text{ bolany üçin } \sum_{i=1}^{k} C_i = 1.$$

k- howanyň gaz düzümjikleriniň sanydyr.

$\alpha \equiv C_i$ diýip, (4a) deňlemeden alarys:

$$\frac{\partial \rho C_i}{\partial t} = -div\rho V C_i - div I_D + I_i \qquad (5)$$

Bu howanyň i-nji düzüjisiniň deňlik (balans) deňlemesidir.

Berlen düzüjiniň birlik göwrümdäki üýtgemegi (düzüminiň) bu

göwrüme massa akymynyň we ondaky çeşmeleriň bar bolmagy bilen

şertlenendir.

Haçanda howa düzüjileri barada gürrüň edilende içki çeşmeler (akymlar) suwuň faza geçişleri, himiki reýaksiýalar we ionlaşma hadysalary bilen şertlenip bilerler.(5) deňleme olardan başga hem atmosfera dürli çeşmelerden gelýän garyndylaryň (senagat zyňyndylar, partlaýyşlar, tebigy radioaktiwlik we ş.m.) düzüminiň üýtgemegini ýazyp beýan edýär. (5) deňlemäni ähli i gazlar üçin jemläp massa deňliginiň (galansynyň) deňlemesini alarys.

Bu ýerde garyndylaryň doly massasynyň hemişelikdigini, ýagny:

$$\sum_{i=1}^{k} C_i = \sum_{i=1}^{k} \frac{\rho_i}{\rho} = 1$$

$$\sum_{i=1}^{k} I_i = 0 \qquad \text{we}$$

$$V = \sum_{i=1}^{k} \rho_i V_i \Big/ \sum_{i=1}^{k} \rho_i = \sum_{i=1}^{k} \rho_i V_i / \rho$$

bolýandygyny göz öňüňde tutup, massanyň saklanma kanynyny aňladýan üznüksizlik deňlemesini alarys. Ýagny:

(6)

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} - div \rho V$$

Başgaça:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho div V = 0$$

Eger-de howa gysylmaýan bolsa:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \qquad \text{we} \qquad divV=0$$

Göniburçly dekart koordinatalar ulgamynda:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\frac{\partial \rho \vartheta_j}{\partial x_j}; \qquad \frac{\partial \rho}{\partial t} + \vartheta_j \frac{\partial \rho}{\partial x_j} + \rho \frac{\partial \vartheta_j}{\partial x_j} = 0$$

(7)

2) Tutuş gurşawyň hereket deňlemesi aşakdaky görnüşe eýedir:

$$(8) \qquad \rho \frac{d\vartheta_i}{dt} = -\frac{\partial \Re_{ji}}{\partial x_i} + \rho F_i$$

(i=1,2,3,…)

$\Re_{ji}$ -naprijeniýe tenzorynyň düzüjisi (dartgynlylyk wektorynyň)

F_i-birlik massa düşýän daşky güýjiň *i*-nji düzüjisi.

Bu ýerde hereket deňlemesini impulsuň deňlik deňlemesi görnüşinde ýazyp bolar:

ρ

$$\frac{d\upsilon_i}{dt} = \frac{d\rho\upsilon_i}{dt} - \upsilon_i \frac{d\rho}{dt} = \frac{d\rho\upsilon_i}{dt} + \upsilon_i \rho \frac{\partial \upsilon_i}{\partial x_j} = \frac{\partial \rho\upsilon_i}{\partial t} + \upsilon_j \frac{\partial \rho\upsilon_i}{\partial x_j} + \upsilon_i \rho \frac{\partial \upsilon_i}{\partial x_j} - \upsilon_j \rho \frac{\partial \upsilon_i}{\partial x_j}$$

(9)

$$\frac{\partial \rho\upsilon_i}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\rho\upsilon_i\upsilon_j + \Im_{i.j}\right) + \rho F_i \quad (10)$$

Bu deňleme gurluşy boýunça deňligiň umumy deňlemesi bilen gabat gelýär. Deňlemäniň çep böleginde birlik göwrümiň impulsynyň wagt birliginde üýtgemesi durýar. Sag tarapda $\rho\vartheta_i\vartheta_j + \Re_{ji}$-impulsuň doly akymy ýerleşýär. ρF_i-impulsuň *i*-nji düzüjisiniň çeşmesi.

Gidrtomehanikadan belli bolşy ỳaly dartgynlylyk (naprizeniỳe) tenzory gidrostatiki basyş bilen şepbeşiklik naprizeniỳesiniñ jemine deñ bolup durỳar. Ỳagny

$$\Re_{i.j} = p\delta_{i,j} + \Pi_{i,j}$$

Bu ỳerde $\Pi_{i,j}$ tizlik meỳdanlarynyñ birhilli dälligi bilen baglydyr we tizlikleriñ koordinatalar boỳunça önümleri arkaly añladylỳar.

$$\Pi_{i,j} = \mu\left(\frac{\partial \upsilon_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \upsilon_j}{\partial x_i}\right)$$

μ -dinamiki şepbeşiklik koefisienti

Indi (10) deñlemäni şeỳle görnüşde ỳazyp bolar:

$$\frac{\partial \rho \upsilon_j}{\partial t} = -\left[\rho \upsilon_i \upsilon_j + \rho \delta_{i.j} + \mu \left(\frac{\partial \upsilon_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \upsilon_j}{\partial x_j}\right)\right] - g \cdot \rho \cdot \delta_{3j} - 2\rho(\omega_i \upsilon_k - \omega_k \upsilon_i)$$

Bu ỳerde i,j,k indeksler koriolis güỳjiniñ düzijileri üçin 1,2,3 sanlaryñ aỳlaw boỳunça ỳeriniñ çalşyrylmagyny añladỳar.

Soñky (11) deñlemede hususy önümiñ bahasyny girizip käbir üỳtgetmelerden soñ hereket deñlemesini Nawỳe-Stoksyñ görnüşinde alarys:

$$\frac{\partial \upsilon_i}{\partial t} = \frac{1}{\rho}\frac{\partial \rho}{\partial x_i}\delta_{i.j} + \frac{2}{3}\frac{\mu}{\rho}\frac{\partial^2 \upsilon_i}{\partial x_i \partial x_j} + \frac{\mu}{\rho}\frac{\partial^2 \upsilon_i}{\partial x_i \partial x_j} -$$

$$g \cdot \rho \cdot \delta_{3j} - 2\rho(\omega_j \upsilon_k - \omega_k \upsilon_j)$$

Adaty şertlerde $\frac{2}{3}\frac{\mu}{\rho}\frac{\partial^2 \upsilon_i}{\partial x_i \partial x_j}$ agzany howanyñ gysylmaỳanlygy hasaba alyp(diw V=0) aradan aỳyryp bolar.

Şeýlelikde suwuklygyň galtaşýan göwrümleriniň molekulýar özara täsiri bilen gös-göni baglanyşykly bolmadyk daşky güýçleri impulsuň çeşmeleri hökmünde kabul edip bolar. Bu güýçlere agyrlyk güýçleri degişlidir.

4) Merkezden daşlaşýan we koriolis güýjiniň döremegi meteorologiýada has köp ulanylýan koordinatalar ulgamy Ýer üsti bilen berk baglanyşyklydyr. Ýeriň aýlanmasy sebäpli ol inersiýal ulgam däldir. Şonuň üçin hem howa bölejikleriniň Ýer üstine görä hereketi diňe agyrlyk güýjine däl-de inersiýa güýçlerine hem baglydyr. Fm.g-merkezden daşlaşýan güýç howanyň äkidilme tizligi bilen baglydyr. Koriolis güýji bolsa Ýeriň gozganmaýan ýyldyzlara görä süýşmesiniň we bölejikleriň göräleýin (otnositel) hereketiniň jemleýji tizlenmesi bilen şertlenendir (jemleýji effekti).

Nýutonyñ kanunyna laýyklykda m1 we m2 massaly iki jisim biri-birine şeýle güýç bilen dartylýarlar (Bütin dünýä dartylma kanuny):

$$\vec{F}_d = -\gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2 |\vec{R}|} \vec{R}$$

$\gamma -$dartylma himişeligi,

$R = |R|$ -massa merkezleriniň arasyndaky uzaklyk

Birlik massaly howa bölejigine (m_1=1) ýer tarapyndan (m_2=M) şeýle güýç täsir edýär:

$$\vec{F}_d = \vec{g} = -\gamma \frac{M}{R^2 |\vec{R}|} \vec{R}$$

R---Ýeriň merkezi bilen serdilýäniň arasyndaky uzaklyk

Birlik massa täsir edýän merkezden daşlaşýan güýç:

$\vec{F}_{m.d.} \equiv \vec{g}_{m.d.} = \omega^2 \cdot \vec{r} \equiv \omega^2 r = \omega^2 R \cos\varphi$

ω -Ýer aýlanmasynyň burç tizligi;

-r-Ýer okuna perpendikulýar bolup seredilýän bölejigiň merkezine ugrugan radius wektor.

§3.SAKLANMA KANUNLARY

1) Energiýanyň saklanma kanunyna görä ulgamyň doly energiýasynyň

üýtgemegi diňe onuň serhetden geçýän akymy bilen baglanyşykly bolup biler. Şoňa görä doly udel energiýa üçin deňlik deňlemesi şeýle görnüşde ýazylyp bilner:

$$\frac{\partial \rho E}{\partial t} = -div V(\rho V E + j_E);$$

$$\rho \frac{dE}{dt} = -div J_E$$

Atmosfera dinamikasynda energiýanyň aşakdaky bäş görnüşleri esasy rol oýnaýar. E_k-kinetiki, E_p-potensial, E_i-içki, $E_ş$-şöhle, E_f-faza öwrülşiginiň energiýasy. Onda:

$$\rho \frac{d}{d\tau}\left(E_\kappa + E_p + E_s + E_i + E_f\right) = div\left(j_{E_k} + j_{E_s} + j_{E_i} + j_{E_f}\right)$$

$E_ş$-üçin j_k we j_d bolup bilmeýär. Sebäbi elektromagnit energiýasy konweksiýa we diffuziýa arkaly geçirilmeýär. Içki energiýanyň deňlik deňmelesini şeýle görnüşde ýazyp bolar.

$$\frac{dE_i}{dt} = \frac{dQ}{dt} - \rho \frac{dV}{dt}$$ Bu termodinamikanyň I başlangyjydyr.

Mehanuki energiýanyň balans deňlemesini almak üçin (12) deňlemäniň iki tarapyny hem υ_j ululyga köpeldip ähli düzüjiler boýunça jemläliň.

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\vartheta^2}{2}\right) = -\frac{1}{\rho}\left(\vartheta_i \frac{\partial \rho}{\partial x_i}\right) + \frac{\mu}{\rho}\vartheta_i \frac{\partial^2 \vartheta_i}{\partial x_j \partial x_j} - g\vartheta_3$$

Alnan deňlemäniň sag tarapynda önümiň alamatynyň aşagyna tizligi girizeliň we iki tarapyny hem --- köpeldip ------- bolyandygyny göz öňüne tutup (13) deňlemäni şeýle ýazarys:

$$\rho \frac{d}{dt}\left(E_K + E_\eta\right) = -\frac{\partial}{\partial x_j}\left(p\vartheta_j - \mu\vartheta_i \frac{\partial \vartheta_i}{\partial x_j}\right) + p\frac{\partial \vartheta_i}{\partial x_i} - diss = -diw\left(j_{E_K} +\right.$$

bu yerde

$$diss = \frac{\mu}{2}\sum_{i=1}^{3}\sum_{i=1}^{3}\left(\frac{\partial \vartheta_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \vartheta_j}{\partial x_i}\right)$$

Şöhle we faza öwrülşikleriniň energiýalarynyň balans deňlemelerini, ýazgynyň umumy görnüşine görä

$$\rho \frac{dE_s}{dt} = I_s \text{ we } \rho \frac{dE_f}{dt} = -diwj_{E_f} + I_f$$

bolýandygyny göz öňünde tutup şeýle görnüşde ýazyp bileris:

$$\frac{dE_i}{dt} = -\frac{1}{\rho}\left(diwj_{E_i} + I_s + I_f - pdiwV + diss\right)$$

(13a) deňlemeden (14a)-(15a) deňlemeleri aýryp we netijeleri--- bölüp alarys:

$$\frac{dQ}{dt} = -\frac{1}{\rho}\left(diwj_{E_i} + I_s + I_f\right)$$

Sag tarapdaky üç goşulujy, ýagny skopkadaky ululyklar içki energiýanyň, onuň
garyşmagy şeýle hem şöhle we faza akymlary sebäpli üýtgemegidir. Soňky ululyk hysylmagyň we giňelmegiň netijesinde içki enegiýanyň başga görnüşe öwrülmegini aňladýar. Üznüksizlik deňlemesinden şeýle deňlik gelip çykýar

$$\frac{diwV}{\rho} = -\frac{1}{\rho^2}\frac{d\rho}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{\rho}\right) = \frac{dV_u}{dt}$$

Şeýle hem

$$-\frac{P}{\rho} diwV = -P\frac{dV_u}{dt}$$

ululyk sürtilme sebäpli mehaniki energiýanyň içki energiýa öwrülmegini aňladýar. Onuň goşandy örän az we hasaba alynmaýar.

Howanyň düzümine girýän gazlaryň häsiýetleri ýeterlik takyklykda ideal gaz kanunlary bilen beýan edilip biliner. Howanyň özüni bolsa ideal gazlaryň garyndysy hökmünde hasaplap bolar. Bu netijeler tejribe ýoly bilen tassyklandy. Howanyň termodinamiki haly esasan üç sany ululyk bilen birbahaly kesgitlenip biliner. Olar howanyň basyşy P, temperaturasy T we dykyzlygydyr---. Bu ululyklar özara şeýle baglanşyklydyr.

P=p(ρ,T) bu gatnaşyga hal deňlemesi diýilýär.

Bu gatnaşygyň anyk görnüşi gazlaryň kinetiki nazaryýetiniň esasynda ýa-da Boýl-Mariottyň we Geý-Lýussagyň tejribe kanunlary esasynda kesgitlenip biliner. Bu kanunlaryň birinjisi şeýle aňladylýar: Temperatura hemişelik bolanda basyşyň udel göwrüme bolan köpeltmek hasyly üýtgemeýär. Ýagny:

$$\frac{P}{\rho} = \frac{P_0}{\rho_0} \qquad \text{ỳa-da} \qquad \frac{PV}{m} = \frac{P_0 V_0}{m} \qquad PV=P_0\, V_0$$

Geý=lýussagyň kanuny basyş bilen göwrümi baglanşdyrýar. Olaryň hemişelik göwrümde belli gaz massasy üçin gatnaşyklary üýtgemeýär, ýagny

$$\frac{P}{T} = \frac{P_0}{T_0} = const$$

Bu kanunlar molekulalaryň özara täsiri örän kiçi we molekulanyň hususy göwrümi uly bolmadyk hakyky gazlar üçin hem adalatlydyr. Eger howa doýgun bolmasa bu gatnaşyklaryň ýeterlik takyklykda ýerine ýetýändigini tejribeler görkezýär.

P=p(ρ,T) baglanşygyň aýdyň görnüşini näbelli onuň hususy önümleri boýunça kesgitlemek usuly bilen alyp bolar. Bu gatnaşygy differensirläp alarys: ỳagny

$$\partial P = \left(\frac{\partial p}{\partial \rho} \right)_T \partial \rho + \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_\rho \partial T$$

$$(18a) - we - (18b) - esasynda - alarys$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial \rho} \right)_T = \frac{P_0}{\rho_0} = \frac{P}{\rho} - - - - \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_\rho = \frac{P_0}{T_0} = \frac{P}{T}$$

$$(19a) - ny - (19b) - de - goyup$$

$$\partial P = \frac{P}{\rho} \partial \rho + \frac{P}{T} \partial T$$

Soňky deňlemäni integrirläp alarys $\frac{P}{\rho T} = \frac{P_0}{\rho_0 T_0} = R$

R ululyga gaz hemişeligi diýilýär.
R-i Awagadronyň kanuny esasynda ýeňil kesgitläp bolýar. Ýagny adaty şertlerde (normal) islendik gazyň bir gramm-molekulasy V=22414sm^3 göwrümi tutýar. Onda bir gramm-molekula üçin

$$\frac{P_0}{\rho_0 T_0} = R = \frac{P_0 \mu}{\rho_0 T_0} \frac{1}{\mu} = \frac{P_0 V_0}{T_0} \cdot \frac{1}{\mu} = \frac{R^*}{\mu}$$

M -gazlaryň otnossitel (göräleýin) molekulýar massasy. Onda:

P=$\frac{R^* \rho T}{\mu}$ $\qquad R^* = \frac{P_0 V_0}{T_0}$

Daltonuň kanunyna görä gaz garyndylarynyň umumy basyşy bu gazlaryň aýratyn basyşlarynyň jemine deňdir. Ýagny garyndy n gazdan ybarat bolsa:

P= $\sum_{i=1}^{n} P_i$ P$_i$= $\frac{R}{\mu_i}\rho_i T$ $\rho_i = \frac{m_i}{V} = \frac{m\rho}{M}$

M-garyndynyň massasy, m_i- aỳratyn düzüjiniň massasy. onda:

$$P = R^*\rho T\left(\frac{m_i}{M}\frac{1}{\mu_1} + \frac{m_2}{M}\frac{1}{\mu_2} + \ldots\ldots + \frac{m_n}{M}\frac{1}{\mu_n}\right)$$

Gury howa üçin gaz hemişeligi
Onda gury howanyň hol deňlemesi:

$$R= R^*\left(\frac{m_i}{M}\frac{1}{\mu_1} + \frac{m_2}{M}\frac{1}{\mu_2} + \ldots\ldots + \frac{m_n}{M}\frac{1}{\mu_n}\right)$$

Bolsa,onda gury howanyñ hal deñlemesi

$$P=R_g{}^{\cdot}\,\rho T$$

Şeýlelikde atmosfera mehanikasynyň umumy düzgünlerini saklanmanyň üç kanuny görnüşinde ýazyp bolar. Ýagny massanyň hereket mukdarynyň we energiýanyň saklanma kanunlary bäş sany skolýar deňlemeler görnüşinde beýan edilip biliner. Ulgamy jemleýän altynjy deňleme bolup gaz halynyň deňlemesi hyzmat edýär. Görkezilen deňlemeler ulgamyny ýazalyň:

$$\frac{\partial\rho}{\partial t}+\vartheta_j\frac{\partial\rho}{\partial x_j}+\rho\frac{\partial\vartheta_j}{\partial x_j}=0$$

$$\frac{\partial\upsilon_i}{\partial t}+\upsilon_i\frac{\partial\upsilon_i}{\partial x_j}=\frac{1}{\rho}\frac{\partial\rho}{\partial x_i}\delta_{i.j}+\frac{2}{3}\frac{\mu}{\rho}\frac{\partial^2\upsilon_i}{\partial x_i\partial x_j}+\frac{\mu}{\rho}\frac{\partial^2\upsilon_i}{\partial x_i\partial x_j}-$$
$$g\cdot\rho\cdot\delta_{3j}-2\rho\left(\omega_j\upsilon_k-\omega_k\upsilon_j\right)$$

$$\frac{dE_i}{dt}+\upsilon_j\frac{\partial E_i}{\partial x_j}=\frac{dQ}{dt}-\rho\frac{dV}{dt}$$

§4. ÝYLYLYGYŇ ŞÖHLELEÝIN AKYMLARY.

