TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRLIGI

MAGTYMGULY ADYNDAKY TÜRKMEN DÖWLET UNIWERSITETI

Howa çaklamalarynyň gidrodinamiki usullary

S.M. Hümmedow, S.S. Hümmedowa, H.Soltanow

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy
Türkmenistantyň Bilim ministrligi tarapyndan hödürlendi

Aşgabat-2010

S.M. Hümmedow, S.S. Hümmedowa, H.Soltanow
Howa çaklamalarynyň gidrodinamiki usullary

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy – A : Türkmen döwlet neşirýat gullygy, 2010. 90 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.

Dersiň esasy maksady talyplarda, howany gidrodinamikanyň deňlemeleri esasynda öňüňden kesgitlemegiň meselelerinde häzirki zaman düşünjelerini emele getirmekdir. Dersde howanyň gidrodinamiki çaklamalarynyň usullarynyň fiziki we matematiki esaslary beÿan edilÿär. Dersi öwrenmegiň wezipesi talyplara dürli möhletdäki sinoptiki hadysalary gidrodinamiki modelleşdirmegiň we çaklamagyň nazary we amaly usullaryny öwretmekden ybaratdyr. Bu meseleler gidrodinamikanyň doly we süzülen deňlemeler ulgamynyň çözüwleri esasynda amala aşyrylýar. Dersde çaklama modellerini gurmaklyga dürli hilli çemeleşmege seredilýär, dürli matematiki usullaryň ýerne ýetirlişine baha berilýär we olar derňew edilýär. Spektral nusgalar özleşdirilende üýtgeýän ululyklary çyzykly-garaşsyz funksiýalar boýunça hatarlara dargatmagyň esaslaryny öwrenmeklige aýratyn uly orun berilýär. Şeýle hem funksiýalary saýlap almaklyga, deňlemeleri wagt boýunça integrirlemegiň usullaryna we çyzgylaryna uly ähmiýet berilýär. Mundan başga hem modelleriň gözenekleriniň düwünlerindäki maglumatlar bilen beýan edilmeýän we örän kiçi ölçegli hadysalary parametrlere getirmek usulyna köp üns berilýär.

Dersi maksada laýyk özleşdirmek üçin talyplarda ***“Umumy meteorologiýa”***, “***Dinamiki meteorologiýa***” ýaly dersler boýunça düýpli bilim bolmalydyr. Şeýle hem dersde öwrenilýän düşünjeler ýokary matematikanyň we fizikanyň çylşyrymly nazary bölümleri bilen çuňňur baglanşyklydyr. Çaklamalaryň fiziki, matematiki nusgalary özleşdirilende, howanyň basyşy we temperaturasy, atmosferadaky tolkun hereketleri we şöhle akymlary tüweleýleýin bitertip hereket ýaly meteorologiki düşünjelere esaslanylýar. Howa çaklamalarynyñ gidrodinamiki usullary dersiniň ýokary hünärli inźiner meteorologlary we sinoptikleri taýýarlamakdaky ähmiýeti örän ulydyr. Olar gidrometeorologiki maglumatlary peýdalanyp, gidrodinamiki çaklamalaryň usullary esasynda takyklygy örän ýokary bolan howa çaklamaryny düzmäge ukyply bolarlar.

§1. Atmosferanyñ esasy häsiỳetnamalary we nusgalary

1.*Birhilli atmosfera*. Dykyzlygy ähli biýikliklerde birmeňzeş, basyşy bolsa beýiklik boýunça çyzykly azalýan şertli atmosfera birhilli atmosfera diýilýär. Temperaturanyň wertikal gradiýenti birhilli atmosferada $\gamma=3.42^o/100\ m$. Eger deňiz derejesinde howanyň temperaturasy 0^0C bolsa onda birhilli atmosferanyň beýikligi $h=7991\ m$.

2.*Atmosferanyň politroplygy*. Statiki deňagramlylykda bolan, temperaturanyň dikleýin (wertikal) gradiýenti hemişelik galýan şertli atmosfera politrop atmosfera diýilýär. Politrop atmosferada temperatura we basyş statikanyň deňlemesi bilen baglanşyklydyr. $\frac{P}{P_0}=\left(\frac{T}{T_0}\right)^{\frac{gR}{\gamma}}$

Amaly çaklamalar üçin atmosferanyň politrop nusgalary, hadysalaryň politroplygyny, adiabatlygyny we kwazistatikligini hem-de ýeliň geostrofikliginiykrar edýär. Şeýle hem tropopauza şol bir bölejiklerden ybarat diýlip kabyl edilýär.

3.Atmosferanyň barotroplygy.Atmosfera massasynyň, dykyzlygyňdiňe basyşa bagly bolan ýagdaýdaky paýlanyşyna barotroplyk diýilýär. Şeýle gurşawda izotermiki üstler izobariki üstler bilen gabat gelýär. Barotroplygyň deňlemesi $\nabla\rho = B\nabla p$. Ýagny dykyzlygyň we basyşyň gradiýentleri gös-göni baglanşykda aňladylýar (proporsional). *B*-barotroplyk koeffisiýenti. Barotroplyk şertinde apsolýut tizlik tüweleýi saklanýar, geostrofik ýel bolsa dikleýin üýtgemä eýe däldir. Amaly çaklamalar üçin barotrop model ýokarky şertlerden başga tizligiň gorizontal diwergensiýasyny göz öňüňde tutýar. Dikleýin hereketler bolmaýar.

4.Baroklin atmosfera. Bu ýagdaýda atmosfera massasy dykyzlyk diňe
basyşa dälde beýleki ululyklara hem bagly bolar ýaly ýerleşýär. Mysal üçin dykyzlyk gury howada temperatura, çyg howada çyglylyga bagly bolýar. Baroklin atmosferada deň dykyzlykly (izopikniki) we deň udel göwrümli üstler izobariki üstler bilen gabat gelmeýärler, ýöne olar bilen kesişip, izobaro-izosteriki solenoidlary emele getirýärler. Bu ýagday izobariki we izotermiki üstlere hem degişlidir. Sinoptiki kartalarda baroklinligiň görkezijisi bolup izobariki üstde temperatura gradiýentiniň ýüze çykmagy hyzmat edýär. Baroklinlik derejesi, gorizontal ýa-da wertikal üstler bilen kesişýän birlik izobaro-izosteriki soleniodleriň udel sany (birlik meýdandaky) bilen ölçenilýär. Eger üst gorizontal bolsa, bu san

$$N = \frac{\partial \vartheta}{\partial x}\cdot\frac{\partial p}{\partial y} - \frac{\partial p}{\partial y}\cdot\frac{\partial p}{\partial x}$$ ululyga deňdir.

Gidrodinamiki çaklamalar üçin atmosferanyň baroklin modeli temperaturanyň, basyşyň paýlanyşy bilen deň bolmadyk paýlanşyny göz öňünde tutýar. Diýmek ýeliň dikleýin (wertikal) üýtgemegine çäk göýulmaýar. Baroklinlik ýagdaýynyň bolmazlygy barotroplygy ykrar edýär.

5. *Geopotensial*. Bu ululyk birlik howa massasynyň deňiz derejesine görä potensial energiýasy *Φ* bolup, bu massanyň agyrlyk güýjündäki haly bilen kesgitlenýär.

$$\partial\Phi = gdz\,. \qquad\qquad \Phi = \int_0^z gdz$$

Atmosferanyň käbir nokadyndaky geopotensial san taýdanbirlik howa massasyny agyrlyk güýjüniň meýdanynda deňiz derejesinden berlen nokada çenli ýokary götermäge sarp edilen

işe deňdir. Geopotensialyň ölçeg birligi *[Φ]=[sm^2/s^2]*.
*Geopotensial beÿiklik.*Berlen nokatdaky ÿa-da üstdäki geopotensial bolup,geoponsial metrlerde aňladylÿar. G.B. san taÿdan, *g=980 sm/s^2* bolandaky metrlerda aňladylan beÿiklige deňdir.
3)Atmosfera hereketleriniň mümkin bolan görnüşleriniň derňewi olary iki topara bölüp bolÿandygyny görkezÿär.
1.Çalt tolkunlar (akustiki we grawitasiÿa). Olaryň amplitudalary atmosferada adatçä kän bolmaÿar we howa çaklamalarynda kän bir uly gyzyklanma döretmeÿärler.
2.Haÿal hereketler (inersiÿaly).Olar uly tizlikli siklon we antisiklon
tüweleÿlerini emele getirÿän sinoptiki hereketlerdir. Tüweleÿleriň gorizontal ölçegleri $\frac{C}{2\omega}$ ululyga barabardyr. Bu ÿerde *C*-sesiň adaty tizligi, *ω*-Ýer aÿlanmasynyň burç tizligi.

Kesgitleme 1. Howa hereketiniň, meÿdanyň ähli nokatlarynda, Ýer aýlanmasynyň gyşardyjy güÿçüniň gorizontal düzüjisiniň, gorizontal bariki gradient güýjüni deňagralmaşdyrÿan ÿagdaÿyna *geostrofiki deňagramlylyk* diÿilÿär. Ýagny geostrofiklik şerti:

$$2\Omega x V_g = -\frac{1}{\rho}\nabla_H p$$ V_g-geostrofik ÿeliň tizligi

*Kesgitleme 2.*Howanyň sürtülme güÿji ÿok bolandaky deňölçegli, göniçyzykly gorizontal hereketine *geostrofiki ÿel* diÿilÿär. Geostrofiki ÿeliň tizliginiň san ululygy:

$$V_g = \frac{1}{l\rho}\cdot\frac{\partial p}{\partial n} \qquad \upsilon_g = -\frac{1}{l\rho}\cdot\frac{\partial p}{\partial y}$$

$$\vartheta_g = \frac{1}{l\rho}\cdot\frac{\partial p}{\partial x}$$

Kwazigeostrofiki hereket -bu howanyň hakyky ÿa-da gowy takmynlykda ÿele golaÿ bolan hereketidir. Şeÿle herekete sürtülme derejesinden ÿokardaky uly ölçegli akymlar bilen atmosferanyň umumy sirkulÿasiÿasyny mysal edip bolar.

Kwazistatiki hadysa -bu atmosfera howasynyň çäklendirilen massasynyň içki basyşy ÿeterlik takmynlykda gurşap alan howanyň daşky basyşyna deň bolandaky hadysadyr. Bu howanyň dikleÿin (wertikal) süÿşmesi wagtynda şol bir beÿiklikde: $p_i = p_a = p$

$$\frac{\partial p_i}{\partial z} = \frac{\partial p_a}{\partial z} = \frac{\partial p}{\partial z}$$

Howanyň hereket mukdarynyň diwergensiÿasy

$$div \rho V = \nabla \rho V = \frac{\partial \rho \upsilon}{\partial x} + \frac{\partial \rho \vartheta}{\partial y} + \frac{\partial \rho \omega}{\partial z}$$

Bu birlik göwrüm bilen çäklenen üstden geçýän massa akymydyr.

Tizligiň diwergensiýasy:

$$div V = \nabla V = \frac{\partial \upsilon}{\partial x} + \frac{\partial \vartheta}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial z}.$$

Bu howanyň birlik massasynyň tutÿan göwrüminiň wagt birliginde göräleÿin üÿtgemegidir.

§ 2.METEOROLOGIKI MEÝDANLARY ÖŇÜNDEN HASAPLAMAGYŇ FIZIKI ESASLARY.

Atmosfera GTD-niň doly deňlemeleri we olaryň aýratynlyklary.GTD-niň doly deňlemelerinde dikleýin ok boýunça hereket deňlemesiniň deregine statikanyň deňlemesi kabul edilýär. Turbulent şepbeşikligiň we ýylylyk akymlarynyň ýok mahaly izobarik koordinatalar ulgamynda bu deňlemeler şeýle görnüşi alar.

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+\vartheta\frac{\partial u}{\partial y}+\tau\frac{\partial u}{\partial p}=-g\frac{\partial H}{\partial x}+l\vartheta \tag{1.1}$$

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial t}+u\frac{\partial \vartheta}{\partial x}+\vartheta\frac{\partial \vartheta}{\partial y}+\tau\frac{\partial \vartheta}{\partial p}=-g\frac{\partial H}{\partial y}-lu$$

$$\frac{\partial u}{\partial t}+\frac{\partial \vartheta}{\partial x}+\frac{\partial \vartheta}{\partial y}+\frac{\partial \tau}{\partial p}=0$$

$$T=-\frac{g}{R}p\frac{\partial H}{\partial p}$$

$$\frac{\partial T}{\partial t}+u\frac{\partial T}{\partial x}+\vartheta\frac{\partial T}{\partial y}=\frac{c^2}{Rp}\tau$$

Seredilýän deňlemeler ulgamy wagt boýunça üç önümi özünde saklaýar. Munuň özi başlangyç wagt pursatynda giňişlikde üç funksiýanyň paýlanyşynyň berilmelidigini aňladýär. Bu üç funksiýa bäşiň içinden islendik görnüşde saýlanyp alynýar. Mysal üçin eger belli funksiýalar hökmünde *u,v* we *H* kabul edilse, onda *T*-statikanyň deňlemesiniň kömegi bilen tapylýar. *T*-üznüksizlik deňlemesinden tapylýar. (1) deňlemeler ulgamy örän çylşyrymlydyr. Sebäbi ol birnäçe çyzykly däl agzalary özünde saklaýar. Adaty (derňew) usuly bilen onuň çözüwini (takyk) almak mümkin däldir. Şol sebäpden ol amaly (takmyn) usullar bilen çözülýär.

Çaklama meseleleriniň goýluşy. Dikleýin ugur boýunça gyra şertler hökmünde atmosferanyñ ýokarky serhedi boýunça howanyñ geçmezlik şerti we ýer üstünde çäklenmek şerti kabul edilýär. Ýagny *p=0* bolanda *τ=0*, *p=P* bolanda:

$$\tau=\tau_1=g\rho_1\left(\frac{\partial H}{\partial t}+u\frac{\partial H}{\partial x}+\vartheta\frac{\partial H}{\partial y}\right)$$

Jemleme oblastlarynyñ serhetlerinde şertleriñ goýluşyna garalyñ. Şeýle zerurlyk deñlemeler ähli Ýer togalagy boýunça jemlenende (integrirlenende) däl-de käbir çäklenen ýerde ýüze çykýar (şol ýerde integral alnanda).
Seredilýän ýeriñ serhedinde ähli funksiýalaryñ üýtgemezlik ýagdaýyndaky ýönekeý serhet şertleri kanagatlanarly netije

$$V_n\Big|_\Gamma = 0 \qquad \frac{\partial V_\tau}{\partial n}\Big|_\Gamma = 0 \qquad \frac{\partial H}{\partial n}\Big|_\Gamma = 0$$

bermeýär. Bu şertleri goýmaklyk, haçanda integrirlenýän ýeriñ serhedi ekwabordan geçende has esasly bolup durýar. Bu ýagdaýda serhetde ýel tizliginiñ normal düzüjisi V_n, tizlik wektorynyñ galtaşýan düzüjisinden normal boýunça alnan önüm V_τ, hem-de izobarik üstlerden olaryñ beýikligi boýunça alnan önümler nula deñ bolýär.
Bu gyra şertler demirgazyk we günorta ýarym şarlaryñ arasynda howa çalyşygynyñ örän azlygy hakyndaky belli empiriki delilleri şekillendirýär. Deñlemeler ulgamynda τ-ny kesgitlemek üçin üznuksizlik deñlemesini p boýunça integrirlemeli we (1.2) gyra şertleriñ birinjisini ulanmaly. Ýagny:

Adatça $t=0$ bolanda $u=u_0$, $v=v_0$, $H=H_0$ kabul edilýär.

Wagt boýunça ädimler usuly.Başlangyç wagt pursatynda t_0 nokatlaryñ giñişlik gözeneginiñ düwünlerinde

$$\tau = -\int_0^p \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial \vartheta}{\partial y}\right) dp$$

başlangyç şertler berilýär ýagny çözüw oblastyny çäklendirýän üstlerde ýatýan nokatlarda serhet şertleri goýulýar. Gyra şertleri peýdalanyp başlangyç şertler boýunça çaklama deñlemeleriniñ ähli agzalarynyñ gutarnykly-tapawut

çalşyrgyçlary hasaplanylýär. Olar giñişlik içki düwünlerinde önümleriñ alamaty aşagynda durmaýan garaşly üýtgeýjileri özünde saklaýar. Her bir çaklama deñlemesinde bu agzalaryñ jemi wagt boýunça önümlere san taýdan deñdir.
Soñra gutarnykly-tapawut çalşyrgyçlary (önümleriñ) peýdalanyp başlangyç şertlere görä wagt boýunça ädime deñ bolan wagt aralygyny (ýagny $t_0+\Delta t$ pursatda) ahyrynda garaşly üýtgeýjileriñ (meteoululyklaryñ) bahalaryny hasaplaýarlar. Soñra diagnostiki (barlag) deñlemeleriniñ kömegi bilen çaklama deñlemeleri bolmadyk meteoululyklary hasaplaýarlar. Netijede wagt boýunça birinji ädimiñ soñunda, ýagny $t_0+\Delta t$ pursatda GTD-niñ deñlemelerinde bar bolan ähli meteoululyklaryñ çaklamalaryny düzýärler.Alnan

meteoululyklar indiki wagt ädiminde başlangyç şertler hökmünde peýdalanylýar.

Bu işi köp gezek gaýtalamak bilen berlen wagt pursaty üçin meteoululyklaryñ çaklamasy düzülýär [($t_0+N\Delta t$) pursat üçin]. N-wagt ädimleriñ, $N\Delta t$ –çaklama wagt interwaly. Bu usula deñlemeleri yzygiderli çözmegiñ wagt boýunça ädim usuly diýilýär.

§3.METEOROLOGIKI MEÝDANLARY ÇAKLAMAGYÑ ÖZENI ÇYZGYLARY

Çaklamanyň özeni esasy çyzgysy. Sinoptiki hadysalaryñ gidrodinamikasynda kwazistatiki ýakynlaşma giñden peýdalanylýar. Ol deñlemeleriñ çözüwinden akustiki tolkunlary süzüp aýyrýar. Bu ýagdaýda dikleýin koordinatalar hökmünde basyşy p, näbelli funksiýa hökmünde bolsa basyş meýdanynyñ deregine izobarik üstleriñ ($p=çonst$) beýikliklerininñ meýdanyny $z(x,y,p,t)$ peýdalanmak amatlydyr. Soñra ähli näbelli funksiýalar kiçi parametriñ derejeleri boýunça hatara dargadylýar. Kiçi parametr bolup Kipeliñ sany hyzmat edýär. $R_i=U/lL$ (Lwe U sinoptiki hadysalar üçin uzynlygyñ we tizligiñ adaty ölçegleri, l-koriolisiñ parametri). Tizlikler üçin esasy agzalar:

$$u_x = -\frac{g}{l}\cdot\frac{\partial z}{\partial y}; \qquad u_y = \frac{g}{l}\cdot\frac{\partial z}{\partial x}$$

Bu kwazigeostrofiki ýakynlaşma bolup, grawitasiýa tolkunlary aradan aýrylýar. Bu ýakynlaşmada GTD-niñ deñlemeleri potensiýal tüweleýiñ saklanma deñlemesine syrygýar. Ol deñleme izobariki üstleriñ beýikликleriniñ z sinoptiki üýtgemelerini ýazyp beýan edýär. Onuñ çözüwi üçin dine bir başlangyç z meýdanyñ berilmegi zerurdyr. Ol tebigtatda ýönekeý ölçenilýär. Kwazisolenoidal ýakynlaşma näbelli funksiýalary, Mahyñ sanynyñ kwadraty boýunça hatarlara dargatmak arkaly alynýar. Tizlikleriñ baş bölekleri hökmünde onuñ solenoidal düzüjileri $u_x = -\partial\psi/\partial y$ we $\vartheta_y = \partial\psi/\partial x$ hyzmat edýär. ψ we z funksiýalaryñ arasyndaky baglanyşyk balans deñlemesi arkaly berilýär. Umuman z meýdana tok funksiýasynyñ meýdany ψ goşulýar. Netijede çylşyrymly matematiki mesele döreýär. Ýagny başlangyç z meýdany boýunça başlangyç ψ meýdany hasaplamaly bolýar.

Dürli ýurtlaryñ meteogulluklarynyñ iş tejribelerinde, gysga möhletli çaklamalar üçin doly kwazistatiki, şeýle hem süzülen deñlemelere esaslanýan atmosfera modelleri peýdalanylýar.

Başlangyç we gyra şertler. Başlangyç z meýdany bilmeklik howanyñ temperaturasyny T gidrostatiki añlatma boýunça kesgitlemäge mümkinçilik berýär, ýagny:

$$T = -\frac{g}{R}\cdot\frac{\partial z}{\partial \ln p}$$

Bu ýagdaýda T meýdany çaklamagyñ takyklygy, z meýdany çaklamagyñ, şeýle hem bu meýdanyñ dikleýin gurluşuny beýan etmegiñ takyklygy bilen çäklenýär. Soñky ululygy beýan etmek üçin, takyklygy derejeleriñ sanyna bagly bolan gutarnykly-tapawut usullary (şeýle hem derejeleriñ beýiklik boýunça ýerleşişine bagly) peýdalanylýar. Edil şonuñ ýaly hem hususy funksiýalar peýdalanylýan ine ati usullar ulanylýar. Ýel tizliginiñ düzüjileri u, v, ω hem başlangyç z meýdan boýunça hasaplanyp bilner (ýa-da z we ψ). Basyş we gorizontal ýel meýdanlary bilen deñeşdireniñde, dikleýin tizligiñ meýdany (ω) adiabatiki däl faktorlara, hem-de ýer üstüniñ egriligine has duýgurdyr.

Başlangyç maglumatlaryň we adibatik däl hadysalaryň ähmiýeti .Ýeriñ egriligini hasaba almak üçin, ýer üstüniñ gurluş (relỳef) şerti $z=f(x, y)$ berilýär. Adiabatik däl faktorlardan has möhümi ýer üsti sürtülme bolup durýar. Ol ululyk gorizontal τ wektor bilen häsiýetlendirilýär. T-Ýer üsti sürtülmäniñ ugruny añladýar. Meseläniñ has doly goýluşynda, z we ψ meýdanlara ýer üstiniñ gurluşynyñ hem-de sürtülmesiniñ täsirini hasaba almalydyr.

Kwazigeostrofiki hem-de kwazisolenoidal ýalyklaşmanyñ deñlemeleri çözülende, u, v, ω meýdanlary bilmeklik, atmosferada dürli garyndylaryñ süýşmesini hasaplamaga mümkinçilik berýär. Atmosferadaky esasy garyndy bolsa suw bugudyr. Eger ol doýgun däl halynda bolsa, onda udel çyglylygyñ meýdanynyñ ösüşini çyg akymynyñ aşakdaky görnüşdäki deñlemesi bilen hasaplap bolar.

$$\frac{dq}{dt} \approx \frac{\partial q}{\partial t} + [\psi, q] + \omega * \frac{\partial q}{\partial p}$$

Bu ýerde udel çyglylygyñ ýerine gyraw nokadyny, ýagny berlen q we p ululyklarda howanyñ doýgun halda bolýan temperaturasyny girizmek amatlydyr.

(1) deñleme üçin häzirki zaman çaklama modellerinde gyra şertleri bolup, ýer

üstündäki çyglylygyñ deñlemeleri hyzmat edýär. Özem topragyñ çyglylygynyñ ösüşi, çyg bugaryşynyñ we sublemasiýanyñ tizligi; (garyñ, buzuñ) ygal düşmeginiñ we gar örtüginiñ eremeginiñ tizligi üçin deñlemeler peýdalanylýar. Basyşyñ (geopotensialyñ), gorizontal we wertikal ýel tizligininiñ, çyglylygyñ we gyraw nokadynyñ ýetmezçiliginiñ, meýdanlary adiabatic ýakynlaşmadaky gidrodinamiki hasaplamalarda alynýar. Olar giñişlik we wagt ölçegleri uly bolan sinoptiki yrgyldylary (üýtgemeleri) amala aşyrýarlar. Bu yrgyldylar düzlenen (timarlanan) bolup ownuk ölçegli hadysalar utgaşýan sinoptiki fony (ýalkymy) berýärler. Fiziki hadysalaryñ bir ýerdäki aýratynlyklaryny (howany emele getirýän) öñünden hasaplamak statiki we empiriki baglanyşyklaryñ esasynda sinoptiki ton (ýalkym) baradaky bilimleri peýdalanyp geçirilýär.

Temperaturanyñ gije-gündizlik üýtgemesiniñ çaklamasy ýylylyk geçirijiligiñ adiabatik däl deñlemesini çözmek ýoly bilen geçirilýär. Ol deñleme atmosferanyñ serhet gatlagynda bolup geçýän hadysalary hasaba alýar.

Ygallaryñ düşmegi adatça şeýle hasaplanylýar. Doýgunlaşýan çyglylygyñ meýdany qs çyglylygyñ meýdany bilen (q) deñeşdirilýär. Nirede $q> q_s$ bolsa çyg kondensirlenýär we ygal görnüşinde düsýär. Temperatura baglylykda gar ýa-da ýagyş ýagýar. Çygyñ mukdary $\delta q=q- q_s$. Hasaplamalarda şeýle zat bolmagy mümkin, ýagny kondensasiýa nokatdyndan aşakdaky atmosfera derejelerinde $q< q_s$ şert bolup biler. Käbir çaklama nusgalary ony göz öñünde tutýarlar. Olarda $\delta q=q-\gamma q_s$ görnüşdäki baglanyşyk peýdalanylýar (empiriki) $j=0.8\div 0.9$ empiriki koeffisiýent. Şeýle hem goşmaça emperiki şertler kabul edilýär. Mysal üçin ygallar diñe kesgitli wertikal tizlik bar mahaly düşýärler. Adatça nirede kondensasiýa bar bolsa ($q>q_s$) şol ýerde *100%* bulutlyk bar diýilýär. Bulutlaryñ mukdary üçin $n=aq+b$ gornüşindäki baglanyşyk (empiriki) peýdalanylýar. *A* we *b* koefisiýentler atmosferanyñ dürli beýikligi üçin dürli baha eýedirler.

§4. SÜZÜLEN ÇAKLAMA NUSGALARY

Süzülen nusgalaryň toparyna kwazigeostrofiki we kwazisolenoidal çäklama nusgalary degişlidir. Olar uly çäklendirmeleriň birnäçesine eýedirler. Bu ýerde esasy zat ýeliň geostrofiklige golaýdygyny ykrar etmek bolup durýar. Bu nusgalar boýunça çaklamalar doly garanyňda az üstünlige eýedir. Ýöne olarda hasaplanyş serişdeleriniň öndürijiligine we maglumat üpjünçiligine bolan talaplar has az bolýar. Bu nusgalaryñ esasy artykmaçlygy, olaryň gidrometeomeýdanlaryň ösüşini kesgitleýän hadysalaryň aýdyň şekillendirlişini we hil taýdan derňelişini amala aşyrýandygynda ybaratdyr.

Çözülen nusgalarda esasan kwazigeostrofiki we kwazisolenoidal ýakylaşmalardaky barotrop hem-de baroklin atmosfera nusgalary peýdalanylýar. Barotrop nusga tizlik tüweleýiniň deňlemesi esasynda gurulýar. Bu nusga izobariki üstüň geopotensiýalyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Ýöne olar howanyň emele gelmeginde möhüm bolan temperatura adweksiýasyny hasaba almaýarlar. Olardan tapawutlylykda baroklin nusgalar köp derejeli bolup durýarlar. Ýagny olar atmosferanyň üç ölçegli şekillendirilişine ýol berýärler. Şeýle hem basyş, temperatura, ýel meýdanlaryna, wertikal hereketlere dürli hadysalaryň täsirini ykrar edýärler. Şol meýdanlaryň yrgyldylaryny hasaba alýarlar.

Barotrop kwazigeostrofiki nusga. Kwazigeostrofiki nusgalarda esasy çaklama deňlemeleriniň biri kwazigeostrofiki ýakynlaşmadaky tizlik tüweleýiniň deňlemesidir. Belli bolşy ýaly atmosferanyň aşaky we ýokarky şerhedinde wertikal (dikleýin) tizlik nula deňdir. Atmosferanyň käbir derejesinde bolsa ol ekstremal bahany alýar. Bu ýerde $\partial\tau/\partial p = 0$ şert ýerine ýetýär. Ýagny, tizligiň gorizontal diwergensiýasynyň nula deňlik şertine degişli bolup durýar. Görkezilen derejede (*600 GPa*) tizlik tüweleýiniň deňlemesi şeýle ýazylýar:

$$\nabla^2 q = lAg \ (1)$$

Bu ýerde $q = {\partial \phi}/{\partial p} = 0$ geopotensiýalyň ösüşi. *Ag=Ag(x,y)*, tüweleý deňlemesiniň sag tarapy. Bu deňlemä tizlik tüweleýiniň kwazigeostrofiki barotrop deňlemesi diýilýär. Bu deňlemäniň adalatly bolýan *600 GPa* golaý derejä bolsa, ortaça, ekwiwalent-barotrop ýa-da diwergent däl dereje diýilýär. Adatça bu dereje hökmünde *500 Gpa* ýa-da *700 Gpa* izobarik üstleri kabul edýärler. Nirede ${\partial \tau}/{\partial p} \neq 0$ şert ýerine ýetýän islendik başga dereje üçin bolsa tizlik tüweleýiniň deňlemesi şeýle bolýar:

$$\nabla^2 \frac{\partial \phi}{\partial t} = lAg + l^2 \frac{\partial \tau}{\partial p}$$ *l*-koriolisiň parametri.

Bu deňlemäniň çözüwine esaslanýan çaklama nusgalaryna barotrop diýilýär. Ekwiwalent barotrop nusga tizlik tüweleýiniň umumylaşdyrylan deňlemesi esasynda gurulýar. Bu nusgada atmosferanyň ähli galyňlygynda wertikal (dikleýin) gurluş hasaba alynýar. Ýöne atmosferanyň jemleýji häsiýet ekwiwalent barotrop derejäniň birine degişli edilýär. Tizlik tüweleýiniň umumylaşdyrylan barotrop deňlemesi :

$$\nabla^2 q - \frac{1}{z_0^2} q = lAg$$

Oňa *q* görä *Gelmegolsyň* deňlemesi diýilýär.
Bu deňleme (1) deňlemä görä käbir nokatda geopotensiýalyň üýtgemesiniň, gabap alan töwerekde tüweleý adweksiýasynyň ýaýramagyna baglydygyny has hakykata golaý ýüze çykarýar.

(1) deňlemäbiň çözüwi silindrik koordinatalar ulgamynda aşakdaky serhet şertlerinde gurulýar.

1)r=0 bolanda, *q(0)≠+∞*;

2)r=R₀-jemleme oblastynyň radiusy bolanda, $\bar{q}\big|_R$ - ululyk berlen.

Alnan çözüw R_0 radiusly konturda serhet şertleriniň berilmegini talap edýär. Çäklenen ýerde bu serhet şertleriniň kesilmegi ýa-da käbir pikirlere görä berilmegi zerurdyr.

(2) deňleme (tüweleýiň umumylaşdyrylan deňlemesi) aşakdaky serhet şertlerinde çözülýär:

1. Oblastyň serhedinde $\bar{q}\big|_{R_0}$ -berlen;
2. *r=0* bolanda: $\bar{q}\big|_{r=0}$ =*q(o)*≠± ∞

Başlangyç we gyra şertler. Iki ölçegli kwazigeostrofiki nusgalarda başlangyç şertlere we hasaplanyş tehnikasynyň mümkinçiliklerine has az talap bildirilýär. Ýöne olarda kabul edilýän goşmaça fiziki çäklendirilmeler käwagt, hatda köplenç hakyky şertler bilen ylalaşmaýarlar. Şoňa görä hem bu nusgalar boýunça düzülen çaklamalaryň hili ýokary däldir. Şol sebäpden has takyk çaklama usullaryny döretmegiň ýoly iki ölçegli nusgalaryň çäklendirmelerinde ýüz öwrüp üç ölçegli baroklin nusgalara geçmekden ybaratdyr (olary gurmaklyga).

Giriş deňlemeleri hökmünde GTD-niň doly deňlemeler ulgamy kabul edilýär. Atmosferanyň aşaky we ýokarky serhetlerinde şeýle gyra şertleri kabul edilýär. Ýagny, izobariki kordinatalar ulgamynda geostrofiki gatnaşyklar esasynda şeýle ýazyp bolar:

$$u\frac{\partial z}{\partial z}+\vartheta\frac{\partial z}{\partial y}=0 \qquad \text{onda:} \qquad \tau=\rho g\left(\frac{\partial z}{\partial t}-\omega\right)$$

Atmosferanyň ýokarky serhedine (*p=0*) $\xi = {}^{p}\!/\!_{P} = 0$ *ρ→0, τ→0.*

Atmosferanyň aşaky serhedinde (*ξ=1*) sürtülmäni hasaba almazdan (orografiýany hem) ω=0 diýip bolar. Onuň bilen baglanyşykda:

$\tau_0 = g\rho_0\dfrac{\partial z_0}{\partial t}$ indeks “0” *1000 Gpa* derejä degişlidir (*ξ=1*).

Ỳönekeỳ fiziki düşunjelerden belli bolşy ỳaly dikleỳin tizlik atmosferanyñ ỳokarky we aşaky serhetlerinde nula golaỳdyr

,has takygy nula deñdir. Atmosferanyñ käbir derejesinde bolsa ol ekstremal bahany alỳar. Bu derejede $\frac{\partial \tau}{\partial t} = 0$ bolup ol tizligiñ keseleỳin diwergensiỳasynyñ nula deñlik şertine gabat gelỳär. Dikleỳin tizlikleriñ meỳdanlarynyñ derñewiniñ görkezişi ỳaly hakykatdanda 600Gpa üstüñ golaỳynda ortaça dikleỳin tizlik özüniñ ekstremumyna ỳetỳär(iñ uly ỳa-da iñ kiçi bahasyna).

Gözenek usuly.Çözüwiñ gözenek usuly deňlemeleriň çözüwleriniň kesgitlenýän oblastynda meteoululyklaryň bölekleýin (diskret) bahalarynyň berilmegini göz öňünde tutýar. Bu oblastyň çäginde hasaplanyş ulgamy kabul edilýär we garaşsyz üýtgeýjileriň bölekleýin bahalary hem-de aşaky gatnaşyklarda ölçeg birliksiz koordinatalar girizilýär:

$$i = \frac{x}{\Delta x}; \qquad j = \frac{y}{\Delta y}; \quad k = \frac{z}{\Delta z}; \quad (k = \frac{p}{\Delta p}\ k = \frac{\xi}{\Delta \xi})$$

$$S = \frac{t}{\Delta t}$$

Δx, Δy, $\Delta\ z$, (Δp, $\Delta \xi$) –giňşlik boýunça ädimler (koordinata oklarynda goňşy nokatlaryň arasyndaky uzaklyk). $\xi = \frac{p}{P}$ (*P=1000GPa*) ölçeg birliksiz basyş. Δt-wagt boýunça ädim (wagt okunda goňşy nokatlaryň arasyndaky uzaklyk).

Ýagdaýlary giňişlikdäki bölekleýin ölçegsiz koordinatalar bilen we wagt boýunça kesgitlenýän nokatlaryň toplumyna giňişlik-wagt gözenegi atlandyrylýar. Bu gözenegiň nokatlaryna düwünler diýilýär. Diýmek gözenekler usulynda üznüksiz giňişlik we wagt nokatlaryň bölekleýin köplügi bilen çalşyrylýar (gözenegiň düwünleri). Funksiýalaryň meýdany bolsa (meteoululyklaryň) *f(s, y, z(p, ξ)t)* funksiýalaryň bölekleýin-gözenek bahalarynyň köplügi görnüşinde berilýär. $f^{S}_{i,j,k}$. Gözenekler düwünleriniň sany, ädimleriň ölçegi öýjükleriň gurluşy boýunça tapawutlanýarlar.

Izobarik koordinatalar ulgamynda baroklin kwazigestrofik nusga. Bu nusgada uly atmosfera hereketleriniň kwazigeostrafikligini, kwazistrafikligini we adiabetikligine ykrar edeliň. Munuň özi stafikanyň deňlemesiniň we hereketiň geostrafiklige golaýlygynyň ýerine ýetýändigini aňladýar. (Şeýle hasap edilýär)
Giriş deňlemesi hökmünde GTD-niň doly deňlemeler ulgamyny kabul edeliň. Ol $\zeta = \frac{p}{P}$ üýtgeýji girizilenden we kiçi agzalar aýrylandan soň şeýle görnüşi alar. $\frac{\partial u}{\partial \zeta}$ we $\frac{\partial \upsilon}{\partial \zeta}$ agzalar örän kiçidir.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + \upsilon\frac{\partial u}{\partial y} = -g\frac{\partial H}{\partial x} + l\upsilon$$

$$T= -\frac{g}{R}\zeta\frac{\partial H}{\partial \zeta};$$

$$\frac{\partial \upsilon}{\partial t} + u\frac{\partial \upsilon}{\partial x} + \upsilon\frac{\partial \upsilon}{\partial y} = -g\frac{\partial H}{\partial x} + lu$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial \upsilon}{\partial y} + \frac{1}{p}\frac{\partial \tau}{\partial \zeta} = 0$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u\frac{\partial T}{\partial x} + \upsilon\frac{\partial T}{\partial y} = \frac{c^2}{Rp\zeta}\tau$$

Birinji iki deňleme basyş bilen ýeliň arasyndaky gatnaşygy almaga kömek berýär.Alnan gatnaşyklaryň kömegi bilen keseleỳin diwergensiýa üçin alarys.

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial \upsilon}{\partial y}=-\frac{g}{l^2}\left[\Delta\frac{\partial H}{\partial t}+\left(H,\frac{g}{l}\Delta H+l\right)\right]$$

A_Ω – tizlik

$$A_\Omega=-\left(H,\frac{g}{l}\Delta H+l\right)-$$

tüweleỳiniñ adweksiỳasy

Alnan aňlatmalary üznüksizlik deňlemesinde goýup alarys:

$$\Delta\frac{\partial H}{\partial t}-A_\Omega=\frac{l^2}{pg}\frac{\partial \tau}{\partial \zeta} \quad \text{(a)}$$

A_Ω – położitel tüweleỳ akymynda (+), otrisatelde (-)alamata eỳedir

Indi ýylylyk akymynyň deňlemesini özgerdeliň. Statikanyň deňlemesi arkaly temperaturany geopotensiýalyň üsti bilen aňladalyň. Ýel tizliginiň düzüjilerini bolsa geostrofiki añlatma bilen çalşyralyň ,

$$-\zeta^2\frac{\partial}{\partial \zeta}\frac{\partial H}{\partial t}-\frac{R}{g}\zeta A_t=\frac{c^2}{pg}\tau \quad \text{(b)}$$

$$A_T-\left(u_g\frac{\partial T}{}+\upsilon_g\frac{\partial T}{\partial y}\right)=\frac{g}{l}(T,H)=\frac{g}{Rl}\bullet\zeta\left(H,\frac{\partial H}{\partial \zeta}\right)$$

A_T – temperaturanyň geostrofiki adweksiýasybolup, ol ýylylyk adweksiýasynda ol položitel, sowuk adweksiýada bolsa otrisatel bolýar.