1) Termodinamiki hadysalaryň beýan edilişi köp babatda ýylylyk

akymlarynyň deňlemelerine esaslanýar. Atmosferada esasy ýylylyk çeşmeleriniň biri hem radiasiỳanyň siňdirilmegi we şöhlelenmegi zerarly döreýän şöhle ýylylyk akymlarydyr. Gowy belli bolşy ýaly ähli atmosfera hereketleriniň ilkinji sebäbi Gün radiasiýasy we onuň Ýer şarynyň üstüne giňşlik hem wagt boýunça deňölçegsiz gelip düşmegidir.

Bütinleý alanyňda Ýer we atmosfera özleri dünýä giňişligine näçe energiýa şöhlelendirýän bolsa Günden hem şonça energiýa alýarlar Sebäbi Ýer şarynda köpýyllyk ortaça temperatura üýtgemän galýar. Şöhle ýylylyk çälşygynyň hadysalary Ýer planetasynyň deňagramly ýylylyk balansyny üpjün edýär. Ondan başga hem şöhle ýylylyk çalşygy atmosfera hadysalarynda energiýanyň içki paýlanyş mehanizmi hökmünde möhüm rol oýnaýar. Atmosferada ýaýraýan radiasiýanyň esasyçeşmeleri bolup, Gün, Ýer üsti, bulutlar we atmosfaranyň özi hyzmat edýär. Energetiki nukdaý nazardan radiasiýanyň atmosferada siňdirilmegi we şöhlelendirilmegi üçin kömürturşy gazy, ozon aýratyn hem suw bugy uly rol oýnaýar.

2) Siňdiriji, şöhlelendiriji we ýaýradyjy gurşawda hereket edýän şölelenmäniň intensiwliginiň (güýjiniň) üýtgemesi radiasiýanyň geçiş deňlemesi bilen beýan edilýär. Olar siňdirilmegiň şöhlelenmegiň we ýaýramagyň esasy kanunlarynyň kömegi bilen ýazylýarlar. Bu deňlemeleri tekiz parallel atmosfera üçin alalyň. Ýagny tekiz, gorizontal bir hilli we gorizontal boýunça tükeniksiz uzalan atmosfera gatlary üçin ýazalyň θ-zenit burçy we ψ-azimut bilen häsiýetlendirilýän ugurda ýaỳraỳan monohromatik radiasiýanyň intensiwliginiň üýtgeýşine seredeliň. Eger θ-burç ýiti bolsa radiasiýa aşakdan ýokary ýaỳraýar we beýgelýän radiasiýa diýilýär. Onuň intensiwligini $j(\theta,\psi)$ bilen belläliň. z-den $z+dz$-e çenli tekiz gatlagy geçende radiasiýanyň intensiwligi

$dS=\dfrac{dz}{\cos\theta}$ ýolda aşakdaky

ululyga üýtgeýär:

$$dj_\lambda^{\uparrow}(\theta,\Psi,z)=-\frac{a_\lambda(z)\rho_n(z)dz}{\cos\theta}j_\lambda^{\uparrow}(\theta,\psi,z)-\frac{\delta_\lambda(z)\rho_p(z)dz}{\cos\theta}j_\lambda^{\uparrow}(\theta,\psi,z)+$$
$$+\frac{a_\lambda(z)\mathcal{E}_\lambda(z)\rho_n(z)dz}{\cos\theta}+\frac{\tau_\lambda(z)\rho_p(z)dz}{\cos\theta}\int_0^{2\pi}d\varphi'\int_0^{\pi}\aleph(\theta,\psi,\theta',\psi')j_\lambda(\theta',\psi',z)\sin\theta' d\theta'$$

$a_\lambda(z)$-bu ÿerde siňdirme koeffisienti.

Lambert-Bigäniň kanunyna görä bu aňlatmanyň 1-nji we 2-nji agzalary seredilýän gatlakda siňdirilmäniň we dargamanyň netijesinde radiasiýanyň gowşamagyny aňladýar (ýazýar). $\rho_n(z)$ we $\rho_p(z)$ siňdirýän we dargamanyň netijesinde radiasiýanyň şöhlelenmegini beýan edýär.

Haçanda lokal termodinamiki deňagramlylyk we Hirhgoffyň kanyny adalatly bolanda çeşmäniň funksiýasy absolýut gaza jisimiň şöhlelenme intensiwligine deňdir:

$$\varepsilon_\lambda(z) = I_\lambda\left[T(z)\right]$$

Deňlemäniň soňky agzasy radiasiýanyň ýeke bir üýtgeme mehanizmini hasaba alýar. Ýagny ähli başga ugurlardan (θ^I,ψ^I), $\theta^I(0,\pi)$, $\psi^I(0,2\pi)$ gelýän şöhleleriň θ, ψ ugurda ýaýramagy netijesinde radiasiỳanyň güýçlenmegini ýazýar.

3) Uzyn tolkunly radiasiýanyň geçişinde ýaýramagy hasaba almalaryň hem-de

lokal termodinamiki deňagramlylyk şerti ýerine ýetỳär diýip kabul edýäris. Onda deňleme şeýle bolar:

$$\frac{dj_\lambda^\uparrow}{dz} = -\frac{\rho_n a_\lambda}{\cos\theta}\left(j_\lambda^\uparrow - I_\lambda\right)$$

$$\frac{dj_\lambda^\downarrow}{dz} = \frac{\rho_n a_\lambda}{\cos\theta}\left(j_\lambda^\downarrow - j_\lambda\right)$$

Siňdirilme gatlagyň geometrik ölçeglerine däl-de siňdirýän maddanyň mukdaryna baglydyr. $\rho_n dz = dm$ diýip täze üýtgeýjini girizeris:

$m = \int_0^z \rho_n dz$ -siňdiriji massa, ýagny ýer üstünden z^I derejä

çenli uzalan birlik

kesimli howa sütünindäki siňdiriji maddalaryň mukdary.

Eger siňdirme koeffisentiniň basyşa temperatura derejeli baglanyşygyny ykrar etsek, ýagny:

$$a_\lambda = a_{\lambda_0}\left(\frac{P}{P_0}\right)^n\left(\frac{\theta}{\theta_0}\right)^l$$

onda basyşa wa temperatura bilen düzedişleri siňdirme koefisentine däl-de siňdiriji massa degişli etmek amatly bolar. Ýagny effektiw massa diýen ululygy girizýäris:

$$m_{eff} = \int_0^z \left(\frac{P}{P_0}\right)^n\left(\frac{\theta}{\theta_0}\right)^l \rho_n dz$$

onda geçiş deňlemesindäki $a_{\lambda_0} = a_\lambda(P_0\theta_0)$ koefisentler beýiligi, diýmek *m*-e bagly bolmaz. Gutarnykly ýagdaýda alarys:

$$\frac{dj_\lambda^\uparrow}{dm} = -\frac{a_{\lambda_0}}{\cos\theta}\left(j_\lambda^\uparrow - I_\lambda\right);$$

$$\frac{dj_\lambda^\downarrow}{dm} = \frac{a_{\lambda_0}}{\cos\theta}\left(j_\lambda^\downarrow - j_\lambda\right)$$

4) Şöhlelenmeýän atmosfera üçin (*) deňlemede I_λ ululygy aýryp soňra massa görä deňlemäni integrirläp (jemläp) alarys:

$j_\lambda^\uparrow(m) = Ce^{-\frac{a_{\lambda 0} m}{\cos\theta}}$ *c*-ululygy Ýer üstündäki gura şertlerden kesgitläp bileris:

$C=I_\lambda(T_3)$ onda: $j_\lambda^\uparrow(m) = I_\lambda(T_3)e^{-\frac{a_{\lambda 0} m}{\cos\theta}}$

Gowşadyjy maddanyň gatlagynda geçen radiasiýanyň mukdarynyň bu maddanyň serhedine düşýän radiasiýanyň mukdaryna bolan gatnaşygyna goýberiş funksiýasy diýilýär. Berlen ýagdaýda biz monohromatik ýa-da spektral intensiwlik üçin goýberiş funksiýasyna eýe bolarys.

Ýagny:

$$\Re_{\lambda\theta}(m) = \frac{j_\lambda^\uparrow(m)}{j_\lambda^\uparrow(o)} = e^{-\frac{a_{\lambda 0} m}{\cos\theta}}$$

Radiasiýanyň integral akymy üçin boýberiş funksiýasy ýa-da goýberişiň integral funksiýasy:

$$\Re(m) = \int_0^\infty \frac{F_{\lambda gj}(T_3)}{F_{gj}(T_3)} \Re_\lambda(m)d\lambda$$

§5. BITERTIP HEREKETLI ATMOSFERA ÜÇIN GIDROTERMODINAMIKANYŇ DEŇLEMELERI WE OLARYŇ ÝÖNEKEÝLEŞDIRILIŞI.

1) Endigan we bitertip tizlikili akymlar häsiýetleri boýunça düýpden tapawutlanýan we kesgitli şertlerde biri-birine öwrülýän hereketiň iki görnüşidir. Bitertip hereketde akymyň suwuklyk ýa-da gaz bilen gurşalan jisime täsiri endigan ýagdaýa garanyňda has uludyr. Şeýle hem bitertip akymlarda ýylylygyň we garyndylaryň garyşmagy has güýçli we çalt bolup geçýär. Akymda üýtgeýän tizligiň döremeginiň düýp sebäbini aýdyňlaşdyrmak bitertip hereketin tebigatyna düşünmäge hemaýat etmelidir. Bu meseläniň öwrenilmegi atmosfera fizikasy üçin örän möhümdir.

Bitertipligiň akymda döremek şerti iňlis fizigi Reýnolds tarapyndan 1883-nji ýylda kesgitlenildi. Ol tegelek aýna turbajyklarda suwuklygyň hereketini öwrenipdir. Netijede endigan hereketiň, haçanda käbir ölçeg birliksiz ululygyň, $R_e=UL/V$-sanyň belli bahadan (kritiki) geçende bitertip ýagdaýa öwrülýändigi ýüze çykaryldy. Bu R_e sana Reýnoldsyň ady dakyldy. U we L degişlilikde tizligiň hem-de uzynlygyň häsiýetli ululyklary (masştablary). V-kinematiki (hereket) şepbeşikligi aňladýar. Re san akymyň dinamikasynda inersiýa we molekulýar şepbeşiklik güýçleriniň görälýin ähmiýetini häsiýetlendirýär:

$$\frac{\vartheta \frac{d\vartheta}{dS}}{\nu \frac{d^2\vartheta}{dS^2}} \sim \frac{u^2/L}{\nu \frac{u}{L^2}} \sim \frac{uL}{\nu} = R_e$$

Bu şertler *Habýe-Stoksuň* deňlemesinde degişli abzalara tertibe görä baha berlende ýüze çykýar (ululygyna görä).

Inersiýa güýçleri hereket mukdarynyň giňişlikde akidilmegine hemaýat etmek bilen akymda endigansyzlygyň döremegine getirýär. Şepbeşiklik güýçleri bolsa tersine doreýän birlikli däl gatlaklary düzleýär.

Kiçi R_e sanlarynda haçanda şepbeşiklik güýçleri, inersiýa güýçleriniň täsirinde döreýän bitertipligi ýuwdup ýetişýän bolsa akym endigan bolup biler. Uly R_e sanlarynda, haçanda inersiýa güýçleri artykmaçlyk edende, akymda has uly tertipsizlikler döreýär we akymyň häsiýetnamalary kadasyz üýtgemelere sezewar bolýar. Hereket bitertiplige eýe bolýar.

Bitertipligiň döremek meselesine nazary taýdan çemeleşmek aşakdaky nukdaý nazardan esaslanýar. Durnuklaşan endigan akym gidrodinamiki deňlemeleriň adaty çözgütleri bilen berlen şertlerde beýan edilýär. Şeýle çözgütler düzgün boýunça Reýnoldsyň islendik sanynda bolmalydyr diýip hasaplap bolar. Şol bir wagtda gözegçiliklerden belli bolşy ýaly endigan (laminar) akym diňe $R_e<R_{ekp}$ bahada orun tutýar. Munuň özi, hakyky hereketlere degişli çözgütler, diňe bir gidrodinamikanyň deňlemelerini kanagatlandyrman eýsem durnukly hem bolmalydyr diýmäge esas berýär. Hereketiň endigan bolmagy üçin akymda döreýän oýandyrylmalaryň wagt geçmegi bilen togtamagy zerurdyr. Eger-de akymda gümansyz döreýän, mümkin bolan kiçi oýandyrylma hem wagt boýunça artýan bolsa, bu başlangyç hereketiň düýpli üýtgemegine getirer. Hereket bu halda durnuksyz bolar. Bitertip hereketiň $R_e>R_{ekp}$ bahada ýüze çykýanlygy üçin Rekp sanyň durnuklylygy ýitirmekligiň şertlerini häsiýetlendirýändigi aýdyň bolýar. Şol sebäpden bitertipligi nazary taýdan öwrenmeklik, gidrodinamikanyň deňlemeleriniň çözgütleriniň durnuklylygy hakyndaky meseläniň matematiki barlagyna we çözülmegine syrygýar.

2)Ýokarda görkezilişi ýaly, GTD-nyň doly deňlemeler ulgamyna girýän ähli deňlemeler, degişli substansiýalar üçin deňlik (balans) deňlemeleriniň görnüşine eýedir. Ol ýerde alnan umumy aňlatmalary ýazalyň we olara degişlilikde ortalaşdyrmagy ýerine ýetireliň. Onda Reýnoldsyň ideýasyndan ugur alalyň. Başlangyç gatnaşyk şeýle görnüşde ýazylýar:

$$\frac{\partial \rho a}{\partial t} = -\frac{\partial \rho \vartheta_j a}{\partial x_j} - \frac{\partial j_j}{\partial x_j} + I \qquad (1)$$

Bu deňlemä girýän ähli ululyklary ortara we pulsasiýa düzüjileriň jemi hökmünde aňladalyň. Onda atmosfera hereketleri dügün boýunça gysylmaýar diýip hasaplap bolar. Ýagny dykyzlygyň üýtgemesini (pulsasiýasyny) hasaba alman ($\rho = \overline{\rho}$) şeýle ýazyp bolar:

$$\frac{\partial\left[\overline{p}(\overline{a}+a')\right]}{dt} = -\frac{\partial\left[p(\vartheta_j+\vartheta_j')(\overline{a}+a')\right]}{\partial x_j} - \frac{\partial(\bar{j}_{D_j}+j'_{D_j})}{\partial x_j} + I + I'$$

Bu gatnaşykda ortalaşdyrmagy ýerine ýetireliň:

$$\frac{\partial\overline{\rho a}}{\partial t} = -\frac{\partial\overline{\rho a}\,\overline{\vartheta}_j}{\partial x_j} - \frac{\partial\overline{\rho a}\,\overline{\vartheta}_j}{\partial x_j} - \frac{\partial\bar{j}_{D_j}}{\partial x_j} - \frac{\partial j'_{D_j}}{\partial x_j} + \bar{I} + \bar{I}'_{\downarrow}$$

Deňlemede bitertip tizlik üýtgemeleri bilen baglanyşykly goşmaça agzalar ýüze çykdy. Bu ýerde aşagy çyzylan agzalaryň ilkinjisi bitertip tüweleýler arkaly şertlenen häsiýetleriň akymyny beýan edýär (sag tarapda). Onuň ýüze çykmagy normal taýdan konwektiw geçişi şertlendirýän çyzykly däl agzalary ortalaşdyrmak bilen baglydyr. Ikinji we üçünji çyzylan agzalar, molekulýar akymyň bitertip yrgyldysyny (2-nji) we çeşmäniň üýtgemesini beýan edýär. Bu ýerde çeşme üçin ýokarda ykrar edilen düzgünleriň (ortalaşdyrmak üçin) ählisi adalatly hasaplalyň, ýagny $I^I=0$.

Mundan başga hem aýratyn tüweleýleriň hereketiniň hasabyna ýüze çykýan bitertip geçişiň ululygy we çaltlygy molekulýar geşiň intensiwliginde birnäçe tertip ýokarydyr. Molekulýar geçişde endigan akymdaky ähli häsiýetleriň alyş-çalyşygy bolup geçýär. Aýdylanlara görä:

$$\frac{\partial J_{D,i}}{\partial x_j}\, we\, \frac{\partial \overline{J}_{D,i}}{\partial x_j}$$

ululyklary $\dfrac{\partial \overline{\rho a \upsilon_j}}{\partial x_j}$ we $\dfrac{\partial \rho \overline{a' \upsilon'_j}}{\partial x_j}$

ululyklar bilen deňeşdireniňde hasaba alman bolar. Onda ýokarky deňlemäni degişlilikde has ýönekeý görnüşde ýazyp bolar:

$$\frac{\partial \overline{\rho} \cdot \overline{a}}{\partial t} = \frac{\partial \overline{\rho} \overline{a} \, \overline{\upsilon}_j}{\partial x_j} - \frac{\partial \overline{\rho} \overline{a \upsilon}}{\partial x_j} + \mathrm{I}$$

3) Timarlanan ululyklar üçin differensiýal deňlemeler ulgamy jemlenen däldir. Sebäbi timarlamaklyk deňlemeleriň sanyny köpeltmän, meteorologiki ululyklaryň yrgyldylaryny özünde saklaýan (pulsasiýalary) näbelli funksiýalar üçin goşmaça gatnaşyklary tapmak zerurdyr. Mysal üçin pulsasiýalary (yrgyldyly üýtgemeleri) degişli timartlanan ululyklar bilen baglanyşdyrmaga synanyşyk edilmelidir. Onuň aşakdaky ýönekeý modelden (nusgadan) ugur alynmalydyr.

1. Häsiýetleri deňöçegsiz paýlanan, bitertip (üýtgeýän tizlikli) herekete garalýar. Bitertip akym bilen doldurylan giňşlikdäki bellenilen ýerden, howanyň disket bölejikleri-tüweleýler üznüksiz geçýär. Olar gözegçilik ýerinden iň bir dürli aralykda, esasy akymdan bölünip aýrylýarlar. Tüweleýleriň üznüksiz çalşyp durmagy, berlen nokatda degişli ululyklaryň yrgyldyly üýtgemesini döredýär.

2. Tüweleýleriň häsiýetnamalary (temperatura, çyglylyk, tizlik we ş.m.) ýüze çykýan ýerinde degişli ululyklaryň gabap alan gurşawdaky orta bahalaryna deňdir.

3. Tüweleýleriň süýşme ýoly diýlip atlandyrylýan käbir aralykdaky hereketleri kwazistatiki (_ $p = \overline{p}$ _) we gabap alan gurşaw bilen garyşmazdan bolup beçýär. Ýoluň ahyrynda tüweleýler birdenä we doly garyşýarlar. Şeýle hereketiň

netijesi dürli substansiýalaryň köp bolan ýerinden, olaryň az düzümli ýerinde akymy bolup biler. Diýmek bitertip hereket deňöçegsiz paýlanan häsiýetleriň deňleşmegine getirýär. Şeýlelikde bitertip hereketdäki alyş-çalyş meteorologik ululyklaryň emele gelmeginde möhüm düzüji bolup durýar.

§6. DÜRLI HÄSIÝETLI TURBULENT AKYMLAR

Ýokarda beýan edilen düzgünlerden ugur alyp dürli häsiýetli bitertip akymlar üçin deňlemeleri ýazalyň. Aşakdaky möhüm ýagdaýa seredeliň. Ýagny garalýan ululygyň ortalaşdyrylan bahasy gorizontal tekizlikde deňölçegli paýlanan we orta ululyuklaryň diňe wertikal gradiýenti bar bolan haly öwreneliň. Käbir x3 derejede gorizontal birlik meýdançany bölüp alalyň. Bu meýdançany käbir wertikal (dikleýin) tizlik bilen hereket edýän tüweleýiler kesip geçýan bolsun (_υ_3(t, x_3). a substansiýanyň bu üstden geçýän doly akymy:

$$\rho\overline{a\upsilon_3} = \rho\cdot\bar{a}\,\bar{\upsilon}_3 + \rho\overline{a'\upsilon'}$$

Birinji goşulyjy ortalaşdyrylan hereket bilen döreýän akymy häsiýetlendirýär, ikinji goşulyjy bitertip akymy beýan edýär. Onda 1 we 2 şertiň esasynda alarys:

$$a' = \bar{a}\,(t, \quad X_3 - l_a) - \bar{a}\,(t, \quad X_3) = -l_a\frac{d\bar{a}}{dx_3} + \frac{1}{2}l_a^2\frac{d^2\bar{a}}{dx_3^2}$$

l_a-a häsiýet üçin süýşme ýoludyr.

X_3-l_a(t) seredilýän meýdançany t wagt pursatynda kesip geçýän tüweleýiň giriş koordinatasy. Ýokarda hereket edýän tüweleýler üçin $l_a>0$. Aşak hereket edýän tüweleýler üçin $l_a<0$. Dargatmagyň ilkinji agzalary bilen çäklenip alarys:

$$\rho\overline{a'\upsilon_3'} = -\rho\overline{l_a\upsilon_a'}\,\frac{\partial\overline{a}}{dx_3}$$

Eger la ýolda, a ululyk, tüweleýde bolup geçýän içki hadysalara görä üýtgeýän bolsa:

$$a' = \overline{a}\,(\mathrm{t},\ \mathrm{X}_3 - \mathrm{l}_a) + l_a\,\frac{\delta a}{\delta x_3} - \overline{a}\,(\mathrm{t},\ \mathrm{X}_3)$$

Eger a tüweleýiň temperturasy bolsa, onda adiabatiki deňlemede ol azalmaly bolar. Eger a doýgun howanyň udel çyglylygy bolsa, onda wertikal süýşýän tüweleýde ol suwuň bugarmagy ýa-da kondensirlenmegi (çökmegi) zerarly üýtgäp durýar.

$\frac{\delta a}{\delta x_3}$-hususy önüm, ýagny hereket edýän tüweleýiň ýol birligine düşýän üýtgeme. Onda:

$$\rho\overline{a'\upsilon_3'} = -\rho\left(\frac{d\overline{a}}{dx_3} - \frac{\delta\overline{a}}{\delta x_3}\right)\cdot\overline{l_a\cdot\upsilon_3'}$$

$\frac{\delta\overline{a}}{\delta x_3}$-greadiýentde koeffisiýent ρ $\overline{l_a\cdot\upsilon_3'}$=ρ κ_a (t_1 x_3) bitertip (turbulent) alyş-çalşygyň koefisientine meňzeşdir.

$\kappa_a = \overline{l_a\cdot\upsilon_3'}$ eger a hereket mukdary bolsa, kinematiki bitertip şepbeşiklik koeffisienti.

Eger a temperatura bolsa, onda temperatura geçiş koeffisienti.

Eger a islindik gowşak garundy bolsa, onda Ra bitertip garyşma (diffuziýa) koeffisientidir.

Haçanda $\frac{d\bar{a}}{dx_3} = \frac{\delta\bar{a}}{\delta x_3}$,

$\overline{a'\upsilon_3'} = 0$ bolar

Şeýle dikleýin (wertikal) gradiýente deňagramly diýmek tebigydyr.

Deňlemeden görnüşi ýaly, k_a tüweleýiň geçýän ýolunyň köpelmegi we olaryň tizliginiň artmagy bilen ulalýar. Bu ululyklaryň ikisi hem koordinatalara baglydyr we wagt boýunça üýtgäp biler. Onda hökmany suratda hem $k_a = k_a$ (t, x_1, x_2, x_3) bolar. Şeýle hem hereket edýän tüweleýde dürli fiziki häsiýetler daşky gurşawyň häsiýetleri bilen dürli tizlikde deňleşip biler. Şonuň bilen baglanyşykda Ra dürli substansiýalar üçin dürli bolup biler. Adiabatiki süýşmede her bir gury howanyň tüweleýinde (_ $\frac{\delta a}{\delta x_3} = 0$ ___) potensiýal temperatura, udel çyglylyk, hem-de tizlikdüzüjileri konserwatiw galýarlar. Kinetiki temperatura we suw bugunyň dykyzlygy giňelmede (ýokary süýşmede) ýa-da gysylmada (aşak süýşmede) üýtgeýärler. Eger tüweleýde ähli ýoldaky howa suw bugy bilen doýgyn bolsa onda abzalan häsiýetnamalaryň hiç biri hem üỳtgemän (konserwatiw) galmaýarlar. Sebäbi süýşmede ýylylygyň bölünip çykmagy we siňdirilmegi bilen utgaşýan suwuň hal (faza) öwrülişigi bolup geçýär.

Alnan netijeleri göz öňünde tutup deňligiň umumy deňlemesini seýle görnüşde ýazyp bolar:

$$\frac{\partial \rho a}{\partial t} = -\frac{\partial \rho \vartheta_j a}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_3}\left(\rho \cdot \kappa \frac{\partial a}{\partial x_3}\right) + I$$

a-nyň ýerine degişli substansiýany goýup hem-de a≡Ca bolandaky çeşmeler üçin änlatmalary peýdalanyp haýsydyr bir garyndy üçin garyşma diffuziýa) deňlemesini alarys.

$$\frac{\partial \rho C_a}{\partial t} = -\frac{\partial \rho \vartheta_j C_a}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_3}\left(\rho \cdot \kappa \frac{\partial C_a}{\partial x_3}\right) + I$$

$\sum_{i=1}^{k} C_a = 1$ we $\sum_{i=1}^{k} I_a = 0$ bolÿandygyny hasaba alyp üznüksizlik deňlemesini ýazarys:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\frac{\partial \rho \vartheta_i}{\partial x_j}$$

Mysal üçin C_a udel çyglylyk bolanda ($C_a \equiv q$)

$$\rho \frac{\partial q}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_3}\left(\rho \cdot \kappa \frac{\partial q}{\partial x_3}\right) + I$$

$a \equiv \upsilon_j$ bolanda üznüksizlik deňlemesi göz öňünde tutulyp hereket deňlemesi alynýar:

$$\frac{\partial \upsilon_i}{\partial t} = \frac{1}{\rho}\frac{\partial \rho}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_3}\left(\cdot \kappa \frac{\partial \upsilon_j}{\partial x_3}\right) - g \cdot \cdot \delta_{3j} + \left(\omega_j \upsilon_k - \omega_k \upsilon_j\right)$$

$a \equiv C\theta$ bolanda ýylylyk akymynyň deňlemesi alynýar.

$$\rho \cdot C_P \frac{\partial \theta}{\partial t} = -C_P \frac{\partial \rho \theta \upsilon_j}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\rho k C_P \frac{\partial \theta}{\partial x_j}\right) + I$$

§7. GTD-niň deňlemeleriniň ýönekeýleşdirilişi.

1.Atmosfera dinamikasynyň umumy deňlemeleri ýylylyk akymynyň, turbulent hadysylaryñ we gysylmagyň çylşyrymly bolup geçişini beýan edýär. Ol deňlemeler ulgamy has çyzykly däl bolup barlgyň matematiki taraplaryny kynlaşdyrýar. Şunuň bilen baglanyşyklykda bir tarapdan deňlemeleri integrirlemegiň ỳakynlaýan usularyny ösdürmek başga bir tarapdan deňlemeler ulgamyny ýönekeleşdirmek has möhüm bolup durýar. Anyk hadysalar öwrenilende umumy deňlemeleriň ilkinji hil dernewini geçirmek maksada laýykdyr. Bu her bir goşulyjynyň goşandyny baha bermäge mümkinçilik berýar. Soňra kiçi abzallary aradan aýryp bolar. Munuň özi ikinji derejeli abzallary hasaba alman deňlemeleri ýönekeýleşdirmegi aňladýar. şeýle hili derňew menzeşlik nazaryýetiniň kömegi bilen geçirilýär. Bu usul öwrenýän hadysany häsiýetlendirýän ululyklaryň ölçegleri hakyndaky maglumatlary esaslanýar. Menzeşlik nazaryýetini amala aşyrmaklyk deňlemelerde täze üýtgeýän ululyklara geçmeklige daýanýar. Soňky üýtgeýçiler öwrenilýän hadysany häsiýetlendirýär ölçeglerde kesgitlenip bilner.

Dinamikanyň deňlemeleri ýönekeleşdirmegiň iň ýenil ýoluny meteoululyklaryň we olaryň önümleriniň empiriki maglumatlardan tapylan bahalaryna görä esaslandyryp bolar. Şeýle ýagdaýa degişli maglumatlar Gesselberg we Fridman tarapyndan taýarlanan tablisada getirilýär. Ähli ululyklar atmosferanyň aşaky gatlagy üçin häsiýetli bolup, CU ulgamda añladylan tablisa boýunça her bir agranyň deňlemelerdäki ähmiýetine baha berip we esaslaryny saýlamak mümkin bolup durýar. Ỳöne tablisada görkezilen ululyklaryň tertibi ähli atmosfera hadysalaryny hiç hili toparlara bölmezden şekilendirýar. Diýmek seredilýän ululyklaryň her biri adatdan daşary uly pytran halda häsiỳetlendirilỳär özem has çalt gaỳtalanỳan bahalar ululyklar hem 10 – 100 gezek üýtgeýär. Umuman tablisa dürli goşulyjylary diňe takmyn bahalandyrmaga kömek edýär. Has takyk baha bermeklik hadysalaryň fiziki tebigatyna golaý tertipli ululyklara seredilende amala aşyrylyp bilner. Bu ýerde has ýönekeý maglumatlar häsiýetli ululyklara baha bermegiň seredilýän hadysa üçin mahsus ỳoluny tapmak zerur bolup durýar. Mysal üçin gözlenilýän ululygyň ölçenip biljek çäkleri hakyndaky maglumatlara esaslanyp bolar. Atmosfera hadysalaryny häsiýetlendirýän ululyklar koordenatlaryň we wagtyň funksiýalary bolup kesgitli çäklerde üýtgeýärler. Dürli fiziki hadysalar üçin ululykda we olaryň üýtgeýän çäkleri dürlidir. Diýmek meňeş hadysalaryň her bir topary ýoluny saýlap almak zerur bolup durýar. Adatça olara häsiýetli ölçegler diýilýär. f – üýtgeýän ululygy birlik tertibinde diýip hasaplalyň we f =0(1) diýip belläliň.

Eger bolsa bu mümkin bolýar.

Mysal üçin eger bolsa onda:

$$0 \le |f| \le 1 \qquad \varphi_1 \le |\varphi| \le \varphi_2 \quad 0 \le \frac{|\varphi-\varphi_1|}{\varphi_2-\varphi_1} \le 1 \text{ ýagny}$$

$$\frac{|\varphi-\varphi_1|}{\varphi_2-\varphi_1} = 0$$

Bu ýagdaýda $\varphi-\varphi_1$ funksiýanyň häsiýetli ölçegi $\varphi_2-\varphi_1$ ululyk bolar. $\Delta(\varphi - \varphi_1) = \Delta\varphi$ bolýanlygy üçin önümlere baha berlende $\varphi_2-\varphi_1$ ululyk funksiýa üçin häsiýetli ölçegidir. Mysal üçin siklonda basyş gradiýentine baha berlende basyşyň häsiýetli ölçegi bolup onuň haýsydyr bir nokatdaky bahasy dälde merkez bilen gyralardaky basyşyň pese düşmegi hyzmat edýar. Edil şol ululyk siklonyň bir möhüm häsiýetnamasy bolup ondaky esasy hadysalary kesgitleýär şeýle hem haýsydyr nokatdaky temperatura ýa-da ortaça temperatura däl-de suwyň we gury ýeriň temperatura tapawutlary briz serkulýasiýa kesgitlenýär (briz ýerlerinde). Temperaturasy wagtyň gaýtalanýan perewodiki funksiýasy bolan üstüň ỳokarsynda hereket edýän howa akymynda temperaturanyň üýtgeýşine garalyň. Ỳönekeýlik üçin ýeliň tizligi we temperatura geçirijilik koefisenti koordinatalarda wagty bolmasyn. Tizligiň dikleýin wertikal düzüjesi bolsa beýiklige görä çyzykly artýar diýeliň onda hadysa aşakdaky deňlemeler ulgamy bilen ýazylar.

$$\frac{\partial T}{\partial t}+\omega_1\frac{z}{z_1}\cdot\frac{\partial T}{\partial z}=k\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}-u\frac{\partial T}{\partial x}$$

$T(t,x,z)|_{z=0}=T_0+A\sin\omega t;$ $T(t,x,z)|_{x=0}=T_0(z);$

$T(t,x,z)|_{z=\infty}=T_0(\infty)=const;$

Seredilýän hal-da $f_1=T(\infty)$; $f_2=T_0+A$ $f_0=T_0\text{-}T_0(\infty)+A;$ teperaturanyň häsiýetli ölçegli. Bu

$$T_n=\frac{T-T_\infty}{T_0-T_\infty+A} \qquad t=t_0t_n \;\; z=z_0z_n \;\; x=x_0x_n$$

diýip alarys:

$$\frac{\partial T_n}{\partial t_n}+\frac{\omega_1 t_0}{z_1}z_n\frac{\partial T_n}{\partial z_n}=\frac{kt_0}{z_0}\cdot\frac{\partial^2 T_n}{\partial z_n^2}-\frac{ut_0}{x_0}\cdot\frac{\partial T_n}{\partial x_n}$$

$$T_n(t_n,x_n,z_n)\,|_{z_n=0}=\frac{T_0-T_\infty+A\sin\omega t_0\cdot t_n}{T_0-T_\infty+A}$$

$$T_n(t_n, x_n, z_n)|_{x_n=0} = T_n(t_n z_n)$$
$$T_n(t_n, z_n)_{z_n=0} = 0$$

Meňzeş hadysalaryň topary aşakdaky kriteriýalar bilen kesgitlenilýär. Ýagny ölçeg bahalary boýunça (belli bolan) şeýle ululuklar hasaplanylýar

$$\Pi_1 = \frac{\omega_1 t_0}{z_1} \qquad \Pi_2 = \frac{kt_o}{z_0^2} \qquad \Pi_3 = \frac{ut_0}{x_0}$$

Eger olaryň biri birlikden kiçi bolsa ony hasaba alaman bolar. Degişlilikde deňleme ýönekeýleşýär

$$\frac{\Pi_1}{\Pi_2} = \frac{\omega_1 z_0^2}{z_1 k} = \frac{1}{y_0} \qquad \frac{\Pi_3}{\Pi_2} = \frac{uz_0^2}{kx_0} = \frac{1}{u}$$

Diýmek çep we sag taraplardaky ikinji goşulyjylar hasaba alman bolýar.

Berlen mysalda:

$$t_0 = 0\left(z_0^2 \big/ k \right) = 4sag$$

bolýanlygy düşnüklidir. Sebäbi ýönekeýleşdirilen deňlemelerde iki goşulyjylar hem ululyklaryň birmeňzeş tertibine eýedirler.

2) Atmosfera hereketlerini toparlara bölmek üçin aşakdaky ölçe birliksiz ululykdyr salgy hökmünde peýdalanylýan. ýagny

$$\frac{1}{lt_0}; \quad \frac{u_0}{lL_1}; \quad \frac{\omega_0}{lL_3}; \quad \frac{P_s}{\rho_0 l u_0}; \quad \frac{\tau_0}{\rho_0 l u_0 L_3}$$

to, Uo, wo, po, to ululyklaryň häsiýetli bahalary

uzynlygy häsiýetli ölçegi Ps – gorizontal ussularda basyş proeksiýasy atmosferanyň wertikal gyrluşynyň aýratynlyklarynyň biri şundan ybaratdyr. Ỳagny ähli ýagdaýlarda diýen ýaly meteoululyklaryň ýer üstüniň golaýyndaky wertikal gradiýenti onuň beýikliklerdäki degişli bahasyndan köp uludyr. Munuň özi atmosferanyň aşaky gatlaklarynda turbulent sürtülmäni hasaba alýan goşujylary ýokarky gatlaklar daşyndan ulydyr. Şunuň bilen baglanyşyklykda atmosferany iki gatlaga bölmek maksada laýykdyr: serhed gatlagy we erkin atmosfera. Ol ýerde şeýle hem serhet gatlagyň aşaky bölegini ýagny, ýer üsti gatlagy bölüp alyp bolar. Görkezilen gatlaklaryň çäklerinde durnukly (stasionar) durnuksyz gorizontal bir hili we bir hili däl hadysalary (hereketleri) tapawutlandyryp bolar. Bu iş salgylanylýan ululyklara (kriteriýalara) ýagny kibelin sany we añlatmalara görä amala aşyrylýar. Erkin atmosferadaky durnukly, gorizontal bir hili herketlerde bolýandygyna düşünmek kyn däldir. Hereketiň bu görnüşlerine “Geostrofiki hereket” diýilýär.

§8.Dürli koordinatalar ulgamynda GTD-niñ deñlemeleri.