Netijede biz iki näbellisi bolan (H we τ) (a) we (b) deňlemeler ulgamyny aldyk. Bu iki deňleme statikanyň deňlemesi we kwazigeostrasiklik gatnaşyklar bilen kwaziogeostrofiki baroklin nusgalaryñ deňlemelerini emele getirýärler. .

§5. SÜZÜLEN ÇAKLAMA NUSGALARYNDA GEOPOTENSIỲAL

Geopotensiýalyň hasaplanyşy

Howa çaklamalary üçin käbir giňişlikde kesgitli möhletde geopotensiýalyň bahasy zerur bolup durýar. Geopotensiýalyň bahasyny alnan deňlemeler boýunça käbir wagt aralygynda öňünden kesgitlemek üçin diňe amaly usullar ulanylýar. Hasaplamalar üçin zerur bolan ähli maglumatlar nokatlaryň käbir dogry kadaly gözeneginde berilýär. Önümleri $\partial H / \partial t$ we gözlenilýän funksiýalary hasaplamaklyk şol düwünlerde geçirilýär. Köplenç nokatlaryň gözenegini göniburçly dekart koordinatalar ulgamynyň esasynda alýarlar. Onuň üçin şeýle gatnaşyklar boýunça ölçegsiz kooordinatalar girizilýär. *x,y*-dekart kordinatalar i,j üýtgeýän nokatlar. dS-gözenegiň ädimi ýa-da goňşy nokatlaryň arasyndaky uzaklyk (*i,j*). Eger hasaplanyş oblasty taraplar (*n-1*)*dS* we (*l-1*)*dS* bolan göniburçluk bolsa onda nl sany gözenek bolar. Gözenegiň ädimi dS şeýle saýlanyp alynýar, ýagny gözenegiň düwünlerinde berlen maglumatlar giriş meýdany ýeterlik derejede aňladýarlar (çalşyrýarlar). Koordinatalar boýunça iň ýokary mümkin bolan ädim 250-300 km-den köp bolmaly däldir. Köp çaklama nusgalarynda koordinatalar ädimi 300 km-e deňdir. Ÿöne käbir çyzgylarda bu ädim 500 km-e çenli ulaldylỳar, käbirinde 150 km-e çenli kiçeldilỳär. T-niñ çaklamasynyñ gaỳtalanỳan döwri kesgitli δt aralyga bölünỳär.Oña wagt boỳunça ädim diỳilỳär.Eger t wagt boỳunça ädim bolsa, onda t/ δt gatnaşyk wagt ädiminiñ belligidir.Koordinatalar boýunça ädim bilen wagt ädiminiň arasynda şeýle deňsizlik ýerine ýetmelidir: $\delta t < \delta S / \sqrt{2}\, u_m$

u_m-ýeliň iň uly tizligi. Şu şertiň ýerine ýetmeginde howanyň bölejikleri bir wagt ädiminde gözenegiň goňşy nokatlarynyň arasyndaky uzaklykdan uly bolmadyk aralyga süýşýärler. Bu şert ýerine ýetmese çaklama mümkin däldir. Deňlemeleri amaly jemlemek we $\partial H / \partial n$, H-çaklama bahalary gözenegiň düwünlerinde kesgitlemek üçin ähli nl nokatlarda t_0-wagtdaky H-y bilmek zerurdyr.

2. **Geopotensiýalyň ösüşi üçin deňleme** (a), (b) deňlemeler ulgamyndan τ - näbellini aýralyň, onuň üçin (b) deňlemäni c^2 -a böleliň we ζ -boýunça defferensirläliň. Şonuň netjesinde alnan $\frac{\partial \tau}{\partial p}$ ululyk üçin aňlatmany tizlik tüweleýiniň öz getirlen deňlemesine goýup alarys

$$\Delta \frac{\partial H}{\partial t} - A_{\Omega} = -l^2 \frac{\partial}{\partial \zeta} \frac{\zeta^2}{c^2} \frac{\partial}{\partial \zeta} \frac{\partial H}{\partial t} - l^2 \frac{R}{g} \frac{\partial}{\partial \zeta} \frac{\zeta}{c^2} A_T$$

Netijede diňe bir H näbellini kesgitlemek üçin ýeke-täk deňleme alyndy. Bu deňleme diňe amaly ýol bilen çözülýär. Edil orta derejedäki çaklama deňlemesiniň çözülişi ýaly gözlenilýän funksiýany $\frac{\partial H}{\partial t}$ diýip hasaplalyň. Ony saklaýan agzalary çepe, galanlary saga geçireliň. Onda:

$$\Delta \frac{\partial H}{\partial t} = l^2 \frac{\partial}{\partial \zeta} \frac{\zeta^2}{c^2} \frac{\partial}{\partial \zeta} \frac{\partial H}{\partial t} = A_{\Omega} - l^2 \frac{R}{g} \frac{\partial}{\partial \zeta} \frac{\zeta}{c^2} A_t \quad \text{(c)}$$

Sag tarapdaky aňlatmany belli hasaplap bolar. Hakykatdan-da berlen pursatda basyş we temperatura meýdanlary belli bolsa, olar boýunça A_{Ω}, A_T we $\frac{\alpha A_T}{\partial \zeta}$

ulululuklary kesgitläp bolar. $\frac{\partial H}{\partial t}$ - näbelli ululyga görä (c) deňleme ikinji tertipli çyzykly deňlemedir.

Bu deňlemäni bir bahaly çözmek üçin gyra şertleri bermek zerurdyr. Deňlemäniň üç garaşsyz üýtgeýjä görä ikinji tertibi bardyr. Ony çäklenen ýerde çözmek üçin ähli üç koordinata (x, y, ζ) boýunça gyra şertleri kesgitlemelidir (bermelidir). Ýöne deňlemäni tükeniksiz tekizlikde ýa-da bütin ýer şarynda çözmeli bolsa, onda diňe dikleýin ζ koordinata boýunça gyra şertlerini bermek bilen çäklenmek ýeterlikdir. Şeýle şertleriň biri hökmünde howa bölejikleriniň ýer üstünden geçmezlik (çümmezlik) şerti kabul edilýär. Ol geostrofiklik şertinde şeýle ýazylýar:

$\zeta = 1$ - bolanda (p=P) $\tau = \frac{gp}{RT_1}\frac{\partial H}{\partial t}$ ỳä-da

(b)-ni hasaba alyp,

$$\frac{\partial}{\partial \zeta}\frac{\partial H}{\partial t} + \alpha \frac{\partial H}{\partial t} = -\frac{R}{g}A_T \qquad \alpha = \frac{c^2}{RT_1}$$

Ikinji şert hökmünde atmosferanyň ýokarky serhedindäki gyra şertler peýdalanýar.

Ỳagny $\zeta = 0$ (p$\to 0$) bolanda $\zeta \frac{\partial^2 H}{\partial \zeta \partial t}$ çäklenen

(c) deňleme we soňky gyra şertler I-iň we c^2-yň hemişelik bahalarynda islendik izobariki üstüň käbir nokadynda $\frac{\partial H}{\partial t}$ üçin aňlatma almaga mümkünçilik berýär. Ỳagny

$$\frac{\partial H(x,y,\zeta,t)}{\partial t} = \int_0^1 \int_{-\infty}^{\infty}\int G_\Omega A_\Omega dx'dy'd\zeta' + \int_0^1 \int_{-\infty}^{\infty}\int G_T A_T dxdyd\partial\zeta$$

Bu ýerde G_Ω - dürli derejedäki tüweleý akymynyň berlen nokatda $\frac{\partial H}{\partial t}$ ululyga nähili täsir edýändigini häsiýetlendirýän funksiýasydyr. G_T - $\frac{\partial H}{\partial t}$ ululyga dürli derejedäki temperatura akymynyň täsirini häsiýetlendirýän funksiýa x', y', ζ' jemlemegiň üýtgeýjileri. Jemlemek hakykatdan bütin atmosfera ýaýrandyr. Soňky çözüwiň görkezişi ýaly $\frac{\partial H}{\partial t}$ ululyk käbir nokatda iki ululyga baglydyr. A_Ω hem-de A_T adweksiýalara.

3. **Geopotensiýaly hasaplamagyň köp derejeli usuly.**Köp derejeli kwazigeostrofiziki çaklama usullaryny guramakda üçin deňleme ýa-da onuň esas bolup durýar. Bir derejeli usullardaky ýaly çaklama takmyn ýa-da amaly usul bilen hasaplanylýar.

Ilkinji nobatda derejeleriň sanyny saýlamak zerurdyr. Bir tarapdan talap edilýän maglumatlardan ugur alynyp çaklama çyzgysyna degişli isleg bildirilýän derejeler boýunça çaklama alyp boljak haýsydyr bir başga derejeler nusga girizilýär. Başga tarapdan çyzgyda hasaba alynýan derejeler atmosferanyň halyny mümkin bolduguça doly şekillendirmelidir. Ýöne derejeleriň sanyny köpeltmek hem hemişe alynýan netijelerri gowulandyrmaýar we çyzgyny kynlaşdyrýar. Kwazigeostrofiki ýakynlaşma esaslanýan çaklama çyzgylarynda hasaplanyş derejeleri adatça olaryň arasyndaky tapawut 100m bar-dan az bolmaz ýaly saýlanyp alynýar. Ýöne serhet gatlagynda we stratosferada has golaý derejeler alynýar.

Seçilen derejeleri hasaba alyp ölçeg birliksiz koordinatlary girizilýärler

$i = x / \delta s, \qquad j = y / \delta s, \quad k = \zeta / \delta \zeta$

keseleýin ds koordinatlar we wagt boýunça ädimleri saýlap almak bir derejeli nusgadaky ýaly geçirilýär. Dikleýin ugurdaky koordinata boýunça ädim bolsa hasaplanyş derejeleriniň saýlanyşyna bagly kesgitlenýär. Şoňa görä ol beýiklik boýunça üýtgäp biler. Çaklama oblasty amaly isleglerden ugur alynyp kesgitlenýär. Şeýle hem hakyky mümkinçilik göz öňünde tutulýar. Hasaplaşygyň giriş maglumatlary seçilen gözenegiň düwünlerinde berilmelidir. Eger derejeleriň sany S bolsa, onda H-yň n l s bahasy zerur bolýar.

Amaly çaklamanyň ilkinji etapynda (döwründe) täsir ediji funksiýalar A_Ω we A_T hasaplanylýar. A_Ω we A_T tapylyndan soň $\frac{\partial H}{\partial t}$-ni hasaplamak zerurdyr. Bu iki ýol bilen amala aşyrylýar.

1. Amaly usul bilen (d) çözgüt integrirlenýär;
2. Çaklama deňlemesi (c) gös-göni iterasiýa usuly bilen çözülýär.

Haýsy usul bilen hem bolsa $\frac{\partial H}{\partial t}$-ni ähli nokatlarda (gözegeniň) hasaplap wagt boýunça ädim ýerine ýetirilýär. Soňra ýene-de A_Ω we A_T hasaplanylýar we ş.m dowam etdirilýär. Soňky iki, üç hatarda we sütünlerde H-yň bahasy hemişelik alynýar.

§6. SÜZÜLEN ÇAKLAMA NUSGALARYNYÑ ÇÖZÜLIŞI.

Dikleýin ugrukdyrylan akymlaryň we temperatura meýdanlarynyň çaklamasyna garalyň.

$\frac{\partial H}{\partial t}$ ululygy bilip, $\frac{\partial T}{\partial t}$ -niň we τ-iň bahasyny kesgitlemek ýeňildir. Hakykatdan hem statikanyň deňlemesini wagt boýunça üýtgeýiş deňlemesini alyp bolar.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{g}{R}\zeta\frac{\partial}{\partial\zeta}\left(\frac{\partial H}{\partial t}\right)$$

τ-niň ululygy ýylylyk akymynyň deňlemesinden kesgitlenilýär. (b) deňlemä seretmeli .τ we $\frac{\partial T}{\partial t}$ üçin aňlatmalary degişli differensial deňlemeleri düzmek we çözmek ýoly bilen alyp bolar. Onda τ we $\frac{\partial T}{\partial t}$ ululuklar edil $\frac{\partial H}{\partial t}$ ýaly tüweleý we temperatura adweksiýalarynyň üsti bilen aňladýar aňladylar τ üçin deňleme alalyň.Onuñ üçin (b) deňlemäniň iki tarapyna hem Laplasyñ operatoryny ulanalyň we netijäni P-e köpeldeliň. Onda:

$$-P\zeta^2\frac{\partial}{\partial\zeta}\Delta\frac{\partial H}{\partial t} - \frac{R}{g}P\zeta\Delta A_T = \frac{c^2}{g}\Delta\tau$$

(a) deňlemäni ζ boýunça differensirläp we netijäni Pζ^2 köpeldip alarys:

$$-P\zeta^2\frac{\partial}{\partial\zeta}\Delta\frac{\partial H}{\partial t}-P\zeta^2\frac{\partial A_\Omega}{\partial\zeta}=\frac{l^2}{g}\zeta^2\frac{\partial^2\tau}{\partial\zeta^2}$$

$$P\zeta^2\frac{\partial A_\Omega}{\partial\zeta}-\frac{l^2}{g}\zeta^2\frac{\partial^2\tau}{\partial\zeta^2}-\frac{R}{g}P\zeta\bullet\Delta A_T=\frac{c^2}{g}\Delta\tau$$

$$\Delta\tau+\frac{l^2}{c^2}\zeta^2\frac{\partial^2\tau}{\partial\zeta^2}=Pg\zeta^2\frac{\partial A_\Omega}{c^2\partial\zeta}=\frac{R}{g}P\zeta\bullet\Delta A_T$$

Bu deňlemäniň çözüwi ýokarda görkezilen gyra şertler üçin şeýle bolar.

$$\tau=\int_0^1\int_{-\infty}^{\infty}\int G_\Omega^\tau A_\Omega\partial x'\partial y'\partial\zeta'+\int_0^1\int_{-\infty}^{\infty}\int G_\tau^\tau A_\tau\partial x'\partial y'\partial\zeta'$$

Integrirleme ähli atmosfera degişlidir. G_Ω^τ we G_T^τ tüweleý we temperatura adweksiýalarynyň τ ululuga täsirini häsiýetlendirýän funksiýalar. τ -dan dikleýin tizlige we tersine geçmek üçin τ=-gρω ýa-da $\tau = -\dfrac{Pg}{RT}\omega$ ω bolýandygyny ýatlamak ýeterlikdir. Eger p mb-da τ –mbar /12sag, ω- sm /s-da añladylsa;

τ = - $\dfrac{9.8}{287}\cdot 12\cdot 3600\cdot 10^{-2}\dfrac{P}{T}\cdot\omega$ ỳa-da τ = a ω , a = 14.8 $\dfrac{P}{T}$

P=700 mb, T = 250K a= 41.4 bolanda, ω = 1sm / s dikleỳin tizlige

τ = - 41.1 mbar/ 12 sag degişlidir/

Turbelent şepbeşikligi hasaba almak. Bu hadysany göz öňünde tutmak üçin atmosferanyň aşaky serhedinde gyra şertleri üýtgetmeli bolýar. Atmosferanyň ýokarky serhedinde bolsa gyra şertler üýtgemeýär $\tau = 0$ .Atmosferanyň aşaky serhedindäki gyra şertler çaklama deňlemeleriniň esasy ulgamyna bagly bolmazdan kabul edilmelidir. Baroklin atmosferada $\frac{\partial H}{\partial t}$ üçin çaklama deňlemesi çözülende (c) turbulent şepbeşikligi hasaba almazdan gyra şertler şeýle kabul edilipdi, ýagny z=0 bolanda ω=0. Izobarik koordinatlar ulgamynda bu şert takmynan şeýle görnüşde ýazylar.

$$\zeta = 1 \quad \text{p=P bolanda} \quad \tau = \frac{gl^3}{RT_1}\frac{\partial H}{\partial t}$$

Indi bolsa atmosferanyň aşaky serhedindäki dikleýin tizlik, planetar serhet gatlagynyň ýokarky çägindäki tizlige deňdir diýip hasaplalyň. Ýagny, z=0 bolanda $\omega = \omega_h$. Munuň özi erkin atmosferada bolup geçýän hadysalara, ỳere gartylan ýorka ýaly bolup duran ,PSG-ň täsirine hasaba almaklyk bolýar. ω_h – hökmünde serhet gatlagynyň nazaryýetinden alynýan ω -nyň bahalaryny kabul edip bolar. Mysal üçin şeýle kabul edeliň

$\omega_h = a\,\Delta p_0 = b\,\Delta H_0$ ỳa-da $\omega_h = a_1\,\Delta p_0 = b_1 \Delta H_0$

P_0-deňiz derejesindäki basyş. H_0 – izobariki 1000 mb üstüň beýikligi a we b koeffisientler,

$b = ga\rho \approx 1.8 \cdot 10^{-2}$ a, $b_1 = g\rho a_1$

ω_h üçin tapylan aňlatmalar aşaky gyra şertleri takyklamak üçin peýdalanylýar.

τ alnan aňlatmada $\omega = \omega_h$ bahany goýup we we geostrofik gatnaşygy peýdalanyp alarys.

$$\zeta = 1 \quad \text{bolanda} \ , \quad \tau = \frac{Pg}{RT_1}\left(\frac{\partial H_0}{\partial t} - b\Delta H_0\right)$$

ỳa-da

$$\frac{\partial}{\partial \zeta}\frac{\partial H_o}{\partial t} + \alpha\frac{\partial H_0}{\partial t} = -\frac{R}{g}\cdot A_T + \alpha \cdot b\Delta H_0$$

Şu gyra şertler bilen çaklama deňlemesi çözülỳär

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \int_0^1\int\int_{-\infty}^{\infty} G_\Omega^\tau A_\Omega \partial x'\partial y'\partial\zeta' + \int_0^1\int\int_{-\infty}^{\infty} G_\tau^\tau A_\tau \partial x'\partial y'\partial\zeta' = \int\int_{\infty}^{\infty} G_{\Delta H}\,\Delta\text{H}\partial x'\partial y'$$

Soňky integral ýerüsti sürtüläni beýan etýär. Integrirlemek 1000 mb izobarik üsti degişlidir .Täsir $G_{\Delta H}$ funksiýasy ΔH uplasiýanyň basyşyň üýtgemesine täsirini beýan edýär. Funksiýa $G_{\Delta H}$ hemme ýerde položitel. Hasaplanyş nokadynyň golaýynda ol uly bolup aňyrlanda (daşlaşanda) azalýar. Basyşyň üýtgeýşiniň alamaty ΔH-yñ alamatyna baglydyr. Siklonda ΔH >0 diýmek $G_{\Delta H}$ ΔH>0 antisiklonda ΔH>0 diýmek $G_{\Delta H}$ ΔH<0. Görnüşi ýaly ýer üsti sürtülmäniň täsiri siklonda basyşyň artmagyna, antisiklonda kemelmegine getirýär.