Local izobarik koordinatalar ulgamunda garaşsyz üỳtgeỳjiler hökmünde $x=x_p$, $y=y_p$, $p=\eta$, $t=t_p$ ululyklar kabul edilỳär. Garaşly üỳtgeỳjiler hökmünde bolsa u, υ, T, H=Φ/g (izobariki üstiñ beỳikligi) ululyklar kabul edilỳär. Şeỳle hem

$$\tau=\dot{\eta}=\frac{dp}{dt}=\frac{\partial p}{\partial t}+U\frac{\partial p}{\partial x}+\vartheta\frac{\partial p}{\partial y}+w\frac{\partial p}{\partial z}$$

ululyk girizilỳär. Oña dikleỳin (wertikal) tizligiñ deñeçer ululygy diỳilỳär. Bu ulgama başgaça (x,y,p,t) koordinatalar ulgamy hem diỳilỳär. Onda doly önümi şeỳle añladyp bolar:

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t_p} + U\frac{\partial}{\partial x_p} + \vartheta\frac{\partial}{\partial y} + \tau\frac{\partial}{\partial p}$$

Bu ulgamda turbulent şepbeşiklik güỳji hasaba alynanda GTD-niñ deñlemeleri şeỳle ỳazylỳar:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U\frac{\partial U}{\partial x} + \vartheta\frac{\partial U}{\partial y} + \tau\frac{\partial U}{\partial p} = -g\frac{\partial H}{\partial x} + l\vartheta + F_x$$

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial t} + U\frac{\partial \vartheta}{\partial x} + \vartheta\frac{\partial \vartheta}{\partial y} + \tau\frac{\partial \vartheta}{\partial p} = -g\frac{\partial H}{\partial y} - lU + F_y$$

$$T = -\frac{g}{R}P\frac{\partial H}{\partial p}; \qquad \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial \vartheta}{\partial y} + \frac{\partial \tau}{\partial p} = 0$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + U\frac{\partial T}{\partial x} + \vartheta\frac{\partial T}{\partial y} = \tau\frac{c^2}{Rp} + \frac{1}{c_p\rho}\varepsilon \quad \text{ỳa-da}$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + U\frac{\partial \theta}{\partial x} + \vartheta\frac{\partial \theta}{\partial y} = \tau\frac{\partial \theta}{\partial p} = \frac{1}{c_p\rho}\frac{\theta}{T}\varepsilon$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + U\frac{\partial q}{\partial x} + \vartheta\frac{\partial q}{\partial y} + \tau\frac{\partial q}{\partial p} = \frac{1}{\rho}\varepsilon_{\Pi}$$

Atmosferanyñ barotrop nusgasy üçin:

$$\frac{\partial U}{\partial t}+U\frac{\partial U}{\partial x}+\vartheta\frac{\partial U}{\partial y}=-g\frac{\partial H}{\partial x}+l\vartheta$$

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial t}+U\frac{\partial \vartheta}{\partial x}+\vartheta\frac{\partial \vartheta}{\partial y}=-g\frac{\partial H}{\partial y}-lU$$

$$\frac{\partial H}{\partial x}+U\frac{dH}{\partial x}+\vartheta\frac{\partial H}{\partial y}=-H\left(\frac{\partial U}{\partial x}+\frac{d\vartheta}{\partial y}\right)$$

Atmosfera hadysalaryny we olaryñ çaklama meseleleri çözülende sferiki koordinatalar ulgamyny peỳdalanmak amatlydyr. Goỳ ***r*** - Ỳeriñ merkezinden atmosferanyñ käbir nokadyna çenli aralyk, ỳeriñ geografiki uzaklygy $\theta=\frac{\pi}{2}-\varphi$ polỳar burç ỳa-da giñişligi doldurguç bolsun. Olara sferiki koordinatalar diỳilỳär. Bu koordinatalar ulgamynda çyzyk tizliginiñ düzüjisi şeỳle görnüşi alar:

$$\vartheta_{\theta}=r\frac{d\theta}{dt};\qquad \vartheta_{\lambda}=a\sin\theta\frac{d\lambda}{dt};$$

$$\vartheta_{p}=\vartheta_{z}=\omega=\frac{dr}{dt}$$

$\upsilon_{\theta},\upsilon_{\lambda}$ tizligiñ degişlilikde meridional we zonal düzüjileri υ_z dikleỳin(wertikal) tizlik(z=r-a).+υ_θ günorta, + υ_λ gündogara ugrukdyrylan. Bu koordinatalar ulgamynda

GTD-niñ deñlemeleri, ỳagny θ we--λ- oklary boỳunça hereket deñlemesi. Statikanyñ çyg we ỳylylyk akymynyñ şeỳle hem tizlik tüweleỳiniñ deñlemesi şeỳle görnüşleri alarlar.

$$\frac{\partial \vartheta_\theta}{\partial t} + \vartheta_z \frac{\partial \vartheta_\theta}{\partial z} + \frac{\vartheta_\theta}{a}\frac{\partial \vartheta_\theta}{\partial \theta} + \frac{\vartheta_\lambda \cdot \partial \vartheta_\theta}{a \sin \theta d\lambda} - \frac{ctg\,\theta}{a}\vartheta_\lambda^2 =$$

$$-\frac{1 \cdot \partial p}{a\rho \partial \theta} + 2w \cos \theta \vartheta_\lambda + F_\theta$$

$$\frac{\partial \vartheta_\lambda}{\partial t} + \vartheta_z \frac{\partial \vartheta_\lambda}{\partial z} + \frac{\vartheta_\theta}{a}\frac{\partial \vartheta_\lambda}{\partial \theta} + \frac{\vartheta_\lambda \cdot \partial \vartheta_\theta}{a \sin \theta d\lambda} + \frac{ctg\,\theta}{a}\vartheta_\theta \cdot \vartheta_\lambda =$$

$$-\frac{1 \cdot \partial p}{a\rho \sin \theta \partial \lambda} - 2w \cos \theta \vartheta_\theta - 2w \sin \theta \vartheta_z + F_\lambda$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vartheta_z \frac{\partial \rho}{\partial z} + \frac{\vartheta_\theta}{a}\frac{\partial \rho}{\partial \theta} + \frac{\vartheta_\lambda \cdot \partial \vartheta_\theta}{a \sin \theta d\lambda} +$$

$$+\rho\left(\frac{\partial \vartheta_z}{\partial Z} + \frac{1}{a}\frac{\partial \vartheta_\theta}{\partial \theta} + \frac{1}{a \sin \theta}\frac{\partial \vartheta \lambda}{\partial \lambda} + \frac{\vartheta_\theta \cdot ctg\,\theta}{a}\right) = 0$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial z} = -g\rho\,;$$

$$\frac{\partial T}{\partial t}+\vartheta_z\frac{\partial T}{\partial z}+\frac{\vartheta_\theta}{a}\frac{\partial T}{\partial\theta}+\frac{\vartheta_\lambda\cdot\partial T}{a\sin\theta d\lambda}-$$

$$-\frac{\gamma_0}{g\rho}\left(\frac{\partial p}{\partial t}+\vartheta_z\frac{\partial p}{\partial z}+\frac{\vartheta_\theta}{a}\frac{\partial p}{\partial\theta}+\frac{\vartheta_\lambda}{a\sin\theta}\frac{\partial p}{\partial\lambda}\right)=\frac{1}{c_p\rho}\varepsilon$$

$$\frac{\partial q}{\partial t}+\vartheta_z\frac{\partial q}{\partial z}+\frac{\vartheta_\theta}{a}\frac{\partial q}{\partial\theta}+\frac{\vartheta_\lambda\cdot\partial q}{a\sin\theta d\lambda}=\frac{1}{\rho}\varepsilon_{b4g}$$

$$\frac{\partial\Omega}{\partial t}+\frac{\vartheta_\theta}{a}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(\Omega+2w\cos\theta\right)+\frac{\vartheta_\lambda}{a\sin\theta}\frac{\partial\Omega}{\partial\lambda}=\frac{R}{a^2p\sin\theta}\cdot\left(\frac{\partial p}{\partial\theta}\frac{\partial T}{\partial\lambda}-\frac{\partial p}{\partial\lambda}\frac{\partial T}{\partial\theta}\right)+\frac{2w\cos\theta+\Omega}{\rho}\cdot\frac{\partial\rho\vartheta_z}{\partial z}$$

§9. Erkin atmosferanyñ dinamikasy

Töwerege golaỳ izobarlar we olaryñ meỳdanynda hereket deñlemesi.

1. Arassa töwerek izobarasyndaky hereket.

GDA-nyñ esasy deñlemeleriniñ görkezilişi ỳaly 1-2km beỳiklikden soñ örtüji üstiñ meteorologiki ỳagdaỳa täsiri hasaba alardan azdyr. Erkin atmosferada termiki durnuklylyk we ỳel tizliginiñ kiçi süỳşmeleri sebäpli dikleỳin turbulent çalyşyk düzgün boỳunça ỳok hasap edilỳär. Şol sebäpden dürli gatlaklaryñ arasyndaky suw bugunyñ we hereket mukdarynyñ çalyşygy diñe dikleỳin akymlara görä bolup geçỳär. Şu zatlary göz öñünde tutup erkin atmosferadaky hereketleriñ aỳratynlyklaryna seredeliñ.

Hereket deñlemesini ỳazalyñ. Köp halatlarda jisimleriñ geçỳän ỳollarynyñ egriçyzyklydygyny göz öñünde tutup silindrik koordinatalar ulgamyny peỳdalanmak amatlydyr.

(1) $$\frac{\partial \vartheta_r}{\partial t} + \vartheta_r \frac{\partial \vartheta_r}{\partial r} + \frac{\vartheta_\theta}{r} \cdot \frac{\partial \vartheta_r}{\partial \theta} + \vartheta_z \frac{\partial \vartheta_r}{\partial z} - \frac{\vartheta_\theta^2}{r} = -\frac{1}{p} \cdot \frac{\partial p}{\partial r} + 1\vartheta_\theta$$

(2)
$$\frac{\partial \vartheta_\theta}{\partial t} + \vartheta_r \frac{\partial \vartheta_\theta}{\partial r} + \frac{\vartheta_\theta}{r} \cdot \frac{\partial \vartheta_\theta}{\partial \theta} + \vartheta z \frac{\partial \vartheta_\theta}{\partial z} + \frac{\vartheta_r \vartheta_\theta}{r} = -\frac{1}{pr} \cdot \frac{\partial p}{\partial \theta} - 1\vartheta_r$$

Deñlemeler ulgamyny doldurmak üçin üzniksizlik deñlemesini peỳdalanalyñ. Munda hereket ỳeterlik takyklykda gysylmazlyk şertini kanagatlandyrỳar diỳip hasaplalyñ:

(3) $$\frac{\partial}{\partial r}(r\vartheta_r) + \frac{\partial \vartheta_\theta}{\partial \theta} + r\frac{\partial \vartheta_r}{\partial z} = 0$$

Herekete bellenilen beỳiklikde garalyñ. Basyş meỳdany görnüşleri töwerege golaỳ izobarlar bilen häsiỳetlendirilỳän bolsun. Onda islendik (r, θ) nokatda

$$p(r,\theta,t) = p_o(r,t) + ap_1(r,\theta,t)$$

$p_o(r,t)$ radiusly töwerek şekilli izobaradaky basyş (koordinatalar başlangyjy töweregiñ merkezinde ỳerleşỳär)

$ap_1(r\theta,t)$ izobaralaryñ şekiliniñ töwerekden tapawutlanỳandygy üçin basyşa girizilỳän düzediş

Deñlemeler ulgamynyñ çözüwini bu ỳagdaỳda *a* parametr boỳunça hatara dargatmak görnüşinde gözläliñ:

$$.\ \vartheta_r = \vartheta_o(r,t) + a\vartheta_1(r,\theta,t) + \ldots$$
$$\vartheta_\theta = u_o(r,t) + a_1 u_1(r,\theta,t) + \ldots$$
$$\vartheta_z = aw_1(r,\theta,t) + \ldots$$

$u_o$we υ_0 töwerekleỳin izobaralarda tizlik düzüjileri, $\vartheta_1(r,\theta,t)$, $u_1(r,\theta,t)$, $w_1(r,\theta,t)$ izobarlaryñ töwerekden tapawutlanỳandygy bilen baglanşykly düzedişler. Ỳokardaky ululyklary (1) formula goỳup alarys:

$$\frac{\partial \vartheta_o}{\partial t} + a\frac{\partial \vartheta_1}{\partial t} + (\vartheta_o + a\ \vartheta_1)\ \text{x}$$

x

$$\left(\frac{\partial \vartheta_o}{\vartheta r} + a\frac{\partial \vartheta_1}{\partial r} - \right) + \frac{(u_o + au_{1)}}{r} a\frac{\partial \vartheta_1}{\partial \theta} - \frac{(u_o + au_1)^2}{r} = -\frac{1}{r}\left(\frac{\partial p_o}{\partial r} + a\frac{\partial p_1}{\partial r} - \right) + 1(u_o + au_1)$$

(5)

Şeỳle işi (2),(3) deñlemeler bilen amala aşyralyñ. Sonar *a*-ny saklaỳan agzalary nul dereje boỳunça deñeşdireliñ.

$$\frac{\partial \vartheta_o}{\partial t} + \vartheta_o\frac{\partial \vartheta_o}{\partial r} - \frac{u_o^2}{r} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p_o}{\partial r} + lu_o \quad (6)$$

$$\frac{\partial \vartheta_o}{\partial t} + \vartheta_o\frac{\partial \vartheta_o}{\partial r} + \frac{u_o\vartheta_o}{r} = -lu_o \quad (7)$$

$$\frac{\partial}{\partial r}(r\vartheta_o) = 0 \quad (8)$$

.

Arassa töwerek izobarasyndaky hereket.

Arassa töwerekleỳin izobarlardaky hereket (6) we (7) deñlemeler bilen beỳan edilỳär. Bu deñlemeler iki sany näbelli ululyklary saklaỳarlar.ỳagny u_0-yñ we υ_0-yñ ähli üç deñlemäni kanagatlandyrỳan bahalaryny tapmak zerurdyr

2. (8) deñlemeden $\upsilon_0 \cdot c$=const(hemişelik) gelip çykỳar. Bu ỳerde $\upsilon_0 \neq \infty$ hatda r=0, onda c=o diỳmek $\upsilon_0 \equiv 0$. Bulara görä (7) deñlemeden $\frac{\partial u_0}{\partial t} = 0$. ỳagny u_0- wagta bagly däl. Şoña görä hem arassa töwerekleỳin izobarlarda hereket durnuklydyr. u_0 ululygy kesgitlemek üçin añlatmany (6) deñlemeden $\upsilon_0 \equiv 0$ şerti goỳup alarys;

$$\frac{u_o^2}{r} + lu_o - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial r} = 0$$

Bu deñleme birlik massa düşỳän üç güỳjiñ deñagramlylygyny añladỳar.

Merkezden daşlaşỳan $\frac{u_o^2}{r}$, koriolis $+lu_o$ basyş gradiỳentiniñ $-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial r}$ güỳçleri. Onuñ çöüwinden:

$$u_o = \frac{lr}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{lr}{2}\right)^2 + \frac{r}{\rho}\frac{\partial p_o}{\partial r}}$$

Basyşyñ berlen gradiỳentinde bellenilen nokatda ρ-nyñ kesgitli bahasynda ỳeliñ tizligi birbahaly kesgitlenmelidir. Şoña görä alnan çözüwiñ kökleriniñ biriniñ fiziki manysy ỳokdur. Sebäbi hereketiñ basyş gradiỳenti tarapyndan döredilỳändigi üçin $\frac{\partial p_o}{\partial r}$=0, u_0=0 diỳmek degişli çözüw şeỳle bolar: $u_o = -\frac{lr}{2}\left[-1+\sqrt{1+\frac{4}{p/l^2}\frac{\partial p_o}{\partial r}}-\right]$ (9)

Bu formula bilen beỳan edilỳän herekete gradiỳent diỳilỳär. Onuñ tizligi basyş gradiỳentiniñ artmagy bilen artỳar. Ugry bolsa izobara gaçirilen galtaşma bilen gabat gelỳär(υ_0=0). Demirgazyk ỳarym şarda l > 0 siklonda-$\frac{\partial p_o}{\partial r}$>0, u_0>0 ỳagny tizlik sagat peỳkamynyñ garşysyna ugrukdyrylan.
Basyşyñ pes ỳeri hereket ugrunyñ çep tarapynda galỳar. Antisiklonda-$\frac{\partial p_o}{\partial r}$<0, u_o<0, hereket sagat peỳkamynyñ ugry boỳunça bolup geçỳär. Basyşyñ pes ỳeri hereket ugrunyñ çep tarapynda galỳar.
Şeỳlelikde töwerekleỳin izobarlaryñ meỳdanynda hereketiñ tizligi bariki gradiỳentiñ ululygyna baglydyr we izobarlara galtaşma boỳunça ugrukdyrylandyr. Pes basyşly ỳer tialigiñ ugrundan çep tarapda ỳerleşỳär. Günorta ỳarym şarda l<0 gradiỳent ỳel ters tarapa ugrukdyrylan. Ỳagny ol çep

tarapda uly basyşly ỳer galar ỳaly ugrukdyrylan. (9) deñlemeden görnüşi ỳaly:

$$\left|\frac{r}{p}\frac{\partial p_o}{\partial r}-\right|>\frac{l^2r^2}{4}$$

Basyşyñ gradiỳenti käbir kritiki bahadan uly bolup bilmez. Ỳagny

$$\left(\frac{\partial P_0}{\partial r}\right)_{maks}=\frac{1}{4}r\rho\cdot l^2$$

orta haspdan siklonlarda basyş gradiỳentiniñ şeỳle hem ỳel tizliginiñ uly bahalaryna gözegçilik edilỳär.
Bariki ojaklardan ỳeterlik daşlykda bolan nokatlar üçin (9) formula añlatma şeỳle bolar. ỳagny has ỳönekeỳ görnüşde:

$$u_o=\frac{lr}{1}\left(1-\frac{1}{rpl^2}\frac{\partial p_o}{\partial r}-\right)\frac{\partial p_o}{\partial r}$$

§10. Geostrofiki ỳel. Ageostrofiki gyşarma

Hususy ỳagdaỳa garalyñ, eger izobarlaryñ agrilik radiusyny olaryñ göni çyzykly hasaplar ỳaly örän uly diỳsek, onda merkezden daşlaşỳan güỳç hasaba alardan örän kiçi bolar. Bu ỳagdaỳda hereketiñ tizligi iki güỳjiñ, bariki gradiỳent we Koriolis güỳjiniñ deñagramlylygy bilen kesgitlenỳär. Şeỳle durnukly herekete geostrofik diỳilỳär. Bariki merkezlerden uly daşlykda bolan nokatlar üçin ỳokarky añlatmany ỳazyp bolar, bu ỳerde r→∞ hasap edilse skobkanyñ içindäki iki agza nula ymtylỳar, onda geostrofik ỳeliñ tizligi şeỳle bolar:

$$u_0 = G = \frac{1}{l\rho}\frac{\partial P_0}{\partial r}=\frac{1}{l\rho}\frac{\partial P}{\partial n}$$

G-wektoryñ *x* we *y* oklaryna bolan proeksiỳalary u_g we υ_g düşünjeler üçin añlatmalary alalyñ:

$$u_g = u_0 \sin\beta = \frac{1}{l\rho}\frac{\partial P}{\partial n}\sin\beta, \quad \upsilon_g = u_0 \cos\beta = \frac{1}{l\rho}\frac{\partial P}{\partial n}\cos\beta$$

Bu ỳerde $\frac{1}{l\rho}\frac{\partial P}{\partial n}\sin\beta = \frac{\partial p}{\partial y}, \quad = \frac{1}{l\rho}\frac{\partial P}{\partial n}\cos\beta = \frac{\partial p}{\partial x}$

onda

$$u_g = \frac{1}{l\rho}\frac{\partial p}{\partial y}; \qquad \upsilon_g = \frac{1}{l\rho}\frac{\partial p}{\partial x}$$

görnüşi ỳaly (geostrofik ỳel) bariki gradiỳent güỳjine proporsionaldyr. Onuñ ugry demirgazyk ỳarym şarda (l>0) hereketiñ ugrynyñ tersine bolar, pes basyşly ỳer çepde galỳar. Ekwatorial zolakda l=0 ỳokarky gatnaşyklar ỳerine ỳetmeỳär. Ỳagny basyş gradiỳentiñ güỳji merkezden daşlaşỳan güỳç bilen deñagramlaşmaỳar.

$$\frac{u_o^2}{r} = \frac{1}{p}\frac{\partial p_o}{\partial r} \qquad u_o = \sqrt{\frac{r}{p}\frac{\partial p_o}{\partial r}} \qquad \frac{\partial p_o}{\partial r} \rangle 0$$

Ekwatorial zonada diñe siklostofiki hereketler emele gelip biler.

Amaly işlerde aşakdaky ỳönekeỳleşdirilen gatnaşyklardan peỳdalanỳarlar

$$G = \frac{27\, p_o}{p\Delta n \sin\varphi}$$

Δn goñşy izobarlaryñ arasyndaky uzaklyk. Sinoptiki işlerde basyş gradiỳentiniñ absolỳut geopotensialyñ gradiỳenti bilen çalşyrmak maksada laỳykdyr. Ỳagny:

$G = \frac{9.8}{l}\frac{\partial H}{\partial n} = \frac{9.8}{l}\beta_o$ Bu ỳerde β_o izobarik üstiñ gorizontyñ tekizligine bolan ỳapyklyk burç amaly işlerde $G = \frac{27}{\Delta n_1 \sin\varphi}$ formula hem ullanylỳar.

Geostrofiki ỳeliñ derejeden derejä geçende üỳtgemek meselesine garalyñ. Ilki başda basyşyñ gorizontal meỳdanynyñ beỳiklik boỳunça üỳtgemeginiñ sebäplerini aỳdyñlaşdyralyñ. Statikanyñ deñlemesine görä sowuk howa massasynda basyş maỳyşgak howadaka görä beỳiklik boỳunça çalt azalỳar. Şol sebäpden temperature gorizontal ugurda üỳtgände dürli punktlaryñ üstündäki basyş beỳiklik boỳunça dürli hili üỳtgeỳär. Bu ỳagdaỳda basyş meỳdanynyñ dürli hili özgertmesi bolup geçỳär. Ol bolsa gorizontal bariki gradiỳentiñ beỳiklik boỳunça üỳtgemegine getirỳär. Beỳikligiñ artmagy bilen gorizontal punktlarda $T_1 > T_2$ bolanda $P_1(z)$-$P_2(Z)$ tapawut ulalỳar keseleỳin basyş gradiỳenti hem artỳar. Diỳmek oña proporsional bolan geostrofik ỳel hem güỳçlenỳär.

1-nji suratda temperaturalar degişlilikde T_1 we T_2bolan 1 we 2 punktlarda üstki basyş $P_1(0)$ we $P_2(0)$ birmeñzeş diỳeliñ. Onda ähli beỳikliklerde hem $T_1 = T_2$ bolanda punktlaryñ üstindäki basyşy deñdir.

$$P_1(z) = P_2(z) = \Delta P = 0$$

Diỳmek $\frac{\partial p}{\partial n} = 0$ ỳagny ähli beỳikliklerde izobarik üstler ştrihli çyzyklar gorizontyñ tekizligine paralleldir. Onda G=0

2-nji suratda $T_1 > T_2$, $P_1(0) > P_2(0)$, $P_1(z) > P_2(z)$ beỳikliklerdäki izobarik üstler gorizontyñ tekizligine ỳapgyt geçỳär. Diỳmek beỳiklikdäki basyşyñ gradiỳenti 0-dan tapawutlydyr we artỳar, ỳagny biz temperature meỳdanynyñ birmeñzeş bolmadyk ỳagdaỳynda onuñ bilen şertlenen geostrofik ỳeliñ beỳiklige görä üỳtgeỳşiniñ hususy ỳagdaỳlaryna seretdik.

z_2-z_1 gatlakda temperaturanyñ gorizontal gradiỳent bilen baglanyşykda geostrofik ỳeliñ beỳiklige görä artmasyna termiki ỳel diỳilỳär.

$G_T = G(z_2) - G(z_1)$

Termiki ỳel bilen temperaturanyñ gorizontal gradiỳentiniñ arasyndaky baglanşygyñ umumy görnüşini almak üçin u_g we $v_g$geostrofikiniñ düzüjileriniñ añlatmalaryny z boỳunça differensialynyñ hem-de hal deñlemesini peỳdalanalyñ.

Onda: $$\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{u_g}{T}-\right) = -\frac{R}{l}\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial \ln p}{\partial y}-\right)$$

$$\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{v_g}{T}\right) = -\frac{R}{l}\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial \ln p}{\partial x}\right)$$

statikanyñ deñlemesinden $\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial \ln p}{\partial x_1}\right) = \frac{g}{RT^2}\frac{\partial T}{\partial x}$

$$\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{u_g}{T}\right) = -\frac{g}{lT^2}\frac{\partial T}{\partial y}$$

$$i = 1,2 \ldots \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{v_g}{T}\right) = -\frac{g}{lT^2}\frac{\partial T}{\partial x}$$

Soñky añlatmany z boỳunça integrirläp alarys:

$$\left.\frac{u_g}{T}\right|_{z_2} - \left.\frac{u_g}{T}\right|_{z_1} = -\frac{g}{T}\int_{z_1}^{z_2}\frac{1}{T^2}\frac{\partial T}{\partial y}\partial z = \frac{g}{l}\int_{z_1}^{z_2}\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{1}{T}\right)dz$$

$$\left.\frac{v_g}{T}\right|_{z_2} - \left.\frac{v_g}{T}\right|_{z_1} = -\frac{g}{T}\int_{z_1}^{z_2}\frac{1}{T^2}\frac{\partial T}{\partial x} = \frac{g}{l}\int_{z_1}^{z_2}\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{1}{T}\right)dz$$

Goỳ temperature şeỳle kanun bilen üỳtgeỳän bolsun. T(z)=T_0-γz onda:

$$\int_{z_1}^{z_2} \frac{\partial z}{T(z)} = \int_{z_1}^{z_2} \frac{\partial z}{T_o \gamma_z} = -\frac{1}{\gamma}\left[1n(T_o - \gamma z_1) - 1n(T_o - \gamma z_2)\right]$$

Görnüşi ỳaly $\frac{\partial z}{T_o} \langle\langle 1$ we

$$1n(T_o - \gamma z) = 1nT_o - \frac{\gamma z}{T_o} - \frac{\gamma^2 z^2}{T_o} - ...$$

$$\int_{z_1}^{z_2} \frac{\partial z}{T(z)} = \frac{z_2 - z_1}{T_o}\left[1 + \frac{\gamma(z_2 - z_1)}{2T_o}\right] = \frac{z_2 - z_1}{T_o}$$

$$\int_{z_1}^{z_2} \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\frac{1}{T}\right)\partial z - \frac{\partial}{\partial x_i}\int_{z_1}^{z_2} \frac{\partial z}{T(z)} = -\frac{1}{T_o^2}\frac{\partial T_o}{\partial x_i}$$

$$u_g(z_2) - u_g(z_1)\frac{T_2}{T_1} = -\frac{g}{l} - \frac{T_2}{T_o^2}\frac{\partial T_o}{\partial y}\Delta z \qquad Z_1\text{-}Z$$

$$= v_g(z_2) - v_g(z_1)\frac{T_2}{T_1} = -\frac{g}{l} - \frac{T_2}{T_o^2}\frac{\partial T_o}{\partial x}\Delta z$$

§11.ATMOSFERA TOLKUNLARY

1. Atmosferada tolkun hereketlerin emele gelmegi.

2. Tolkunlaryn parametrleri we disperiỳa deňlemesi.

1. Atmosfera tolkunlary periodiki üỳtgäp durỳan daşky täsiriň ya-da kesgitli başlangyç hala goşulỳan uly bolmadyk oỳandyrylmalaryň ösüşiniň netijeleridir. Durnukly stratifikasiỳa atmosferada z_0 = 0 derejedäki başlangyç haldan dikleỳn ugurda süşen (oỳandyrlan) howa bolejikleriniň häsiỳetleriniň üỳtgemegine garalyň.

Suratda $\Delta\rho = \rho - \overline{\rho}\omega$ ululygyň grafiki görkezilen. (a)-bölejikleriň we gurşap alan meýdanyň dykyzlyklarynyň tapawudy, (b)-Dikleýin tizlenme, (w)-dikleýin tizlik *w*, (g)-bölejikleriň dikleýin koordinatlarynyň wagt funksiýasy hökmünde başlangyç haldan üýtgemegi wt. Stratifikasiýanyň $\Delta\rho > 0$. Şoňa görä

$$\frac{\partial\omega}{\partial t} - g\frac{\Delta\rho}{\rho} < 0$$

ýagnny tizlik azalýar we şol ýagdaýda *b=0* deň bolýar.

Bu ýerde $\Delta\rho$ hem-de $\frac{\partial\omega}{\partial t}$ maksimaldyr. Bölejikler tizlenmäniň ugruna we bahasyna görä aşakdakydan hereket edip başlaýar. Bu stadiýada $\Delta\rho$-nyň $\frac{\partial\omega}{\partial t}$ we *w*- niň üýtgemegi B.C çyzyklar bilen görkezilendir. *wmax* bolan başlangyç derejede bölejik saklanmaýar, aşak hereket dowam edýär. $\omega < 0$ – bölejigiň ýagdaýyny görkezýän parametrleriň üýtgemegi C.D çyzyklar bilen aňladylýar. Bu uçastokda $\Delta\rho < 0; \frac{\partial\omega}{\partial t} > 0$ tizligiň we tizlenmäniň alamaty deň däldir.

$$\frac{d}{dt}\frac{\omega^2}{2} = \omega\frac{\partial\omega}{\partial t} < 0 \quad |w| \text{ - azalýar.}$$

d – nokatda tizlik 0 –deňdir.

$\Delta\rho \neq 0 \frac{\partial\omega}{\partial t} \neq 0$ şonuň netijesinde bölejik ýokary hereket edip başlaýar. Edil şonuň ýaly yrgyldely hadysa islendik başga güýçleriň deňagramlylygy bilen ýagdaýy kesgitlenilýän howa massasynyň süýşmesinde ýüze çykýar. Mysal üçin bölejikleriň gorizontal basyş gradiýentiň we karrioliziň güýçleriniň meýdanyndaky impulslaryň täsiri astynda yrgyldamagy.

2. Aỳratyn hereket edỳän garmoniki tolkun aşakdaky deňleme bilen

beỳän edilỳär. $F = A \cdot e^{i(\vec{m}\vec{r} - \sigma t)}$

F seredilỳän nokatda M(x,y,z) elementiň c-pursatdaky tolkunyň artmagy. $\vec{m}(m, n, q)$ tolkun sanlary r (x,y,z) radius wektor. A –tolkunyň ampletudasy, r-tolkunyň parametri.

Tolkun hadysasynyň kesgitli fazasyna F funksiň belli bahasy degişlidir. Tolkunyň depesinde F-iň uly baha oỳ ỳerlerinde kiçi baha eỳedir. Eger F=c_1 bolsa onda hemişelik c_1 sana dürli bahalar alyp dürli fazalar alarys.

$F = c_1 = const$ şertinden gelip çykỳar.

$m_j\ x_j - \sigma t = mx + ny + qz - \sigma t + c_2 =$ $const$

bu tekizligiň deňlemesidir.

Diỳmek eň fazaly nokatlar bir tekizlikde ỳatỳar, oňa faza tekizligi diỳilỳär.

Soňky deňlemesini ululyga bölüp $\sqrt{m_j m_j}$ tekizligiň normal görnüşdäki deňlemesini alarys:

$$\frac{mj\ xj}{\sqrt{mj\ mj}} - \frac{\sigma t - C2}{\sqrt{mj\ mj}} = 0$$

bu ỳerde: $\frac{\sigma t - C2}{\sqrt{mj\ mj}} = \delta$ tekizligiň koordinatalar başlangyjynyň uzaklygy.

$$c_{\phi} = \frac{d\delta}{dt} = \frac{\sigma}{\sqrt{mj\ mj}} = \frac{\sigma}{(M)}$$

Bu deňleme faza tekizliginiň hemişelik tizlik hereket edỳändigini aňladỳar.

Tolkunyň periodyny aşakdaky şertden kesgitläp bolar.

$$e^{i(m_j x_j - \sigma\tau)} = e^{i(m_j x_j - \sigma t - \sigma\tau)};$$

$$\sigma\tau = 2\pi$$

Bu ỳerde tolkun uzynlygyny kesgitläp bolar

$$\lambda = c_{\Phi}\tau = 2\pi\frac{c_{\Phi}}{\gamma} = \frac{2\pi}{|M|};\ \sigma = \frac{4\pi}{\tau}$$

töwerekleỳin ỳygylyk. 1 sek yrgyldylaryň sany (ỳygylyk).

$$f = \frac{1}{\tau} = \frac{\sigma}{2\pi}$$

Tolkunyň ỳygylygy bilen uzynlygyň arasyndaky baglanşyga dipersiỳa deňlemesi diyilỳär. Sebäbi ondan faza tizliginiň λ baglylygy gelip çykỳar.

§12.ATMOSFERADA GRWITASIỲA TOLKUNLARY

1. Grawitasyỳa tolkunlary.
2. Ỳel we basyş meỳdanlarynyň uỳgunlaşmagy.

Bu ỳagdaỳda h beỳikligi bolan gysylmaỳan (*ρ=const)* birhili barotrop atmosfera garalyň. Şeỳle atmosfera üçin çyzykly deňlemeleriň aşakdaky ulgamyny alarys:

$$\frac{\partial u'}{\partial t} + \frac{\partial u'}{\partial x} - lv' + g\frac{\partial h}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial u'}{\partial t} + u\frac{\partial u'}{\partial x} + lu' + g\frac{\partial h'}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial h'}{\partial t}+u'\frac{\partial h'}{\partial x}+h\left(\frac{\partial u'}{\partial x}+\frac{\partial v'}{\partial y}\right)=0$$

bu ỳerde: $\overline{u}(y)=u-u'$ $v=v'$

$\overline{h}(y)=h-h';\overline{u}=-\frac{g}{l}\cdot\frac{\partial h\prime}{\partial y}$ geostrofik şert.

Ilki başda karrioliz güỳji ỳok diỳeliň, ỳagny hereket *y* ugra bagly däldir.

$$\frac{\partial h'}{\partial y}=\frac{\partial v'}{\partial y}=l=0;\frac{\partial v'}{\partial t}+u'\frac{\partial v'}{\partial x}=0$$

$$\frac{\partial u'}{\partial t}+\overline{u}\frac{\partial u'}{\partial x}+g\frac{\partial h'}{\partial x}=0$$

$$\frac{\partial h'}{\partial t}+u'\frac{\partial h'}{\partial x}+h\frac{\partial u'}{\partial x}=0$$

tolkunyň süỳşmesiniň tizligi üçin aňlatmany almak bilen çäkleneliň.

Belligi ρ bolan diňe bir tolkuna garalyň. Goỳ

$$u'_p=U_pe^{i(m_px\sigma_pt)}$$

$$v'_p=V_pe^{i(m_px\sigma_pt)}\quad h'_p=H_pe^{i(m_px\sigma_pt)}$$

U_p,V_p,H_p – yrgyldylaryň amplitudasy üỳetgeỳjileriň degişli differensirlenmegini geçirip alynan aňlatmalary deňlemeler ulgamynda goỳup alarys. ρ indeksi aỳryp ỳazỳarys:

$$(-\sigma + \overline{u}m)[(-\sigma + \overline{u}m)^2 - m^2 g^2 gh] = 0$$

bu deňlemeleri çözüp alarys:

$$\sigma_1 = \overline{u}m; \sigma_{2,3} = \overline{u}m \pm m\sqrt{g\overline{h}}$$

Tolkunyň h oky boỳunça süỳşme tizligi $c_x = \frac{\sigma}{m}$ üçin üç bahalaryny alarys:

$$c_1 = \overline{u}; c_{2,3} = \overline{u} \pm \sqrt{g\overline{h}}$$

Tizligiň birinji bahasy $\overline{u}$ tizlikli esasy akym boỳunça süỳşỳän ỳönekeỳ tolkuna degişlidir. Bu çözüw atmosferanyň seredilỳän modelinde haỳal tolkunlaryň bolmagynyň mümkindigini aňladỳar. 2 we 3 çözgütde tizligiň bahasynyň 2-düzüjiden ($\overline{u}$ we $\sqrt{g\overline{h}}$) ybaratdygyny görkezỳär. $\overline{u}$=0 bolanda $c_{2,3} - gh$ köpeldiji potensial agyrlyk güỳjüniň manysyny berỳär. Diỳmek tolkunyň tizliginiň bu bahasy ỳeliň grawatasiỳa meỳdanyna baglydyr. Seredilỳän tolkunyň şeỳle görnüşine daşky grawatasiỳa tolkunlary diỳilỳär.

Aỳlanỳan ỳerdäki hereket üçin karrioliz güỳjiniň bar mahaly edil şeỳle görnüşini taparys.

$$\sigma_1 = \overline{u}m; \sigma_{2,3} = \overline{u}m \pm \sqrt{m^2 gh + l^2}$$

Esasy akymdaky tolkunyň geçişine degişli $\sigma_{2,3}$ karrioliz güỳjüniň meỳdanynda hereket edỳän grawatasiỳa tolkunlaryna degişlidir.

Bu tolkunyň tizligi

$$c_{2,3} = \overline{u} \pm \sqrt{gh + {l^2}/{m^2}}$$

Süỳşme tizligi tolkunyň uzunlygyna baglydyr. Karrioliz güỳji grawatasiỳa tolkunlarynyň tizliginiň birneme artdyrỳar.

Indi umumy ỳagdaỳa garalyň, ỳagny:

$$l \neq 0; \frac{\partial v'}{\partial y} \neq 0; \frac{\partial h'}{\partial y} \neq 0$$

Bu ỳagdaỳda şeỳle ululygy alarys:

$$u'_p = U_p e^{i(m_p x + h_p x - \sigma_p t)}$$

onuň çözüwini alarys:

$$\sigma_1 = \overline{u}m; \sigma_{2,3} = \overline{u}m \pm \sqrt{gh(m^2 + n^2 + l)}$$

Tolkunyň süỳşme tizlikleri:

$$c_1 = \overline{u}; c_{2,3} = \overline{u} \sqrt{g\overline{h}\left(1 + \frac{n^2}{m^2}\right) + \frac{l^2}{m^2}}$$

Hakyky atmosferanyň gysylỳan baroklik gurşag bolanlygy üçin tolkunlaryň dürli giň toparlary bardyr. Soňky garalan tolkunlara grawatasiỳa –inersiỳa tolkunlary diỳilỳär. Ondan başga hem içki akustiki grawatasiỳa tolkunlary bolup biler. Olar 3 ölçegli bolup süỳşme tizliginiň dikleỳin düzüji hem bardyr. 2 ölçegli tolkunlar diňe keseleỳin ugurda bolup biler

§13.ATMOSFERADA ARAÇÄK ÜSTLER

1) Aerologiki barlaglarda bir ỳa-da birnäçe meteoululyklaryň endigan gidişi birden üỳtgeỳän ỳuka gatlaklar ỳüze çykarylỳar. Atmosferanyň gurluşy şeỳle aỳratynlyklar aşakdaky ỳagdaỳlarda ỳüze çykỳar:

1) Dürli häsiỳetli howa massalarynyň galtaşỳan üstüniň ugry boỳunça;
2) Bulutlaryň ỳokarky serhetleriniň golaỳynda;
3) Dürli intensiwlikli turbulent çalşygy bolan gatlaklaryň araçäk üstüniň ỳanynda;

Barlaglarda uly ölçeg hadysalara görä meteoululyklaryň uly gradiỳentleri bolan ỳuka gatlaga, degişli funksiỳalaryň bölünmeleriň üst hökmünde garap bolar. Eger häsiỳetli ölçegleri görkezilen gatlaklaryň galyňlygy bilen deňeçer bolan hadysalar hakynda gürrüň edilse bu mümkinçilik aradan aỳrylỳar.