Orografiýany takmyn hasaba almak. Ýer üsti sürtülmäniň hasaba alnyşy ýaly orografiýany (ýeriň büdür-südürligi) hasaba almaklykda hem deňiz derejesindäki gyra şertler çalşyrylýar. Bu şertleri emele getireliň:

Goỳ daglaryň beýikligi x,y koordinatlaryň funksiýasy bolsun. z =ζ (x, y)

Bu funksiýa bilen hem tekiz däl ýer üstüne galtaşýan howa bölejikleriniň ýagdaý beýan edilýär. Goý, mundan beýläk bölejikleriň koordinatlary x, y, z. t – parametriň funksiýalary bolsun Görkezilen z – üçin aňlatmany t boýunça differensirläp alarys.

$$\frac{\partial Z}{\partial t}=\frac{\partial \zeta}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial t}+\frac{\partial \zeta}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial t} \qquad \frac{\partial z}{\partial t}=\omega, \quad \frac{\partial x}{\partial t}=u\,, \quad \frac{\partial y}{\partial t}=\upsilon$$

Onda howa bölejikleriniň orografiýa bilen şertlenen dikleýin tizligi üçin alarys:

$$\omega_0=u\frac{\partial \zeta}{\partial x}+\upsilon\frac{\partial \zeta}{\partial y}$$

– Bu aňlatmanyň kömegi bilen atmosferanyň aşaky serhedindäki gyra şertler üýtgedilýär. Netijede $\frac{\partial H}{\partial t}$ üçin aňlatmada orografiýanyň täsirini hasaba alýan goşmaça agza emele gelýär. Gurluşy boýunça ol (x) deňlemedäki soňky goşulyja meňzeşdir. Ol hem degişli täsir funksiýany saklaýar. Bu agzanyň derňewi şeýle zady ýüze çykarýar. Dagyň ýel tarapynda orografiýanyň täsiri ýokary galýan hereketlere we basyşyň artmagyna getirýär. Dagyň ygyşda tarapynda bolsa ol aşak inýän hereketlere we basyşyň pese düşmegine getirýär. Bu täsir diňe dagyň üstüne golaý howa gatlagynda has güýçli ýüze çykýar. Dag üstünden 3-5 km uzaklykda bu täsir az bolup durýar. Berlen usul ýeterlik uzyn daglaryň uly ölçegli (daş toparlaryň) atmosfera hadysalaryna täsirini hasaba almak üçin ulanarlylydyr. Ýagny, daglaryň kese ölçegleri öwrenilýän atmosfera hereketleriniň ölçeglerine baglydyr. Daglaryň beýikligi hökmünde peltýeşiň uly ölçeglerini häsiýetlendirýän häsiýetnama düşünilýär. Meseläniň şeýle goýluşynda soňky şert (deňlik) diňe aşaky izobariki üste H=1000mbar hakykatda degişli edilýär (hakyky dagyň beýikligine däl). Diýmek uly beýik daglaryň (2-3 km-den beýil) täsiri bu usul bilen ýeterlik beýan edilmeýär. Bu çäklendirmäni dikleýin koordinata hökmünde ζ(x,y) üýtgeýjini ulanyp aradan aýryp bolar.

§7.KWAZISOLENOIDAL ÇAKLAMA NUSGALARY.

Kwazisolenoidal nusgalaryň esasy düşünjeleri we görnüşleri Kwazisolenoidallyk şerti kwazigeostrofiki ýakynlaşmany takyklamak bolup durýar. Ýagny ol ýeliň geostrofiklikden gyşarmasyny hasaba almaga kömek berýär. Bu effekti (hadysany) hasaba almak möhümdir, sebäbi ol 20-30%-e ýetýär. Özem iň ýokary gyşarma çylşyrymly sinoptiki ýagdaýlar üçin hästỳetlidir. Bu ýagdaýlar termobariki meýdanlaryň birden üýtgemegi bilen baglanyşyklydyr. Kwazisolenoidal ýakynlaşma esasynda gurlan nusgalar meteomeýdanlaryň ösüşini oňat beýan edýär. Şeýle hme bu nusgalaryň käbiri, aşaky giňişliklerde koriolisiň parametriniň az bolup biljekdigine az duýgurlyk bildirýärler. Mundan başga hem ekwatorda bu parametr nula deň bolýar we ol ýerde kwazogeostrofiki ýakynlaşma ulanarlykly däldir. Kwazisolenoidal nusgalarda tizlik düzüjileriniň tok funksiýasy arkaly aňladylýanlygy üçin olar bu ýetmezçilikden halasdyrlar.

Diwergensiýasy nula deň bolan wektor solenoidal diýlip atlandyrylýar. Ýeliň tizlik wektory üçin bu şert şeýle ýazylýar:

(1) $$div C = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$ üznüksizlik deňlemesi.

Bu diwergensiýasyz ýa-da solenoidal hereketiň görnüşidir. Ýokardaky şert (1) x we y oklary boýunça ýel tizliginiň düzüjilerini u, v skalýar tok funksiýasynyň üsti bilen aňlatmaga mümkinçilik berýär. Ýagny

$$u_\psi = -\frac{\partial \psi}{\partial y} \quad v_\psi = \frac{\partial \psi}{\partial x}$$ ψ-tok funksiýasy $\left[\frac{m^2}{sek}\right]$

Şeýle gatnaşyklar bilen kesgitlenýän ýele solenoidal diýilýär.

Hereketiň solenoidallygy ykrar edilýän çaklama modelleri solenoidal diwergensiýasyz diýlip atlandyrylýar. Ýa-da orta derejeleriň barotrop kwazisolenoidal nusgalary diýilýär. Bu nusganyň barotrop atmosferadaky çaklama deňlemesi şeýle ýazylýar:

$$\Delta \frac{\partial \psi}{\partial t} = -(\psi, \Delta\psi + l)$$

Izobariki derejede *u* we *v* ululyklar tok funksiýasynyň üsti bilen aňladylyp, ýöne bu ýagdaýda:

$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \neq 0 \quad u = u_\psi + u' \quad v = v_\psi + v'$ şertler kabul edilýän nusgalar kwazisolenoidal diwergent diýlip atlandyrlylýar. Bu nusgalaryň çaklama deňlemesi şeýle ýazylýar:

$$\Delta \frac{\partial \psi}{\partial t} - \alpha 2 \frac{\partial \psi}{\partial t} = -(\psi, \Delta\psi + l)$$

kwazisolenoidal diwergent nusgalar barotrop (birderejeli) we baroklin (köpderejeli) bolup bilerler. Eger nusgada gös-göni u' we v' hasaplanylýan bolsa, onda ol ageostrofiki atlandyrylýar.

Kwazisolenoidal nusgalaryň çözülişi. Tizligiň keseleýin diwergensiýasy nula deň we otnositel (göräleýin) tizlik tüweleýi $\Omega = \nabla^2\psi$ diýlip ykrar edilýän orta derejeler üçin tüweleý deňlemesi şeýle ýazylýar. Ýagny:

$$\nabla^2 \frac{\partial \psi}{\partial t} = (\nabla^2\psi + l, \psi) = Ag * \ (2)$$

(2) deňlemäniň sag tarapyndaky *Ag** (Ýakobian) ululyk absolýut tizlik tüweleýiniň gorizontal selenoidal adweksiýasyny aňladýar.

Bu deňleme tizlik tüweleýiniň barotrop solenoidal deňlemesidir. Ol $\partial\psi / \partial t$ ululyga görä puassonyň deňlemesi bolup, hususy önümlerdäki çyzykly däl differensial deňlemedir. Bu deňlemäni tizlik tüweleýiniň kwazigeostrofiki ýakynlaşmadaky barotrop deňlemesi bilen deňeşdirmek olaryň matematiki ýerine ýetirilşiniň meňzeşdigini görkezýär. Olaryň arasyndaky tapawut şundan ybaratdyr. Ýagny kwazigeostrofiki nusgalarda başlangyç şertler hökmünde geopotensialyň meýdany peýdalanylýar. Kwazisolenoidal nusgalarda bolsa tok funksiýasynyň (akym) meýdanyny bilmek zerur bolýar.

Kwazisolenoidal ỳakynlaşmada deñlik(balans) deñlemesi

$$\nabla^2\psi = \frac{1}{l}\nabla^2\psi - \frac{2}{l}\left[\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} - \left(\frac{\partial^2\psi}{\partial x\partial y}\right)^2\right] - \frac{\beta}{l}\frac{\partial\psi}{\partial y}$$

Bu ỳakynlaşmanyñ kömegi bilen grawitasiỳa tolkunlar süzülỳär. Geopetensiỳa görä bu deñleme Guwastonyñ deñlemesi bolup durar. Tok funksiỳasyna görä ol Monzo-Amperiñ çyzyzkly däl differensial deñlemesi bolup durỳar. Köp ỳagdaỳlarda balans deñlemesini aşakdaky görnüşde ulanmak ỳeterlikdir:

$$\nabla^2\psi = \frac{1}{l}\nabla^2\psi \quad - \frac{\beta}{l}\frac{\partial\psi}{\partial y}$$

Birinji deñlemäni amaly çözmek üçin onuñ haỳsy görnüşe degişlidigini bilmek möhümdir. Ol giperboloik paraboliki elliptik bolup bilỳär. Umumy görnüşde:

$$A\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2}+B\frac{\partial^2\psi}{\partial y\partial x}+C\frac{\partial^2\psi}{\partial y^2}+D+E\ \left[\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial y^2}-\left(\frac{\partial^2\psi}{\partial x\partial y}\right)\right]=0$$

Bu ỳerde A, B, C, D, x, y, ψ ululyklara bagly bolan käbir üzniksiz funksiỳalardyr. Birnji we ikinji deñlemeleri deñeşdirip alarys:

$$\text{A=C=l,}\quad \text{B=0, D= -}\ \nabla^2\psi+\beta\frac{\partial\psi}{\partial y},\qquad \text{E=2}$$

Bu koefisiỳenyler aşakdaky deñlemeleri kanagatlandyryp biler:

$AC-B^2-DE>0$ (elliptik)

$AC-B^2-DE<0$ (giperbola)

$AC-B^2-D=0$ (parabola)

$\beta\frac{\partial\psi}{\partial y}$ - ni şu deñsizlikden aỳyryp alarys:

$$l^2+2\nabla^2\psi>0$$

$$l^2+2\nabla^2\psi<0\ ,\qquad l^2+2\nabla^2\psi=0$$

Balans deñlemesi islendik görnüşde bolup biler. Ỳöne köplenç ol elliptik görnüşlidir. Ỳagny atmosferada kölenç birinji şert ỳerine ỳetỳär:

$$\frac{1}{l}\nabla^2\psi\ >-\frac{l}{2}$$

Bu deñsizligiñ çep tarapy geostrofiki tüweleỳi añladỳar. Ol L-den ortaça bir tertip (10 esse) kiçidir. Ỳöne aşaky giñişliklerde L örän az bolup geostrofiki tüweleỳiñ absolỳut bahasy uludyr. Diỳmek elliptiklik şerti bozulyp biler. Deñlik deñlemesi paraboliki ỳa-da giperboliki bolar. Elliptiklik şertiniñ bozulmagy deñlik deñlemesi çözülende iterasiỳa hadysasynyñ dargamagyna getirỳär. Şol sebäpden her bir nokatda elliptiklik şerti öñünden barlanylỳar. Eger nirede ol bozulỳan bolsa bu nokatda geopotensial meỳdany elliptiklik şerti ỳerine ỳeter ỳaly amaly usulda takmyn bahalandyrylỳar. Onuñ şeỳle düzülmegi uly ỳalñyşlyga getirmeỳär we çaklamanyñ takyklygyna täsir etmeỳär. Kwazisolenoidal nusgalaryñ amala aşyrylmagy aşakdamy ỳaly ỳerine ỳetirilỳär:

1. Φ-ululygyñ meỳdany boỳunça ψ-funksiỳanyñ başlangyç meỳdany kesgitleỳär.
2. Barotrop ỳa-da baroklin kwazisolenoidal nusga boỳunça bir deñlemäniñ esasynda ψ-funksiỳanyñ çaklama bahasy gözlenilỳär.
3. ψ-funksiỳanyñ bahalary boỳunça deñlik deñlemesiniñ kömegi arkaly geopotensialyñ çaklama bahalary kesgilenỳär.

§8.GTD-in doly denlemelerine esaslanýan çaklama usullary

Kadaly ylmy barlaglar hem-de yzygiderli tejribeler süzülen çaklama nusgalaryna mahsus bolan kemçilikleriň birnäçesini ýüze çykarýar. Olar esasan geostrofiki we kwazisolenoidal takmynlykda hereketiň nätakyk beỳan edilmegi bilen baglydyr. Süzülen denlemäniň çözüwinde diňe uzyn tolkunlar anyk beýan edilýar. Dinamiki meteorologiýanyň we hasaplanyş matematikasynyň häzirki zaman gazananlary süzülen nusgalarda ýel we basyş meýdanlarynyň baglylygyna goýlan çäklendirmeleri aýyrmaga hem-de GTD-ň ilki başdaky özgerdilmedik deñlemelerine esaslanýan çaklama nusgasyna geçmäge mümkinçilik berýar. Bu nusgalar koplenç geostrofiki däl atlandyrylýar. Geostrofiki däl çaklmanyň köpisinde Rosbiniň tolkunlaryndan başga inersiýal we grawitasiýa tolkunlaryny beýan edýan deñlemeler peýdalanylýar.Bu ýerde esasan gutarynykly tapawut görnişde aňladylan doly deňlemeleri çözmek, hem-de çäklendirilen ỳer üçin bu deňlemäniň esasynda kwazigeostrofiki we adiabatiki takmynlykdaky çaklama nusgalaryny döretmek bilen baglanşykly meseleleler möhüm gyzyklanma döredýar. Bu ýagdaýda basyş bilen baglansykly dikleýin koordinatasy bolan kwazidekart koordinata ulgamyndaky deňlemeler bilen çäklenýärler.

2. GTD-n doly deňlemeler ulgamyny (x,y,f,t) koordinata ulgamynda ýazalyň

$$\frac{\partial U}{\partial r} + U\frac{\partial U}{\partial x} + \vartheta\frac{\partial U}{\partial y} + W\frac{\partial U}{\partial \xi} = -\frac{\partial \Phi}{\partial \xi} + l\vartheta + F_X$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U\frac{\partial \vartheta}{\partial x} + \vartheta\frac{\partial \vartheta}{\partial y} + W\frac{\partial \vartheta}{\partial b} = -\frac{\partial \Phi}{\partial y} + l\vartheta + F_y$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + U\frac{\partial \vartheta}{\partial x} + \vartheta\frac{\partial T}{\partial y} - \frac{RT}{y}(\gamma_e - \gamma)\frac{W}{\xi} = \frac{C}{c_p}$$

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial \vartheta}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial \xi} = 0 \qquad \frac{\partial \Phi}{\partial \xi} = -\frac{R}{\xi}\mathrm{T}$$

Eger bu deňlemeler ulgamynda atmosfera ulylyklarynyň adiabatik däl agzalaryny hasaba almasak hem-de şepbeşiklik nula deň diýsek onda bu ulgamy erkin atmosferadaky gysga möhletli çaklamalar için peỳdalanmak özini ödeýar hem-de Fx = y=o ýagdaýda ýokarky deňlemeler ulgamy ýapyk bolup durýar. Ol 5 sany çaklanylýan üýtgeýjilere (u ,v,T,w, ф) eýedir. Munuň özi olaryň berlen ýeriň çagindäki (jemleme) bahalaryny, eger baslangyç we serhet şertler berlen bolsa islendik wagt pursatynda hasaplamaga mümkinçilik berýar. Bu ulgam özünde wagt boỳunça hasaplanýan 3 sany çaklama deñlemesini we soñky 2-sany barlag denlemesini özünde saklaýar.

Barlag deňlemeleri çaklama deñlemeleri boýunça u,w,t funksiyanyň kömegi bilen beỳleki v we f funksiýalary kesgitlemäge mümkinçilik berýar.

3.Ỳokardaky deňlemeler ulgamynyň çözüwini almak üçin başlangyç t wagt pursatynda 3 funksiýa üçin U (x,y, ξ, t), V(x, y, ξ, t), T(x, y, ξ, t) ỳa-da Ф(x, y,ξ, t) başlangyç şertleriniň berilmegi zerurdyr. Ф-niň baslangyç bahalary statikanyň deňlemesi arkaly kesgitlenýär. Onuň üçin basyşyň P derejesi talap edilýar. Berlen p bahasy üznüksizlik deňlemesinden tapylýar. Denlemeler ulgamynyň çözüwi gurulýan baslangyç şertler 3 sany meteoulylyklaryň (u we t ya-da uwe f) 3 olçegli meỳdanyna bagly bolup durýar. Bu meỳdanlar meteobeketden alnan maglumatlara göra kesgitlenýär.

Gyra şertleri çözüw oblastyna göra daşky gurşawyň deňlemede beýan edilýan hadysalara bolan tasirini şekillendirmelidir. Gyra şertler jemleme oblastyna görä aňladylmalydyr.

Atmosferanýň ýokarky serhedinde ξ = o bolanda massa akymynyň o-a deňlik şerti peỳdalanylýar.

$\rho\omega \big|_{Z=\infty}=0$ $\omega = \frac{\partial z}{\partial t}$ dikleỳin tizlik z →∞ (ξ→0) bolanda P→0 onda,

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial p}{\partial y} = 0 \quad \omega \big|_{p=0} = \frac{\partial \xi}{\partial t} \big|_{\xi=0}$$

$$= \frac{1}{p}\omega\frac{\partial p}{\partial t} = \frac{1}{p}$$

b (x,y,z t) kordinatalar ulgamynda howanyň tizligi bu şertde basyşyň nula umtylýanlygy üçin b nula deň şert kabul edilýar. Atmosferanyň asakdaky serhedinde ỳeriň büdür-südürligi ỳok mahaly z=o dereje alynýar hem-de b nula deň şert kabul edilýar. Bu ýerde dt=0 f=l alynýar. Eger relýef hasaba alynsa aşaky serhet şertleri gurlanda köp kynçylyklar döreýär. Sebabi f =l dereje ýer üsti bilen gabat gelmeýär. Ỳöne kabir nusgalarda orografiýanyň täsiri hem-de olar bilen bagly dikleýin akymlar hasaba alynýar. Φ (f,x,y) örtüji üstüň geopotensiýaly.Bu ýagdaýda hemişe p=1 dereje bar hasaplanylýar. Dikleýin akymlar oňa degişlidir.

§9. Denlemelerde koordinatalary we önümleri çalşyrmagyñ takyklygy

I. Matanaliziň amaly usullarynda üznüksiz koordinatyň ýerine diskret (bölekleýin) koordinatlar girizilýär. Olara ölçeg birliksiz koordinatlar diýilýär. Dekart koopdinatlar ulgamynda x, y, z, t koordinatlar ýerine degişlilikde aşakdaky gatlaklar boýunça ölçeg birliksiz koordinatalar girizilýär.

$$i = \frac{x}{\delta x}; \qquad j = \frac{y}{\delta y}; \qquad R = \frac{z}{\delta z};$$

$$S = \frac{t}{\delta t}$$

bu ýerde δx , δy, δz, ozalky x, y , z δt koordinatlar boýunça ädimler.
δt wagt boýunça ädim.

Düzgün boýunça ölçeg birliksiz koordinatlara bütin bahalar berilýär. Adatça dar amatly bolýar. Üznüksiz koordinatlaryň funksiýalary olaryň aýratyn nokatlardaky x_i, y_j, z_k, t_s diskret bölekleýin bahalar bilen çalşyrylýar ýa-da (i, j, k, s) nokatdaky bahalar alynýar. Funksiýalaryň nokatlardaky diskret bahalary üçin aşakdaky aňlatmalar peýdalanylýar.

$$x(x_i; y_j; z_k; t_s) = x(i, s)$$

Bu ýerde x islendik differensial (operatorlar) aňlatmalar degişli gutarnykly tapawut meňzeş aňlatmalar bilen çalşyrylýar. Gutarnykly tapawut aňlatmalaryň geçmegi esasynda esasan ilkinji önüm üçin aňlatmalar ýatýar. Şeýle hem önümleri çalşyrmagyň dürli usullary peýdalanylýar. Differensiallaryň ahyrky tapawut bilen takyklygyna baha bermeklik şol nokadyň töwereginde funksiýalary Teýloryň hataryna dargatmak arkaly amala aşyrylýar.

δr=h

$$\varepsilon = \delta_1^1 x - \frac{\delta x}{\delta r} \approx \frac{1}{2}\left(\frac{\partial x^2}{\partial r^2}\right)_n h,$$

h- örän kiçi ululuk önümleri gutarnykly tapawut aňlatmalaryň kömegi bilen maglumatlara görä hasaplamaklykda ýene-de bu maglumatlaryň ýalňyşlyklary bilen şertlenen goşmaça nätakyklyk ýüze çykýar. Eger x funksiýanyň nokatlardaky bahalarynyň ýalňyşlyklary belli bolsa, onda önümleri kesgitlemegindäki nätakyklyga baha berip bolar. Munuň üçin
eger

$\delta X_{n=1}$ we δX_{n-1} X-yñ n+1 we n_1

nokatlardaky ýalňyşlygynyň absolýut ululygy bilen bu ululuklar garaşsyz hem-de δX_i-e deň bolsa onda ýalňyşlyklaryň (taýawutlardaky) hasaplanşy şeýle bolar.

$$\delta\left(x_{n+1} - x_{n-1}\right) = \sqrt{\left(\delta x\right)^2_{n+1} - \left(\delta x\right)^2_{n-1} =} \delta x, \sqrt{2};$$

Önümleri, merkezi tapawutlar arkaly hasaplama ýalňyşlyklary üçin şeýle aňlatma peýdalanylýar.

$$\delta\left(\frac{\delta x}{\delta r}\right) = \frac{\sqrt{2}}{2\delta r}\delta x$$

δx – maglumatlardaky nätakyklyk. Şeýlelikde takmyn aňlatmanyň kömegi bilen alynan we anyk maglumatlar boýunça hasaplanylan önümlerde nätakyklygyň 2 hili görnüşi ýüze çykýar. Ýagny aňlatmalary çalşyrmagyň peýdalylygy görünỳar.
Gutarnykly tapawut deňlemeler integrirlenende hasaplanyş durnuksyzlygy diýip düşünje ýüze çykýar. Bu hadysa şundan ybaratdyr. Ýagny amaly integrirlemek hadysasynda maglumatdaky örän kiçi maglumatlar. Çäksiz artýar. Berilen hasaplanyş hadysasynyň birnäçe gezek gaýtalanmagy netijede nätakyklygyň artmagy şeýle uly bahalara ýetip hakyky çözüwiň düýpden, ýaýylmagy mümkin, bu hadysany aradan aýyrmak üçin dürli koordinatlar boýunça ädimleri ýeterlik ýagdaýda sazlaşdyrmak zerurdyr. Nazary taýdan bu diňe çyzykly differensial deňlemeler üçin seredilýän funksiýalary trigonometrik ýa-da görkezijili funksiýalary boýunça hataýlara dargatma usuly peýdalanylýar. Mysal üçin funksiýa garalyň

$$U(y;t)-Ae^{i(ny-\sigma\cdot t)} \qquad n=\frac{2\pi}{L}$$ σ-

funksiỳanyñ ỳygylygy

Eger y=j δy, t = s δt bolsa, onda (j, s) nokatda alarys

$$u_{j,s}=Ae^{i(nj\delta y-\sigma s\delta t)}=Ae^{irj\delta y}e^{-i\delta s\delta t}$$

n, j δy, hemişe hakyky bahany alýarlar i, n, jδy hemişe çäklenen, $e^{-i\delta s\delta t}$ köpeldiji çäklenen bolup hem biler, ýöne wagtyň geçmegi bilen çäksiz artyp, hem biler. Munuň özi haçanda N kompleks san bolanda mümkindir, ýagny,

$\sigma = \sigma_r + i\sigma_r$

Onda $e^{-i\ \delta\ s\ \delta\ t} = e^{i\ \delta\ s\ \delta\ t}$

. Eger $\sigma_r > 0$ bolsa soňky añlatmalardaky ikinji agza wagtyň geçmegi bilen çäksiz artýar. Bu bolsa hasaplanyş durnuksyzlygyna getirýär. Diýmek hasaplanyş durnuksyzlygynyň ýok bolmak şerti σ hakyky san bolmagydyr.

Amaly çözüwiň durnukly bolmak ýagdaýy adweksiýa deňlemäniň mysalynda garalyň, ýagny

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \overline{U}\frac{\partial f}{\partial x} = 0$$

Önümleri çalşyrmagy merkezi tapawut görnüşini ulanalyň, goý, wagt pursatynda

$$f_q^{S=0} = Ae^{imq\Delta x} \quad q = \frac{x}{\Delta x}$$

$S = \dfrac{t}{\Delta t}$, q, s ölçeg birliksiz koordinatalar.

Deňlemäniň çözüwini aşakdaky görnüşde gözläliň

$$f_q^S = Ae^{i(mq\Delta x - \delta\Delta t)}$$

differensial deňlemeleri önümleri çalşyrandan soň alarys.

$$e^{-i\delta\Delta t}-e^{i\delta\Delta t}-\alpha\left(e^{im\Delta x}-e^{-im\Delta x}\right)=0$$

Eýleriň formasy boýunça alarys.

$$\sin(\delta\Delta t)=\alpha\sin(m\Delta x);$$
$$\alpha\cdot\Delta t=\arcsin\cdot\left[\alpha Sin(m\Delta x)\right]$$

Bu ýagdaýda σ hyýaly san bolup hasaplanyş durnuksyzlygy ýüze çykarỳan bolsa

$$\sin(\delta\Delta t)\leq 1$$

bolanda σ hakyky san bolup hasaplanyş durnuklulugy ýüze çykar.

§10.GTD-niň deň-niň gutarnykly tapawut görnüşinde aňladylyşy.

Çaklama deňlemede gutarnykly tapawut çalşyrmaklygyny geçirmek üçin dürli amaly usullar ulanylýar. Käbir ýagdaýda wagt boýunça integrirlemek üçin köplenç birinji we ikinji tertipdäki takyklygy bolan çyzgylar peýdalanylýar. Adweksiýaň çyzgytlaryň esasy görnüşleriniň biri aşakdakydan ybaratdyr

$$f_q^{S+1} - f_q^s + \overline{U}\frac{\Delta t}{\Delta x}\left(f_q^s - f_{q-1}^S\right) = 0$$

ỳa-da

$$f_q^{s+1} = (1-\alpha) f_q^s + \alpha f_{q-1}^s$$

$$\alpha = \frac{\overline{U}\Delta t}{\Delta x}$$

Bu çyzgyda funksiýanyň S we S+1 wagt derejelerindäki bahalary peýdalanylýar. Onçasy 2 derejesi atlandyrylýar. 2-nji tertipli takyklykdaky çyzgy şeýle görnüşde aňladylyp biliner.

$$f_q^{s+1} = f_q^{s-1} - \alpha\left(f_{q+1}^s - f_{q-1}^s\right)$$

(1)

Bu çyzgyda f funksiýanyň wagt boýunça s+1 , s-1 derejelerdäki bahalar peýdalanýar. Şonuň üçin ol 3 derejeli diýip atladyrylýar. Deňlemeleriň uly sanlary bolan çyzgylar (wagt boýunça) wagta görä integrirlenen 1-nji ädiminde peýdalanyp bilmeýärler. Sebäbi birden köp bolan başlangyç şertler talap edilýär. Şol sebäpden ilkinji ädimde 2 derejeli çyzgy peýdalanylýar. Önümler üçin 3 derejeli çyzgylary peýdalanylmagyň aýratynlyklaryna garalyň. Ilki başda x= q Δ x , t=s Δt gözenek üçin adweksiýanyň deňlemesini şeýle görnüşde ýazalyň.

$$f_q^S = Ae^{imq\Delta x} \quad (2)$$

2-nji deňlemesini 2 derejeli çyzga goýup alarys.

$$A^{S+1} = (1+\alpha)A^s + \alpha A^s e^{-im\Delta x}$$

$$\lambda = 1 + \alpha \cdot e^{-im\Delta x} \qquad A^{s+1} = \lambda A^s$$

2-nji deňlemäni 3 derejeli çyzga goýup alarys.

$A^{s+1} = A^{s-1} - 2\, i\, \alpha\, A^s$, $\alpha^1 = \alpha \sin(m\Delta x$, A^{s+1}-i - kesgitlemek üçin A^{s-1} hem-de $A^s = \lambda^2 A^{s-1}$ bahalar zerurdyr
$A^{s+1} = \lambda^2 A^{s-1}$ 3-nji deňlemäni alarys.

$$\lambda^2 + 2i\alpha\ \lambda - 1 = 0; \qquad \lambda_1 = \sqrt{1-\alpha^2} - i\alpha$$

$$\lambda_2 = -\sqrt{1-\alpha_1^2} - i\alpha$$

Δt nula ymtylanda 3-nji deňlemäniň çözüwi üçin α nula ymtylanda we α_2 ∞-ge ymtylanda $\lambda_1=1$, $\lambda_2= -1$. $\lambda_1=1$. baha başdaky deňlemäniň fiziki (takyk) çözüwine getirýär. $\lambda_2= -1$ çözüwi şeýle netijä getirmeýär. λ_1=1 bilen baglanyşykly çözüwlere fiziki modalar, λ_2= -1 baglanşygy bolan çözüwlere hasaplanyş modalary girizilýär.

Mysal üçin, m=0 bolanda $\frac{\partial A}{\partial t} = 0$ we takyk çözüw A=0 bolar.

Bu çözüwe λ_1=1 degişlidir, oňa fiziki modanyň çözüwi diýilýär. . λ_2= -1 çözüw bu ýagdaýda hyýaly bolup durýar. Ol hasaplanyş çyzgysynyň netijesidir.

Hasaplanyş modanyññ ýüze çykmagy has ýokary takyklykdaky çyzgylaryň ulanylmagynyň zyýanly bolup durýar olary aradan aýyrmak we azaltmak üçin wagt boýunça integrirlemegiň 2-derejesi çyzgyda ulanylýar

Soňky hasaplanyş deňlemeleri çözülende köp çylşyrymly hasaplamalar geçirilmeli bolýar. Hatda bir günlik gidrometeorologiki çaklamalar düzülende hem wagt ýüzlerçe ädim ätmeli bolýar. Hasaplamalarda uly bolmadyk, meselem, alnan sanlaryň tegeleklenmegi geçirilip biler. Bu bolsa çözüwiň netijesine täsir edip biler. Bu bolsa hasaplanşyň durnuksyzlygyny aňladyp biler. Iki ýönekeý çyzykly deňlemäniň mysalynda seredeliň. deňlemäniň

$$\frac{\partial u}{\partial t} + c\frac{\partial u}{\partial y} = 0 \qquad 15.1$$

Nirede c –hemişelik.

Tüweleýiň bir ölçegli deňlemesi, bariki gardiýentiň we koriolisiň güýjüniň bolmadyk ýagdaýynda, hemde eger tüweleýiň y-oky boýunça tizligi c-deň bolsa.

Bu deňlemeäniň takyk çözüwi, haçanda u(y) funksiýanyň başlangyç ýagdaýynda tolkun görnüşe eýe bolsa, ýagny, haçanda t=0 kabul edeliň.

$$u(y) = Ae^{inj y} \qquad 15.2$$

Nirede A-tolkunyň amplitudasy, n-tolkun sany (wolnowoe çislo)

$i = \sqrt{-1}$

Deňleme 14.1 –iň çözüwi aşakdaky ýaly görnüşde gözlemek bolar:

$$u(y,t) = Ae^{i(ny-\sigma t)}$$

$$nirede\,\sigma - ygylyk$$

$$\frac{\partial t}{\partial t} = -i\sigma Ae^{i(ny-\sigma t)}$$

$$\frac{\partial t}{\partial y} = -iAne^{i(ny-\sigma t)} \qquad 15.3$$

Bu aňlatmalary 14.1 goýup we käbir üýtgemelerden soň alarys.

$$u(y,t) = Ae^{i(ny-cnt)} = Ae^{in(y-ct)} \qquad 15.5$$

Nirede $\sigma n = cn$

Alnan çözüw uly ölçegli tolkunlaryň orun üýtgetmesi görkezýär. Başdaky moment bolan tolkun akymynyň ugry boýunça $c_y = \frac{\sigma}{n} = c$ tizlik bilen süýşýär. Bu ýerde bellemeli zat, amplituda üýtgemän galýar. Bu deňlemäniň durnuklylygyny aňlatýar.

Soňky tapawut deňlemä seredeliň ýokardaky çözüwe meňzeşlikde s=0, berlen fuksiýa aşakdaky tulkun görnüşde ýazyp bolar.

$$u_{jo} = Ae^{nij\delta y} \qquad 15.6$$

Soňky tapawut deňlemäniň çözüwini

$$u_{js} = Ae^{i(nj\delta y - \sigma s\delta t)} \qquad 15.7$$

Görnüşde gözläp bolar.

$$u_{j,s+1} = Ae^{i(nj\delta y - \sigma(s+i)\delta t} = u_{js}e^{-i\sigma\delta tt}$$

15.5

$$u_{j,s-1} = Ae^{i(nj\delta y - \sigma(s-i)\delta t} = u_{js}e^{i\sigma\delta tt}$$

$$u_{j,s+1} = u_{js}e^{i\sigma\delta tt}$$

Şeýle usullar bilen beýleki aňlatmalary almak bolar.

Matematiki aňlatmalary sonky tapawut deňlema goýmak bolar. Deňleme

$$U_{j,s+1} - u_{j,s} + \frac{\alpha}{2}(u_{j+1,s} - u_{j-1,s}) = 0 \qquad 15.6$$

Alatmalary ornuna goýup we özgermeler geçirip, hemde $U_{j,s} \neq 0$ diýip hasap edip alarys.

$$e^{i\sigma\delta t} - 1 + \frac{\alpha}{2}(e^{in\delta y} - e^{-n\delta y}) = 0 \qquad 15.7$$

Eýleriň formulasyna görä

$e^{iz} - e^{-iz} = 2i\sin z$ hasaba alyp, onda $\sigma = \sigma_r + i\sigma_i$, nirede $\sigma_r, we\sigma_i$ -ululyklar σ -iň hakyky we hakyky däl bölegi.

Deňlemäni ornunda goýup we matematiki özgertmelerden soň alarys.

$$e^{2\sigma_i\delta t} = 1 + \alpha^2 \sin^2 n\sigma_y \qquad 15.8$$

Deňlemäniň sag tarapy 2 den uly, bolsa $e^{2\sigma_i\delta t} \succ 1$, onda $e^{\delta_i\sigma\delta t} \succ 1$, şoňä görä

$2\delta_i \delta t \succ 0$ onda $\delta_i \succ 0$

Alnan çözüw:

$$u_{ij} = Ae^{\delta_i s \delta t} e^{i(nj\delta y - \delta_r s \delta t} \qquad 15.9$$

Birinji ölçeýji haçanda $\delta_i \succ 0$, wagtyň artmagy bilen artýar. Ýagny ilkinji tolkunyň amplitudasy artýar. Has tükeniksiz ädimde amplitudanyň artmagy bolmaz. – takyk çözüwe görä. Bu ýerden bir taraply hasaplama durnuksyzlyga eýedir.

§11.SPEKTRAL ÇAKLAMA NUSGALARY

Soňky ỳyllarda çözüwiň gözenek usullary bilen birlikde köplenç başga nusgalar hem peỳdalanylỳar. Şeỳle usullarda çaklanylỳan meteoululuklarynyñ giñişlige baglylygy kesgitli hasiỳete eỳe bolan funksiyalaryñ ulgamy boýunça hatarlar görnüşinde berilỳär. Bu ỳagdaỳda garaşly üỳtgeỳjilere göra hususy önumlerde ỳazylan çaklama koeffisiyentleri üçin differensial deñlemelere syrygýarlar. Gözlenilỳän ulyluklar boỳunça gözenegiň düwinlerindaki çaklama funksiyalaryñ bahalary däl-de hatarlaryñ dargama koeffisientleri bolup durỳar. Deñlemeler spektral usuly bilen çözülỳän çaklama nusgalarynyň spektral görnüşleriniň köpüsinde çaklama ululyklarynyň wagta baglylygy we dikleỳin koordinata görä üỳtgeỳşi şeỳle hem diskret (bolekleỳin) görnüşde berilỳär. Wagt boỳunça integrirlemek bolsa dargama koeffisienlerine görä wagt ädim usuly bilen amala aşyrylỳar.

Spektral usulyn manysyna adweksiỳanyñ çaklama nusgalarynyň mysalynda seredeliñ:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \vartheta \frac{\partial f}{\partial r} = 0$$

Bu yerde f(t,r) gözlenilỳän skalyar funksiya V geçisin tizligi häzirlikçe ony hemişelik hasap edeliñ. (1) deñlemäniñ çözüwini s = t/Δt wagt pursatlary üçin goỳalyň. Δt -wagt ädimi . Bu çözgütde r€[0,2π] boỳuça ỳerleşỳär.Bu zolakda wagt ädimler usulyny ulanalỳar. Görkezilen G oblastda çözgüt periodiklik sertine eỳe bolsun, ỳagny

$$f(t, r + 2\pi) = f(t, r)$$

funksiyanyn baslangyç hem-de f(t_0-r), gözlenilỳän f(t,r) bahalaryny gutanykly agzalary bolan hatar görnüşinde ỳazalyñ

$$f^{-}(t, r) = \sum_{m=0}^{M} f_n(t).U_m(r)$$

u_m(f) - çyzykly garaşsyz bolan bazis funksiyalar. Olaryň giñişjik koordinatlary r-e baglydyr.

M -hatara dargatmagyñ agzalarynyñ sany.Umuman f(t,r) (2) hatar boỳunça $f_m(t_0)$ koeffisientler bilen berilỳär f(t,r)-niň periodik(gaýtalanýan) bolanlygy üçin u_m(r) hem periodikdir.

(2) hatarda agzalaryn sany çäkli bolanlygy üçin ol, anlatma f(t,r) funksiỳanyñ diñe çaklanan bahasyny kesgitleỳär.

Eger 2-nji deñlemäni birinja goỳsak, onda sag tarapdaky D-niň ỳerine kabir ε_o ululuk alynar. Bu ululuga gabat gelmeỳän (artykmaç agza) diỳilỳär. Deñleme şeỳle bolar:

$$\sum_{m=0}^{M} \frac{\partial f_m(t)}{\partial t} \cdot u_m(r) + \upsilon \sum_{m=0}^{M} f_m(t) \frac{\partial u_m(t)}{\partial r} = \varepsilon$$

Bu deñlemede doly önümler bardyr. Ỳagny, $f_m(t)$ koeffisient diñe t-baglydyr.$u_m(r)$ bazis funksiyasy bolsa diñe (r)-e baglydyr.

Bu mysalda gözlenilỳän parametrler bolup dargama koeffisientlerden wagta

görä alynỳan önümler hyzmat edỳar, ỳagny, $df_m(t)/dt$. Kesgitleỳji deñlemeler ulgamy parametrleri tapmak üçin gurulanda birnaçe usullar peỳdalanỳar.

Kesgitleỳji deñlemeler ulgamy çözülende bazis funksiyalary hökmtinde çyzykly-garaşsyz ortogonal funksiyalary peỳdalanmak maksadalaỳykdyr. Eger

bazis funksiỳalar ortogonal bolsalar, ỳagny

$$S\ U_m(r).U_n(r)dr = \{^E_o Cmn\ \ eger^{m=R}_{m+B}$$

şert ỳerine ỳetse, onda şeỳle bazis funksiyalary alyp bolar.

$$U' = (r) = Cmn\ Un\ (r)$$

Olar şeỳle şertleri kanagatlanỳarlar

$$U' = (r)U'n(r)dr = \begin{cases} 1 & m=n \\ 0 & m=/n \end{cases}$$

Bazis funksiyalar çaklama deñlemäniň peỳdalanỳan gyra şertleri kanagatlandyrmalydyr. Bu ỳagdaỳda hatarlaryň kömegi bilen alỳnan, meselaniñ çözgütleri çaklama deñlemeleri üçin serhetlerdäki şertleri kanagatlandyrỳar.