Funksiỳalaryň örleri üzülỳän üstleri güỳçli bölünmeli araçäk üstler diỳilỳär. Funksiỳalar üznüksiz bolup, gradiỳentleriň bölünỳän üstleri gowşak bölünmeli atlandyrylỳan bölüji üstüň keseleỳin tekizlik bilen kesişme çyzygyna front diỳilỳär.

Howa akymyndaky araçäk üst gidrodinamiki häsiỳete eỳedir. Onuň gözlegini gidrodinamikanyň kanunlarynyň netijesi hökmünde alyp barmak tebigy zatdyr. Aşakdaky ỳönekeỳ ỳagdaỳa garalyň.

1) Hereket bir ölçegli we ähli gözlenilỳän funksiỳalar x-a baglydyr.
2) Araçäk üst (bölüji) x okunyň ugruna süỳşỳär. Onuň koordinatalary x=*f*(t). Özem

$$\frac{d\wp}{dt} = f < \infty$$

3) Bölüji üstden geçende tizlik u, dykyzlyk ρ we basyş P böküşleỳin üỳtgeỳär. Ỳöne birjynsly ỳerleriň her birinde ähli ululyklar koordinatalarda, wagta-da bagly däldir. Diýmek seredilýän funksiýalaryñ islendik biri şeýle gőrnüşde berilip bilner:

$$f_i = \begin{cases} f_+ x > \wp \\ f_- x < \wp \end{cases}$$

(1)

4) Araçäk üstüň howa akymynda süỳşmegi bilen bagly ähli üỳtgemeler adeobatik bolup geçỳär. Araçäk üsti kesip geçỳän silindre garalyň Sdx. (S-kese-kesiginiň meỳdany, dx-uzynlyk). Araçäk üstüň t_0 we $t_0 + \delta t$ iki wagt pursatynda, x-okuna görä ỳagdaỳlary A hem-de D nokatlar bilen şekillendirilen. Görkezilen wagt pursatlarynda araçäk üstde ỳerleşen bölejikleriň ỳagdaỳy degişlilikde B we C nokatlar bilen aỳdylỳar. t_0 pursatda (A,C), $t_0 + \delta t$ pursatda (B,D) kesikleriň arasynda ỳerleşỳän bellenen massa üçin massanyň

hereket mukarynyň energiỳanyň saklanma kanunlarynyň deňlemelerini ỳazalyň. Käbir funksiỳalaryň üzülỳandigi üçin dinamikanyň deňlemesini differensial görnüşde däl-de integral görnüşinde aňladyp bolar.

$$\left[\left(S\int \rho u dx\right)\Big|_{t_0+\delta t} - \left(S\int \rho u dx\right)\Big|_{t_0}\right] = S(P_- - P_+)\delta t$$

(2)

$$\left(S\int \rho dx\right)\Big|_{t_0+\delta t} = \left(S\int \rho dx\right)\Big|_{t_0}$$

(3)

$$\left.\left(\frac{P^{C_v/C_p}}{\rho}\right)\right|_{t_0+\delta t} - \left.\left(\frac{P^{C_v/C_p}}{\rho}\right)\right|_{t_0} = 0$$

(4)

Suratdan görnüşi ỳaly seredilỳän massa t_0 pursatda araçäk üstünden sagda, $t_0 + \delta t$ pursatda bolsa çepde ỳerleşỳär. Massanyň tutỳan göwrümi:

$$Sdx = \begin{cases} SAC = S(AD - CD) = S(f - u_+)\delta t \\ SAD = S(AD - ABD) = S(f - u_-)\delta t \end{cases}$$

$$t = t_0$$

$$t = t_0 + \delta t$$

(2-4)-de ỳerine goỳup alarys:

$$S\rho\_u\_(f\_u\_)\delta t - S\rho_+ u_+ (f - u_+)\delta t = S(P_- - P_+)\delta t$$
(5)

$$S\rho\_(f - u\_)\delta t = S\rho_+ (f - u_+)\delta t \qquad (6)$$

$$\frac{(P_+)^{C_v/C_p}}{\rho_+} = \frac{(P_-)^{C_v/C_p}}{\rho_-} \qquad (7)$$

Bu gatnaşyklar araçäk üstüň kinematiki we dinamiki parametrleriniň arasyndaky gidrodinamiki baglanşyklardan gelip çykỳar. (5) we (6) deňlemeleri täze aňlatmalaryň her birinde diňe u_- u ỳa-da u_+ galar ỳaly özgerdeliň:

$$\left.\begin{aligned} \rho_+ u_+ &= \rho_- u_- - (\rho_- - \rho_+) f \\ f - u_+ &= \frac{\rho_-}{\rho_+}(f - u_-) \end{aligned}\right\}$$

(8)

onda:

$$(f\_u_-)^2 = \frac{\rho_+}{\rho_-}\frac{P_- - P_+}{\rho_- - \rho_+}$$

(9)

$$(f\_u_+)^2 = \frac{\rho_+}{\rho_-}\frac{P_- - P_+}{\rho_- - \rho_+};$$

$$u_+ - u_- = \sqrt{\frac{P_- - P_+}{\rho_- - \rho_+}} \qquad (10)$$

(7) deňlemäni $\dfrac{P_- - P_+}{\rho_- - \rho_+}$ ululygy kesgitlemek üçin peỳdalanalyň. Basyşyň we dykyzlygyň orta bahalaryny girizeliň $\overline{P}$ we $\overline{\rho}$. Orta bahadan gyşarmalar $\delta p = \left(p_- - p_+\right)$ we $\rho = \left(\rho_- - \rho_+\right)$. Käbir özgertmelerden soň (7)-den alarys:

$$\frac{\delta p}{\delta \rho} = \frac{p_- - p_+}{\rho_- - \rho_+} \approx \frac{C_p}{C_\vartheta}\frac{\overline{p}}{\overline{\overline{\rho}}} = \frac{C_p}{C_\vartheta}RT$$

onda (9) we (10) deňlemelerden

$$\left.\begin{aligned}\left(f - u_-\right)^2 &= \frac{\rho + cp}{\rho - c\vartheta}R\overline{T} \\ \left(f - u_+\right)^2 &= \frac{\rho + c_p}{p + c_\vartheta}R\overline{T}\end{aligned}\right\} \approx \frac{c_p}{c_\vartheta}R\overline{T}$$

$$\sqrt{\frac{c_p}{c_\vartheta}R\overline{T}} = 20\sqrt{\overline{\overline{T}}} \quad \text{sesiň tizligi}$$

Şeỳlelikde basyşyň üzülỳän üsti atmosferada c_0 sesiň tizligi bilen hereket edỳär. Meteorologiỳanyň käbir meselelerinde temperaturanyň ỳa-da basyşyň üzülme üstleri ỳaly gatlaklara seretmeli bolỳar. Olar ỳeliň tizligine golaỳ tizlik bilen süỳşỳärler. Onda (9) we (10) aňlatmalara görä şeỳle "meteorologiki" üstlerde a) $p_- - p_+ = 0$;

b) $f = u_- = u_+$ diỳip bolar. Ỳagny basyş üzülmeỳär. Araçäk üstüň süỳşme tizligi bolsa ỳeliň tizliginiň normal düzüjisi bilen gabat gelỳär. Basyşyň üznüksizligine dinamiki şert, tizligiň normal düşunjesiniň üznüksizligine bolsa kinematiki şert diỳilỳär.

Araçäk üsti kesip geçende basyşyň keseleỳin gradiỳenti birden üỳtgeỳär. Munuň özi ỳeliň tizliginiň dikleỳin gradiỳentiniň döremegine getirỳär. Tizlik wektorynyň süỳşmesiniň şeỳle uly bolmagy araçäk üstüň töwereginde turbulentlik energiỳasynyň has ỳüze çykmagyna getirỳär. Onuň netijesinde galyňlyg birnace ỳüz metre golaỳ turbulent gatlak bu ỳerde döreỳär. Şeỳle hem turbulentligiň täsirliligi güỳçli bolansoň ỳel geostrofiklikden gyşarỳar hem-de aşaky we ỳokarky serhetlerde geostrofiklige golaỳlamak bilen üznüksiz üỳtgeỳär.

Araçäk üstüň ỳapgytlygyna laỳyklykda onuň bilen bagly bolan turbulent gatlak hem degişli ỳapgytlyga eỳedir. Bu bolsa tizlik wektorynyň meỳdanynda keseleỳin birjynssyzlygy döredỳär. Şunuň bilen baglanşykda tertipleşen dikleỳin hereketler döreỳär.

Goỳ frontdan uly daşlykda dikleỳin hereketler sönỳän bolsun. Onda tekiz hereket üçin alarys:

$$w(z) = -\int_{-\infty}^{z} \frac{d\vartheta}{dy}\, dz$$

Araçäk üstüň töwereginde turbulent akymyň ỳönekeỳ nusgasyna garalyň. Ỳagny aşakdaky ỳönekeỳleşdirmeleri girizeliň:

1. Hereket OX okuna görä durgunlaşan we birhilli ỳagdaỳa eỳedir.
2. Gözlenilỳän funksiỳalaryň Y-koordinatalara baglylygy parametric bolsun.

3. Hereket mukdarynyň dikleỳin turbulent akymy tizligiň durnukly dikleỳin düzüjisiniň hereket mukdarynyň geçmesinden has uludyr. Ỳagny:

$$k\frac{du}{dz} >> wu$$

$$k\frac{d\vartheta}{dz} >> w\vartheta$$

4. Turbulent şepbeşiklik koeffisiỳentini dikleỳin ugurda ortalaşdyrylan ululyk bilen çalşyryp bolar.

Şeỳlelikde mesele aşakdaky deňlemeler ulgamyny integrirlemäge syrygar:

$$k\frac{d^2u}{dz^2} + 2w_z - \vartheta = 0$$

Bu deňlemeleriň çözüwleri:

$$u + i\vartheta = v_j \_ c_j e^{(-1)^j \alpha(1+i)z}$$

j=1 ỳokarky gatlak üçin, j=2 ỳokarky üçin.

$$U_1 = U_+ = U\big|_{Z\to\infty} \qquad U_2 = U_- = U\big|_{Z\to\infty}$$

$$i = \sqrt{-1} \qquad z \le 0$$

Tizlik wektory we onuň dikleỳin gradiỳentiniň z=0 bolanda üznüksizligini talap edeliň. Onda c_1 we c_2 şeỳle tapylar:

$$U_+ + c_1 = U_- + c_-$$

$$-c_1 = c_2 = \frac{g}{2l}\frac{\Delta T}{T_-}\frac{dh}{dy}$$

Eger araçäk gatlak koordinatalar başlangyjyna görä h(y) ululyga süỳşen bolsa, onda degişli çözüwi umumylaşdyryp alarys:

$$u\_i\vartheta = v_j + c_j e^{(-1)^j \alpha(1+i)(z-h)}$$

Bu ỳerde h(y) berlen diỳip ilki bilen $\partial v / \partial y$, soňra w(z) ululyklary taparys.

$$w(z) = \frac{g}{2l}\frac{\Delta T}{T_-}\left(\frac{dh}{dy}\right)^2 e^{(-1)^j \alpha(z-h)}$$

$$\sin\alpha(z-h)$$

$$w(z) = \frac{l}{2g}\frac{\overline{T}}{\Delta T}(\Delta u)^2 e^{(-1)^j \alpha(z-h)}$$

$$\sin(z-h)\alpha$$

§14.KESELEÝIN BIRMEŇZEŞ DÄL ÜSTÜÑ ÝOKARSYNDA METEOROLOGIKI HADYSALAR

1. Meseläniň umumy goýluşy.
2. Temperaturanyň we çyglylygyň meýdanlarynyň başga ýagdaýa geçmegi (transformasiýa).

$$u\frac{\partial\theta}{\partial x}+w\frac{\partial\vartheta}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial z}k\frac{\partial\theta}{\partial z}+\frac{1}{\rho c_p}\frac{\partial R}{\partial z}+\frac{\Im}{c_p}m$$

$$u\frac{\partial q}{\partial x}+w\frac{\partial q}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial z}k\frac{\partial q}{\partial z}-m$$

$$u\frac{\partial\delta}{\partial x}+w\frac{\partial\delta}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial z}k\frac{\partial\delta}{\partial z}-m$$

$$u\frac{\partial u}{\partial x}+w\frac{\partial u}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial z}k\frac{\partial u}{\partial z}-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}$$

$$u\frac{\partial b}{\partial x}+w\frac{\partial\delta}{\partial z}=k\left[\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2-\frac{g}{T}\frac{\partial\theta}{\partial z}\right]-c\frac{b^2}{k}+\frac{\partial}{\partial z}k\frac{\partial b}{\partial z}$$

$$k=l\sqrt{b}$$

$$l = \aleph c^{1/4} \frac{b/R}{\frac{\partial}{\partial z}\left(b/k\right)} \sqrt{b}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

Serhet (gyra) şertlerini düzmek üçin şeỳle zatlary belli hasaplalyň:

1. Ozalky örtüji üstde meteoelementleriň paỳlanyşy:

$$S(x,z)\big|_{x=0} = S_1(z)$$

$$(S = \theta, q, b, u, k, \delta)$$

2. Üstüň golaỳynda temperaturanyň we çyglylygyň bahalary:

$$\theta(x,z)\big|_{\substack{z=z_0\\x>0}} = \theta_0(0)$$

$$q(x,z)\big|_{\substack{z=z_0\\x>0}} = q_0 = f_0 q\max(\theta_0)$$

f_0 -howanyň göräleỳin çyglylygy

Suw damjalarynyň üste siňỳändigi (adsorbsiỳa) üçin (sorulỳandygy):

$$\delta(x,z)\big|_{\substack{z=z_0\\x>0}} = 0$$

Örtüji üstüň golaỳynda dinamiki häsiỳetnamalary şeỳle kabul edeliň:

$$u(x,z)\Big|_{\substack{z=z_0\\x>0}} = w(x,z)\Big|_{\substack{z=z_0\\x>0}} = 0$$

$$k(x,z)\Big|_{\substack{z=z_0\\x>0}} = \aleph\, \vartheta_* z_0$$

$$b(x,z)\Big|_{\substack{z=z_0\\x>0}} = c^{-1/2}\vartheta_*^2$$

Uly beỳikliklerde meteoelementleriň bahasy başga hala geçmeỳär. Onda şeỳle ỳazyp bolar:

$$\theta(x,z)\Big|_{\substack{z=z_0\\x>0}} = \theta_1(\infty)$$

$$u(x,z)\Big|_{\substack{z=z_0\\x>0}} = u_1(\infty)$$

$$q(x,z)\Big|_{\substack{z=z_0\\x>0}} = q_1(\infty)$$

$$b(x,z)\Big|_{\substack{z=z_0\\x>0}} = b_1(\infty) = 0$$

Emele gelen mesele amaly çözülỳär:

Formuladan görnüşi ỳaly, yrgyldynyň amplitudasy, turbulent (howada) we molekulỳar (toprakda) çalşygyň intensiwligi näçe az bolsa şonça-da çalt azalỳar.

Gije-gündizlik yrgyldynyň beỳiklige görä peselmegi (sönmegi) atmosferanyň temperatura serhet gatlagynyň beỳikligine baha bermäge mümkinçilik berỳär. Eger serhet gatlagyň beỳikligini H örtüji üstüň täsiri ỳaỳraỳan dereje hökmünde seretsek onda bu derejede temperaturanyň gije-gündizlik yrgyldysy ỳüze çykmaỳar. Mysal üçin eger:

$$H=\sqrt{\frac{2k}{w}\ln 0.02}$$

$$\frac{A(z)}{A(0)}=e^{-\sqrt{\frac{w}{2k}}z}=0.02$$

§15.ATMOSFERANYÑ PLANETAR ARAÇÄK GATLAGY

1. PAG-üçin deñlemeler ulgamy we olaryñ çözlüşiniñ usullary.
2. Ỳer üsti kiçi gatlagyñ häsiỳetnamalary.

Şepbeşikligiñ täsiri aỳgytlaỳjy bolan hereketi öwreneliñ. Ỳagny akym, temperature we çyglylyk meỳdanyndaky laminar serhet gatlagyna garalyñ. Oỳulmadyk howa akymyna u tizlikli ỳylmanak tekiz plastina girizeliñ. Onuñ üsti howa akymyna parallel bolsun. Plastinanyñ gös-göni golaỳynda akym oỳandyrylan halda bolar. Üstiñ akyma bolan oỳandyryjy täsiri has duỳulỳan gatlak serhet gatlagy bolup durỳar. Bu gatlagyñ galyñlygy σ plastinanyñ öñ gyrasyndan (σ=0) daşlaşdygyñça artỳar. Akymyñ tizligi bu gatlagyñ çäginde plastinanyñ üstündäki nul bahadan, gatlagyñ ỳokarky serhedinde oỳandyrylmadyk akymyñ tizligine u deñ bolan gutarnykly baha çenli birden üỳtgeỳär. Serhet gatlagy öwrenilende hereket deñlemesine Reỳnoldsyñ sanyny girizmek amatlydyr. Onda aşakdaky ölçeg birliksiz deñlemeler alnar:

$$\frac{\partial u}{\partial t_1}+u\frac{\partial u}{\partial x}+\upsilon\frac{\partial u}{\partial y}=-\frac{\partial \rho}{\partial x}+\frac{1}{R_e}\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)_{\frac{1}{\delta^2}}$$

(1)

$$\frac{\partial u}{\partial t_1}+u\frac{\partial \upsilon}{\partial x}+\upsilon\frac{\partial \upsilon}{\partial y}=-\frac{\partial \rho}{\partial x}+\frac{1}{R_e}\left(\frac{\partial^2 \upsilon}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 \upsilon}{\partial y^2}\right)$$

Häsiỳetli tizlik hökmünde $\bar{u}$, häsiỳetli uzynlyk bolup plastinanyñ uzynlygy l hyzmat edip biler. Goỳ serhet gatlagynyñ ölçeg birliksiz galyñlygy $\delta' = \frac{\delta}{l}$ birinji tertipli örän kiçi ululyk bolsun. (1) deñlemäniñ her bir agzasyna baha bereliñ

Ou=Ox=1, O$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = O\frac{\partial u}{\partial x} = 1$, Ou = O$\int_o^\delta \frac{\partial u}{\partial y}\partial y = 1$

plastina perpendikulỳar ugurda kese tizligiñ gradiỳenti örän uly ululykdyr.

$O\frac{\partial u}{\partial x} = 1$ O$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{1}{\delta'^2}$

Üzüksizlik deñlemesinden alarys: $\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial \upsilon}{\partial y} = 1$

$O\frac{\partial u}{\partial x} = O\frac{\partial \upsilon}{\partial y} = 1$

O υ=δ' Onda $O\frac{\partial \upsilon}{\partial t} = \frac{\partial^2 \upsilon}{\partial x^2} = \delta'$ $O\frac{\partial \upsilon}{\partial t} = \delta'$

Şu ululyklaryñ tertibine berlen bahalary degişli hereket deñlemeleriniñ aşagyna ỳazalyñ.

Birinji deñlemede: $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} << \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$

Ikinjide: $\frac{\partial^2 \upsilon}{\partial x^2} << \frac{\partial^2 \upsilon}{\partial y^2}$

Şol sebäpden ***x*** boỳunça ikinji önümleriñ ***y*** boỳunça ikinji önümlerden has kiçidigi üçin olary hasaba alman bolar. Serhet gatlagynyñ çäginde şepbeşiklik we inersiỳa güỳçleri 1-e deñ bolan tertibe eỳedir. Şepbeşiklik güỳçleriniñ tertibi

$\frac{R_e}{(\delta')^2}$ – ululyga deñ. Onda : $O\frac{R_e}{(\delta')^2} = 1 \Rightarrow \delta' = O\frac{1}{R_e}$

Serhet gatlagynyñ fiziki galyñlygy: $\delta = O\frac{1}{\sqrt{R_e}}$

Eger hereket uly ***Re*** eỳe bolanda geçỳän bolsa onda gaty üstde galyñlygy soñky añlatma bilen kesgitlenỳän serhet gatlagy döreỳär. Ikinji añlatmada ähli galan agzalar δ' tertibe eỳedir. Şonuñ üçin $\frac{\partial p}{\partial y}$ hem şeỳle tertibe eỳedir. Diỳmek serhet gatlagyñ içindäki basyş takmynan daşky basyşa deñdir. Ỳagny serhet gatlagyñ çäginde basyş dine akymyñ ugruna üỳtgeỳär. Ölçeg birligi bolan ululyklara görä şepbeşik suwuklygyñ hereketi üçin serhet gatlakda şeỳle deñleme alarys:

$$\rho\left(\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+\upsilon\frac{\partial u}{\partial y}\right) \quad =\frac{\partial p}{\partial x}+\mu\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \qquad , \qquad \frac{\partial p}{\partial y}=0 \quad ,$$

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial \upsilon}{\partial y}=0$$

Birinji deñlemäniñ ỳerine ony ähli serhet gatlagy boỳunça 0-dan δ-a, gatlagyñ ỳokarky serhedine çenli integrirläp alynỳan Karmanyñ gatnaşygyny ulanmak amatlydyr:

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_0^\delta \rho u dy+\frac{\partial}{\partial x}\int_0^\delta \rho\frac{u^2}{2}dy+\int_0^\delta \rho\upsilon\frac{\partial u}{\partial y}=-\int\frac{\partial p}{\partial x}dy+\mu\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_\delta-\mu\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_0$$

Serhet gatlagynyñ çäginde P basyş ***y*** bagly däl, onda:

$$-\int_0^\delta \frac{\partial p}{\partial x}dy = \frac{\partial p}{\partial x}\delta$$

Gatlagyñ ỳokarky serhetinde hereket tüweleỳli däldir.

$$\mu\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_\delta=0$$

1. Meseläniñ umumy goýluşy.
2. Meteoululyklaryñ gije-gündizlik üýtgemeleri.
1.Atmosferanyñ aşaky gatlagynda ähli meteo elementler diýen ýaly gije-güdiz
döwürli üýtgemege sezewar bolýarlar. Munuñ özi şöhle energiýasynyñ esasy
bölegi bolan gün radiasiýasynyñ gelmeginiñ wagt kadasy bilen baglanyşyklydyr

Topragyñ işjeñ üstüniñ siñdiren şöhle energiýasy ýylylyga öwrülip, üstüñ tem-
peraturasynyñ degişli üýtgemegini döredýär. Şöhle energiýasynyñ akymynyñ üýtgemegi (yrgyldysy) üstüñ temperaturasynyñ yrgyldyly üýtgemek kadasyny kesgitleýär. Ýylylyk geçirijilik arkaly ýylylyk tolkuny atmosfera ýaýraýar. Şeýle hem topragyñ aşaky gatlagyna geçýär. Üstden daşlaşdygyñça ýylylygyñ siñdirilişine görä tolkunyñ amplitudasy azalýar (sönýär).Üstüñ temperaturasy-
nyñ gije-gündizlik üýtgemegi howa temperaturasynyñ we onuñ dikleýin gradiýentiniñ üýtgemegine getirýär. Soñky ululyga turbulentligiñ intensiwligi köp derejede baglydyr. Onuñ üýtgemegi turbulent garyşmagyñ kadasyna täsir edýär. Ol bolsa üýtgeýşi dikleýin turbulent çalyşyk bilen emele gelýän ähli meteoululyklaryñ paýlanyşyna täsir edýär. Diýmek şöhle energiýasynyñ gije-gündizlik yrgyldyly üýtgemegi temperatura, çyglylyk, meýdanlarynyñ, ýeliñ tizliginiñ, turbulent çalyşygyñ intensiwliginiñ, gije-gündizlik yrgyldyly üýtgemegine getirýär. Meteoululyklaryñ gije-gündizlik yrgyldylarynyñ kanunalaýyklyklaryny barlamak üçin ASÇ- nyñ ähli meteo häsiýetnamalarynyñ wagt üýtgemelerine bitewilikde garamak zerurdyr. Özem olaryñ meýdanlarynyñ özara täsiri hasaba alynýar.

Örtüji üstiñ keseleýin ugurda birhilli ýagdaýyna garalyñ. Ýagny deñlemelerde adwektiw agzalar örän kiçidir. Şeýle hem howadaky şöhle ýylylyk akymy, suwuñ faza öwrülşigi hem-de dikleýin hereketler bilen bagly agzalary hasaba almarys. Onda çözülmeli deñlemeler ulgamy şeýle bolar:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + 1\vartheta + \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial u}{\partial z}$$

$$k = 1\sqrt{b}$$

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial t} = -\frac{1}{p}\frac{\partial p}{\partial y} + lu + \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial \vartheta}{\partial z}$$

$$\varepsilon = \frac{b\sqrt{b}}{1}$$

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial t} = a_T \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial \theta}{\partial z}$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} = a_q \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial q}{\partial z}$$

$$\frac{\partial b}{\partial t} = k\psi + a \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial b}{\partial z} - \varepsilon$$

$$\frac{\partial T_1}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T_1}{\partial \wp^2}$$

Goýlan meseläniñ fiziki manysyndan ulgamyñ çözüwiniñ gaýtalanýan (periodik) ululykdygy düşnüklidir. Onda durnuklaşan periodiki (gaýtalanýan)
Kada seredilýär diýip hasaplap, başlangyç şertleri peýdalanyp bolar. Ýagny:

$$u(z)\big|_{z\to o} = \vartheta(z)\big|_{z\to o} = 0$$

üstde temperaturanyñ üzülmezlik şerti:

$$\theta(z)\big|_{z\to o} = T_1(\wp)\big|_{\wp\to o} = \theta\ o$$

Işjeñ üstde ikinji şert hökmünde ýylylyk balansynyñ deñlemesini peýdalanalyñ:

$$kpc_p \frac{\partial \theta}{\partial z} - \bigg|_{z \to o} - Lkp \frac{\partial q}{\partial z} - \bigg|_{z \to o} - ap_1 c_1 \frac{\partial T_1}{\partial \wp} - \bigg|_{\wp \to o} = R_o$$

Ro - üstde radiasiýa balansy;
p1c -topragyñ göwrüm ýylylyk sygymy;
Çyglylyk üçin gyra (serhet) şertleri

$$q(z)\big|_{z \to o} = f_o q \max(\theta_o)\big|$$

Bu q-ñ temperatura baglylygy, fo-üstde göräleýin çyglylyk.
Olardan başga hem üstden turbulentlik energiýasynyñ akymynyñ bolmazlyk şertini alarys.

$$k \frac{\partial b}{\partial z} - \bigg|_{z \to o} = 0$$

Üstden howa geçirilýän gije-gündizlik yrgyldylar, turbulent çalyşyk sebäpli sönmelidirler (örtüji üstden daşlaşdygyñça). Has uly beýiklikde gözlenilýän häsiýetnamalary hemişelik hasaplap bolar.

Bu ýagdaýda beýleki serhetdäki şertler aşaky görnüşde ýazylyp bilner:

$$u[_{z \to \infty} = u_g \qquad \vartheta[_{z \to \infty} = \vartheta_g \qquad \theta(z)[_{z \to \infty} = \theta_h$$

$$T_1(\wp)[_{\wp \to \infty} = T_\delta \qquad q(z)[_{z \to \infty} = 0$$

$$b(z)[_{z \to \infty} = 0$$

Goýlan meseläniñ çözüwi diñe amaly ýerine ýetirilýär.

2. Temperaturanyñ gije-gündizlik üýtgemegine garalyñ. Turbulentlik koeffisiýenti hemişelik we orta ululyk bilen çalyşmak mümkin bolsun. Radiasiýa balansynyñ üýtgemesini ýönekeý kosinosoida bilen añladalyñ:

$$R(t) = R + R_1 \cos wt$$

$$w = 2\pi/24$$

R - üstde radiasiýa balansynyñ gije-gündizdäki orta bahasy, R_1 - onuñ gije-gündizlik yrgyldysynyñ amplitudasy.

Üstden bugarma hasaba alardan az bolsun, onda ýylylyk balansynyñ deñlemesinde çyglylygyñ paýlanyşyny hasaba alman bolar. Sanalan ýol berilmelerden soñ mesele aşakdaky deñlemeleri çözmeklige syrygýar:

$$\frac{\partial\theta}{\partial t} = k\frac{\partial^2\theta}{\partial z^2}$$

$$\frac{\partial T_1}{\partial t} = a\frac{\partial^2 T_1}{\partial b^2}$$

Serhet şertler:

$$\theta(t,z)\big|_{z=o} = T_1(t,b)\big|_{b=o} \qquad \theta(t,z)\big|_{z=\infty} = \theta_{\text{H}}$$

$$T_1(t,\wp)\big|_{\wp\to\infty} = T_{1b}$$

$$kpc_p\frac{\partial\theta}{\partial z}\Big|_{z=o} - ap_1c_1\frac{\partial T_1}{\partial\wp}\Big|_{\wp=0} = R + R_1\cos wt$$

Gözlenilýän ululyklar $\theta(t,z)$ we $T_1(t,\wp)$ şeýle hem görnüşinde berlip:

$$\phi(z,t) = \phi(z) + \phi^1(z,t)$$

$\phi(z,t)$- gözlenilýän funksiýa;
$\phi(z)$- gije-gündizlik orta baha;
$\phi^1(z,t)$- gije-gündizdäki orta bahadan gyşarma;
Deñlemeler ulgamyny çözüp howa temperaturasynyñ gije-gündizlik üýtgemesiniñ amplitudasyny alarys:

$$A(z) = A(0)e^{-\sqrt{\frac{w}{2R_j}}}$$

Bu ýerde $A(0) = A(z)_{z=0}$- üstüñ temperaturasynyñ

yrgyldysynyñ amplitudasy

§17.Atmosferanyň energetikasynyñ esaslary.

1.Atmosferada energetika öwrülşikleriň esasy alamatlary we görnüşleri.

Dinamiki meteorologiýada aşakda esasy enrgiýa görnüşlerine garalýar:
1.Şöhle energiýasy (R)
2.Uly ölçegli ortaça akymlaryň (siklonlardaky, antisiklonlary) kinetiki energiýa (E);
3. Bu akymlarda bar bolan turbulent hereketiniň kinetik energiýa (E);
4. Howa massalaryň potensial energiýa (Π);

5. Howanyň içki energiýasy (U).
Soňky iki energiýa temperatura göni baglydyr we özara mäkäm baglydyr. Içki
energiýanyň artmagy potensial energiýanyň peselmegi bilen utdaşýar we tersine.
Atmosferada energiýa öwrülşiniň esay mehanizmi şöhlelenme, siňdirilme,
mahaniki iş, mehaniki energiýanyň ýylylyga geçmegi. Atmosferada aşakdaky
energiýa öwrülşikleri mümkindir.

1.R→(U+П)
2.(U+ П)→R
3.(U+ П)→E
4.(U+ П)→E´
5.E→(U+ П)
6.E´→(U+ П)

1-nji siňdirilen şöhle energiýasy içki we potensial energiýa öwrülýär. 2-nji şöhlelenmede içki we potensial energiýalar şöhle enrgiýasyna öwrülýär. 3-nji we 4-nji şöhlelenmede siňdirilmedik içki we potensial energiýalar soňra E we E´ öwrülip biler.

Soňky mesele has möhümdir. Sebäbi esasan bu öwrülişik bilen atmosferanyň umumy aýlawy siklonlaryň we antisiklonlaryň ösüşi baglanşyklydyr.

Kinetiki energiýa U we П energiýalara göni öwrülip biler, şeýle hem mehaniki energiýalaryñ ýygylyga geçmegi bilen ýagny uly akymyñ dargamagy ỳa-da ownuk tüweleýuň emele gelmegi bilen E- E´-e öwrülýär, şeýle hem şepbeşikligi sebäpli E ´-ň ýygylyga öwrülmegi (E=U+ П) bolup geçer. Uly akymlaryň energiýanyň turbulent kinetik energiýa öwrülmegi yza gaýtmasyz hadysalar.

2. Birlik howa massasynda energetikanyň dürli görnüşleriň gatnaşmagy (balansy).

Birlik howa massaly hususy bölümler üçin energiýanyň balans deňlemäni almak üçin sürtülme ýok howa ideal suwukluk ýaly hereket edýär diýip hasaplalyň. Onda hereket deňlemesi şeýle bolar:

$$\frac{du}{dt}=\frac{1}{p}\frac{dp}{x}+2\omega\vartheta\ \sin\varphi$$

$$\frac{d\vartheta}{dt}=\frac{1}{p}\frac{dp}{x}-2\omega\sin\varphi$$

$$\frac{d\omega}{dt}=-\frac{1}{p}\frac{dp}{dz}-g$$

Bu deňlemeler ulgamy degişlilikde **U,V,W** degişlilikde köpeldip we goşup mehaniki energiýanyň deňlik deňlemäni alýarys. Ýagny:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{c^2}{2}+gz\right)=\frac{1}{p}\left(u\frac{dp}{dx}+\vartheta\frac{dp}{dy}+\omega+\frac{dp}{dz}\right)=-\frac{1}{p}\frac{dpc}{ds}$$

g- erkin gaçmanyň tizlenmesi, C=$\sqrt{u^2+\upsilon^2+\omega^2}$ - ỳeliñ tizligi, $\frac{\partial p}{\partial S}-$basỳsỳn uzynluga üytgemesiniñ ỳeliñ tizliginiñ ugruna bolan düzüjisi.Bu ỳerde Ỳeriñ aỳlanmasynyñ gyşardyjy güỳji deñlemä girmeỳär.

Eger hereket keseleýin bolsa onda

$$\frac{d(gz)}{dt}=0$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{c^2}{2}\right)=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial S}\cdot c$$

Eger dp/ds<0 bolsa, ýagny hereketiň ugruna basyş peselýän bolsa kinetiki energiýa artýar we tersine. Bu deňlemäni ideal gazyň ýylylyk akymynyň deňlemesi

$$\frac{\partial q}{\partial t} = c_{\upsilon}\frac{\partial T}{\partial t} + P\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{1}{\rho}\right)$$

bilen birlreşdirip sürtülmesiz hereket edýän howa akymy üçin energiýa balansynyň deňlemesini alarys

$$\frac{dq}{dt}\ \frac{d}{t}\left(\frac{c^2}{2} + gz + C_v T\right) + \frac{pd}{dt}\left(\frac{1}{p}\right) + \frac{1}{p}\ \frac{dp}{ds}.c$$

Ýokardaky deňlemä görä sürtülmesiz hereket edýän birlik howa massasynda daşyndan berlen energiýa onuň kinetiki potensial we içki enegiýanyň üýtgemesine, giňelmek işine hem-de basyş gradiýentiniň güýjüni ýeňip geçmäge sarp bolýar

Eger hereket durnuklaşan $\frac{\partial p}{\partial t} = 0$, howanyñ halynyñ üỳtgemesi adiabatiki $\frac{\partial q}{\partial t} = 0,$ bolsa, onda soñky deñleme wagt boỳunça integrirlenỳär ỳagny,

$$\frac{C^2}{2} + gz + C_{\upsilon}T + \frac{P}{\rho} = const(hemielik) \quad C_{\upsilon}T + \frac{P}{\rho} = c_P T$$

Bu ỳagdaỳda energiỳa deñagramlygynyñ deñlemesi şeỳle bolar

$$\frac{C^2}{2} + gz + C_{\upsilon}T = \text{const}$$

Bu deñleme dürli wagt pursatlary üçin şol bir bölejigiñ hal parametrlerini özara baglanyşdyrỳar

Dikleýin howa sütüninde energiýa balansy.

Z=0 derejeden Z=h derejä çenli uzalan birlik kesimli dikleýin howa sütünine garalyň . Bu howa sütünininñ içki energiýasy şeýle kesgitlenýär:

$U = C_{\upsilon}\int_{o}^{h} T \cdot \rho \cdot dz$ şeỳle hem dp=-g ρ dz (statikanyñ deñlemesi) bolany üçin

$$U = \frac{C_\upsilon}{g}\int_{P_h}^{P_0} Tdp$$

Käwagt soňky aňlatma hasaplamak üçin has amatly bolýar. Seredilýän sütüniň potensial energiýasy şeýle bolar

$$\Pi = \int_0^h g\, z\, \rho dz = \int_{P_h}^{P_0} zdp = -h\, p_h + \int_0^h pdz$$

$P = \rho\, RT$ diỳmek $\Pi = -\, h\, p_h + R\int_o^h T\rho dz$

Birinji we soňky deňlemeleri birikdirip $æ = Cp/C_v$ göz öňünde tutup alarys.

$$\boldsymbol{U + \Pi = -hP_h + U'æ = -h\eta + Э}$$

Eger beýiklik-de uzalan bolsa, ýagny **h=** onda $\mathbf{hp_h = 0}$ sebäbi basyş p beýiklige görä eksponensial kanuna görä azalýar. Onda tükeniksiz beýik sütün üçin

$$\mathbf{U + \Pi = Э} \qquad \mathbf{\frac{\Pi}{U} = æ - 1 = 0,1}$$

Diýmek tükeniksiz howa sütünininiň potensial energiýasynyň islendiik üýtgemegi bu üçki energiýanyň üýtgemesi bilen utgaşýar we tersine. Bu energiýanyň Э-entropiýa çalşyp bolar. Gutarnykly howa setüni üçin bu gatnaşyk ýerine ýetmeýär.

§18..**Atmosferanyň energetikasynyñ üỳtgemeleri.**

1.Kinetik energiýalaryň döremeginiň we ýitmeginiň tizligi;

2.Ýeterlik potensial energiýa.

1.Kinetik energiýalaryň döremeginiň we ýitmeginiň tizligýä.

Giňişlikde alnan kese-kesim k we H beýikligi bolan howa sütünininiň dürli energiýa görnüşiniň üýtgemegi aşakdakylar bilen şertlenendir:

a)Degişli energiýa görnüşiniň adwektiw akymy;
b)Howa massany içinde bolup geçýän energiýa öwrülşikleri. Bu goşulyjylar deňlemede 2 gezek gabat gelýär .Ýöne bu alamatlaryň dürli bolany üçin jemlenende gysgalýar;
ç)Hereket edýän howa massalaryň daşky gurşaw bilen özara täsiri ýa-da gizlin ýylylygyň bölünip çykmagy netijesinde energiýanyň artmagy.