Agzalary bazis funksiyalary bolan hatarlar ỳygnalyan bolmalydyr, başgaça aỳdylanda

$$\lim_{m\to\infty} fm(t)U_m(r) = f(t,r)$$

Çyzykly differensial operatoryñ hususy funksiỳasy $u_m(r)$ şeỳle şerti kanagatlandyrmalydyr.

$$£[u_m(t)]=\lambda_m u_m(a)$$

λ hususy san.

Hatarlaryñ kömegi bilen çözüwleri tapylyan çaklama nusgalaryñ köpüsinde wagt hem-de dikleỳin koordinatlar boỳunça önümleri gutarnykly tapawut görnüsinde aňlatmaklyk saklanylyar. Hatarlarda dargatmak boỳunça bazis funksiyalar boỳunça amala aşyrylỳar, olar diñe islendik saỳlanyp alỳnan koordinatalara baglydyr.

III. 1. Kollokasiya usuly. Bu usulda kesgitleỳji deñlemeler ulgamy (ε=0) şertiň kömegi bilen berilyar.Ol şertler çözüwleriñ kesgitlenỳän G oblastynda deňölçegli paỳlanan n-sany Kollokasiỳa nokatlarynda goỳulỳar. Bu ỳagdaỳda (ε =0) her bir kollokasiya nokadynda şeỳle ỳazyp bolar

$$\sum_{m=0}^{M} \frac{df_m(t)}{dt} U_m(t) + \vartheta \sum_{m=0}^{M} f_m(t) \frac{dum}{dp}$$

m=0, l, 2,... ,M çenli üỳtgeỳär.

Bu añlatmalaryñ ulgamy kesgitleỳji deñlemeler ulgamyny emele getirỳär. Olar

$$\partial\left(\frac{\partial f m(t)}{\partial t}\right) = 0$$

ululygy tapmak üçin peỳdalanylỳarlar

2. Kiçi kwadratlar usuly.

Bu usulda kesgitleỳji deñlemeler usuly aşakdaky şert ỳerine ỳeter ỳaly gurulỳar, ỳagny,

$$j = \int_G \varepsilon^2 dr = \min$$

Bu j üçin ekstremal sertdir. Bu ỳerde $\dfrac{\partial j}{\partial\left(\dfrac{\partial f_m(t)}{\partial t}\right)}=0$

m -0, l,...,M

§12. SPEKTRAL ÇAKLAMA NUSGALARYÑ ÇÖZÜLIŞ USULLARY

Çaklama deñlemaniñ çözüwi hatarlaryñ kömegi bilen amala aşyrylỳan, gabat gelmeýän ululygy bolsa iň kiçi baha getirilỳän (kollokasiya usuly bilen) nusgalara psewdospektral diỳilỳär. Bu ỳagdaỳda spektral usuldan tapylan garassyz üytgeỳjileri boỳunça differensirlemekden başga ähli operasiỳalar nokatlary gözeneginde ỳerine ỳetirilỳär. Şonuñ hasabyna faza tizliklerini hem-de giñişlik önümlerini hasaplamagyñ ýokary takyklygy gazanylỳar. Şeỳle hem bu "usulda spektral" usullara hasiỳetli bolan hatarlar bilen baglansykly kynçylylar aradan aỳrylỳar, ỳöne psewdospektral usullar ỳalñyşlyklardan halas däldir. Ỳagny hasaplanyş durnuksyzlygynyñ ösmegine getirỳän ỳagdaỳlar ỳüze çykỳar. Psewdospektral usulun esasy ỳagdaýlaryna adweksiyanyñ çyzykly däl deñlmaniñ çözüwinde garalyň

$$\frac{\partial U}{\partial t}+\frac{U\partial U}{\partial r}=0 \qquad (1)$$

Bu ỳerde u(r,t) tizlik wektorlynyñ r ok boỳunça düzüjisi. 0l r boỳuça periodik üỳtgäp durỳan skalỳar funksiyadyr. Periody 2π den .(1) deňlemäniňlemaniñ çözüwi hem-de u(r,t) funksiyanyñ çaklama çyzgysy psewdospektral usulda bir derejeli gözenek arkaly alynỳar. Bu gözenegiñ düwinleri aşakdaky aňlatmalar bilen kesgitlenỳär.

$$rm=\frac{2\pi m}{M}$$

u(r,t) üçin baslangyç maglumatlar gözenegiñ düwünlerinde

$u_m(t_0) = u_m(r , t_o)$ m bahalaryñ toplumynda berilỳär. t_o - başlangyç wagt pursaty.

Bu u ỳerde t boỳunça periodik bolup M -e deñdir, diỳmek bahalaryñ bu toplumy Furýeniñ özgertme hatarlary bilen aňladylyp biliner. Eger M=2k+1 bolsa bu özgertme şeýle ýazylar

$$Um(t_0) = \sum_{M=-k}^{k}$$

$$Uk/t_0/e^{ikrm}$$

Bu ýerde $\frac{Uk}{t_0} = \frac{1}{m} \ \Sigma_{m-1}^{m}$

$$Um/t_0/-e^{-ikrm}$$

$$(\frac{\partial U}{\partial r})_m = \sum_{12=-k}^{k} ik\, U_2 \ /t_0\, /e^{-ikrm}$$

bu ululygyñ we u_m -in bahalaryny özara köpeldip wagt boỳunça ädimler usuly arkaly önümleriñ gözenekdäki bahalaryny alarys.

$$\left(\frac{\partial U}{\partial r}\right)_m = -U_m\left(\frac{\partial U}{\partial r}\right)_m$$

Soñra wagt boỳunça ädimler usuly bilen aşakdaky ululygy hasaplaỳarys

$$U_m/t_0 + \Delta t/= U_m/t_0/+\left(\frac{\partial U}{\partial r}\right)_m^{t_0} - \Delta t$$

$u_m(t_0+\Delta t)$ –niñ alynan bahalary üçin ỳokardaky añlatmalary ỳenede ulanarys. Netijede $u_m(t_0+N\Delta t)$ bahalary alarys.N- bahalaryñ ädim boỳunça sany.

Gutarnykly elementler usuly differensial deñlemeleri hatarlaryň kömegi bilen takmyn çözmek üçin peỳdalanylỳar. Ol hatarlarda gutarnykly elementleri bolan bazis funksiỳalar peỳdalanylýar, gutarnykly elementlere başgaça finit funksiyalar diỳilỳär. Ol funksiyalar çözüwlerin kesgitlenỳän oblastynyñ uly bolmadyk ỳerinde 0-dan tapawutlanỳarlar. Takmyn çözüwleriñ gutarnykly elementler usuly differensial deñlemeler üçin dürli proỳeksiỳalarda we görnüşlerde, ỳagny, dürli algoritmlerde düzülỳär. Bu algoritmleri peỳdalanmagyň netijesinde deñlemeler ulgamy gutarnykly elementleriñ ulgamyny emele getirỳär. Bazis finit funksiyalaryñ kömegi bilen çözüwler kiçi oblastlaryn çäginde çalşyrylỳar hem-de çözüwleriň uly oblastlarynyň içinde çalşyrylỳar hem-de çözüwleriñ oblastlarynda ỳaỳradylỳar. Oblastlaryñ gutarnykly elementleriniň topary diỳilỳär. Önümleriñ şeỳle çalşyrylmaklygyna gutarnykly element usuly diỳilỳär. Oblastlary gutarnykly elementleriň ỳa-da finit iftinksiỳalaryñ toparlaryna bölmeklik dürli bolup biler.

§13. Çyglylygyň, bulutlylygyň we ygallylygyň çaklama nusgalary

I. Matuliýew we başgalar tarapyndan işlenip düzülen çaklama nusgalarynda bulut elementleri howanyň turbulent hereketi arkaly doly alnyp gidilýär diýilen pikir peýdalanylýar. Çygyň we ýylylgyň süýşmegi baýan edýän başlangyç deňlemeler ulgamy şeýle görnüşde ýazylýar:

$$\frac{\partial \Pi}{\partial t}+u\frac{\partial \Pi}{\partial x}+v\frac{\partial \Pi}{\partial y}+w\frac{\partial \Pi}{\partial t}=\frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial z}k\rho\frac{\partial \Pi}{\partial t} \quad (1)$$

$$\frac{\partial s}{\partial t}+u\frac{\partial s}{\partial x}+v\frac{\partial s}{\partial y}+w\frac{\partial s}{\partial z}=\frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial z}k\rho\frac{\partial s}{\partial z} \quad (2)$$

$$q_m=0.022\frac{E(t)}{p} \quad (3) \qquad \Pi=T+\gamma at+\frac{\Re}{c_p}q \quad (3)$$

$$q=0.622\frac{E(T_p)}{p} \qquad S=q+\delta \ (4)$$

δ – bulutlar çyglylygy

q – suw bugunyň massa ülüşi

s – birlik howa massasynda damjalaryň suw bugunyň birlik howa massasy

Eger turbulent çalşygy hasaba almasaň (1) we (2) deňleme şeýle görnüşe alar

$$\frac{d\Pi}{dt}=0 \qquad \frac{dS}{dt}=0$$

Diýmek, hereket edýän howa bölejiklerinde $\Pi=const$ $\rho=const$, ýagny, bu funksiýalar kondensasiýasynyň barlygyna ýa-da ýokluguna garamazdan inwariant bolup durýar (belli bir görnüş). Bu funksiýalaryň üýtgemegi hereket edýän howa bölejiklerinde diňe turbulent çalyşma Zasiri bilen bolup geçýär. (1) we (2) deňlemäni çözmeklik t we q ululuklar üçin deňlemeleri çözende ýönekeý bolýandyr, sebäbi olarda kondensasiýa tizligi ýokdur, deňlemäniň çözüwi diňe troposferaň çäginde alynýar. Seredilýän nusgada (1) we (2) deňlemeler izobarik koordinatlar ulgamynda peýdalanýar we şeýle görnüşde ýazylýar

$$\frac{\partial \Pi}{\partial t} = a\frac{\partial^2 \Pi}{\partial \Im^2} + (b-w)\frac{\partial \Pi}{\partial \Im} - \left(u\frac{\partial \Pi}{\partial x} + v\frac{\partial \Pi}{\partial y}\right) \qquad (6)$$

$$a = k\left(\frac{g\Im}{RT}\right)^2$$

$$\frac{\partial s}{\partial t} = a\frac{\partial^2 s}{\partial \Im^2} + (b-w)\frac{\partial s}{\partial \Im} - \left(u\frac{\partial s}{\partial x} + v\frac{\partial s}{\partial y}\right) \qquad (7)$$

$$b = 2R\left(\frac{g\Im}{RT}\right)2\left(\frac{1}{\Im} - \frac{1}{T}\frac{\partial T}{\partial \Im}\right)$$

$w = \dfrac{\partial \Im}{\partial z}$ - dikleýin tizligiň kywapdaş ululugy

a, b funksiýalar diňe ululuga bagly hasap edilýär, olaryň bahalary üçin tablisada getirilýär, hem-de nusgadaky peýdalanylýan şertlere görä ulanylýar. Şeýle hem 6 we 7 deňlemeler $\Pi(x,y,\Im_0)$ $S(x_1)=q(x,y,\Im,t_0)$ başlangyç şertlerde çözülýär. Çözüwleriň bulutlar göz öňüne tutulmaýan oblastynda $\sigma=0$ bolup durýar. Bulutlar bar ýerinde $q=q_m$ suwlulugyň başlangyç bahalary bolsa empiriki formula boýunça tapylýar. Gapdal serhetlerde

$$\left.\frac{\partial \Pi}{\partial t}\right|_\Gamma = \left.\frac{\partial s}{\partial t}\right|_\Gamma = 0 \qquad \text{ýa-da:}$$

$$\left.\frac{\partial \Pi}{\partial n}\right|\Gamma = \Im_1 \frac{\partial s}{\partial n} = \Im_2$$

Bu ýerde gapdal serhetleri perpendikulýar

$\Im_1$ we $\Im_2$ belli funksiýalar ýokarky serhetde (tropopan) howanyň haly

$\Im_{TP} = 0.2$ diýilip belenilýär. Gyra şertler şeýle kabul edilýär

$$\delta=0 \qquad \left.\frac{\partial T}{\partial \Im}\right|_{\Im=\Im_{TP}} = \left.\frac{\partial s}{\partial \Im}\right|_{\Im=\Im_{TP}} \equiv 0$$

aşakdaky gyra şertler derejede goýulýar. Ýer üstüniň golaýynda temperaturanyň üýtgemegi afweksiýa hem-de transormasiýa bilen baglanşykly hasap edilýär. Aşaky gyra şertler tempiratura üçin şeýle görnüşde ýazylýar.

$T(x,y,1,t+\Delta t)=T(x,y,1,t)+\Delta T(x,y,1,t+\Delta t)$ bu ýerde

$\Delta T=\Delta T_a[1-(0.36-0.004c_g)$

$$\Delta T_a = -\left(u_g \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial T}{\partial y} v_g\right)\Delta t$$

ΔT_a – temperaturanyň modulunyň wagt boýunça ädimde geostropik adweksiýa bilen şertlenen üýtgemegi.

c_g - geostropik ýeliň moduly.

Çyglylygyñ we bulutlygyñ çaklama nusgalaryñ ỳerine ỳetirilişi Çyglylyk üçin aşakgy gyra şertleri temperaturanyň we gyraw nokadynyň üýtgemeleriniň arasyndaky empiriki baglanşyga esaslaryny emele getirýär.

$$\frac{\partial T_d(x,y,1,t)}{\partial x}\Delta t = 1.26\Delta T(x,y,1,t)$$

Bu ýerde Δt ýokardaky formula boýunça kesgitlenýär. 6 we 7 deňlemeler ulgamy başlangyç we gyra şertlere görä $\Im$ *=1; 0.85; 0.7; 0.5; 0.3;* derejeler üçin baglanşyklary aýyrmak usuly bilen çözülýär. **x we y** boýunça gözenegiň ädimleri $\Delta x=\Delta y=300$ *km* diýilip kabul edilýär. Wagt boýunça ädim $\Delta T=12$ *sag* çaklama oblasty gözenegiň düwünleriniň sany 18,14 boln 4 burçluk bolup durýar.

Nusgalar awtorlar tarapyndan işlenip düzülen algoritmler wagt boýunça her bir ädimde U, V, W ululuklaryň bahalary berilýär. Bu bahalaryň kwadigeostropik çaklama modeliniň kömegi bilen hasaplaýar. Soňra Π we S çaklama meýdanlarynyň kömegi bilen temperaturanyň çygylygyň we bulutlulugyň meýdanlary hasaplanylýar. Onuň üçin 3 we 5 deňlemeler peýdalanylýar. Berlen düwünde howa doýgun diýilip 3 we 4 gat-dan yzygiderli ýakynlaşma usuly arkaly *gm* tapylýar. Onuň bahasy *S-b/n* deňeşdirilýär. Eger S> bolsa, onda bu düwünde bar hasap edilýär. Bu ýerde koeffisient howanyň otnositel çyglylygyny aňladýar.

Bolanda berilen düwünde bulutluk ýokdur. Şeýle düwünlerde $T = \Pi - \gamma_a \cdot z \frac{\lambda}{c_p} q$

Bulutlugyň çaklanylýan düwünlerinde

$$T = \Pi - \gamma_a \cdot z - \frac{\lambda}{c_p} q_m$$

temperaturany hasaplamak üçin zerur bolan izobarik üstüniň beýikliginiň bahalary çaklama nusgasynyñ dinamiki deňlemäniň çözüwinden alynýar. f – koeffisient bolanda T> 273 gr K bolanda 1-deňdir. T<273 gr.K bolanda birden azdyr tejribe maglumatlaryň esasynda koeffisientiň T baglylygy şeýle formula bilen aňladylýar:

f=0,008T – 1,184.

GDA- ücin gidrometeorologik merkezinin operatiw çaklama nusgalaryna çyglylygyñ, bulutlulygyñ we ygallylygyñ öñünden kesgitlenişi.

Seredilỳän nusgada çyglylygyn çaklamasy üçin suw bugunyñ massa ülüşiniñ geçis deñlemesi peỳdalanylỳar. Bu deñleme izobariki koordinatalar ulgamynda şeỳle ỳazylỳar

$$\frac{\partial q}{\partial t} + m\left(u\frac{\partial q}{\partial x} + \vartheta\frac{\partial q}{\partial y}\right) + \tau\frac{\partial q}{\partial p} = \frac{RT}{P}\ \varepsilon_n$$

τ -   Dikleỳin tizlige birmeñzes ululygy (ỳagny onuñ çalşyrylỳan ululygy)

“ε_n”-birlik howa massasyna akyp gelỳän çygyñ ululygy (wagt birliginde). Bu ululyk keseleỳin we dikleỳin bitertip (turbulent) akymlar hem-de faza owrulisigi arkaly gelỳän çyglyk akymy bilen sertlenendir. Ỳokarky deñleme (1) esasy izobariki üstlere merkezi tapawutlaryn anyk çyzgysy boỳunça hasaplanyş (amaly) usulda jemlenỳär.(integr). Gapdal serhetlerde şeỳle şert goỳulỳar.

$\frac{\partial q}{\partial t_n} = 0$, nusga atmosferanyñ ỳokarky serhedinde q=0 hasap edilär

Göräleỳin çyglylygyñ çaklama bahalary boỳuça empiriki añlatmalar esasynda ỳarusyn bulutlygy hasaplanylỳar. Olar şeỳle atmosfera gatlaklaryna degişli edilỳär.(1000-850 GPA) ,aşaky gatlak,(850-500GPA) ortaky gatlak, (500-200GPA) ỳokarky gatlak

$$N_a = 3.25f_{100} - 1.95$$
$$N_0 = 2f_{700} - 0.7$$

$$N_{ý} = 1.72f_{500} - 0.43$$

$F_{100,}$ f_{700} , f_{ioo} degişli derejede birlik ülüslerde añladylan göräleỳin çyglylyk. Seredilỳän nusgada ygal mukdaryda hasaplanỳar şonda ähli kondensirlenen çyglygyn mukdary ygal gornüsinde düşýär diyip kabul edilýär. Onuň mukdary

$$\delta q.\Delta t = \frac{q_m(T)(1-f)}{1 + \frac{L^2 q_m(T)}{C_p\, R_n\, T^2}}$$

q_m(t)-doýgun suw bugunyň massa ülüsi

£-kondensasiýanyň udel ýylylygy

Rn-suw bugunyň gaz hemişeligi

δq Δt-ululygyň ähli dereje boýunça gaz düzuminde ygal mukdaryny berýär (gözenegiň düwünlerinde Δt-ädimde) ähli wagt ädimlerindäki ygal bölejiklerinde bolsa düwünlerinde ähli çäkli döwürdäki ygallary berýär.

.

§14. Ygal mukdarynyñ çaklamasynyñ aỳratynlygy.

Çyglygyñ bulutlygyň ygallaryñ çaklama nusgalarynda we olaryn çözüliş deñlemelerinde bulut hasiỳetiniñ düzüm böleginiñ maglumatlary uly ähmiỳete eỳedir ol ỳa-da başga ygal hadysasynyn döremegi gatyşykly ygallaryn yüze çykmagy dürli ygallaryn dowamlylygy bulutlaryn düzüm bölegine bölejiklerin bulut bolejiklerinin hiline we mukdaryna köp derejede baglydyr. Bulutlaryn düzümini barlag etmeklik ỳer üsti we aerologiki gözegçilikler, awiasiỳa uçuşlaryndaky howa şertleriniň maglumatlaryny derňemek uçuş apparatlaryndaky gözegçilikler, kosmiki surata alynys arkaly amala asyrylyar. Alnan maglumatlaryfl dernewinde ol ya-da basga bulut bolejiklerinin emele gelis hasiyetnamalary olaryn belli bir wagtyn dowamynda gaỳtalanşy hasaba alynyar. şol bir bulut gowrtimindaki bolejiklerin bulut dtiztiminin netijesinde ỳagỳan ygallaryñ mowstimleyin aỳlyk- ỳyllyk gaytalansy köp ỳyllaryn dowamyndaky üỳtgeyiş maglumatlary peydalanyar. Şeyle derñewlerde alnan netijeler giñişlik wagt gözenegiñ düwtinlerinde ỳerleşdirilỳär. Bulut düzuminin bölejiklerinin maglumatlary şol dowürdaki howa şertleriniñ (t -ra göräleyin çyglyk, basys, absolyut çyglylyk yelin ugry we tizligi) bilen baglanysdyrylyar. şeyle hem bulut düzüminin san gorkezijileri degişli empiriki anlatmalara girizilyar. Anlatmalarda bulutlaryn suwlulygy hasaba alnanda we hasaplananda bulut dtiztiminin (bolejiklerin) köp gaytalanyan göterim gatna şygy göz öñinde tutylyar. Degişli deñlemeler amaly usulda çözülende bu gorkezijilerin ähmiỳeti uludyr. Bulut bölejikleri hakyndaky has takyk maglumatlar okustik optiki (lazer) we radiolokasiỳa barlaglaryñ netijelrinde alynỳar.

2. Belli bolşy ỳaly howanyn çyglylygy onuñ gowrtimindaki suw buglary bilen kesgitlenỳär. Diymek şeyle howa çaklamalarynda howadaky suw damjalarynyn emele gelsi ilkinji nobatda duryar. Howadaky we bulutdaky suw damjalaryn konsentrasiyasynyn üytgemegi olardaky

kondensasiya we sublemasiya hadysalary damjalaryn faza öwrülşigi umuman ỳer orttiginde suw damjalaryñ bugarmasyna baglydyr. Çaklamalaryn gidrodinamiki usullarynda agzalan hadysalsyn gidisi hasaba alnanda suw damjalarynyn bugarys mukdary oran zerur bolup duryar.Faza owrtilsiginde energiyanyn bölünip çykmagy we siñdirilmegi mukdary dine bir t0 - ra sertlerinde dalde bugarysyn mukdaryna hem baglydyr. Ỳerin örtüji üsttiñ we suw ỳaỳlymlarynyñ üstünin bugaryşy ỳörite gözegçilikleri öwrenilỳär. Gözeg çilik maglumatlary derñelip belli bir howa şertlerinde emele gelen bugaryşyn intensiwligi çaklama nusgalaryn anlatmalaryna girizilỳär. Bu usullarda bugaryşyn hasaplanyş tärleri ỳalñyşlyklary hasaba almak we düzediş girizmek düzgünleri esasy ähmiỳete eyedir. Bugaryşyñ intensiwligi 0l çenende dürli ol çeglerdaki synag üçin suw ỳaỳlymlary peỳdalanylyar. Olardaky bugaryşyn aỳlyk- ỳyllyk we kop yyllyk mukdary öwrenilỳär. Olaryn üytgeỳiş grafigi düzülỳär. Olaryñ netijesinde empiriki (tejribe) añlatmalar alynỳar. Her bir mukdar hasiyetnamalaryñ yüze çykmagy we göterim hasabyndaky gaỳtarmalary belli sertlerdaki howa maglumatlary gün zadyn düşmegi baradaky maglumatlar bilen denesdirilyar. Olaryn arasyndaky kesgitli baglansyk yüze çykarylyar.Munuñ özi gidrodinamiki añlatmalarda giñişlik we wagt gözeneginin düwünlerindäki bugaryş maglumatlaryny peỳdalanmaga dürli döwürlerde suw damjalarynyñ bugaryş netijelerini hasaplamaga mümkinçilik beryar. Suw damjalarynyn bugarys mukdary netijesinde absolỳut çyglylyk görnüşine çyglylyk (y) emele geljek ygallaryñ görnüşi we intensiwliligi, bulut mukdary düzümi we we görnüşi çaklanylynyp biliner.

Atmosfera ýagynynyň umumy häsiýetnamasy

Türkmenistanyñ çägine düşýän ýagynyň aýratynlygy mukdarynyñ örän azlygy we olaryñ düşüşiniñ wagta görä örän güýçli üýtgeýänligi, ýagny aýda we ýylda düşýän ýagynyň umumy jeminiñ köp ýyldaky ýagynyñ orta hasapdan alnan jeminden ep-esli tapawut edýänligidir. Türkmenistanyñ çäginde ýagynyñ mukdarynyň ýylba-ýyl örän durnuksyzlygyny Türkmenistanyñ kontinental we gurak klimatynyñ özboluşly aýratynlyklary häsiýetlendirýär.

Döwletimiziñ çäginiň aglaba bölegini tutýan çöllüge ýylda bary-ýogy 100 millimetr (gektara 1000 kubometr), dag etegindäki ýerlere 200 mm töweregi we daglyk ýerlere 350 mm töweregi ýagyn düşýär. Günorta gidildigiçe, Eýran we Owganystan tarapdaky beýik daglaryñ täsiri arkaly ýagynyñ mukdary, umuman alnanda, kem-kemden köpelýär. Türkmenistanyñ demirgazyk bölegi (Űñüz añyrsyndaky Garagum, Garabogazköl sebiti) gurak ýerleriñ biridir. Bu ýerlerde ýylda düşýän ýagyn 100 mm-den hem azdyr.

Döwletimiziñ çäginde ýagynyň ortaça köpýyllyk aýlyk jemi 75 mm-den 400 mm-e golaý (Köpetdagyñ beýik ýerlerinde) çäklerde üýtgäp durýar. Şeýlelik bilen, ýylda düşýän ýagynyñ geografik bölünişi boýunça Türkmenistanda tebigy yzgarlanyşyñ üç sany ýerini tapawutlandyrmak bolar. Ol ýerler şulardyr: Demirgazyk Türkmenistan we Merkezi Garagum - ýylda düşýän ýagynyñ mukdary 100 mm töweregi we ondan-da az, günortadaky we günorta- gündogardaky dag etegi - 200 mm gowrak, Köpetdag massiwi - ýylda düşýän ygalyñ mukdary 300 mm-den köp.

Atmosfera ýagynlarynyň ortaça köpýyllyk aýlyk jeminiň üýtgeýän çäkleri Türkmenistanyñ çäginde ýagynyñ mukdarynyň ýylyñ dowamynda nähili üýtgeýändigini gözden geçireliñ. 1-nji görkezgiçde aýda, ýylda, şonuñ ýaly-da sowuk hem-de yssy döwürde düşýän ýagynyñ mukdary görkezilýär. Şu görkezgiçde Türkmenistanyñ esasy fiziki - geografiki ýerleriniñ çäklerinde ýagynlaryñ ortaça köpýyllyk aýlyk jeminiň üýtgeýän çäkleri berlendir. Merkezi Garagumda, we Hazar kenar ýakalaryna ýetýänçä Köpetdagda-da sowuk (XI-III aýlaryñ) we maýyl (IV-X aýlaryñ) döwürleriñ ýagynlarynyñ jemi birmeñzeş ýa-da biri-birine ýakyn bolýar.

1-nji görkezgiç

Ýagynyñ ortaça köpýyllyk aýlyk jeminiň üýtgeýän çäkleri (mm)

Aýlar	**Düzlük**			
	Merk.Gagünb we demirgaz	**Günorta - gündogar bölegi**	**Köpetdag etegindäki zolak**	**Daglyk ýer**
Ỳanwar	5-15	15-30	15-45	25-40
Fewral	10	15-35	15-45	30-45
Mart	20	25-35	35-60	50-60
Aprel	15-20	20-25	20-45	40-80
Maý	5-15	5-10	10-25	30-50
Iýun	0-5	0-5	0-10	10-15
Iýul	0-5	0	0-10	10-15
Awgust	0-5	0	0-10	5-15
Sentýabr	0-5	0	0-5	5-10
Oktýabr	5	5-10	5-15	15-20
Noýabr-Dekabr	5	10-15	10-20	20-30
Ýyl	90 110	105-155	180-240	250-360

Döwletimiziñ gündogar ýarymynda, takmynan Aşgabat – Daşoguz ugrundan gündogarda maýyl döwürdäki bilen deňeşdirilende sowuk döwürdäki ýagynyñ mukdary 2 esse (Baýramalyda, Türkmenabatda), soñra bolsa 3-4 esse (Tagtabazarda, Lekgerde, Serhetabatda) artýar. Şeýlelik bilen, Türkmenistanyñ günorta-gündogarsynda ýagynyñ hemmesi diýen ýaly sowuk döwürde, siklonlaryñ has güýçli bolýan wagtlary düşýär.

§15.Ýagynyň mukdarynyň möwsümleýin üýtgemegi

Türkmenistanyñ çäginiň aglaba ýerinde ýagynyñ iñ köp düşýän wagty esasan mart we aprel aýlardyr, ýagny siklonlaryñ has güýjeýän we ýitileşýän döwrüdir.

Tomus döwründe howanyñ gaty gyzýanlygy sebäpli, onda suw bugy örän az bolýar. Tomsuna döwletimiziñ çäginiň düzlük ýerlerinde ýagynyñ düşüşiniñ ortaça aýlyk mukdary örän ujypsyzdyr we onuñ nula gelýän wagtlary hem bolýar. Türkmenistanyñ günorta-gündogar böleginde Iýun aýýndan sentýabr aýynyň ahyryna çenli ýagyn düýbünden bolmaýar diýen ýalydyr. Döwletimiziñ diñe günorta-günbatar böleginde her ýýl diýen ýaly tomsuna ýagyn bolýar, kämahal bolsa ýagyn güýçli ýagýar. Tomsuna günbatardan we demirgazyk-günbatardan sowuk howa massasy gelende, şol massalar Hazar deñziniñ günorta bölegininñ ýokarsyndaky maýyl hem çygly howa massasy bilen özara täsir edip, uly bulut döredýär we Esenguly - Balkanabat ugry boýunça kenar ýakasy zolagynda kämahal ep-esli ygal düşürýär. Sowuk howa massasy has güýçli gelen mahalynda, kä gezek ol gündogara tarap ýaýrap, Serdara ýetýär. Şeýle prosesiñ Aşgabada ýetýän wagty örän seýrek, ýagny 10-15 ýýldan bir gezek bolýar.

Öñde agzalyp geçilişi ýaly, Türkmenistanda ýagynyñ düşüşiniñ örän güýçli üýtgeýändigini aýda we ýýlda düşýän ýagynyñ iñ az mukdary bilen iñ köp mukdary aýdyñ häsiýetlendirýär. Türkmenistanyñ çäginde ýýlda düşýän ýagynyñ umumy jeminiñ 24 mm-den 564 mm-e çenli çäklerde bolýandygy onlarça ýylyñ dowamynda geçirilen gözegçilikleriñ netijesinde kesgitlenildi. Ýýlda düşýän ýagynyñ mukdarynyň Köpetdagda has köp bolýandygy bellenildi (Haýrabatda-564 mm, Magtymgulyda - 452 mm; günorta-gündogar dag eteginde-Serhetabatda-467 mm, Tagtabazarda 432 mm we ş.m.) Ýylda düşýän ýagynyñ mukdarynyň iñ az ýeri düzlüklerdir (Daşoguz, Zäkli, Repetek, Derweze we beýlekiler), bularda ýylda düşýän ýagynyñ mukdary 90 mm-den az bolýar [11].

Türkmenbaşyda ýagynyñ ýyllyk mukdary iñ köp bolanda 228 mm-e ýetdi we iñ az bolanda hem 33 mm düşýär. Şeýlelikde, ýylda düşýän ýagynyñ iñ köp mukdarynyň iñ az mukdaryna gatnaşygy Türkmenbaşy üçin 7, Repetek üçin 9, Baýramaly üçin 8, Zäkli, Daşoguz we Aşgabat üçin 5 bolýar. Ol ýa-da beýleki etrabyñ çagba howpuny kesgitlemek nukdaý nazaryndan garalanda, ýagynlaryñ gije- gündizlik mukdary baradaky käbir maglumatlar örän gyzyklydyr. Çagba ýaganda, ýagynyñ mukdary birnäçe minutyñ içinde ep-esli ululyga ýetip, ýolunda gabat gelen zatlaryñ ählisini wes-weýran edip biljek güýçli sil döredip biler. Köp ýyllap geçirilen gözegçilikler döwrüniñ içinde ýagynyñ gije-gündizlik maksimumynyñ esasan günorta-günbatar Türkmenistanda we köplenç tomus aýlarynda bolandygy bellenildi (Etrekde-97 mm, Bekibentde-85, Serdarda we Haýrabatda-77, -64, Aşgabatda-55 mm).

Ygallaryñ maksimal güýçlüligini gözden geçirmek hem gyzyklydyr. Ygalyñ güýçlüligi bir minutda düşen ygalyñ millimetr hasabyndaky mukdary (minutda millimetr) bilen bellenilýär. Birnäçe mysal getireliñ. Biratada 1954-nji ýylyñ Gorkut aýynyň 27-de ýagan ýagyş bary-ýogy 19,6 mm yzgar berdi, şol ýagyşyñ maksimal güýçlüligi minutda 3,7 mm boldy; Serdarda 1955-nji ýylyñ iýul aýynyň 28-de ýagan ýagyş bary-ýogy 12,4 mm yzgar berdi, emma 3 minutyñ dowamynda onuñ güýçlüligi minutda 2,2 mm boldy.

Türkmenistanyñ günorta-günbatar böleginde ýagýan çagbalar kämahal ýagyş köli diýýilýän kölleri döredýär. Amatly relýef şertleri we dykyz toýun topragyň ýaýramagy, ep-esli möçberlere ýetýän ýagyş kölleriniñ döremegine ýardam edýär.

Merkezi Garagumdan başlap, Türkmenistanyñ demirgazyk we gündogar böleginde ygalyñ mümkin bolan gije-gündizlik maksimumynyñ ululygy üzül- kesil azalýar, özi-de şeýle ýagdaý tomsuna däl-de, ýazyna, mart, aprel aýlarynda bolýar.

Tejribe-gözleg nukdaý nazaryndan garalanda, diñe düşýän ygallaryñ mukdaryny däl-de, eýsem ygalynyñ möçberi dürli-dürli bolýan günleriñ nähili gaýtalanyp gelýändigini hem bilmek möhümdir. 2-nji görkezgiçde ygalynyñ mukdary dürli-dürli bolan günleriñ ýyldaky sany baradaky maglumatlar görkezilendir.

2-nji görkezgiç Dürli ýagyn mukdarly günleriñ ortaça sany

Ulgamlar	Ýagynyñ mukdary şu sanlara deñ günleriñ sany						
	0 mm	**0,5 mm**	**1 mm**	**5 mm**	**10 mm**	**20 mm**	**30 mm**
Türkmenbaşy	44	31	22	5	2	0,4	0,1
Etrek	49	38	31	11	4	1	0,3
Çagyl	41	28	22	6	2	0,2	0,1
Serdar	54	43	36	13	5	1	0,4
Daşoguz	38	26	19	5	1	0,2	0
Haýrabat	92	73	60	22	11	2	0,5
Aşgabat	69	51	41	16	6	1	0,2
Baýramaly	42	32	25	8	3	0,4	0,1
Serhetabat	53	42	33	17	8	2	0,5
Atamyrat	43	36	30	12	5	1	0,2

Türkmenistanda köplenç halatda az, 1 mm-e çenli ýagynyñ bolýandygy şu maglumatlardan görünýär. 5 mm we ondan geçýän ýagynyñ bolýan gününiñ sany azdyr, 20 mm we ondan-da köp ýagyn ýagýan günler Türkmenistanyñ şertlerinde örän azdyr, käbir etraplarda şeýle ýagyn 2-5 ýyldan bir gezek bolýar. Ýagynly günleriñ sanynyñ köp bolýan wagty sowuk döwürdir (XI-III), ýagynly günleriñ sany Nowruz aýynda maksimuma ýetýär.

Daglyk ýerler: Köpetdag, Köýtendag we Parapamiz dag etegi hem ýagynly günleriñ iñ köp bolýan ýerleridir. Ýagynly günleriñ sany Köpetdagyñ beýik ýerinde (Haýrabatda) 70-den 113-e çenli, Magtymgulyda 54-den 93-e çenli, Aşgabatda 36-dan 108 güne çenli çäklerde bolýar.

Ýagynly günleriñ sanynyñ hem, ýagynyñ mukdarynyñ hem iñ az bolýan ýeri döwletimiziñ demirgazyk bölegi, Merkezi Garagumdur, bu ýerlerde her ýylda ýagynly bolýan günleriñ sany orta hasap bilen 24-den geçmeýär

4. Gar örtügi

Türkmenistanyñ daglyk etraplardan başga ýerlerinde gar az ýagýar. Daglyk ýerlerde ýagýan garyñ mukdary ýagynlaryñ umumy ýyllyk jeminiñ Haýrabatda 38%, Howdanda 33 %, Serhetabatda 22 % barabar bolýar. Türkmenistanyñ düzlük böleginde, aýratyn Nowruz aýyna çenli aralykda ýagyş ýagýar we garyň mukdary ýylda düşýän jemi ýagynyñ 20 %-den geçmeýär.

§16. Türkmenistanyň çäginde ýagyn döredýän faktorlar

Türkmenistanyň çagine düşýän ýagynyň umumy mukdarynyň örän azdygy we onuň endigan däldigi geçirilen ylmy barlaglaryň netijesinde ýüze çykarylandyr.

Şeýle ýagdaýyň döremeginiň esasy sebäpleriniň biri, çägiň günorta we gündogar taraplarynyň beýik dag gerişleri bilen ýapyklygydyr. Bu bolsa Hindi okeanyndan çygly howanyň çäge aralaşmagyna päsgel berýär. Çägiň Atlantika okeanyndan örän daşda ýerleşmegi bolsa, çygly howanyň köp ýol geçmeli bolýanlygy sebäpli we Alp hem-de Kawkaz daglarynyň päsgelçilik döretmegi bilen, ol çyglylygyny köp ýitirýär. Şeýlelikde, günbatar we demirgazyk- günbatar tarapdan çäge aralaşýan howa akymlarynyň umumy çyglylygy has köp bolmaýar.

Mundan başgada, çägiň 80% meýdanyny Garagum çölüniň tutýanlygy, bu ýerde özboluşly klimatiki ýagdaýy döredýär. Çägiň ýer üsti meýdanyna gün radiasiýasynyň köp düşmegi, çölüň esasy düzümi bolan çägäniň ýylylyk geçirijiliginiň toprakdan köp bolmagy, tersine, ýylylyk göwrüminiň az bolmagy, ýere düşýän gysga tolkunly radiasiýany uzyn tolkunly radiasiýa görnüşinde yzyna serpikdirmegi, esasanam tomus aýlarynda howanyň temperaturasynyň has ýokary galmagyna sebäp bolýar. Bu bolsa bugyň suw damjasyna geçýän şertiniň döreýän beýikliginiň has ýokary galmagyna we bulutlaryň dargamyna alyp barýar.

Şeýlelikde, ýer üsti gurluşynyň howa ýagdaýyna edýän täsiri, esasanam tomus aýlary hasam güýçlenýär. Magtymguly-Ruhnama aýlarynda çäge düşýän ýagynyň mukdarynyň gaty ujypsyzdygy hem ony subut edýär.

Ýagyn mukdaryna täsir edýän faktorlar

Belli bolşy ýaly, ýere düşýän ýagyn mukdary atmosferanyň ýylylyk we umumy howa çalyşmak düzgünine baglydyr. Seredilýän meýdanyň ýylylyk düzgüni ýerli şertleriň we şol meýdana aralaşýan howa akymynyň bilelikdäki täsiri esasynda döreýän bolsa, atmosferanyň umumy howa çalyşmasy ýer togalagyndaky ähli sinoptik ýagdaýlara baglydyr [12, 13].

Türkmenistanyň çägine aralaşýan sinoptik prosesleriň dürli ugurlary, aralaşýan howa akymlarynyň dürli çyglylygy, ýerli we gelýän howa massalarynyň garylmasy hem-de ýerli şertler ýagyn meýdanyny kesgitleýän bulutlar toplumynyň döremegine sebäp bolýan esasy faktorlardyr.

Eger, Günorta siklon cäge aralaşan demirgazyk-günbatar sowuk howa akymynyň üstüne aralaşsa, onda bu siklonyň has güýjemegi we Türkmenistanyň çägini bütinleý ýapýan bulut toplumy emele gelmegi mümkin. Şeýle ýagdaýda çägiň ähli ýerlerinde şol bir wagtda ýagyn ýagyp biler.

Ýöne durmuşda görüşimiz ýaly, sinoptik prosesleriň çäge aralaşýan wagtynyň gabat gelmek ähtimallygy azdyr. Mundan başga-da olaryň çäge aralaşýan ugurlarynyň dürli-dürli bolmagy, aralaşýan howa massasynyň çyglylygynyň tapawutlygy we olaryň ýerli howa massalary bilen garylyşmagy, meýdany boýunça tapawutlanýan dürli bulut toplumlaryny döredýärler. Bu bulut toplumlary bolsa şol bir wagtda ýagyn ýagýan meýdanlary kesgitleýärler [12].

Diýmek, ýagynyň gysga we uzak möhletli çaklamasyny kämilleşdirmek babatdaky sinoptik meseleleri çözmek üçin ýerli şertleri we Türkmenistanyň çägine aralaşýan sinoptik prosesleriň özboluşly häsiýetlerini öwrenmek meselesi ýüze çykýar [15,16].

Türkmenistanyň çägine aralaşýan sinoptik prosesler

Türkmenistanyň çäginde howanyň adaty ýagdaýyndan üýtgemegine sebäp bolýan faktorlar barada durup geçeliň. Türkmenistanyň gurak zonada ýerleşmegi, onuň çäginde ýere düşýän ýagyn mukdarynyň örän az bolmagyna, tomus döwri howanyň temperaturasynyň has ýokarlanmagyna, ýagny, amatsyz howa şertleriniň döremegine sebäp bolýar.

Ýöne, daşyndan çäge aralaşýan, çygly we sowuk howa massalaryny getirýän sinoptik prosesleriň ýygy-ýygydan gaýtalanyp durmagy, tomus döwründe jöwzaly howanyň seýrek bolmagyna, ýylyň sowuk döwründe bolsa ýagynyň köp ýagmagyna, howanyň temperaturasynyň has peselmegine we netijede howa ýagdaýynyň günden-güne, hatda bir günüň dowamynda hem, çalt üýtgäp durmagyna getirýär [17].

Türkmenistanyň howa şertlerine has köp täsir edýän esasy sinoptik prosesler:

1. Günorta Kaspi siklony.
2. Murgap siklony.
3. Demirgazyk-günbatar çygly sowuk howa akymy.
4. Demirgazyk sowuk howa akymy
5. Az hereketli beýik siklon
6. Günbatar çygly howa akymy.
7. Sibir antisiklonynyň günorta we günorta-günbatar etegi.

§17. Fiziki hadysalary parametrlesdirmek

Gysga tolkunly gün radiasiyanyn doly spektory 2 sany aralyk topara (diapazona)bolünỳär, uzyn tolkunly radiasiỳa bolsa 3 topara bolünỳär. Bu toparlaryn her birinde radiasiya akymlaryny hasaplamaklyk nusgalaryn deñlemeleri üçin aşakdaky atmosfera hasiỳetnamalaryny hasaba almak bilen geçirilỳar.

1.Suw bugunyñ garyndysynyň gatnaşýgy

2.Doỳan suw bugunyñ massa ülüşi.

3.Suwlulyk

4.Komürturşy gazyn azonyn aerozollaryn mukdary

5.Howanyn T -sy

6.Atmosfera nusgasynyn gatlagyndaky bulutlyk

7.Örtüji tistin albedosy we serpikdiriji hasiỳeti.

8.Gije gündizin berlen pursatynda wagt bolsa deñlemeler jemlenende güniñ zenit burçy.

9.Gün hemişeligi

Akymlaryn hasaplamalarynda şöhleleriň spektorynyň görkezilen her bir 5 toparyň (diapozony) her biri üçin ozal jetwele geçirilen goỳberiş funksiỳalary peỳdalanylỳar. Bu is bulutsyz howa üçin şeỳle hem bulut gatlaklarynyn anyk paylansy üçin geçirilỳär.

Nusgalaryñ deñlemeleriniň wagt boýunça jemlensinde parametre getiriliş çyzgysynyñ çözilişi her bir wagt ädiminde däl-de 3-4 sagatdan geçirilyar. Munun ozi meteoululyklaryñ gije-gündizlik üýtgeỳşini hasaplamak üçin ỳeterlik bolyar.

3. Atmosferada bar bolan serhet gatlaklarynyn iñ möhümi ỳer üstüne galtaşỳan planetar serhet gatlagydyr. Bu gatlagyn beỳikligine takmynan turbulent şepbeşiklik güỳjüniñ we koriolis güỳjüniñ ululyklarynyn tertibinin deñ bolỳan şertine görä baha berilip bolar .Ỳagny

$$0\left(\frac{\partial}{\partial z}k\frac{\partial u}{\partial z}\right) = 0(e\,\vartheta)$$

bu ỳerde $h = \sqrt{\frac{k}{l}}$ gelip çykỳar

$e=10^{-4}$ c^{-1} h=330m

P.S.G-nin beỳikligine has anyk baha bermeklik ỳagny bu gatlaga hakyky we geostrofiki ỳellerin tapawutlanyan gatlak hököminde seredilende H=lkm alynỳar.

Icki ỳer üsti serhet gatlakda

$$0\left(\frac{\partial}{\partial z}k\frac{\partial u}{\partial z}\right)$$

Ỳagny turbulent güýçler Kariolis güýçden 10 esse köp bolyar diyip hasaplananda ỳer üsti gatlagyñ beỳikligi r=30r diyip alynỳar.

U.M,Kibel tarapyndan teklip edilen çaklama nusgalarynda P.S.G. - daky hadysalary parametrleşdirmegin usuly aşakdakylardan ybaratdyr. Ỳagny ol bu hadysalaryň aşaky we yokarky derejelerde goylan şertler arkaly kwazigeostrofikleşmegiňi maksadalayyk hasaplayar.Aşaky derejede

$$P = P_0 . \qquad W = W_h$$

Wh - P.S.G.-nüi ỳokarky serhetinde turbulent seple şiklik bilen şertlenen dikleỳin tizlik

Ỳer üstüne galtaşmak şertlerinde

Z=0 bolanda u=v=ω=0, $Z \to \infty$ bolanda u we υ çäklidi

Üznüksizlik deñlemesini alalyñ.

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

Berlen şertlerde bu deñlemäni beỳiklik boýuça Z =0 -dan Z = h aralykdan integrirlap alarys.

$W_h = a \,.\, \Delta P_0$

Po deňiz derejesindaki basyä a koefisient

3. B.A. Şeýdman we A.C. Gornopolskiy tarapyndan P.S.G.-daky hadysalary parametrlesdirmegin seyle usuly teklip edilyar. Yagny G.T.D.-nin esasy denlemelerini cozmeklige esaslanylýar. (Kese hereketin denlemesi, durnuklylyk şertlerinde yylylyk we ş.m.) Bu yerde t -ra we cyglylyk meydanlaryn bir jynslylygy, sohle yylylyk akymyn we faza öwrülişiginin bolmazlygy ykrar edilyar,Şeyle hem goşmaca turbulent pulsasiyalaryn, kinetiki energiyanyn denlik denlemeleri peydalanylyar.Gorkezilen denlemeleri cozmekligin esasynda PSG-nin esasy hasiyetnamalary şeyle hem turbulent akymlar к turbulentlik kofisienti PSG-nin beyikligi 3 parametrin tisti bilen yagny uly olçegli hereketlerin hasiyetnamalary arkaly anladylyar.Rossbinin sany, stratifikasiyanyn içki parametrleri, stratifikasiyanyn dasky parametrleri girizilýär..

§18. Turbulentlik hadysasyny parametrlere getirmek

I. Atmosferanyn dürli nusgalarynda düzgün bolşy ỳaly uly bolmadyk meydanlar üçin ỳagny $(\Delta r)^2 = 10^4$ km^2 ölçegler üçin turbulentlik koefisentleri şeỳle kabul edilỳär.

$$k_x = k_y = k_1 = const = kz = k(z)$$

Bu ỳagdaỳda turbulentlik güyçleri we ỳylylyk akymy añlatmalaryny ỳönekeỳleşdirilär we şeyle görnüşi alyar

$$F_x = k, \Delta\vartheta + \frac{\partial}{\partial z}\ k.\frac{\partial u}{\partial z}$$

$$F_y = k, \Delta\vartheta + \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial \vartheta}{\partial z}$$

$$\varepsilon_T = C_p S(k, \Delta\vartheta + \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial \vartheta}{\partial z})$$

$$\varepsilon_{aT} = (k, \Delta S_a + \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial sa}{\partial z}$$

Bu ỳerde

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \rightarrow$$

Laplasyň tekiz operatory.Eger bu ýerde U,W,A,θ, Sa gözenegiň düwünlerinde seredilýän orta ululyklar K,K1 turbulentlik koefisiýentleri L süýşme ýolyna görä kesgitlenýär. Býagdaýda soňky agzalaryň ululyklaryň tertibi her bir aňlatmada öň ýandaky agzalaryň tertibinden has uly bolup durýar. Mysal üçin eger koordinatalar üçin ädimler Δz=1 km Δr=100 km bolsa, hem-de O(U)=O(V) bolsa turbulent agzanyň tertibi şeýle bolup biler.

$$\partial\left(\frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial u}{\partial z}\right) = k \frac{\mathrm{U}}{(\Delta z)^z}$$

$$\partial(k, \Delta u) = k \quad \frac{\mathrm{U}}{(\Delta r)^2}$$

$$\frac{\partial(\frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial u}{\partial z})}{\partial(k, \Delta u)} = \frac{(\Delta r)^2}{\Delta z} = 10^6$$

Soňky gatnaşyk ululyklaryň tertipleriniň gatnaşygyny aňladýar.Diýmek ýokary derejeli takyklyk bilen awtomatiki ölçegli turbulentligi beýan edýän agzalar üçin şeýle kabul edip bolar.

$$F_x = \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial u}{\partial z}$$

$$F_y = \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial \vartheta}{\partial z}$$

$$\varepsilon_T = o_p \rho \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial \theta}{\partial z}$$

$$\varepsilon_n T = \rho \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial q}{\partial z}$$

$$\varepsilon_{at} = \frac{\partial}{\partial z} k \ \frac{\partial_{sa}}{\partial z}$$

ỳönekeỳ ỳagdaỳda tüweleỳiñ turbulentligini añladỳar.

§19. Kiçi gözenekli atmosfera hadysalaryny parametrleşdirmek.

Seredilýän orta ululyklar umuman çaklama modelleri diňe uly masştably hadysalary baýan edýärler. Şeýle prosesleriň hasiyetleri hasaplamak we çaklama etmeklik üçin gor-tol ädimi bolan nokatlarynyň gözenegi girizilýär. Şeýle gözenegiň kömegi bilen gor-tol masştaby L>4 bolan hadysalar beýan edilýär. L degişli yrgyldylaryň, tolkun uzynlygy hökmünde aňladylýar. Suratda L tolkun uzynlykly sinusoida görnüşinde f=f(x) ululygyň, X oky boýunça paýlanyşy görkezilen

Merkezi tapawutlary peýdalanyp önümleri aşakdaky görnüşde aňladalyň:

$$\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)_{i=0}\frac{1}{2\,.\Delta x}\left(f_{i+1}-f_{i-1}\right)$$

i=0 nokatlar üçin bolanda önümiň gutarnykly tapawut aňlatmasy nula öwrülýär. Şol wagtyň özünde önümiň häsiýetli bahasy nokatda şeýle bolar:

$$\frac{\partial f}{\partial x}/_{x=0}=\frac{\partial}{\partial x}\left[\sin\left(\frac{2\pi}{L}x\right)\right]=\frac{2\pi}{L}\cos\left(\frac{2\pi}{Lx}\right)/_{x=}$$

görnüşli ýaly önümiň berlen nokatdaky meñzeş ululygyñ nula deň bolmadyk bahasy bolanda ýüze çykýar.

Mysal üçin Δr=250 km bolanda girizilen gözenegiň kömegi bilen gör-tol masştablary 100 km-den geçýän hadysalar hasaba alynýar. Ondan kiçi masştably hadysalar hasaba alynman galýar. Haçanda gözenegiň ädimi 25 km-e çenli azaldylsa, atmosfera hadysalarynyň uly spektri bölegi daşynda galýar. Olara ähli mikro we mezohadysalar degişlidir. Şeýle hadysalara gözenek asty hadysalar diýilýär. Olara şöhle, turbulent we faza ýylylyk çalşygy konweksiýa hadysalalary we başgalar degişlidir. Bu hadysalary gös-göni uly ölçegli hadysalaryñ(hereketleriñ nusgasyna) girizmek maksadalaýyk däldir , ýagny birinjiden munuň özi gözenegiň ädimini seredilýän hadysanyň häsiýetli masştabynyň ¼ den az bolan ölçeglere çenli azaltmagy talap edýär. Şeýle hem umumy gözenegiň nokatlarynyň sany şeýle artmaly bolsa, ýagny, deňlemeleri amaly integrirlemek mümkin bolmaýar. Ikinjiden, mikro we mezomasştaby hadysalarynyň hemmesini takyk differensial deňlemeler bilen ýazyp bolmaýar.

Soňky ýyllarda gidrodinamik çaklama modelleri işlenilip düzülende täze ugur ýüze çykyp, oňa gözenekli masştably atmosfera hadysalaryny parametrleşdirmek diýilip at berildi. Bu ugruň maksady atro modelleriň parametrleriniň struktura elementlerini gözlemekden ybaratdyr. Şeýle hem bu parametrleriniň we elementleriniň käbir ulluklar bilen ýerboloşlygyny kesgitleýär.. Ol ululuklar gözenekasty masştably prosesleriň parametrleşdirmegiň gös-göni netijesi aşakdaky ululuklara hasaplamagyň usullary bolup durýar. Ýagny, turbulent bölejikleriniň tizlenmesini bolan täsirini aňladýar.. Mundan başgada ýylylyk balansyny düzüjiler we serhet şertlerine girýän beýleki ululuklar hasaplanylýar.

Nýutonyň gipotezasyna görä berlen wagt pursadynda atmosferanyň islendik nokady üçin käbir deňagramlyklar ýagdaýy bolup oňa elementleri degişlidir. Eger käbir sebäbe görä bu haldan gyşarma bolup geçýän bolsa onda atmosfera relaksasiýa diýilip atlandyrylýan käbir wagtda başlangyç ýagdaýyna dolanyp gelmäge gitdiler. Eger temperaturanyň üýtgemesi bolýan bolsa, onda bu ýylylygyň bölüşip çykmaýan ýa-da siňdirilmegi bilen baglydyr. Eger T berlen momentdaky T deňagramlyk ýagdaýyndaky t-ra bolsa, onda ýylylyk şeýle ýazylýar.

$$\varepsilon_\lambda = k\rho^c p(T' - T)$$

$$k = \frac{1}{t_0}$$

Bu usulyň şkala aşyrylmagy boýunça ýönekeýdir. Ýöne releksasiýa wagtyny we deňagramlyk halyny kesgitlemekde kynçylyklar döreýär.

Gysga tolkunly gün radiasiýanyň doly 2 diapozona uzyn tolkunly 3 diapozona bölünýär. Bu diapazonlaryň her birinde nusgalaryñ derejeleri üçin radiasiýa akymlaryny hasaplaşmaklyk atmosferanyň aşakdaky kes-rini bilen geçirilýär. Doýan suw bugunyň massa ülüşi suw bugunyň goryndylarynyň gatnaşygy suwlulyk kömürturşy gazynyň mukdary howanyň temperaturasy örtüji üstüň albedosy we şöhle goýberijilik ukyby berlen sutkanyň pursatlarynda günüň zelit burçy gün ilenligi we ş.m. Akym, spektriň görkezýän 5 diapozonynyň öňünde tablisa getirlen goýberiş funksiýa shemasynyň amala aşyrmak model deňlemeleri wagt boýunça integrirlenende her bir ädim üçin geçirilýän her nokatda geçirilýär. Bu wagt meteoretik ululuklarynyň tutaşlaýyn hasaba almak üçin ýeterlikdir.

Edebiýatlar

Esasy:

1. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, halky söýmek bagtdyr. Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2007.

2. Parahatçylyk, döredijilik, progress syýasatynyň dabaralanmagy. Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2007.

3. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Mälikgulyýewiç Berdimuhamedowyň ýurdy täzeden galkyndyrmak baradaky syýasaty. Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2007.

4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Döwlet adam üçindir. Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2008.

5. 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.

6. Gidormeteorologiki beketler we nokatlar üçin gollanma goşundy 3-nji göýberliş 1-nji bölüm.

7. Gidrometeorologiki adalgalaryň we düşünjeleriň sözlügi. Türkmengidromet 2004 ý.

12. Gidrometeorologiýa işi hakynda. Türkmenistanyň Kanuny „Türkmenistan“
gazeti, 1999-njy ýylyň Sentýabr aýynyň 15-i.

13. Атмосфера. Автор: ред. Седунов Ю. С. Изд. Гидрометеоиздат, 1991

14. Семенченко Б. А. Физическая метеорология, Изд.: Аспект пресс, издательство. 2002.

15. Белов П.Н. “Численные методы прогноза погоды” Л Гидрометиздат 1989

16. Белов П.Н. , Борысенков Е.П., Панин В.Д. “Численные методы прогноза погоды” Л Гидрометиздат 1992

17. Белов П.Н. „Сборник упражнений по численным

методам прогноза погоды” Л Гидрометиздат 1993
18. Белов П.Н., Перведенсев Ю.П., Гурянов В.В. “ Численные методы анализа и прогноза погоды” Казань: Издательство КГУ, 1991
19. Гандин Л. С., Данович А.М., Либерман Ю. М., Пенинская Р. П. “Практикум по численным методам краткосрочным прогнозам погоды” Л Гидрометиздат 1992
20. Поляк И.И. “Численные методы анализа наблюдений” Л Гидрометиздат 1991

Goşmaça:

21. Ранин Б. Д., Согласование начальных полей метеорологических элементов. Л: Изд. ЛРИ 1989 г. (ЛГМИ)
22. Панин. Б.Д., Репинский Р.П., Прогноз влажности, облачности и осадков. Л: Изд. ЛПИ, 1992
23. Данович А.М. Панин Б.Д., Русин И.Н. Современные проностические модели, основанных на полных уравнениях. Л: Изд. ПЛИ, 1993

MAZMUNY