Ähli atmosfera boýunça energiýanyň dürli gňrnüşleriň X we Z oklary boýunça deňlik deňlemäni ýazalyň:

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_M E_k dM = +\int_M u_i \frac{\partial p}{\partial x_i}\frac{dM}{\rho} - \int_M \kappa \frac{\partial u_i}{\partial z}\frac{\partial u_i}{\partial z} dM$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\int_M C_p T dM = -\int_M u_i \frac{\partial p}{\partial x_i}\frac{dM}{\rho} + \int_M \frac{g}{\theta}\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} dM + \int_M \varepsilon_j dM$$

$$\int_M b dM = \int_M \kappa \frac{\partial u_i}{\partial z}\frac{\partial u_i}{\partial z} dM - \int_M \frac{g}{\theta}\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} dM + \int_M \varepsilon_j dM$$

Bu deňlemeleriň derňewi ýylylyk deň agramlylygynda atmosferadaky energiýanyň esasy görnüşleriň hemişelik saklanmagynyñ mehanizmini aýdyňlaşdyrýar. E_k kinetiki energiýanyň tüweleý energiýasyna öwrülmegi bilen üznüksiz ýitirilmegi ($\int_M \kappa \frac{\partial u_i}{\partial z}\frac{\partial u_i}{\partial z} dM$ agza deň.) entalpiýanyň we bug emele gelmeginiň gizlin ýylylygynyň kinatiki energiýa öwrülmegi bilen öwezi doldurylýar. Oňa degişli kinetik energiýanyň döreýiş tizligi ($-\int_M u_i \frac{\partial p}{\partial x_i}\frac{dM}{\rho}$)agza deňdir. Öz gezeginde entalpiýanyň (U+П) we bugarmanyň gizlin ýylylygynyň ýitirilmegi şepbeşiklik hadysasynda we maýyşgak güýçleriň garşysyna iş edilmegi zerarly tüweleý energiýanyň öwrülmegi bilen doldurylýar ($\int_M \frac{g}{\theta}\kappa\frac{\partial\theta}{\partial z}dM+\int_M \varepsilon_j dM$ agza deň.)

Turbulent energiýanyň tüweleýiň kinetik energiýanyň üznüksiz ýitýän mahaly hemişelik galmagy esasy akymyň kinetiki energiýanyň hasabyna. Tüweleý en ergiýanyň doldurylmagy bilen bolup geçýär $\int_M \kappa\frac{\partial u_i}{\partial z}\frac{\partial u_i}{\partial z}dM$ agza deň.

Ýeterlik potensial energiýa.

Kinetik energiýanyň we entalpiýaň özara öwrülşigine baha berlernde 2 sany uly ulylygyň kiçi tapawudy kesgitlenýär. Ýagny başdaky we ahyrky halyň entalpiýalalarynyň tapawudy alynýar. Barlag tejribede maglumatlardan bu ululygyň ygtybarly bahasyny almak mümkin bolmaýar. Şonuň üçin has amatly ululyk ýagny ýeterlik potensial energiýa girizilýär. Ýagny bu ululyk berlen halda kinetik energiýa öwrülip biljek entalňiýaň bölegini aňladylýar. Iş ýüzünde ýeterlil potensial energiýsa berlen halyň doly potensial energiýasy entalpiýasy bilen käbir şertli halyň doly potensial energiýanyň tapawudy hökmünde alynýar. Soňky şertli hal howa massasynyň başlangyç haldan adiabatiki süýşmesinde izobariki üstler we deň potensial temperaturaly üstler gabat gelýän ýagdaýynda alynýar. Bu ýagdaýda gutarnykly haly kesgitleýän şertler şeýle häsiýetlendirilýär; şagny islendik izobariki üstüniň arsyndaky ortaça temperatura kese koordinatalara bagly bolmaýar. Diýmek temperatura meýdany kese basyş gradiýentine goşant goşmaýar. Bu ýagdaýda entalpiýaň kinetiki energiýa öwrüliş tizligi iň kiçi baha ýa-da nula deň bolýar.

§19. Atmosferanyň umumy aỳlawy. Okgunly akymlar

Atmosferanyň umumy sirkulýasiýasy diýip materikleriň we okeanlaryň ölçegleri bilen deňeşdirerlik derejede planetar masştably howa akymlarynyň jemine (sistemasyna-ulgamyna) aýdylýar. Şeýle akymlaryň keseleýin uzalyp (gorizontallaýyn) gidişi müňlerçe kilometre we ondan hem köpräk aralyga, olaryň galyňlygy bolsa birnäçe kilometrden onlarça kilometre ýetýär.

Umumy sirkulýasiýalar ýarym şarlaryň üstündäki we olaryň arasyndaky howa massalarynyň aýlanyşygyny, çalyşygyny kesgitleýär. Howa massalary bilen bilelikde atmosferanyň umumy sirkulýasiýasyna gatnaşýan ýylylyk, çyglylyk, dürli goşundylar we beýleki howanyň häsiýetleri göçürilýär. Şularyň ählisi klimatyň we onuň howasynyň dürli ýagdaýynyň emele gelmeginiň möhüm şertleridir.

Atmosferanyň umumy sirkulýasiýasynyň aýratynlyklary (halkalary) bolup durýan howa akymlarynyň häsiýetnamalary atmosferada temperaturanyň we howanyň dykyzlygynyň giňişlik boýunça paýlanyşyna görä we olaryň ýylyň dowamynda üýtgeýşi boýunça, şeýle hem Ýeriň aýlanmasynyň, ýer üstüniň gurluş häsiýetiniň, materikleriň orografiýa şertleriniň we beýleki aýratynlyklaryň täsiri boýunça kesgitlenilýär. Şol şertleriň birnäçeleriniň orny barada biz geçen bölümlerimizde öwrendik.

Troposferada ýarymşarlaryň üstünde temperaturanyň keseleýin gradienti mälim bolşy ýaly, ortaça pes giňliklerden ýokary giňliklere tarap ugrugandyr. Pes giňlikleriň has ýyly howasynda atmosferanyň basyşynyň peselişiniň ýokary giňlikleriň has sowuk howasynda basyşyň peselişinden haýal bolup geçýändigi aram we ýokary giňliklerde orta hem-de ýokary troposferada basyşyň keseleýin gradiýentiniň ortaça ekwatordan polýuslara tarap ugrukmagyna getirýär, hem-de howanyň hereketiniň agdyklyk edýän ugrunyň günbatar tarapdan süýşmesi bolup geçýär. Şeýlelikde, atmosfera diňe bir Ýeriň gije-gündizlik aýlanyşygyna gatnaşman, eýsem ol ýer üstüne tarap hem süýşýär. Troposferada umumy sirkulýasiýanyň esasy häsiýetli aýratynlyklary bolup durýan howanyň günbatardan süýşmesiniň tizligi giňlige bagly bolýar. Orta hasap boýunça onuň iň ýokary (max) derejesi 30-40^0 giňliklerde bolýar, ikinji derejeli max-my bolsa 55-60^0 giňliklerde ýerleşýär. Materikleriň we okeanlaryň üstünde temperatura şertleriniň birmeňzeş däldigi zerarly howa toplumlarynyň günbatar tarapdan süýşmesi aýdyň zonal häsiýetli däldir, ýagny giňlik aýlawynyň ugry boýunça ugrukmaýar; ol käbir ýerde demirgazyga tarap, kä ýerde bolsa günorta tarap gyşarýar, bu bolsa howanyň giňlikleriň arasyndaky alyş-çalşygynyň bolmagyna getirýär. Bu gyşarmalar bilen atmosfera basyşynyň meýdanyndaky ýokary örküçler we peslikler gabatlaşýar, şeýle ýagdaý orta we ýokary troposferada has-da aýdyň bolýar. Troposferanyň aşaky böleginde şeýle zonalaryň aşagynda siklonlar we antisiklonlar ösýär we olar bu ýerde atmosferanyň ýokarsyna garanyňda howanyň günbatar tarapdan süýşmesini has ýokary derejede dargydýarlar. Netijede ähli beýikliklerde howanyň süýşişiniň tizliginiň, onuň zonallygynyň häsiýetiniň we gaýtalanyşynyň ýylyň döwürlerine (pasyllaryna) hem bagly bolýandygyny görmek bolýar.

Howanyň zonal süýşmekligi esasan termiki ýeller boýunça kesgitlenýär we ol beýiklik boýunça ýokarlanýar. Käbir ýokary gatlaklaryň içinde ýeliň tizliginiň uly dikleýin gradiýentiniň bolmagy sebäpli hemişe dinamiki durnuksyzlyk ýagdaýy bolýar. Hereketleriň şeýle üýtgeýşi, esasan-da köplenç materikleriň we okeanlaryň araçäkleşýän ýerlerinde, şeýle hem olaryň dag gerşlerini kesip geçýän ýerlerinde duşýar.

Atmosferanyň umumy sirkulýasiýasynyň aýratynlyklary öwrenilende turbulentligiň esasy düşünjeleri hem peýdalanylýar. Makroturbulentlik (uly turbulentlilik) düşünjesi hem ilkinji bolup 1921-nji ýylda Defant tarapyndan girizildi we ol Riçardsonyň, A.S.Moniniň, Ç.W.Gruziniň işlerinde has-da ösdürildi. Atmosferanyň umumy sirkulýasiýasyna degişlilikde makroturbulentlilik öwrenilende şonuň ýaly masştab hökmünde Ýeriň radiusynyň ululygyny peýdalanmak mümkin. Uzynlygy 1000 km ýetýän howa tolkunmalary hasaplamalaryň görkezişi ýaly esasy (zonal) akymda ýeliň tizliginiň dikleýin gradientiniň bolmagy sebäpli durnuksyzdyr. Ýöne uzynlygy 5000 km golaý bolan tolkunlanma herektli howa akymlary, ýagny ölçegi boýunça Ýeriň radiusynyň ululygyna (6370 km) ýakyn bolan tolkunmalar has-da durnuksyz bolýar.

S.A.Maşkowiçiň geçiren gözegçiliginiň görkezişi ýaly tomsuna we gyşyna esasy akymyň tizliginiň dikleýin paýlanyşy boýunça tapawutlanyşy tomusky sirkulýasiýanyň has durnuklylygy bilen şertlenendir. Ortaça deň şertlerde hereketiniň durnuklylygy tropopauzanyň beýikliginiň peselmegi bilen ýokarlanýar. Şeýle hem, durnuksyzlygyň derejesi temperaturanyň dikleýin gradientine bagly bolýar we onuň artmagy bilen durnukzyslygy hem ýokarlanýar.

Günbatar (ýa-da gündogar) tarapdan howanyň talkunlanma hereketi kesgitli bir şertlerinde atmosferanyň umumy sirkulýasiýasynyň meridional aýratynlyk-larynyň (komponentleriniň) emele gelmegine we olaryň güýçlenmegine getirýär. Bu bolsa öz gezeginde giňlikleriň arasyndaky howa massalarynyň alyş-çalşygyny kesgitleýär. Uzyn tolkunmalaryň durnuksyzlygy zerarly döreýän uly masştably atmosfera tüweleýleri atmosferanyň umumy sirkulýasiýasynyň aýry-aýry häsiýetleriniň arasyndaky arabaglanyşygy amala aşyrýan esasy şert bolup durýar.

Kariolisiniň güýjiniň täsiri az bolan subtropiki we tropiki zonalarda sirkulýasiýa esasan termiki sebäplere bagly bolýar. Hasaplamalara görä subtropiki we aram zonalaryň arasyndaky araçäkde atmosfera sirkulýasiýasynyň durnuklylygy elmydama az bolýar. Şoňa görä-de bu zonalaryň her biriniň sirkulýasiýa düzgünlerini kesgitleýän parametrleriň kiçi hereketleri hem subtropikleriň howasynyň demirgazyga tarap, aram giňlikleriň howasyny bolsa günorta tarap aralaşdyrmaga ukyplydyr.

§20. Atmosferanyň umumy aỳlawynyñ nusgasy

Aerologiki gözegçilikleriň, ölçegleriň maglumatlary atmosferanyň umumy sirkulýasiýasynyň nusgasyny (shemasyny) gurmakda peýdalanylýar. Ýöne häzirlikçe sirkulýasiýanyň zonallaýyn, meridionallaýyn we dikleýin häsiýetlerini şol bir wagtda hasaba alyp görkezýän model düzülen däldir. Mysal hökmünde Mins tarapyndan gurulan atmosferanyň umumy sirkulýasiýasynyň çyzgysyna (shemasyna) seredeliň. Bu shema laýyklykda demirgazyk ýarym şarda 200mb. derejede (12 km beýiklikde) gyşyna güýçli günbatar ýelleri (40 m/sek bolan) demirgazyk giňligiň 30^0-nyň üstünde ýerleşendir. Tomsuna bu max dereje 15 m/sek çenli gowşaýar, demirgazyk giňligiň 45^0-na tarap süýşýär.

Günorta ýarym şarda hem bu beýiklikde günbatar ýelleri öwüsýär. Demirgazyk ýarym şaryň polýar sebitlerinde troposferanyň aşaky ýarymynda gündogar ýelleri duşýar. Subtropiklerde tomsuna we gyşyna, diňe tomsuna bolsa ähli giňliklerde 20km-den ýokarda gündogar ýelleri duşýar.

Tropiki zonanyň troposferanyň aşaky böleginde, ýagny basyşyň keseleýin gradiýentiniň ekwatora ugrundan ýerinde durnukly ýeller bolan-passatlar demirgazyk ýarym şarynda demirgazyk-gündogardan, günorta ýarym şarynda bolsa günorta-gündogardan öwüsýär. Passatlar bilen getirilýän howalar ekwatoryň golaýynda ýokary göterilýär we ýokary beýikliklerde antipassatlar görnüşinde ekwatordan akyp çykýar. Demirgazyk ýarym şarynda antipassatlar ilki başda günorta ýelleri bolup öwüsýär, soňra ekwatordan daşlaşdygyça we Ýeriň aýlanmasynyň ýapgytlyk güýjüniň täsiriniň ýokarlanmagy bilen olar günorta-günbatar we günbatar ýelleri hökmünde öwüsýär.

Giňlikleriň arasyndaky howanyň çalşygy ýelleriň wektorynyň meridional düzüjileri bilen kesgitlenýär. Aşakdaky suratda demirgazyk ýarym şarynyň üstünde 100 mb derejede ýanwar we iýul aýlary üçin ýeliň tizliginiň meridional düzüjileriniň ortaça paýlanyşy görkezilýär.

ABŞ-nyň subtropiki zonalarynyň üstünde stratosferada we mezosferada raketalar arkaly geçirilen gözegçilikleriň görkezişi ýaly 30 km beýiklikden ýokarda tomsuna we gyşyna ýelleriň tizliginiň günorta tarapdan düzüjileri agdyklyk edýär. Gyşyna ýelleriň tizligi 30-38 km beýiklikdäki gatlakda ortaça 0,5-1,0 m/sek-dan 45-58 km gatlakda 10 m/sek çenli artýar, soňra bolsa ol beýiklik boýunça peselýär. 65-68 km beýiklige ýakyn derejede tizligiň artmasy demirgazykdan öwüsýän ýellerde bolup geçýär we 70 km beýiklikde olaryň tizligi 6 m/sek ýetýär. Tomsuna günorta ýelleriň tizliginiň artmasy 30-40 km gatlakda 1 m/sek-dan 70 km beýiklikde 10 m/sek çenli bolup geçýär.

Gyşyna ABŞ-nyň demirgazyk sebitiniň üstünde raketalaryn gözegçiliklere görä, ýelleriň wektorynyň demirgazyk komponentleriniň ortaça tizligi 30 km beýiklikde 5 m/sek-dan 45 km beýiklikde 14 m/sek çenli artýar. Soňra ol 50-55 km gatlakda 5m/sek çenli peselýär we ýene-de 60 km golaý beýiklikde 27 m/sek çenli artýar. Tomsuna bu ýerde 40-50 km gatlakda tizligi 1 m/sek golaý bolan gowşak öwüsýän günorta ýelleri, 44 km beýiklikde bolsa tizligi 3 m/sek golaý bolan demirgazyk ýelleri öwüsýär, 52 km beýiklikde bolsa ýene-de tizligi 10 m/sek golaý bolan günorta ýelleri agdyklyk edýär.

Ekwator zonasynda meridional akymlaryň umumy sirkulýasiýada ýarym şarlaryň arasyndaky howa çalşygynyň bolmagynda ähmiýeti ulydyr. Ýokarda ýatlap geçişmiz ýaly howa çalşygy zerarly we onuň dürli beýiklikleriň arasyndaky özboluşlylygy, şeýle hem ýer atmosferasynyň dürli gatlaklarynyň hadysalarynyň arasyndaky özara täsirler sebäpli bolýan atmosferadaky uly masştably dikleýin hereketler uly orun eýeleýär R.Margetroýd we F.Singlton ýylylygyň şöhle tizliginiň düzüjileriniň 15-den 80 km beýikligde çenli temperaturasynyň dikleýin we meridional paýlanyşynyň maglumatlary boýunça hasaplama geçirdiler. Hasaplama görä bütin ýylyň dowamynda ýylylyk çeşmesi ekwator sebitinde, akym bolsa polýar tropopauza sebitinde bolýar.

EDEBIÝATLAR

Esasy:

1. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistanda Saglygy Goraýyşy ösdürmegiň ylmy esaslary. Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2007.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, halky söýmek bagtdyr. Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2007.
3. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Mälikgulyýewiç Berdimuhamedow. Gysgaça terjimehal. Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2007.
4. Parahatçylyk, döredijilik, progress syýasatynyň dabaralanmagy. Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2007.
5. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Mälikgulyýewiç Berdimuhamedowyň ýurdy täzeden galkyndyrmak baradaky syýasaty. Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2007..
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň daşary syýasaty wakalaryň hronikasy. Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2008.
7. Gurbanguly Berdimuhamedow. Döwlet adam üçindir. Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2008.
8. Türkmenistanyň Prezidentiniň obalaryň, şäherçeleriň, etraplardaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş – ýaşaýyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Milli Maksatnamasy. Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2007.
9. Gidormeteorologiki beketler we nokatlar üçin gollanma goşundy 3-nji göýberliş 1-nji bölüm.
10. Gidrometeorologiki adalgalaryň we düşünjeleriň sözlügi. Türkmengidromet 2004.

11. Gidrometeorologiýa işi hakynda Türkmenistanyň kanuny. “Türkmenistan” gazeti, Ruhnama aýynyň 15-i, 1999.
12. Макоско А.А., Панин Б.Д. Динамика атмосферы в неоднородном поле силы тяжести (2002) Метеорология
13. Матвеев Леонид Тихонович, Матвеев Юрий Леонидович Облака и вихри - основа колебаний погоды и климата (2005Метеорология)
14. “Динамическая метеорология” –С-Петерб, Гидрометеоиздат, 1999.
15. “Сборник задач по динамической метеорологии” Л., Гидрометеоиздат,
1984.
16. Хромов Сергей, Петросянц Михаил Метеорология и климатология серия: "Классический университетский учебник", Изд.: Издательство Московского университета. 2006.
17. Зайцева Н.А., Шлъяхов В.И. “Аэрология” Л., Гидрометеоиздат, 1988.

Mazmuny: