TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRLIGI

MAGTYMGULY ADYNDAKY TÜRKMEN DÖWLET UNIWERSITETI

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

Howa çaklamasynyň we derňewiniň san usullary

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy
Türkmenistantyň Bilim ministrligi tarapyndan hödürlendi

Aşgabat-2010

S.M. Hümmedow, S.S. Hümmedowa, H.Soltanow.
Howa çaklamasynyň we derňewiniň san usullary
Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy – A : Türkmen döwlet neşirýat gullygy, 2010. 69 sah.

§ 1 . Giriş

Dersiň esasy maksady we wezipeleri. Garaşsyz hem Bitarap Türkmenistanyň ähli pudaklarynda, şol sanda howa gullugynda hem ýokary derejede iş alyp barmak gerek bolýar. Garaşsyzlyk ýylarynda Türkmenistan BDMG-iň agzalygyna kabul edildi. Türkmenistanyň howa gullugy ösen döwletleriň howa gulluklary we beýleki halkara guramalary bilen giň hyzmatdaşlyk ýola goýuldy.

Halkara howa maglumatlaryny alyş-çalyş işleriniň giňelmegi howa çaklamalarynyň takyklygyny, özüni ödeýşini barha ýokarlandyrýar. Howa çaklamalarynyň usulýeti kämilleşýär. Türkmenistanyň howa gullugynyň çaklamalar bölümi halkara usuly tejribeler bilen başlaýar. Howa çaklamalarynyň Ýewropa merkeziniň GDA ýurtlary üçin çaklama merkeziniň, ABŞ-ň 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 maksady talyplarda howa çaklamalarynyň we maglumat derňewleriniň nazary esaslary barada häzirki zaman düşünjeleri emele getirmekden ybaratdyr.

“Howa çaklamasynyň we derňewiniň amaly usullary” dersini öwrenmegiň netijesinde her bir talyp howa maglumatlaryny derňemegiň we täzeden saýhallamagyň amaly analiziň meselelerini fiziki-matematiki esaslandyrmagyň häzirki zaman usullary barada düýpli bilim almalydyr.

Dersi öwrenmegiň wezipesi talyplara gidrotermodinamikanyň esasy çaklamalaryny düzmek barada we häzirki zaman çaklama modelleri hakynda nazary düşünjeler bermekden hem-de endikler döretmekden ybaratdyr. Bu dersi öwrenmek üçin talyplary özleşdirmegi zerur bolan esasy bölümleriň düzümi: Gidrotermodinamikanyň deňlemeleri; Atmosfera basyşy we howanyň dykyzlygy; Şöhle energiýasynyň geçiş deňlemesi; Atmosferadaky tolkun hereketleri; Turbulentlik we ş.m.

Meteoululyklary derňemegiň amaly usullarynyň döremegi we ösüşi. Soňky ýyllarda hasaplanyş matematikasynyň we elektron-hasaplaýyş serişdeleriniň güýçli ösmegi bilen atmosfera halyna, okeanlara we gury ýere gözegçilik etmegiň ulgamlary hem barha giňelýär. Zondirlemegiň we ölçeg geçirmegiň usullary barha kämilleşýär. Tebigy, aýratyn hem atmosfera hadysalaryny amaly taýdan modelleşdirmek boýunça uly tejribeler toplanylýar.

Şunuň bilen baglanyşykda, dürli möhletler üçin howany amaly usul bilen çaklamak boýunça hem uly öňegidişlikler gazanyldy. Has täze (global, sebitleýin we ýerli (lokal)) nusgalar döredildi.Ayratyn hem orta möhletli, ýagny 3-den 16 gije-gündiz öňünden düzülýän çaklamalar üçin üstünlikler has bellidir. Derňewiň görkezişi ýaly şu günki on gije-gündizlik çaklamalaryň ýalňyşlygy birnäçe ýyl ozal sekiz gije-gündizlik çaklamalara mahsusdy. Meteorologiýanyň nazary bölümleriniň hasaplanyş matematikasynyň esasynda hem-de häzirkizaman EHM-niň döremegi mynasybetli meteorologiýanyň täze bölümleri döredi. Ýagny çaklamalaryň amaly usullary: Eýýäm 1940-njy ýyllarda U.A. Kibel dünýäde ilkinjileriň biri bolup GTD-niň deňlemeleri görnüşinde aňladylan fizikanyň nazary kanunlary esasynda howa çaklamalaryny düzmekligi teklip etdi. Ol howa temperaturasynyň we basyşynyň gije-gündizlik mukdar çaklamasynyň usulyýetini işläp düzdi. Sähra howa çaklamalarynyň amaly usullarynyň nazary esaslary dünýäniň köp alymlarynyň işlerinde öz ornuny tapdy. Ilkinji çaklama amaly shemalar gysga möhletler üçin niýetlenendi. 1980-njy ýyllarda ozal sinoptiki ýol bilen düzülen bariki topografiýa kartalary amaly shemalar boýunça EHM-de hasaplanylan çaklama kartalary bilen çalşyrylyp başlandy. Ol modeller GTD-niň deňlemeleriniň çözüwlerine esaslanýardy. Ilkinji elektron hasaplaýyş maşynlarynyň dörän döwründen başlap amaly howa çaklamalary boýunça ABŞ-da uly tejribeler toplanyldy. Gysga möhletli çaklamalaryň özüni ödemegi we öňünden kesgitlenişiniň artmagy nukdaý nazardan çaklamalaryň hili ep-esli gowulandy. Belli bolşy ýaly häzirki wagtda 500 Gpa üstüň beýikliginiň 4 gije-gündizlik çaklamasynyň takyklygy 50-nji ýyllardaky 1 gije-gündizlik çaklamalaryň takyklygyna deňdir. Ýaponiýada atmosfera dinamikasynyň doly deňlemeleriniň esasynda global spektral model (wertikal boýunça 16 dereje gorizontal mümkinçilik 180 km.), Aziýa üçin sebitleýin spektral model (wertikal boýunça 16 dereje, gorizontal çözüliş 75 km.), Ýaponiýa üçin çaklama modelleri bu dersde öwrenilýär we özleşdirilýär. Häzirkizaman amaly çaklamalar modelleri fiziki manysy we mazmuny bilen tapawutlanýarlar. Olar meteorologiki ululyklary we hadysalary 10 gije-gündize çenli ýeterlik ygtybarlylykda çaklamaga mümkinçilik berýärler.

Amaly derñewiñ meteorologiýanyň esasy bölümleri we fiziki-matematiki dersler bilen baglanyşygy. Adyndan belli bolşy ýaly GTD-niň deňlemeleri atmosfera fizikasynyň kanunalaýyklyklaryny beýan edýärler. Ýagny, hereket deňlemesi howa akymynyň ýa-da ýel hadysalarynyň dinamikasynyň matematiki-fiziki ýazgysyny aňladýar. Ýylylyk akymynyň deňlemesinde termodinamiki hadysalar we şöhle energiýasynyň ýaýraýyş kanunlary öz ornuny tutýar. Statikanyň deňlemesi howa gursawynyň beýikligi boýunça temperaturanyň, atmosfera basyşynyň we dykyzlygyň özara baglanyşykda üýtgemegini beýan edýär. Çyg akymynyň deňlemesi atmosferada suw buglarynyň hereketini, faza öwrülişiginiň energetikasyny we beýleki çyglylyk hadysalaryny esaslandyrýar. Görkezilen atmosfera hadysalary fizikanyň esasy nazary kanunlary boýunça bolup geçýär. Atmosferanyň esasy modelleri hem olara esaslanýar. Fiziki hadysalaryň dürli hallary we aýratynlyklary göz öňünde tutulýar. Diýmek öwrenilýän ders fizikanyň degişli bölümleri bilen baglanyşýar. Şeýle hem aýdylanlardan görnüşi ýaly bu ders meteorologiýanyň umumy meteorologiýa, Dinamiki meteorologiýa, Aerologiýa, Sinoptiki meteorologiýa ýaly bölümleri bilen gös-göni arabaglanyşykda bolup durýar.

Belli bolşy ýaly GTD-niň deňlemeleri, tizlik tüweleýiniň deňlemesi we beýleki aňlatmalar meteoululyklaryň dürli tertipdäki önümleriniň üsti bilen ýazylýarlar. Meteoululyklaryň üýtgeýşi we hadysalaryň bolup geçmesi beýan edilende dürli differensial aňlatmalar we matematiki operatorlar peýdalanylýar.

Deňlemeler we çäklama modelleri ýönekeýleşdirilende, derňelende hem-de amaly usulda çözülende ýa-da amala aşyrylanda matematiki derňewiň usullaryna esaslanylýar. Bu ýerden görnüşi ýaly howa çaklamalarynyň we derňewiň amaly usullary ýokary matematikanyň Differensial deňlemeler”, “Matematiki derňew, Wektor algebrasy ýaly bölümleriniň bilimlerine esaslanýar.

§1. Gidrometeorologiki maglumatlary amaly çaklamalarda peỳdalanmak

1) Atmosferanyň çaklama modelleri boýunça hasaplamalar geçirmek üçin belli bir wagt pursatynda nokatlaryň kadaly gözeneginiň düwünlerinde meteo ululyklaryň bahalaryny bilmek zerur bolup durýar. Bu bahalar ýörite hasaplanyş işleri boýunça alynýar.Ýagny nokatlaryň kadaly gözeneginiň daşyndaky gözegçilikleriň maglumatlary nokatlaryň kadaly gözeneginiň düwünlerine giňişlik we wagt boýunça interpolýasiýa edilýär. Başgaça aýdylanda alnan maglumatlar esasynda belli kanunalaýuklara görä düwünlerde meteoululyklaryň bahalary kesgitlenýär. Bu işi amala aşyrmaklyga amaly (obýektiw) derňew diýilýär. Meteogözegçilikleriň esasy bölegini meteobeketlerde we hemralarda aerologiki beketlerde standart (kabul edilen) möhletlerde geçirilýän ölçegler emele gitirýär. Beketleriň ýerlerdäki paýlanyşy deňölçegli däldir.

Gözegçilikleriň göwrüm boýunça uly bölegini uçarlaryň, deňagramlaşan şarlaryň we ÝEH-nyň kömegi bilen ýerine ýetirilýän sazlaşyksyz ölçegler tutýar. Amaly çaklamalar üçin peýdalanylýan maglumatlaryň umumy göwrümi örän uludyr. Ýagny onlarça mln. onluk belgilerdir. Çaklama merkezine gelýän ähli maglumatlar ilkinji saýhallanyş döwrini geçýärler. Bu döwürde maglumatlar seljirilýär we ilkinji barlagdan geçirilýär. Seljerişde meteomaglumatlaryň baş bölegi standart ululyklar bilen deňeşdirilýär (gözegçilik wagty, nokatlaryň koordinatalary beketleriň belligi we ş.m.). Ilkinji barlagda dowam edýän döwrüň maglumatlary klimatiki şertler bilen deňeşdirilýär käbir gatnaşyklaryň ýerine ýetirilişi barlanylýar. Ilkinji barlagda ölçegiň ýalňyşlyklary hem hökman göz öňünde tutulýar. Olar tablisada görkezilen ilkinji barlagdan soň amaly derňew üçin maglumatlar saýlanyp alynýar.

2) Amaly derňewiň birnäçe usullary bardyr. Olardan esasan polinomiýal

approksimasiýa, optimal (amatly) interpolýasiýa, yzygiderli ýakynlaşma (korreksiýa, düzetme) usullary peýdalanylýar.

Soňky ýyllarda amaly derňewe sazlaşyksyz maglumatlar hem girizlýär. Şeýle derňewe dört ölçegli amaly derňew diýilýär. Sazlaşyksyz (kadasyz) maglumatlary standart däl gözegçilik ulgamlarynyň (uçarlar, hemralar we başgalar) kömegi bilen alynýar. Olary amaly derňewe girizmek aýratyn kynçylyk döredýär. Dört ölçegli amaly derňewiň işlenip düzülýän ýörite usullaryna başgaça maglumatlary özleşdirmek diýilýär. Häzirki zaman çaklama modelleri boýunça hasaplamalar geçirmek ücin, kadaly gözenegiň derejedäki maglumatlaryň özara kesgitli ylalaşykda bolmagy talap edilýär. Hasaplamalaryň oňa degişli bölümine baglanyşdyrmak (ylalaşdyrmak) diýilýär. Kadasyz wagtda geçirilen maglumatlary amaly derňewe goşmak we olary ylalaşdyrmak esasy sinoptiki möhletlere degişli, kesgitli wagtlarda geçirilýär. Ýagny meteomaglumatlaryň derňewi bellenilen wagt pursatlarynda geçirilýär. Bu ýagdaýda dört ölçegli derňewiň bölekleýin diskret shemasy hakynda aýdylýar.

Amaly derňewiň üznüksiz geçirilýän tertibinde bolsa ähli maglumatlary ýygnamak we hasaplaýyş işine gerizmek, olary özara kadalaşdyrmak habarlaryň gelip ýetişmegine görä amala aşyrylýar. Gelen maglumatlar gözegçilik möhletindäki çäklamalaryň netijeleri bilen garyşdyrylýar. Ýagny her bir fiziki wagt pursaty üçin, çaklama gözeneginiň düwünlerinde meteo ululyklaryň çäklaýyş bahalary bardyr. Gözegçilik maglumatlarynyň nobatdaky topary alnyşy ýaly, çaklama hasaplamalary wagtlaýyn bes edilýär. Şol wagt gözenegiň düwünlerindäki çaklama bahalaryň we gelen maglumatlaryň peýdalanmagynda gözenegiň düwünlerine giňişlik interpolýasiýasy (bahalary kesgitlemek) geçirilýär. Şeýle hem maglumatlaryň sazlaşdyrylmagy geçirilýär. Has kämilleşen usullar boýunça maglumatlary ylalaşdyrmagyň (oňa atlandyrmak diýilýär) netijesinde dürli jynsly maglumatlar özgerdilýär. Ýagny howanyň emele gelmegine güýçli täsir etmeýän tolkunlar (grawitasiýa) aradan aýrylýar. Modeliň deňlemesi jemlenende süzülýärler.

Bu hasaplama işleri gutarandan soň model boýunça çaklama hasaby dowam edýär. Ýöne eýýäm geçirilen amaly derňewiň netijeleri peýdalanylýar. Şeýle yol bilen alnan çäklama kömekçi bolup durýar. Zerur bolşuna görä meteoululyklaryň gözeneklerdäki bahalary boýunça soňra hakyky çaklama düzülýär. ädatça standart (0 we 12 sagat grinwiç boýunça) möhletler üçin düzulen bu çaklamanyň hasaplan wagty hakyky wagtdan ep-esli öňde bolýar.

Amaly derňewiň ösüşi barada aýdylanda optimal (amatly) interpolýasiýa usuly bilen geçirilýän dört ölçegli köp elementli derňew üstünlige eýedir. Ýöne onuň amala aşyrylmagy üçin EHM-iň sekuntda ýüzlerçe mln hasaplamalary geçirýän täze nesilleri peýdalanmalydyr. Şeýle hem ähli operatiw maglumatlary geliş tizligine görä çalt kabul edip ýetişýän radiotehniki serişdeler zerur bolup durýar.

3) Howa çaklamalarynda iş salyşylýan esasy meteoelementleriň düzümi,

olaryň ölçeg birlikleri we takyklygy hakyndaky maglumatlar aşakdaky jetwelde (tablisada) getirilýär. Ölçeg birligi hökmünde meteorologiki gullugyň iş ýüzinde peýdalanýan birlikleri görkezilen. Amaly howa çaklamasynyň meselelerinde bolsa meteoelementlerin bahalary ýeke-täk birlikler ulgamynda anladylýar.

Esasy metereologiki elmentler, ölçeg birlikleri we olaryň ölçegleriniň ýalňyşlygy.

Meteo	Ölçeg	Ölçegleriň ýalňyşlygy

element	birligi	Ýer üstinde	Z beýiklikde, km						
			1	5	10	15	20	25	30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Howanyň ỳer üsti T^0-sy	^OC	0,3-0,4							
Toprak üstiniň T^0-sy	^OC	1-2							
Dürli beýiklikde howanyň T^0-sy	^OC		0,4	0,7	0,9	0,9	1,0	1,2	1,9
Ýer üstinde atmosfera basyşy	mbar	0,2							
Izobariki üstiň beýikligi	dam		0,3	0,6	1,5	3,2	4,7	6,2	8
Ýer üsti ýel: tizligi	m/s	1-2							
Ýer üsti ýel: ugry	rumb (22,5^O)	1							
Dürli beýikliklerdäki ýel: tizligi	m/s		0,7	0,6	0,7	1	1,2	1,6	2,2
Dürli beýikliklerdäki ýel: ugry	gradus		5	4	5	5	5	5	6

Ýer üstindäki howanyň çyglylgy

<table>
<tr><td>Absolýut çyglylyk (suw bugunyň maýyşgaklygy)</td><td>mbar</td><td>0,2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Otnositel (göräleýin) çyglylyk</td><td>%</td><td>2-4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Dürli beýiklikde otn. çyglylyk</td><td>%</td><td></td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>6</td><td>6</td><td>10</td><td>12</td></tr>
<tr><td colspan="9">Ölçenýän ululygy prosent hasaby</td></tr>
<tr><td>Ygallar</td><td>mm</td><td colspan="8">Ölçenilýän ululykdan 15-20% suwuk we 45-55% gaty ygallar üçin</td></tr>
<tr><td colspan="10">Bulutlyk</td></tr>
<tr><td>Mukdary</td><td>ball</td><td colspan="8">1</td></tr>
<tr><td>Beýikligi</td><td>m</td><td colspan="8">Ölçenilýän ululygyň 10-20%</td></tr>
<tr><td>Jemi gün rad.</td><td rowspan="5">$Kal/m^2 min^{-1}$</td><td colspan="8">Ölçenilýän ululygyň 5%</td></tr>
<tr><td>Serpilen gün rad.</td><td colspan="8">Ölçenilýän ululygyň 5%</td></tr>
<tr><td>Göni gün rad.</td><td colspan="8">Ölçenilýän ululygyň 3%</td></tr>
<tr><td>Uzyn tolkunly rad. balansy</td><td colspan="8">Ölçenilýän ululygyň 20%</td></tr>
<tr><td>Rad-yň balansy (galyndy rad.)</td><td colspan="8">Ölçenilýän ululygyň 15%</td></tr>
</table>

§ 2.Atmosfera hereketleriniň we ululyklarynyñ käbir häsiýetnamalary.

Gysga möhletli (1-3 gije-gündiz) we orta möhletli howa çaklamalary üçin atmosferanyň çaklama modelleri işlenip düzülende, atmosfera hereketiniň esasy üç görnüşini tapawutlandyrýarlar:

1) Ägirt ýa-da uly makro ölçegli hadysalar. Olar müň kilometr töwereginde bolan gorizontal ölçegleri bilen häsiýetlendirilýär. Şeýle hadysalaryň wagt boýunça ösüş döwri birnäçe (1-10 gije-gündiz) baryp ýetýär.

2) Ortaça ýa-da mezoölçegli hadysalar. Olar iň kiçi ölçegleri onlarça, ýüzlerçe kilometr bolan meýdanlarda ösýärler, wagt boýunça ösüş döwri birnäçe sagatdyr.

3) Ownuk ýa-da mikroölçegli hadysalar. Olar gorizontal ölçegleri santimetr, metr tertibinde bolan hadysalardyr. Wagt ölçegleri (dowam edişi) sekund, minut tertibinde aňladylýar (atmosfera turbulentligi, serhet gatlagyndaky hadysalar).

Çaklama modelleri işlenip düzülende we amala aşyrylanda atmosfera hadysalarynyň tolkun häsiýetleri hasaba alynmalydyr. Çaklama modelleri üçin ähmiýetli bolan tolkun yrgyldylarynyň käbir görnüşlerine seredeliň:

a) Ägirt ölçegli (inersiýaly) tolkunlar ýa-da Rossbiniň tolkunlary.

Olar sinoptiki ähmiýetli tolkunlar bolup durýarlar. Tolkun uzynlyklary 100-1000 kilometre dowam edýän (gaýtalanýan) döwri birnäçe gije-gündize barabardyr. Yrgyldylaryň basyş meýdanyndaky amplitudasy onlarça Gpa-la ýel meýdanynda onlarça m/s-da golaýdyr. Olar uly ölçegli hadysalaryň bir bölegi bolup durýarlar.

b) Grawitasiýa tolkunlary.

Olar gidrostatiki deňagramlylyk bozulanda emele gelýärler. Bu tolkunlar esasan mezoölçegli hadysalara degişlidir. Ýöne käbirleri ownuk ölçegli hadysalara hem degişli bolup biler.

Bu tolkunlaryň amplitudasy ýel meýdanynda birnäçe m/s-a barabardyr. Olar ýeliň ageostrofiki düzüjilerinde (emele gelmeginde) möhüm ähmiýete eýedir.

ç) Akustiki (ses) tolkunlary.

Olar esasan mikroölçegli hadysalara degişlidir. Bu tolkunlar howanyň emele gelmegine kän bir täsir etmeýärler. Ýöne modelleriň amaly jemlenmeginiň netijelerine käte uly täsir edip biler.

Agzalanlardan başga-da gije-gündizlik, ýyllyk yrgyldylary, taýan üýtgeýiş döwürleri hepdeden aýlara çenli bolan global yrgyldylary, möwsümleýin, ýyl-ara asyr içindäki yrgyldylary tapawutlandyrýarlar.

Howanyň emele gelmegi ähli atmosfera hadysalarynyň täsirinde bolup geçýär. Ýöne dürli şertlerde her bir hadysanyň täsiri aýratyn bolup durýar. Ýagny uly giňişlikde "birjynsly" howanyň emele gelmegi makroölçegli hadysalaryň täsirinde bolup geçýär (tolkunlaryň hem). Mikrohadysalar kesgitli, ýöne uly bolmadyk goşant goşýarlar.

Anyk ýerlerde we kesgitli wagt pursatlarynda bolsa howa mezoölçegli hadysalar bilen (uly ölçegli hadysalara çuň ýalkymynda ösýän) kesgitlenip bilner (topbak-ýagyşly bulutlaryň emele gelmegi).

Şuňa meňzeş pikirlerden ugur alyp ol ýa-da başga hadysalary çaklama modellerine girizmegiň artykmaçlygy kesgitlenýär (makro, mezo we mikro ölçegler). Çaklama modellerini döretmegiň, başlangyç döwründe makroölçegli atmosfera hadysalaryny matematiki beýan edýän GTD-niň deňlemeleri düzülmelidir.

1) Haýsydyr bir elementiň ululygynyň tertibi-bu şol elementiň ähli duş

gelýän ululyklarynyň toparyndaky san bahasyny aňlatmakdyr (99% az bolmadyk). Ýagny bahalaryň aşaky we ýokarky çäkleri, kabul edilen birlikler ulgamynda 10 sanyň golaýdaky derejesi boýunça tegeleklenýär. Ýöne amaly işlerde bu elementiň has köp duş gelýän häsiýetli bahasyna salgylanmak amatly bolýar

Haýsydyr bir elementiň ýa-da funksiýanyň häsiýetli bahasy diýlende olaryň ölçeg maglumatlary boýunça kesgitlenen orta absolýut ýa-da orta kwadratik ululygyna düşünilýär. Häsiýetli baha *O(f)* bilen belgilenýär.

Gös-göni ölçenilýän ululyklaryň we olaryň önümleriniň häsiýetli bahalary gözegçilik maglumatlaryny statiki saýhallamak arkaly alynýar. Bu ýagdaýda önümler seredilýän elementiň artmasynyň wagt ýa-da koordinata artmasyna bolan gatnaşygy bilen kesgitlenýär (δt ýa-da dS).

$$\frac{\partial f}{\partial t} \approx \frac{\delta f_t}{\delta t} \quad \frac{\partial f}{\partial S} = \frac{\delta f_S}{\delta S} \qquad \partial S(\partial x, \partial y, \partial z)$$

Bu ýerde: δf_t we δf_S f-elementiň wagt we koordinatalar boýunça artmalary. δt we δS ululyklar barlanylýan hadysalaryň häsiýetli ölçeglerine gabat gelmelidirler. Şol sebäpli uly ölçegli atmosfera hadysalary öwrenilende adatça şeýle kabul edilýär. $\delta t=1$ gije-gündiz, $dS=10^6$ m we $\partial z=2\cdot 10^3$ m önümleriň häsiýetli habalary aşakdaky gatnaşyklardan kesgitlenýär:

$$O\left(\frac{\partial f}{\partial t}\right) = O\left(\frac{\delta f_t}{\delta t}\right); \qquad O\left(\frac{\partial f}{\partial S}\right) = \frac{O(\delta f_S)}{\delta S};$$

$$O\left(\frac{\partial f}{\partial z}\right) = \frac{O(\delta f_z)}{\delta z}$$

Bu ýerde $O(\delta f_t)$, $O(\delta f_S)$ we $O(\delta f_z)$ funksiýalaryň δt wagtda ýa-da dS we dz aralykda artmasynyň häsiýetli bahalary. $dS(\partial x, \partial y)$ gorizontal aralyk.

Gös-göni ölçenilmeýän ululyklaryň häsiýetli bahalary ölçenen ululyklaryň belli bahalary we belli gatnaşyklar boýunça alynýar. Mysal üçin, howanyň dykyzlygynyň häsiýetli bahasyny $\rho=P/RT$ deňlemäni we P, T ululyklaryň häsiýetli bahalaryny peýdalanyp kesgitläp bolar.

Meteoelementleriň we olaryň önümleriniň häsiýetli bahalaryna bir tertip takyklyga, ýagny 10-sanyň iň golaý derejesine çenli baha bermeklik tejribe esasynda geçirip bolar. Mysal üçin, belli bolşy ýaly ýer üstünde ýeliň tizligi *0*-dan *20 m/s*-a çenli üýtgeýär. Köplenç bolsa ol *3-12 m/s* çäklerde çalt üýtgäp durýar. Şonuň üçin takmynan $0(u)=10$ diýip hasaplap bolar.

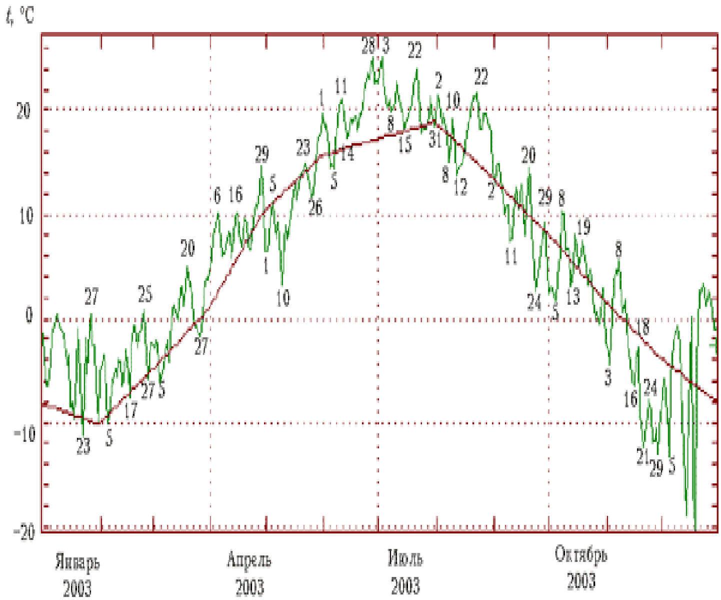
Ýene-de bir mysal: Howanyň temperaturasynyň *1000 km* aralykdaky üýtgemesi adatça $0\text{-}20^0$-a çenlidir. Onda *1000 km* çenli temperaturanyň örän kiçi artmasynyň häsiýetli bahasy $O(\delta T)=10$ diýip bolar, onda:

$$O\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)=\frac{O(\delta TS)}{\delta S}=\frac{10}{10^6}=10^{-5} \qquad O\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)=10^{-5}$$

3) Meteoelementleriň Ýer togalagy boýunça paýlanyşy has çylşyrymlydyr. Olaryň wagt boýunça üýtgemeleri bolsa örän köpdürlidir hem-de gaýtalanýan, şeýle hem gaýtalanmaýan düzüjilere (wagta görä) eýedirler. Has möhüm gaýtalanýan üýtgemeler gije-gündizlik we bir ýyllyk ýörelgeler (hodlar) bilen baglanyşyklydyr. Bu üýtgemeler aýratyn meteoelementler üçin, şeýle hem dürli geografiki ýerler üçin ýylyň dürli wagtlarynda tapawutly häsiýete eýedirler. Mysal üçin, meteoelementleriň gije-gündizde we bir ýylda üýtgeýiş egrileri iň kiçi we iň uly bahalary bir gezekden hem-de hersinden iki gezekden alyp bilýärler.

Meteoelementleriň giňişligiň dürli nokatlaryndaky we dürli wagtlaryndaky bahalary kesgitli arabaglanyşykda bolýarlar. Bu baglanyşyk statistiki usullar, mysal üçin, korrelýasiýa we struktura (gurluş) funksiýalary bilen beýan edilýärler.

Howa maglumatlarynyň statiki derňewi meteorologiki meýdanlaryň birhilli däldigini we anizotrop häsiýete eýedigini görkezýär. Ýöne käbir halatlarda uly bolmadyk meýdanda (2X2000 km) üýtgeýiş tapawudyň ululygy örän az bolýar. Bu ýagdaýda ilkinji takmynlykda meýdanlary izotrop we birhilli diýip kabul edip bolar.



§ 3. Amaly çaklamalar üçin GTD-niň deňlemelerini özgertmek.

Hakyky suwuklyk üçin GTD-niň deňlemeleri

1.Hereket deňlemesi wektor görnüşinde:

$$\frac{dU}{dt}F-\frac{1}{\rho}gradP$$

U-tizlik wektory; $\frac{dU}{dt}$-tizlenme wektory;

F-massa birligine düşýän güýçleriň wektory;

$gradp=\Delta p$ üstki basyş güýçleriniň wektory.

ρ-dykyzlyk; t-wagt

Hereket deňlemesi koordinatalar görnüşinde şeýle ýazylýar:

$$\frac{du}{dt}=F_x-\frac{1}{\rho}\cdot\frac{\partial p}{\partial x}; \quad \frac{\partial \vartheta}{\partial t}+F_y-\frac{1}{\rho}\cdot\frac{\partial p}{\partial y}; \quad \frac{\partial \omega}{\partial t}=F_z-\frac{1}{\rho}\cdot\frac{\partial p}{\partial z}$$

$$\frac{d}{dt}=\frac{\partial}{\partial t}+u\frac{\partial}{\partial x}+\vartheta\frac{\partial}{\partial y}+\omega\frac{\partial}{\partial z}$$

$\frac{d}{dt}$-hususy önümiň simwoly (aňlatmasy).

Atmosferada agyrlyk güýji g (özünde Ýeriň dartyş güýjüni we merkezden daşlaşýan güýji saklaýar), Ýer aýlanmasynyň gyşardyjy güýji we koriolis güýji täsir edýär. Soňky güýc *2wXU* wektor köpeltme hasyly bilen häsiýetlendirilýär. *w*-Ýer aýlanmasynyň burç tizliginiň wektory:

$$\frac{dU}{dt} = -\frac{1}{\rho} gradp - 2wxU + g$$

lokal (bir ýerdäki) koordinatalar ulgamynyň özünde Ýeriň merkezine ugrukdyrylan agyrlyk güýjiniň düzüjileri üçin ýazyp bileris:

$g_x=g_y=0$, $g_z=-g$, $g=9.8\ m/s^2$-birlik massadaky agyrlyk güýjiniň absolýut ululygy. Onda:

$$\frac{du}{dt} = -\frac{1}{\rho}\cdot\frac{\partial p}{\partial x} - 2w_y w + 2w_z \vartheta$$

$$\frac{d\vartheta}{dt} = -\frac{1}{\rho}\cdot\frac{\partial p}{\partial y} - 2w_z u + 2wW$$

$$\frac{d\omega}{dt} = -\frac{1}{\rho}\cdot\frac{\partial p}{\partial z} - 2w_x \vartheta + 2w_y u - g$$

Eger *y* okuny meridian boýunça demirgazyga *x* okuny bolsa parallel boýunça gündogara ugrukdyralyň, onda:

$w_x=0$; $w_y=w\cos\varphi$, $w_z=w\sin\varphi$

φ-ýeriň giňişligi. $l=2w\cos\varphi=2w\sin\varphi$ koriolisiň parametri.

$$\frac{du}{dt} = -\frac{1}{\rho}\cdot\frac{\partial p}{\partial x} + l\vartheta - l_1\omega$$

$$\frac{d\vartheta}{dt} = -\frac{1}{\rho}\cdot\frac{\partial p}{\partial y} - lu \qquad \frac{d\omega}{dt} = -\frac{1}{\rho}\cdot\frac{\partial p}{\partial z} + l_1 u - g$$

Üznüksizlik deňlemesi wektor görnüşinde $\frac{\partial p}{\partial t} + diw(\rho U) = 0$.

Ilkinji agza hereket mukdarynyň diwergensiýasyny beýan edýär.

$$diw(\rho U) = \nabla(\rho U) = \frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho \vartheta}{\partial y} + \frac{\partial \rho \omega}{\partial z} = u\frac{\partial \rho}{\partial x} + \vartheta\frac{\partial \rho}{\partial y} + \omega\frac{\partial \rho}{\partial z} + \rho diwU$$

$$diwU = \nabla U = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial \vartheta}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial z};$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho \vartheta}{\partial y} + \frac{\partial \rho \omega}{\partial z} = 0$$

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{dp}{dt} + \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial \vartheta}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial z}\right) = 0$$

Gysylmaýan suwuklykda:

$$\frac{dP}{dt} = 0 \qquad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial \vartheta}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial z} = 0$$

Hal deňlemesi $P=\rho RT$

Görnüşi ýaly dykyzlyk ρ temperaturanyň we basyşyň funksiýasy. Basyş P bolsa T-niň we ρ-nyň funksiýasy. Ýöne käbir gatlaklarda ρ diňe basyşa bagly bolýar. Şeýle gurşawlara barotrop diýilýär. $\rho=\Phi(p)$. Bu şertiň ýerine ýetmeýän gurşawlara baroklin diýilýär.

Ýylylyk akymynyň deňlemesi atmosfera ücin termodinamikanyň I başlangyjyny ulanmaklykdyr.

Bu deňlemäniň dürli görnüşleriniň biri:

$$\frac{dT}{dt}-\frac{A}{C_p\rho}\cdot\frac{dP}{dt}=\frac{1}{C_p\rho}\varepsilon$$

$A=2.3884\cdot10^{-6}$ *kal/erg-*

A-edilen işiň termiki ekwiwalenti. .

ε-birlik göwrüme akyp gelýän ýylylyk akymy.

$$\frac{C_p-C_V}{c_p}=\frac{\aleph-1}{\aleph}=AR \qquad \rho R=P/T$$ -bolýandygy üçin:

$$\frac{dT}{dt}-\frac{\aleph-1}{\aleph}\cdot\frac{T}{P}\cdot\frac{dP}{dt}=\frac{1}{C_p\rho}\varepsilon \qquad \aleph=\frac{C_p}{C_V}=1.4$$

$\frac{Ag}{C_p}=\gamma_a$ -temperaturanyň gury adiabatik gradiýenti.

$$\frac{dT}{dt}-\frac{\gamma a}{g\rho}\cdot\frac{dP}{dt}=\frac{\varepsilon}{C_p\rho}; \qquad \theta=T\left(\frac{P}{p}\right)^{\frac{\aleph-1}{\aleph}}$$ -potensial temperaturany girizeliň.

Goý P=1000 mb deňiz derejesinde statiki basyş bolsun.

$$\frac{d\theta}{dt}-\frac{\theta}{T}\cdot\frac{1}{C_p\rho}\varepsilon=\left(\frac{P}{p}\right)^{\lambda}\frac{1}{C_p\rho}\varepsilon \qquad \lambda=\frac{(C_p-C_v)}{c_p}$$

$\varepsilon=\varepsilon_\lambda+\varepsilon_T+\varepsilon_\Phi$

Faza ýylylyk akymy çygyň bir agregat haldan başga hala geçmegi bilen baglydyr. Kondensasiýa we sublimasiýa wagtynda ýylylyk bölünip çykýar. Bugarma üçin ýylylyk sarp edilýär, bölünip cykan ýa-da sarp edilen ýylylygyň mukdary şeýle gatnaşyk arkaly aňladylýar: $\varepsilon_{\Phi} = \Im m$

m-kondensasiýanyň (sublimasiýanyň) tizligi (ýa-da bugarmagyň wagt birliginde, göwrüm birliginden geçýän çygyň mukdary).

$\Im$ *-600 kal/r* kondensasiýa ýa-da bugarma ýylylygy

Politrop hadysalar üçin termodinamikanyň I başlangyjyna seredeliň ($C_{ýs}$-hemişelik bahasynda).

Bu hadysalar üçin ýylylyk akymynyň deňlemesi dürli görnüşde ýazylýar:

$$\frac{P}{\rho\lambda} = const\,; \quad \rho p^{-1/\lambda} = const\,; \qquad \frac{dp}{dt} = \lambda \frac{P}{\rho} \cdot \frac{d\rho}{dt}$$

$$\frac{T}{p^{\frac{\lambda-1}{\lambda}}} = const\,; \qquad \frac{dT}{dt} - \frac{\lambda-1}{\lambda} \cdot \frac{T}{P} \cdot \frac{dP}{dt} = 0$$

$\lambda = {(C_p - C_\pi)}\big/{(C_V - C_\pi)}$ -politrop görkeziji.

<u>Çyg akymynyň deňlemesi</u>. Turbulent akymyň ýok mahaly howanyň hereket edýän göwrüminde suw bugunyň düzüminiň üýtgemegi kondensasiýanyň (sublimasiýanyň) ýa-da bugarmagyň hasabyna bolup geçýär. Çyg akymynyň deňlemesi udel çyglylygyň aňlatmasy hökmünde ýazylýar (suw bugunyň massasynyň çyg howanyň massasyna bolan gatnaşygy)

$$\frac{dq}{dt} = -\frac{m}{\rho}$$

Seredilen deňlemeler ýedi sany öwrenilýän ululyklar (u,v,w,p,ρ,T,q) üçin ideal suwuklyk ýaly kabul edilen atmosferada ýedi deňlemeden ybarat ulgamy emele getirýär.

Olaryñ esasylary;

$$\frac{\partial u}{\partial t} - lv = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x},$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + lu = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y},$$

$$g = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z},$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} = 0,$$

$$\frac{dT}{dt} - \frac{\gamma_a}{g\rho}\frac{dp}{dt} = 0,$$

$$\frac{dq}{dt} = -\frac{m}{\rho}$$

§ 4.Turbulent atmosfera üçin GTD-niň deňlemeleri.

Aşakdaky esasy deňlemeler ulgamyna seredeliň

$$\frac{du}{dt} = -\frac{1}{\rho}\cdot\frac{\partial P}{\partial x} + l\vartheta - l_1\omega + F_x$$

$$\frac{d\vartheta}{dt} = -\frac{1}{\rho}\cdot\frac{\partial P}{\partial y} - lu - l_1\omega + F_y$$

$$\frac{d\omega}{dt} = -\frac{1}{\rho}\cdot\frac{\partial P}{\partial z} - l_1 u + F_z$$

$$\frac{dT}{dt} - \frac{\gamma_a}{g\rho}\cdot\frac{dT}{dt} = \frac{1}{c_p\rho}(\varepsilon_\lambda + \varepsilon_\phi) + \frac{1}{c_p\rho}\varepsilon_T$$

$$\frac{\partial\rho}{\partial t} + \frac{\partial\rho u}{\partial x} + \frac{\partial\rho\vartheta}{\partial y} + \frac{\partial\rho\omega}{\partial z} = 0$$

$$\frac{dq}{dt} = \frac{1}{\rho}\varepsilon_{\Pi} + \frac{1}{\rho}\varepsilon_{\Pi T} \qquad p=R\rho T$$

Bu ýerde:

$$F_x = -\left(\frac{\partial\overline{u'u'}}{\partial x} + \frac{\partial\overline{\vartheta' u'}}{\partial y} + \frac{\partial\overline{\omega' u'}}{\partial z}\right)$$

$$F_y = -\left(\frac{\partial\overline{u'\vartheta'}}{\partial x} + \frac{\partial\overline{\vartheta'\vartheta'}}{\partial y} + \frac{\partial\overline{\omega'\vartheta'}}{\partial z}\right)$$

$$F_z = -\left(\frac{\partial \overline{u'\omega'}}{\partial x} + \frac{\partial \overline{\vartheta'\omega'}}{\partial y} + \frac{\partial \overline{\omega'\omega'}}{\partial z} \right)$$

ululyklar-birlik massa düşýän turbulent şepbeşiklik güýjiniň düzüjileri:

$$\varepsilon_T = -c_p p \left(\frac{\partial \overline{u'T'}}{\partial x} + \frac{\partial \overline{\vartheta'T'}}{\partial y} + \frac{\partial \overline{\omega'T'}}{\partial z} \right)$$

$$\varepsilon_{\Pi T} = -\rho \left(\frac{d \overline{u'q'}}{\partial x} + \frac{d \overline{\vartheta'q'}}{\partial y} + \frac{d \overline{\omega'q'}}{\partial z} \right)$$

ululyklar turbulentlik bilen şertlenen, ýylylyk we suw buglarynyň akymlarynyň birlik göwrümine düşýän tizlikleri F_x, F_y, F_z ululyklar başgaça *x, y, z* oklary boýunça orta tizlikleriň düzüjileriniň tizlenmesini aňladýarlar.

Uly ölçegli atmosfera hereketleri üçin z oky boýunça hereket deňlemesiniň ýerine statikanyň deňlemesi peýdalanylýar $\partial p / \partial z = -g\rho$. Seredilen deňlemeler ulgamy GTD-niň giriş deňlemeler ulgamyny emele getirýär. Bu hususy önümlerdäki deňlemeler ulgamy bolup, olar çyzykly däldir. Olaryň analitik görnüşdäki çözüwi mümkin bolmaýar. Bu hususy önümlerdäki deňlemeler ulgamy bolup, olar çyzykly däldir. Olaryň analitik görnüşdäki çözüwi mümkin bolmaýar. Bu deňlemeleri integrirlemek üçin amaly usullar peýdalanylýar. Başlangyç şertler düzülende *t=0* başlangyç wagt pursatynda funksiýalaryň sany wagt boýunça önümleriň sanyna deň bolmaly diýlen şertden ugur alynýar. Ähli deňlemeler giňişlik önümlerini özünde saklaýar. Diýmek gyra şertleri goýmak zerurdyr. Olaryň sany her bir üýtgeýjiden, her bir koordinata boýunça alnan önümleriň tertibine deň bolmalydyr.

Käbir atmosfera nusgalarynda(modellerde) howanyň T temperaturasynyň ýerine θ potensiýal temperatura peýdalanylýar. Ýokarda getirilen deňlemeler ulgamynda ýylylyk akymynyň deňlemesi we ε_T üçin aňlatma şeýle görnüşde ýazylyp bilner:

$$\frac{d\vartheta}{dt} = \frac{\theta}{T}\frac{1}{c_p\rho}(\varepsilon_\lambda + \varepsilon_\phi) + \frac{1}{c_p\rho}\varepsilon_T$$

$$\varepsilon_T = -c_p\rho\left(\frac{\partial\overline{u'\theta'}}{\partial x} + \frac{\partial\overline{\vartheta'\theta'}}{\partial y} + \frac{\partial\overline{\omega'\theta'}}{\partial z}\right)$$

GTD-niň seredilen deňlemeler ulgamy atmosfera hereketleriniň (yrgyldylaryň) ähli üç görnüşini hem ygtybarly beýan edýär.

§5. Atmosferada serhet gatlaklary.GTD-niň doly deňlemeler ulgamy.

1. Serhet gatlaklary frontal üstleriň golaýynda ýa-da kenar ýakasynda tizlikleriň pese düşýän ýerinde ýüze çykýar. Olara içki serhet gatlaklary diýilýär. Ýöne has möhüm gatlak örtüji üstüň we Ýer aýlanmasynyň täsiriniň hasabyna döreýän planetar serhet gatlagy (PSG) bolup durýar. Serhet gatlagynyň galyňlygy atmosferanyň birnäçe häsiýetnamalary bilen kesgitlenýär. Ilkinji nobatda bu turbulent şepbeşiklik koeffisiýentiniň ululygydyr *k*.

Bu gatlagyň galyňlygyna takmyn (ýakynlaşan) baha bereliň.

x oky boýunça degişli deňlemäni alalyň we turbulentligiň diňe wertikal täsiri bilen çäkleneliň. Ýagny $\frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial u}{\partial z}$ agza garalyň.

Goý ýeliň tizligi ýeriň üstündäki nul bahadan käbir häsiýetli V baha çenli (käbir beýiklikde) üýtgeýän bolsun (*d*-beýiklikde). *k=const* bolan ýagdaý üçin alarys:

$$O\left(\frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial u}{\partial z}\right) = k \frac{V}{d^2}$$

O-ululygyň tertibini aňladýar.

Planetar serhet gatlagyň çaginde turbulentlik güýji, onuň daşynda bolsa koriolis güýji agdyklyk edýär. Onuň tertibi:

$$O(2w\sin\varphi)=O(lu)=lV$$

PSG-N beýikligi agzalan güýçleriň deňlik şertinden kesgitlenip bilner.

$$k\frac{V}{d^2} = lV \qquad d = \sqrt{k/l}$$

$k=5\ m_2/s \qquad l=1.2\cdot 10^{-4}\ 1/s \quad d=200m$

Hakykatda bolsa turbulent şepbeşiklik güýçleriniň täsiri käbir uly beýiklige çenli ýüze çykýar. *h=600-1000 m* beýikliklerde turbulent güýçler koriolis güýjünden bir tertip kiçi diýip bolar. Ýer üstüne galtaşýan 600-1000 m galyňlykdaky atmosfera gatlagy (turbulent güýçleriň ýüze çykýan) planetar serhet gatlagy atlandyrylýar. Bu gatlagyň içinde ýene-de beýikligi onlarça metre barabar aşaky kiçi gatlagy
bölüp alýarlar. Onuň içinde turbulent güýçler koriolis güýjünden we bariki gradiýent güýjünden bir tertip uludyr (10 esse).
Çaklama nazaryýeti üçin ýeliň beýikligi boýunça paýlanyşy we

$$\frac{d}{dz}k\frac{du}{dz}+lu-l\vartheta_g=0 \qquad \frac{d}{dz}k\frac{du}{dz}-lu+lu_g$$

PSG-daky dikleýin hereketler baradaky meseleler möhüm ähmiýete eýedir. Bu meseläni başda berlen *k*-da (wertikal) dikleýin ugur üçin öwreneliň. PSG birhilli we durnukly bolsun.

Hereket deňlemelerinde örän kiçi agzalary $\omega\frac{\partial u}{\partial z}$, $\omega\frac{\partial \vartheta}{\partial z}$ aradan aýralyň. Ýagny:

$$u_g=-\frac{1}{l\rho}\cdot\frac{\partial P}{\partial y} \qquad \vartheta_g=-\frac{1}{l\rho}\cdot\frac{dP}{dx}$$

geostrofiki ýeliň düzüjileri.

Kompleks (hyýaly) üýtgeýjileri girizeliň:

$M=u+iv$ we $M=u_g+iv_g$ onda:

$$\frac{d}{dz}k\frac{dM}{dz}-ilM=-ilM_g$$

k=const bolanda:

$$\frac{d^2M}{dz^2}-i\frac{l}{k}M=-i\frac{l}{k}M_g$$

Bu deňlemäni aşakdaky gyra şertleri üçin çözeliň: $z \to \infty$ bolanda M-çäklenen, $z=0$ bolanda $M=0$

Ozalky üýtgeýjileri getirip alarys:

$$u = -\frac{1}{l\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y}(1 - e^{\delta z} \cos \delta z) - \frac{1}{l\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} e^{-\delta z} \sin \delta z$$

$$\vartheta = -\frac{1}{l\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x}(1 - e^{\delta z} \cos \delta z) - \frac{1}{l\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} e^{-\delta z} \sin \delta z \qquad \delta = \sqrt{l/2k}$$

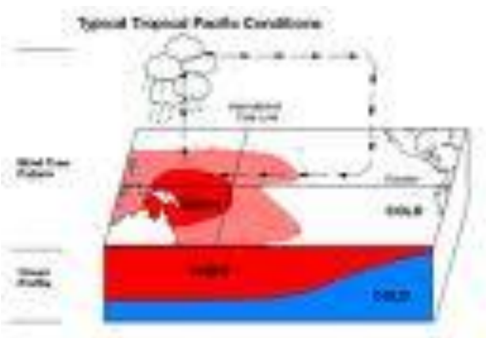
Ýeliň tizliginiň ugrunyň izobaralaryň ugry bilen gabat gelýän $z=h$ beýikligini tapalyň. Goý $\partial p / \partial x = 0$ $z=h$ bolsa $v=0$.

Eger $\sin\delta h=0$, $\delta h=n\pi$,

$$h = n\pi / \delta$$

$k=5\ m_2/s$; $l=1.2 \cdot 10^{-4}\ 1/s$; $h=910\ m$; $\delta=0.346 \cdot 10^{-2}$; $n=1$

Nusga serhet gatlagy



§ 6. Atmosferadaky şöhle akymlarynyñ derñewi.

Ýylylyk şöhlelenme kanunlary. Atmosferanyň radiasiýa ýylylyk akymlarynyň we şöhle enrgiýasynyň geçiş deňlemesi. Radiasiýa akymy we onuň ýygjamlygy (intensiwligi).

Şöhle radiasiýasynyň esasy häsiýetnamalary, onuň ỳygjamlygy(intensiwligi) we akymydyr(ỳa-da akymyñ dykyzlygy).

Radiasiýanyň ỳygjamlygy (intensiwligi) – bu birlik jisim burçunyň içinde şöhläniň ugruna perpendikulýar bolan birlik meýdanyndan, wagt birliginde geçýän şöhle energiýasynyň doly mukdarydyr. Şöhlelenmäniň ỳygjamlygy(intensiwligi) tolkun uzynlygy λ we şöhlelenýän jisimiň T temperaturasy bilen şeýle baglanyşýar

$$E\lambda = \frac{2hC^2}{\lambda^5} = \left(\frac{\lambda c}{e^{kt} - 1} \right)^{-1}$$

ç – ýagtylygyň tizligi; h – plankyň hemişeligi; k – Bolsmanyň hemişeligi.

Görkezilen aňlatma absolýut gara jisimiň şöhlelenmegine degişlidir. Doly ýa-da integral şöhle goýberỳän jisimiň ýa-da gurşawyň temperaturasy bilen şeýle baglanyşýar

$$E = \int_0^\infty E_\lambda - d_\lambda = \frac{\tau \cdot T^4}{\pi}.$$

-

- Stefany Bolsmanyň hemişeligi. Ýarym gurşawa bolan şöhlelenme akymy intensiwlik üsti bilen şeýle aňladylýar.

$$F = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} E(Q, \varphi) \cos Q \cdot dQ \cdot d\varphi.$$

Bu ýerde   we   steriki koordinatalar. Izotrop şöhlelenmede ýagny şöhlelenme intensiwliligi şöhläniň ugruna bagly bolmadyk halynda

$$F = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} E \cos Q \cdot dQ \cdot d\varphi = \pi \cdot E.$$

Bu ýagdaýda Stefany Bolsmanyň kanuny göz öňünde tutup alarys

F = ·σT^4 = B

2. Radiasiýa akymlarnyň ỳygjamlygynyñ (intensiwliginiň) hasaplanyş usullaryna seredeliň.

Bu ýerde aşak inýän, we ýokary gidýän gysga tolkunly radiasiýanyň intensiwliligine seredeliň

$$\frac{dc}{dz} = \frac{k_z \cdot P}{Cos\,Q}\left(G_\lambda - E_\lambda\right);$$

$$\frac{dS_\lambda}{dz} = \frac{k_\lambda \rho}{\cos O} S_\lambda$$

$$\frac{du}{dz} = \frac{k_z \cdot S}{Cos\,Q}\left(E_\lambda - V_\lambda\right).$$

tolkun uzynlygy λ, T temperatura

c – ýagtylygyň tizligi; h – plankyň hemişeligi;

k – Bolsmanyň hemişeligi.

Bu ýerde ρ- atmosferanyň optiki işjeň düzüjileriň dykyzlygy ýagny şöhle energiýasyny şöhlelendirýän siňdirýän maddalaryň dykyzlygy. K-siňdirmäniň massa koeffisientiб Q-şöhle bilen dikleýin ugryň arasyndaky burç

Gyra şertleri şeỳle kabul edip bolar.

Z=∞   bolanda $\boldsymbol{G_\lambda = 0}$

Z=0 bolanda $U_\lambda = \delta_\lambda E_\lambda + (1-\delta_\lambda) G_\lambda$

Z=∞ bolanda $S_\lambda = S_\lambda^0 (1- \Gamma)\cos Q$

Bu ýerde atmosferanyň ýokary serhedinde S_λ^0 tolkun uzynlygyna düşýän gün şöhlelenmesiniň intensiwliligi. Γ-Ýer – atmosfera ulgamynyň albedosy δ_λ ortaça absolýut ýalňyşlyk.

Ýokardaky deňlemeler ulgamy jemlemekdäki kynçylyklar atmosferadaky optiki işjeň düzüjileriň çylşyrymly paýlanyşy bilen baglanşyklydyr. Esasan hem her bir radiasiýa şöhlelendirýän we siňdirýän madda üçin siňdirme koeffisiýentiniň tolkun uzynlygyna çylşyrymly bagly bolmagyna getirýär. Siňdirme ýa-da şöhlelenme spektriň (ýylylyk toplumynyň) haýsydyr bir böleginde deň ölçeglere paýlanan bolman, käbir spektral çyzyklarda ýa-da zoloklarda jemlenendir. Haýsydyr bir madda üçin şeýle çyzyklar we zoloklar örän köp bolup biler. Mysal üçin, suw buglary spektriň infrogyzyl böleginde 0,75-de 2,9 mkm çenli 6 sany siňdiriji zologa eýedir. Atmosferada siňdiriji we şöhlelendiriji maddalaryň birnäçesi bolup (suw buglary, kömürturşy gaz, ozon, aerozol we ş.m.), olaryň her biri öz siňdirme spektrine eýedirler.

3) Radiasiýanyň tolkun uzynlygy mikrometrlerde (MKM), nanometrlerde (NM) we angstrỳomlarde (A^0) ölçenýär. Bir mikrometr 10^{-6} m deň. Jisimiň absolýut temperaturasy (T) we onuň tolkun uzynlygy (λm) bilen baglanyşyny Kirhgofyň we Winiň kanuny boýunça aňladylýar:

Formula esasynda, biz has ýokary absolýut temperaturaly jisimleriň gysga tolkunly şöhleleri goýberýändigine göz ýetirip bileris we tersine. Gün şöhlesiniň spektri 0,17-4,0 MKM tolkun uzynlygynda ýerleşýär we *gysga tolkunly radiasiýa* diýip atlandyrylýar. Onuň 6,7 %-ni ($\lambda m<40$ mkm) ultramelewşe, 46,8 %-ni (0,40-0,70 mkm) göze görünýän we 46,5 mkm %-ni >o,76 mkm infrogyzyl şöhleler tutýar. Ýer üstüniň we atmosferanyň spektri 4-120 mkm aralygynda ýerleşip, olar *uzyn tolkunly şöhlelenmek* diýip atlandyrylýar.

Günuň göze görünýän şöhlesi (ak ýagtylyk) prizmadan geçirilende döwülýär we degişli tolkun uzynlykdaky reňkleri döredýär.

Ýagtylyk reňkleri w olaryň tolkun uzynlyklary

Reňki	Tolkun uzynlygy mkm	Reňki	Tolkun uzynlygy mkm
Melewşe	0,390-0,455	Sarymtyl-ýaşyl	0,550-0,575
Gök	0,455-0,485	Sary	0,575-0,585
Mawy	0,485-0,505	Mämişi	0,585-0,620
Ýaşyl	0,505-0,550	Gyzyl	0,620-0,760

Gün radiasiýasynyň spektoryna atmosferanyň belentligi we onuň gözýetimden beýikligi täsir edýär. Gün şöhleleri 30^0 burç bilen düşende infrogyzyl şöhleler 60 %, göze görünýän we ultramelewşe şöhleler degişlilikde 40 we 1 % çemesinde bolýar . **Gysga tolkunly radiasiỳa akymy** Erkin atmosferada jemi we serpilen radiasiỳa akymlarynyñ paỳlanşyna garalyñ. Barlaglaryñ görkezişi ỳaly jemi radiasiỳasynyñ akymy eỳiklik bilen artỳar. Onuñ dikleỳin gradiỳenti bolsa beỳiklige görä azalỳar. Serpilen radiasiỳa hem beỳiklige görä artỳar. Onuñ üỳtgeỳiş sudury bolsa örtüji üstüñ hiline baglydyr. 1,5 – 2 km-den ỳokarda serpilen radiasiỳanyñ ösüşi haỳallanỳar ỳa-da ösüşi kesilỳär. G.T.R.-siỳa deñagramlylygynyñ barlaglary 20 – 25 km çenli troposferada radiasiỳa balansynyñ has uly üỳtgemeleriniñ bardygyny görkezỳär. Şeỳle üỳtgemeler Radiasiỳa Deñagramlylygynyñ düzüjülerine mahsusdyr. Jem radiasiỳasynyñ iñ uly bahasy 3,5 km beỳiklige golaỳ ỳüze çykỳar (0,55 kal/sm^{2}min). 25 km-den ỳokarda hem jem radiasiỳa atmosferanyñ uly beỳiklikloere çenli dowam edỳändigini barlaglar görkrzỳär (0,65 kal/sm^{2}min ỳetỳär). Ỳer üstünden 22 km-re çenli jem radiasiỳa akymynyñ ululygynyñ üỳtgemegi ortaça (0,17 kal/sm^{2}min).

Serpilen radiasiỳanyñ iñ kiçi bahasy 3,2 km gabat gelỳär (käbir ölçeglerde). Uly beỳikliklerde hem serpilen radiasiỳanyñ artmasy dowam edỳän gatlaklar ỳüze çykỳar. Ỳöne ortaca12,5 km-den başlap onuñ ululygy hemişelik galỳar (0.41 kal/sm^{2}min). G.T.R. Deñagramlylygynyñ iñ kiçi bahasyna ortaça 4,5 km-de gözegçilik edilipdir (0,015 kal/sm^{2}min). Ondan ỳokarda G.T.R. Deñagramlylygynyñ bahasy jem radiasiỳa akymynyñ artmagynyñ hasabyna artypdyr.

Beỳikliklerde umumy radiasiỳa Deñagramlylygynyñ üỳtgemelerine garalyñ. Barlag maglumatlaryna görä U.R. Deñagramlylygy iñ uly baha 1,7 (ortaça) km-de eỳe bolỳar. Soñra endigan azalỳar. 9,1 km-den ỳokarda U.R.D. hemişelik diỳen ỳaly galỳar. Onuñ dikleỳin gradiỳenti Nula golaỳdyr. Diỳmek 9 km-den 22 km-rs çenli şöhle deñagramlylygy agdyklyk edỳär.

Has ỳokarry gatlaklar üçin nazaryỳet hasaplamalarynyñ görkrzişi ỳaly (tropopauzadan 55 km-e çenli)(10^0 d.g.g) U.T.R. Deñagramlylygyekwatordaky kiçi bahalardan ỳokary giñliklerdäkiuly bahalara çenli artỳar (tomus). Şeỳle hem G.T.R. Deñagramlylygynyñ möwsümleỳin we giñlik üỳtgemeleriniñ amplitudalary has kiçidir (U.T.R. Deñagramlylygyna görä). U.T.R. Deñagramlylygynyñ düzüjilerine suw buglary we CO_2 uly goşant goşỳar.

§ 7. Atmosferanyň GTD –synyñ deñlemelerini özgertmek

GTD-nyň deňlemelerini ýönekeýleşdirmek. Uly ölçegli atmosfera hereketleriniň deňlemeleri. Basyş bilen bagly koordinatlar ulgamynda GTD-nyň deňlemesi.

1. Eger-de dekart koordinatalar ulgamyndan, dikleýin koordinata hökmünde basyş ýada onuň bilen baglanşykly ululyklar alynýan koordinata ulgamyna geçilse GTD-ń deńlemeler ulgamy ýönekeýleşýär, çözüwleri ỳeñilleşär we amaly derñew üçin amatly bolýar. Şeýle hem howa gullugynda beýiklik kartalary, standart beýiklikdäki basyşyń koordinatalary görnüşinde däl-de bariki topografiýa kartalary hökmünde düzülýärler. Bu kartalar gurulanda derńelýän funksiýa hökmuünde izobariki üstüň geopotensialy φ=g·z ýa-da onuň beýikligi z alynýar. Bu ýagdaýda basyş garaşsyz üýtgeýji bolup durýar.

a) Izobariki (x_p, y_p, z_p, t) koordinatalar ulgamyna garalyň. Bu ýerde: $x_p = x$, y_p= y, z=p $t_p = t$ Izobariki koordinatalar ulgamynda bu ýagdaýda basyş bilen beýikligiň arasyndaky baglanyşyk . $\frac{\partial p}{\partial z} = -g * \rho$

Soňky statikanyň deňlemesi diýip hem atlandyrylýar. Bu baglanşýk $p = \varphi(z)$ funksiỳa görnüşinde berilỳär

Täze ulgamda wagtyñ we koordinatalaryñ funksiýalary hökmünde u, υ, T , hem-de Z =H (x_p, y_p, t_p) ululyklar alynýar.

Dikleýin tizlik hökmünde oňa deňeçer ỳa-da meñzeş ululyk(tizlik) aşaky ululyk alynýar

$$\tau = \frac{dp}{dt} = \frac{\partial p}{\partial t} + u\frac{\partial p}{\partial x} + v\frac{\partial p}{\partial y} + \omega\frac{\partial p}{\partial z}$$

Baha bermeklik netijesinde birinji üç funksiýa (u, υ, T) ozalky koordinatalar ulgamyndaky funksiỳalara meňzeşdir. Soňky iki funksiýa düýbinden täze funksiýalardyr. Täze koordinatalar ulgamynda GTD-ň deňlemesini ýazmak üçin differensial deňlemelerde üýtgeỳjileri çalyşyrmaly bolýar. Bu ýerde köp üytgeỳjili çylşyrymly funksiýalary differensirlemegiñ düzgünlerini peýdalanmak bolýar.Ỳagny matematiki özgertmeler esasynda bu koordinatalar ulgamynda GTD-nyñ aşakdaky differnsiỳal görnüşdäki deñlemeler ulgamy alynỳar.

$$\frac{\partial u}{\partial t_p} + u\frac{\partial u}{\partial x} + \upsilon\frac{\partial \upsilon}{\partial y_p} + \tau\frac{\partial u}{\partial p} = -g\frac{\partial H}{\partial x_p} + lu$$

Hereket deñlemeleri

$$\frac{\partial \upsilon}{\partial t_p} + u\frac{\partial \upsilon}{\partial x_p} + \upsilon\frac{\partial \upsilon}{\partial y_p} + \tau\frac{\partial \upsilon}{\partial p} = -g\frac{\partial H}{\partial y_p} - lu$$

$$\frac{\partial H}{\partial p} = -\frac{RT}{gp} \qquad T=gp\frac{\partial H}{\partial p}$$ Statikanyñ deñlemeleri

$$\frac{\partial p}{\partial t} \bullet \left(\frac{\partial u}{\partial \upsilon} + \frac{\partial \upsilon}{\partial u} + \frac{\partial \tau}{\partial p} \right) = 0 \qquad \frac{\partial p}{\partial t} \neq 0 \qquad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial \upsilon}{\partial y} + \frac{\partial \tau}{\partial p} + 0 = 0$$

Üźnüksizlik deñlemeleri

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u\frac{\partial T}{\partial x} + \upsilon\frac{\partial T}{\partial y} = \frac{RT(\gamma_a - \gamma)}{g \bullet p}t + \frac{1}{c_p\rho}\varepsilon$$ Ỳylylyk akymynyñ deñlemesi

$$\frac{\partial q}{\partial t}+u\frac{\partial q}{\partial x}+\upsilon\frac{\partial q}{\partial y}+\tau\frac{\partial q}{\partial p}=\frac{1}{\rho}\varepsilon_p$$ Çyg akymynyñ deñlemesi

a) Koordinatalar ulgamy b x ,y f, т). Bu ulgamda dikleýin koordinatalar hökmünde f= P/p ululyk alynýar. P=1000 mb, ỳer üstündäki basyş. P-niñ we f-iñ önümleriniñ arasynda şeýle baglanyşyk bar.

$$\frac{\partial}{\partial P}=\frac{\partial}{\partial \zeta}\bullet\frac{\partial}{\partial P}=\frac{1}{P}\frac{\partial}{\partial \zeta} \qquad \frac{\partial}{\partial \zeta}=P\frac{\partial}{\partial P}$$

w) σ-koordinatalar ulgamy.Bu ulgamda dikleỳin koordinatalar hökmünde

$\sigma = P/p_s$ –ululyk kabul edilỳär.

Bu ỳerde p_s-ỳer üstündäki basyş bolup, ol üỳtgeỳän ululykdyr.

$$x_\sigma=x_p=x,$$

$$y=y_\sigma=y_p=y,$$

$$t_\sigma=t_p=t$$

Wagtyñ we koordinatalaryñ funksiýalary hökmünde u, υ, T, hem-de Z =H (x_σ ,y_σ , σ, t $_\sigma$) ululyklar alynýar.

τ - Dikleỳin tizlige deñeçer, ỳa-da meñzeş ululyk;

$$\sigma=\frac{\partial\sigma}{\partial t}=\frac{\partial\sigma}{\partial t}+u\frac{\partial\sigma}{\partial x}+\upsilon\frac{\partial\sigma}{\partial y}+\omega\frac{\partial\sigma}{\partial z}=\frac{d}{dt}\left(\frac{P}{p_s}\right)=\frac{1}{p_s}\left[\tau-\sigma\left(\frac{\partial p_s}{\partial t}+u\frac{\partial p_s}{\partial x}+\upsilon\frac{\partial p_s}{\partial y}\right)\right]$$

Matematiki özgertmelerden soñ köp üỳtgeỳjili çylşyrymly funksiỳalardan differensiỳal almagyñ düzgünlerini peỳdalanyp berlen koordinatalar ulgamynda GTD-nyñ deñlemeler ulgamyny alarys.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = g\frac{\partial H}{\partial x} + g\frac{\partial \tau}{p_s} \bullet \frac{\partial H}{\partial \sigma} \bullet \frac{\partial p_s}{\partial x} + l\upsilon$$

$$\frac{\partial \upsilon}{\partial t} = -g\frac{\partial H}{\partial y} + g\frac{\partial \tau}{p_s} \bullet \frac{\partial H}{\partial \sigma} \bullet \frac{\partial p_s}{\partial y} - lu$$

$$\frac{\partial p_s}{\partial t} + \frac{\partial u p_s}{\partial x} + \frac{\partial \upsilon p_s}{\partial y} + \frac{\partial \tau p_s}{\partial \sigma} = 0$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} = \frac{1}{\rho} \bullet \varepsilon_n$$

$$T = -g\frac{\sigma}{k}\frac{\partial T}{\partial \sigma}$$

§ 8. Hususy hallaryň deňlemesi.

Tizlik tüweleýiniň we diwergensiýanyň deňlemesi. Sferik koordinatalar sistemasynda GTD-niň deňlemesi. Kartografik proeksiýalar bilen bagly koordinatalar sistemasynda GTD-niň deňlemeleri.

Tizlik tüweleýiniň we diwergensiýanyň deňlemesi. Sferik koordinatalar sistemasynda GTD-niň deňlemesi. Kartografik proeksiýlar bilen bagly koordinatalar sistemasynda GTD-niň deňlemeleri

1. Tizlik tüweleýiniň deňlemesi. Tizlik tüweleýi wektordyr $\Omega = rotU$, koordinatalar okuna proỳeksiýasy aşakadaky görnüşe eýedir.

$$\Omega_x = \frac{dw}{dy} - \frac{dv}{dz},$$

$$\Omega_y = \frac{du}{dz} - \frac{dw}{dx} \qquad (1)$$

$$\Omega_z = \frac{dv}{dx} - \frac{du}{dy}, \qquad \Omega_p = \frac{dv}{dx_p} - \frac{du}{dy_p}$$

Bizi diňe tüweleýiň dikleýin (wertikal) düzüjisi gyzyklandyrýar. Tizlik tüweleýniň deňlemesini hereketiň delemesine rot operasiýasyny ulanyp alarys:

Ýagny

$$\frac{du}{dt} = -\frac{1}{\rho} gradp - 2\omega \cdot U + g \qquad (2)$$

hereketiň delemesine rot operasiýasyny ulanyp alarys

$$\frac{\partial\Omega}{\partial t}-(\Omega\times\nabla)U+\Omega divU=-2rot(\omega\times U)-\frac{1}{\rho T}\nabla T\times\nabla p \qquad (3)$$

1. Tüweleýiň diňe dikleỳin(wertikal) bölegine garalyň

$$\frac{du}{dt}+u\frac{du}{dx}+v\frac{du}{dy}+\tau\frac{du}{dp}=-g\frac{dH}{dx}+lv \qquad (4)$$

$$\frac{dv}{dt}+u\frac{du}{dx}+v\frac{dv}{dy}+\tau\frac{dv}{dp}=-g\frac{dH}{dy}-lu \qquad (5)$$

Hereket deňlemeleriň birinjisini (4-deňleme) y-boýunça ikinjisini (5deňleme) -boýunça differensirläliň soňra 2-nji netijeden birinjini aýryp we birnäçe matematiki özgertmelerden soň deňlemede diňe has uly agzalary galdyryp tizlik tüweleýiň ýönekeýleşdirlen deňlemesini alarys.

$$\frac{\partial\Omega}{\partial t}+U\frac{\partial\Omega}{\partial x}+v\frac{\partial\Omega}{\partial y}+\tau\frac{\partial\Omega}{\partial p}+\frac{\partial t}{\partial x}\cdot\frac{\partial v}{\partial p}-\frac{\partial\tau}{\partial y}\cdot\frac{\partial u}{\partial p}=-(\Omega+l)\left(\frac{\partial u}{dx}+\frac{\partial u}{\partial y}\right)-u\frac{\partial t}{\partial x}-v\frac{\partial t}{\partial y}$$

(6)

Deňlemäniň has uly ululyklaryny galdyryp alarys:

$$\frac{\partial\Omega}{\partial t}+U\frac{\partial\Omega}{\partial x}+v\frac{\partial\Omega}{\partial y}+=-l\cdot\left(\frac{\partial u}{dx}+\frac{\partial u}{\partial y}\right)-u\frac{\partial t}{\partial x}-v\frac{\partial t}{\partial y} \qquad (7)$$

Ýa-da

$$\frac{\partial\Omega}{\partial t}+U\frac{\partial(\Omega+l)}{\partial x}+v\frac{\partial(\Omega=l)}{\partial y}+=-l\cdot\left(\frac{\partial u}{dx}+\frac{\partial u}{\partial y}\right) \qquad (8)$$

Wektor görnüşinde görkezilen deňleme aşakdaky görnüşe eýedir.

$$\frac{\partial \Omega}{\partial t} + V \cdot \nabla(\Omega + l) = -l\nabla \cdot V \qquad (9)$$

Köp halatlarda deňleme $(\Omega + l) = \Omega_a$ tizlik tüweleýiniň absolýuty diýilýär

2. Keseleỳin(gorizontal) diwergensiýa garalyň

Tizligiň diwergensiýasy aşakdaky aňlatma bilen görkezilip bilner.

$$D = divU = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial z} \qquad (10)$$

Üznüksizlik deňlemesine görä

$$D = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{dp}{dt} \qquad (11)$$

Gysylmaýan gurşaw üçin haçanda $\frac{dp}{dt} = 0,$ D=0 bolýar.

Diwergensiýa wektora tekiz üste tizligiň wektorynyň proỳeksiýasy

$$D = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \qquad (12)$$

üçin ýörite deňleme alarys. Onuň üçin hereket deňlemäniň birinjisini x-boýunça ikinjisini integrirläliň we netijeleri goşalyň. Soňra deňlemede diňe esasy agzalary galdyryp diwergensiýanyň deňlemesini alarys.

$$\frac{\partial D}{dt}+u\frac{\partial D}{\partial x}+v\frac{\partial D}{\partial y}+\tau\frac{\partial D}{\partial p}+\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2+2\frac{\partial u}{\partial y}\frac{\partial v}{\partial x}+\left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2+\frac{\partial \tau}{\partial x}\frac{\partial u}{\partial p}+\frac{\partial \tau}{\partial y}\frac{\partial v}{\partial p}-l\Omega+u\frac{\partial l}{\partial x}-v\frac{\partial l}{\partial x}=-g\Delta H$$

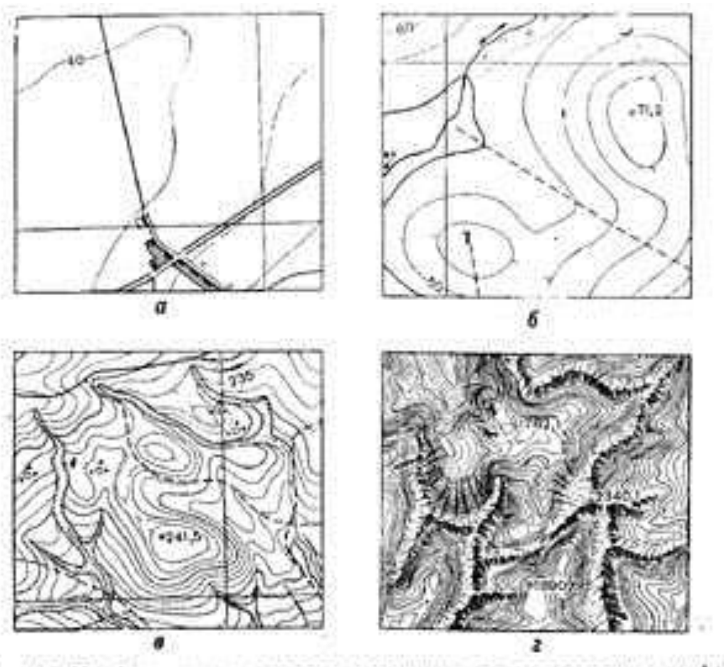
Wektor görnüşde diwergensiýanyň deňlemesi aşakdaky görnüşe eýedir.

$$\frac{\partial D}{\partial t}=V\cdot\nabla D+\tau\frac{\partial D}{\partial p}+\frac{\partial \tau}{\partial x}\frac{\partial u}{\partial p}+\frac{\partial \tau}{\partial y}\frac{\partial v}{\partial p}+\nabla u\frac{\partial V}{\partial x}+\nabla v\frac{\partial V}{\partial y}-k\nabla\times lV=-g\Delta H$$

oňa başgaça balans deňlik deňlemesi hem diỳilỳär. Gysylmaýan gurşaw ýagdaýynda D=0 soňky alynan deňleme ýeliň gorizontal düzüjileriniň geopotensialy bilen baglanyşdyrýar we olaryň has takyk baglanşygyny berýär. Şol sebäpli hem çaklama modellerinde peýdalanýar.

1. Kartografik proýeksiýalary öwrenmek.

1.Kartografik proýeksiýalarda ýeriň üstüni tekizlige şekillendirlende emele gelýär. Şekillendirmäniň usuluna görä kartografik proýeksiýalaryň dürli görnüşleri alynýar we ýagdaýda çyzykly aralyklaryň käbir üýtgemeleri bolup geçýär. Olary hasaba almak üçin masştab köpeldiji girizilýär. Masştab köpeldiji ýa-da artdyrma parametri hökmünde aşakdaky gatnaşyja düşünilýär m= . Bu ýerde dl we dls şekillendirme tekizligiň weýeriň ýönekeý uzynlygydyr. Bu gatnaşyk umuman nokadyň ýagdaýyna hem tükeniksiz uzyn kesimiň ugruna-da baglydyr. Mundan beýläk diňe m-iň kesimiň ugruna bolmadyk ýagdaýyna garaljakdyr. Şekiliň masştabynyň birlikden tapawutlygy önümleriň şekillendirme tekizligindäki we ýerli bahalarynyň tapawudynda getirýär. Kartografik proýeksiýalary geografiki kartalar görnüşinde aňladylanda kartanyň masştaby girizilýär. Ol nokatdan nokada geçende üýtgeýär. Şeýle hem kartanyň umumy ýa-da esasy masştaby mE kartadaky uzynlygyň we ýerli nokatlaryň uzynlyklarynyň gatnaşygyna deň bolýar. Olar üçin masştab köpeldiji m=1-dir. Edil şeýle masştab hem hemişe geografik kartanyň blankalarynda getirýär. M=mmE şeýlelikde şekiliň masştabyň ýa-da artdyrma parametri seredilýän nokatda kartanyň hakyky masştabynyň esasy masştaba bolan gatnaşygy hökmünde kesgitleýär.



Dürii häsiỳetli üstki gurluşy bolan ỳer bölekleriniñ kartada şekillendirilişi

§9.Atmosferada tolkun hereketleriniñ derñewi

Atmosferadaky tolkun hereketleri barada esasy düşünjeler

Atmosferadaky tolkun hereketleriniň görmüşleri

Kiçi oýandyrylmalar usuly.

Tolkun hereketleri haýsydyr bir göni çyzyk ýa-da parallel tekizliklerde ýatan töwerekleýin orbitalar boýunça bolup geçýär. Oňa adaty mysal bolup suwuň üstündäki tolkunlar hyzmat edip biler. Suwuň bölejikleri töwerekleýin hereketlenýärler we bu ýagdaýda emele gelýän birlik tolkunlarynyň dikleýin görnüşi sinusoidlar, kosinusoidlar hem-de ekspolent funksiýalar bilen gowy beýan edilýär, ýagny

Z (x; t) = A sin(mx – t)
Z (x; t) = A cos(mx – rt)
Z (x; t) = A e

Z (x; t) – suw üstüniň beýikligi

A – amplituda $m = 2\pi / l$ – tolkun sany $\sigma = 2\pi / T$ - töwerekleýin ýygylyk $\left(\nu = \sigma / 2\pi = 1/T\right)$ yrdyldylaryň ýygylygy T – period L-tolkun uzynlygy $c = \sigma / m$ - tolkunyň süýşme tizligi. C-niň iň uly bahasy L/T

Atmosferadaky yrgyldyly hereketler daşky güýçleriň täsiri bilen bolup biler. Şeýle tolkunlara mejbury diýilýär. Daşky güýçler bilen bagly bolmadyk tolkunlara **hususy ýa-da erkin yrgyldylar diýilýär.**

Atmosferadaky tolkunlar 3 topara bölünýär.

1. **Uly ölçegli tolkunlar.** Olar inersiýa güýçleri sebäpli döreýär. Bu topara başgaça uzyn tolkunly ýa-da Rosbeniň tolkunlary diýilýär. Olar deň aýlanýan ýerde mümkin. Bu tolkunyň uzynlygy 100-den birnäçe m/s çenli periody (gaýtalanýan döwri) birnäçe gündize çenli.

Amplitudalary örän uly bolup basyş meýdanynda 20-100 mb ýetýär. Howa çaklamalary üçin bu tolkunlaryň ösüşi uly gyzyklanma döredýär. Olar metereologik ähmiýetli tolkunlardyr.

2. Grawitasiýa tolkunlary. Olar agyrlyk güýjüniň ýa-da ýeriň grawitasiýa meýdanynyň täsiri bilen döreýär. Şeýle hem bu tolkunlar haçanda deňagramlylykdan çykarlan howa bölejikleri olary yzyna getirmäge çalyşýan arhimetik güýjüne sezewar bolan beýiklige görä howanyň dykyzlygy bilen baglanşyklydyr. Yrgyldy we süýşme dikleýin tekizlikde bolup geçýär. Eger w=0 bolsa, grawitasiýa tolkunlary bolmaýar.

Grawitasiýa tolkunlarynyň periody 330 s töweregidir. Süýşme tizligi 1-larçadan 100-lerçe m/s çenli amplitudasy uly däl.

3.Akustiki tolkunlar. Howa gurşawynyň gysylmagy we seýreklenmegi bilen bagly boý tolkunlar üçin yrgyldynyň periody 300 s geçmeýär. Süýşme tizlik 300 m/s töwereginde üýtgeýär. Amplitudalary uly däl.

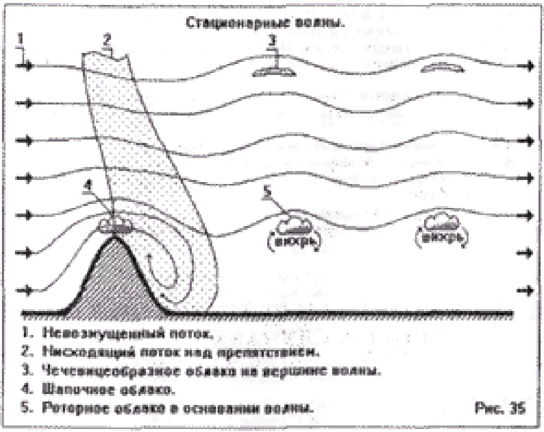
Tolkunlary öwrenmek we beýan etmek usullary olaryň amplitudalaryny esasy hala degişli bolan parametrleriň häsiýetli ululuklary bilen deňeşdireniňde uludygyna ýa-da kiçidigine baglydyr. Eger amplitudalar hakykatdan-da kiçi bolsa, onda tolkun hereketleriň matematiki derňewiniň kiçi oýandyrmalar usuly bilen usuluň esasy artykmaçlygy çyzykly deňlemelere geçmeklige mümkinçilik bolýandygydyr. Çyzykly deňlemeleri çözmek üçin dürli usullar peýdalanylýar. Kiçi oýandyrma usulynda funksiýalary trigonometrik ýa-da görkeziliş aňlatmalar boýunça hatara dargatmaklyk giňden peýdalanýar, ýagny:

$$\sum_{s=1}^{\infty} A_s \sin m_s x \qquad \sum_{s=1}^{\infty} A_s \cos m_s x \qquad \sum_{s=1}^{\infty} A_s e^{i m_s x}$$

A_s – tolkunyň amplitudasy. $m_s = \dfrac{2\pi}{L_s}$ tolkun sany

L_s -tolkun uzynlygy s - bitin san

Eýleriň formulasyna e^{iz} =cosz+I sinz görä adatça diňe çözgüdiň hakyky bölegine seredilýär.



§ 10. Tolkun hereketleriniň häsiýetnamalary.
Uly ölçegli tolkunlar.
Tolkunlaryň sinoptiki ähmiýeti
Garyşyk tolkunlar we daşky grawitasion tolkunlary süzüp aýyrmak.

Uly ölçegli tolkunlary barlamak üçin baratrop ýagdaýdaky tizlik tüweleýiň deňlemesini alalyň, ýagny dikleýin tizlik ýok hasap edýär. Gysylmazlyk şerti hem ýerine ýetýär. Diýmek, grawitasiýa we akustik tolkunlary aradan aýyrýarys. Y-oky d.g. x-okuny g.d. ugrukdyralyň. Onda tizlik tüweleýiniň deňlemesi şeýle bolar.

$$\frac{\partial \Omega}{\partial t} + u\frac{\partial \Omega}{\partial x} + \vartheta\frac{\partial \Omega}{\partial y} + \beta\vartheta = 0$$

$$nirede \beta = \frac{\partial l}{\partial y} = \frac{2\omega\cos\varphi}{a},$$

– Parametr Rossbi a– ýeriň radiasiýasy

Bu deňleme näbellileriň köpeltmek nasylyny we olaryň önümlerini özünde saklaýar. Şol sebäpli olar çyzykly däldir. Deňlemeleri çyzykly görnüşe öwüreliň, ýagny:

$u = \bar{u} + u', \vartheta = \bar{\vartheta} + \vartheta', \Omega = \bar{\Omega} + \Omega'$ -nirede çyzyk bilen bellenen esasy ýagdaýy häsiýetlendirýär. $\bar{u}$ we $\bar{\vartheta}$ wagta we kordinata bagly däl, onda

$$\overline{\Omega} = \frac{\partial \Omega}{\partial t} = 0$$

$$\Omega = \Omega' = \frac{\partial \vartheta'}{\partial x} - \frac{\partial u'}{\partial y}, \frac{\partial \Omega}{\partial t} = \frac{\partial \Omega}{\partial t}$$

Ýönkeýlik üçin $\overline{\vartheta} = 0$ kabul edeliň. Ýokarda aýdylanlary hasaba alyp, deňlemäni aşakdaky ýaly ýazyp bileris.

$$\frac{\partial \Omega'}{\partial t} + \bar{u}\frac{\partial \Omega'}{\partial x} + \beta\vartheta' + \left[u'\frac{\partial \Omega}{\partial x} + \vartheta'\frac{\partial \Omega'}{\partial y}\right] = 0$$

Bu deňlemäniň skobkanyň içindäki bölegi beýleki çlenlerine görä bir dereje pes we ony hasaba alman ýazyp bileris.

$$\frac{\partial \Omega'}{\partial t} + \bar{u}\frac{\partial \Omega'}{\partial x} + \beta\vartheta' = 0$$

yda

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial \vartheta'}{\partial x} - \frac{\partial u'}{\partial y}\right) + \bar{u}\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial \vartheta'}{\partial x} - \frac{\partial u'}{\partial y}\right) + \beta\vartheta' = 0$$

Soňky deňleme çyzykly bolup durýar. Funksiýalar y okuna bagly bolmadyk ýagdaýynda tüweley deňlemesini alarys

$$\frac{\partial^2 \vartheta'}{\partial x \partial t} + \bar{u}\frac{\partial^2 \vartheta'}{\partial x^2} + \beta\vartheta' = 0$$

Bu deňleme t boýunça birinji tertipli differensiala eýedir. Onuň çözüwi üçin ýeke başlangyç şert ýeterlikdir.

Goý, t=0 bolanda ϑ' şeýle görnüşde aňladylan bolsun.

$$\vartheta' = \sum_{s=1}^{\infty} A_s e^{im_s x}$$

Başlangyç meýdanyň görnüşine degişlilikde tüweleýiň çyzykly deňlemäniň çözüwi aşakdaky görnüşde görkezeliň:

$$\vartheta' = \sum_{s=1}^{\infty} A_s e^{i(m_s x - \sigma_s t)} = \sum_{s=1}^{\infty} A_s e^{im_s (x - c_s t)}$$

Diňe bir garmoniki s- tolkuna seredeliň.

ϑ' -y x we t boýunça defferensirläp alarys.

$$\frac{\partial \upsilon_s^1}{\partial t} = -i\sigma \bullet A_s e^{i(m_s \bullet x - \sigma_s \bullet t)}$$

$$\frac{\partial^2 \upsilon_s^1}{\partial x \partial y} = \sigma_s m_s A_s e^{i(m_s \bullet x - \sigma_s \bullet t)}$$

$$\frac{\partial \upsilon_s^1}{\partial x} = i m_s A_s e^{i(m_s \bullet x - \sigma_s \bullet t)}$$

$$\frac{\partial^2 \upsilon_s^1}{\partial x^2} = -m_s^2 A_s e^{i(m_s \bullet x - \sigma_s \bullet t)}$$

Alnan añlatmalary çyzykly tüweleỳ deñlemesine goỳup alarys

σ_s m_s - $\bar{u}$ m_s^2 +β=0 σ_s=$\bar{u}$ m_s- β/m_s c_s = $\bar{u}$ - $\dfrac{\beta}{m_s^2}$ m_s $\dfrac{2\pi}{L_s}$

c_s =$\bar{u}$ - $\dfrac{\beta L_s^1}{4\pi^2}$ Rossbiniñ añlatmasy. $\upsilon_s^1 = A\, e^{im_s(x - c_s \bullet t)}$
gutarnykly ỳagdaỳda

$$\upsilon_s^1 = A_s \cos\frac{2\pi}{L_s}\left[x - \left(\bar{u} - \frac{\beta L_s^2}{4\pi^2}\right)\bullet t\right]$$ - hakyky bölek.

Koriolisiñ parametriniñ hemişelikdigi we β = 0 bolany üçin alarys;

$$\upsilon_s^1 = A_s \cos\frac{2\pi}{L_s}(x - \bar{u}t)$$

Munuñ özi tolkunyñ süỳşme tizliginiñ takyk $\bar{u} = c_s$ bolỳandygyny añladỳar.
Şeỳlelikde biz başlangyç pursatdaky tolkunyñ, wagtyñ geçmegi bilen, öz görnüşini we amplitudasyny üỳtgetmezden X okunyñ ugryna c_s tizlik bilen süỳşändigini aldyk. Eger

$\dfrac{\beta L_s^2}{4\pi^2} < \bar{u}$ bolsa tolkun gündogara hereket edỳär (c_s **>0)** we tersine.

§11. Orta we kiçi őlçegli tolkunlar

Tolkunyň häsiýetleri. Içki akustiki tolkunlar. Grawitasiŷa tolkunlary

Biz baratrop gysylmaŷan atmosfera ŭçin grawitasion we aŷlanŷan Ŷerde uly őlçegli tolkunlaryň käbir gőrnŭşlerine seredip geçdik. Gysylŷan baratropiki atmosfera bolan real atmosferada őzünde kőp spektorly tolkunlary jemleýär, ŷagny, içki akustiki we grawitasion, şeŷle-de iki őlçegli diŷilip atlandyrylŷan tolkunlar. Içki akustiki we grawitasion, şeŷle-de iki őlçegli tolkunlar diýip, nirede tizliginiň orun üýtgetmesiniň wertikal düzüjisi bolan üç ölçegli tolkunlara düşünilýär. Olardan tapawutly iki ölçegli tolkunlar diňe gorizontal ugurda hereket edýär. Bu tolkunlara seretmek üçin hereketiň deňlemesine üznüksizligiň deňlemesine we politropiki hadysanyñ deňlemesini ulanalyň:

$$
\begin{aligned}
&\frac{\mathrm{du}}{\mathrm{dt}} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \ell\vartheta \\
&\frac{d\vartheta}{dt} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} - lu \\
&\frac{d\omega}{dt} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} - g \qquad (12.1) \\
&\frac{d\rho}{dt} = -\rho\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial \vartheta}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial z}\right) \\
&\frac{dp}{dt} = \lambda\frac{p}{\rho}\frac{\partial \rho}{\partial t}
\end{aligned}
$$

Bu deňlemeleriň linerazasiýa geçireliň. Esasy höküminde dynç (pokoý) ýagdaýy $\left(\overline{u}=\overline{\vartheta}=\overline{\omega}=0\right)$, nirede $\overline{p}$ we $\overline{\rho}$ statikanyň deňlemesini kanagatlandyrýar.

$\frac{\partial \overline{p}}{\partial \mathrm{Z}}=-\mathrm{g}\overline{\rho}$ deňlemäniň çyzykly bolmagy (linerazasiýasy) aşakdaky görnüşe eýedir:

$$
\begin{aligned}
&\frac{\partial \mathrm{u}'}{\partial \mathrm{t}}=-\frac{1}{\overline{\rho}}\frac{\partial p'}{\partial \mathrm{X}}+\ell\,\vartheta' \\
&\frac{\partial \vartheta'}{\partial t}=-\frac{1}{\overline{\rho}}\frac{\partial p'}{\partial y}-lu' \\
&\frac{\partial \omega'}{\partial t}=-\frac{1}{\overline{\rho}}\frac{\partial p'}{\partial z}-g\,\frac{\rho'}{\rho} \\
&\frac{\partial \rho'}{\partial t}=-\overline{\rho}\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial \vartheta'}{\partial y}+\frac{\partial \omega'}{\partial z}\right) \\
&\frac{\partial p'}{dt}+\omega'\,\frac{\partial \overline{\rho}}{\partial z}=a^{2}\left(\frac{\partial \rho'}{\partial t}+\omega'\,\frac{\partial \overline{\rho}}{\partial z}\right)
\end{aligned}
\tag{12.2}
$$

nirede $a^{2}=-\frac{\lambda \overline{p}}{\overline{\rho}}=\lambda r\overline{T}$ -tizligiň kwadrat ölçegi bolan parametr.

Ilki bilen akustiki yrgyldylary üçin deňlemäni alarys.

Ilki bilen x-oky boýunça gysylýan suwuklyk üçin, haçanda Koriolisyň güýji ýok ýagdaýynda, ýagny $\vartheta=\omega=\ell=0$. Haçanda $\omega=0$ şert grawitasion tolkunlary aýyrýar. Onda aşakdaky deňlemäni alarys.

$$\frac{du}{dt} = -\frac{1}{\overline{\rho}}\frac{\partial p}{\partial x}$$

$$\frac{d\rho}{dt} = -\overline{\rho}\frac{\partial u}{\partial x} \qquad (12.3)$$

$$\frac{\partial p}{dt} = a^2\frac{\partial \rho}{\partial t}$$

Bu sistemanyň birinji deňlemesini x, ikinjisini ℓ - boýunça we $\frac{\partial^2 u}{\partial t\ \partial x}$ hasaba alman (isklýuçit) $\frac{\partial^2 \rho}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 p}{\partial x^2}$ deňlemäni alarys

Sistemanyň üçünji deňlemesini t –boýunça differensirläp we alnan netijeden $\frac{\partial^2 \rho}{\partial t^2}$ aýryp alarys:

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = a^2\frac{\partial^2 p}{\partial x^2}$$

(12.4)

Bu tolkun deňlemesine belli akustikanyň deňlemesi diýilýär**.** Şeýle deňlemä biz öňde seredip geçipdik, bu deňlemä degişli bolan aýlaw ýygylygy σ aşakdaky görnüşde ýazylyp bilner.

$\sigma = \mp am$ (12.5)

Tolkunyň tizliginiň düzüjileri degişlilikde aşakdaky gatnaşyklaryň kömegi bilen almak bolar:

$c_ч = \frac{\sigma}{m}$, $c_y = \frac{\sigma}{n}$. $c_z = \frac{\sigma}{k}$, şoňa görä $c_ч = \mp a$,

şeýlelikde biz biri-birine garşy a –tizlik bilen hereket etýän iki deňleme alarys.

Haçanda $\lambda = \chi = \dfrac{c_з}{c_\vartheta} = 1{,}4$ (adiabatiki prosses), haçanda R=287 $m^2 \cdot c^{-2} grad^{-1}$, $\overline{T} = 275K$, taparys $a = 330 \, {}^{m}\!/\!{}_{s}$.

§12. Agyrlyk güýji. Koriolisyň güýji we ähi ugrlar boýunça tizligiň düzijileriniñ hasaba alnyşy

Haçanda agyrlyk güýji, Koriolisyň güýji we ähi ugurlar boýunça tizligiň düzüjileri hasaba alynan ýagdaýyndaky umumy ýagdaýa seredeliň. Onuň üçin Monin A.S. we Obuhow A.M. boýunça
Parametr girizeliň.

$$\beta = (\lambda - 1)g + \frac{da^2}{dz}$$

(13.3).

Haçanda $\frac{da^2}{dz} = \lambda Rd\overline{T} \big/ dz$, onda β-ululygy statistiki durnuklylyk diýip atlandyrarys. Deňlemeler sistemasy (13.3) – ny aşakdaky görnüşde ýazalyň:

$$\frac{\partial \overline{\rho}\mathrm{u}}{\partial \mathrm{t}} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \ell \overline{\rho} \vartheta$$

$$\frac{\partial \overline{\rho} \vartheta}{\partial t} = -\frac{\partial p}{\partial y} - l \overline{\rho} u$$

$$\mu \frac{\partial \overline{\rho} \omega}{\partial t} = \left(\frac{\partial p}{\partial z} + g\rho \right) \qquad (13.2)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\left(\frac{\partial \overline{\rho} u}{\partial x} + \frac{\partial \overline{\rho} \vartheta'}{\partial y} + \frac{\partial \overline{\rho} \omega'}{\partial z} \right)$$

$$\frac{\partial p}{dt} = -\beta \overline{\rho} \omega - a^2 \left(\frac{\partial \overline{\rho} u}{\partial t} + \frac{\partial \rho \vartheta}{\partial y} + \frac{\partial \overline{\rho} \omega}{\partial z} \right)$$

üçünji deňlemede μ - ululyk girizilen, umumy ýagdaýda ol 1-e deň. Haçanda μ=0 diýip, statistiki ýakynlaşma geçeris. 13.2 sistemanyň soňky deňlemesinden alarys.

$$\frac{\partial p}{dt} = a^2 \frac{\partial \rho}{\partial t} + \beta \bar{\rho} \left(\frac{a^2}{\bar{\rho}} \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial z} - \frac{1}{\bar{\rho}} \frac{\partial \bar{p}}{\partial z} \right)$$

$\bar{\rho} = \lambda \bar{p} / a^2$ we $\partial p / \partial z = -g \bar{\rho}$ hem-de 13,2 gatnaşygy hasaba alyp, alarys.

$$\frac{a^2}{\rho}\frac{\partial \bar{\rho}}{dz} - \frac{1}{\rho}\frac{\partial \bar{p}}{\partial z} = \frac{a^2}{\bar{\rho}}\frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda \frac{p}{a^2}\right) + g = \lambda \frac{1}{\bar{\rho}}\frac{\partial \bar{p}}{\partial z} - \lambda \frac{p}{\bar{\rho}}\frac{1}{a^2}\frac{da^2}{dz} + g = -\lambda g + g - \frac{da^2}{dz} = -\beta$$

Bu aňlatmany alnan gatnaşykda goýup we netijeden üznüksizlik dezňlemesiniň kömegi bilen $\frac{\partial \rho}{\partial t}$ gatnaşygy aýyryp (13.3) sistemanyň soňky deňlemesini alarys.
Tokyň funksiýasy ψ -ni we tizligiň potensialyny – φ hem-de χ -funksiýany gatnaşyklaryň kömegi bilen girizeliň.

$$\bar{\rho} u = -\frac{\partial \psi}{\partial y} + \frac{\partial \varphi}{\partial x}; \qquad \bar{\rho} \vartheta = -\frac{\partial \psi}{\partial x} + \frac{\partial \varphi}{\partial y}; \qquad \bar{\rho} \omega = \chi;$$

(13.4)
Barlamak bolar, haçanda

$$\frac{\partial\bar{\rho}\mathrm{u}}{\partial x}+\frac{\partial\bar{\rho}\vartheta}{\partial y}=\Delta\varphi$$

$$\frac{\partial\bar{\rho}\vartheta}{\partial x}-\frac{\partial\bar{\rho}\vartheta}{dy}=-\Delta\psi \qquad (13.5)$$

nirede $\Delta=\partial^2/\partial^2\!\Big/\!\partial x^2+\partial^2\!\Big/\!\partial y^2$

Yokarda getirilen 13.5 –sistemanyň 1-nji deňlemesini x-boýunça, 2-njini y-boýunça netijäni goşup we 1.8 gatnaşygy göz öňünde tutup alarys.

$$\Delta\frac{\partial\varphi}{\partial t}=l\Delta\psi-\Delta p$$

ýa-da

$$\Delta\left(\frac{\partial\varphi}{\partial t}-l\psi+p\right)=0$$

şeýle-de 13.7 –iň ikinji deňlemesini x, birinjisini y boýunça we netijäni aýyryp alarys.

$$\Delta\frac{\partial\psi}{\partial t}=-l\Delta\varphi$$

ýa-da

$$\Delta\left(\frac{\partial\psi}{\partial t}+l\varphi\right)=0$$

Funksiýalar ψ,φ we p tükeniksizlikde çäklenen diýip hasap edip, iki deňlemedäki Laplasyň operatorynyň belgisini düşmek bolar. Onda alarys.

$$\Delta\frac{\partial\psi}{\partial t}=-l\varphi; \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial t}=l\psi-p; \quad \frac{\partial p}{\partial t}=-a^2\Delta\varphi-\beta\chi-a^2\frac{\partial\chi}{\partial z};$$

$$\mu \frac{\partial \chi}{\partial t} = -\left(\frac{\partial p}{\partial t} + g\rho \right); \qquad \frac{\partial p}{\partial t} = -\Delta\varphi - \frac{\partial \chi}{\partial z}$$

(13.6)

haçanda $t = 0, \quad \psi = \psi_0, \quad \varphi = \varphi_0; \quad \chi = \chi_0, \quad \rho = \rho_0, \quad p = p_0$

(13.7)

gyraky (çetki) şertler üçin

haçanda $z = 0 \quad \chi = 0$ haçanda $z \to \infty \quad \chi = 0$

(13.8)

Deňlemeler sistemasy (1.10) başlangyç (13.7) we (13.8) şertleri bilen **haýal** şonuň ýaly-da **uly tizlikli** tolkunly hereketi ýazyp bilýär

Sistema 1.10 ikinji deňlemesini we 4-njisini t-görä differinsirläp hem-de $\frac{\partial \psi}{\partial t}, \frac{\partial p}{\partial t}, \frac{\partial p}{\partial t}$ önümleri aýyryp , φ we ψ üçin aşakdaky iki deňlemäni alarys.

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} + l^2 \right)\varphi = \beta\chi + a^2 \frac{\partial \chi}{\partial z} + a^2 \Delta\varphi$$

$$\mu \frac{\partial \chi}{\partial t^2} = \frac{\partial}{\partial z}\left(\beta\chi + a^2 \frac{\partial \chi}{\partial z} + a^2 \Delta\varphi \right) + g\left(\frac{\partial \chi}{\partial z} + \Delta\varphi \right)$$

(13.9)

Deňlemeleriň çözüwini tolkunlaryň jemi görnüşinde gözläp bolar.

$$\varphi(x, y, z, t) = \Phi(z) e^{i(mx + ny - \sigma t)}$$

$$\chi(x, y, z, t) + X(z) e^{i(mx + ny - \sigma t)}$$

(13.10)

nirede $\varphi(z)$we $X(z)$- yrgyldynyň amplitudasy.

Deňleme 12.13-i, deňleme 13.14 goýup we käbir özgertmelerden soň alarys.

$$\left[l^2 + a^2\left(m^2 + n^2\right) - \sigma^2\right]\Phi = \beta X + a^2 \frac{dX}{dz}$$

$$\left(l^2 - \sigma^2\right)\left(a^2 \frac{d\Phi}{dz} + g\Phi\right) = \left(\beta g - \mu a^2 \sigma^2\right)X$$

(13.11)

Haýsyda bolsa bir aýratyn çözgüdi wertikal hereketiň bolmadyk ýgdaýynda bolar. Onda $\rho\omega = \mathrm{X} = 0$. Sistema 13.12-nji deňlemesine görä σ -üçin alarys

$$l^2 + a^2\left(m^2 + n^2\right) - \sigma^2 = 0$$

Bu ýerden ýygylyk üçin alarys.

$$\sigma = \pm\sqrt{a^2\left(m^2 + n^2\right) + l^2} = \pm a\sqrt{\left(m^2 + n^2\right) + \frac{l^2}{a^2}}$$

(12.13)

Bu ýerde $c_s = \dfrac{\sigma_s}{m_s}$ baglanşygy göz öňünde tutup alarys.

$$c_x = \pm a\sqrt{\left(1 + \frac{n^2}{m^2}\right) + \frac{l^2}{a^2 m^2}}$$

(13.14)

Aýratyn ýagdaýda x-oky boýunça (n=0)

Haçanda $X \neq 0$ ýagdaý üçin çözüwe seredeliň. a^2 we β, ýagny $\overline{T} = const.$

Amplituda üçin deňleme alarys, ýagny Φ. Bu ýerde X-y Φ üsti bilen aňladalyň, onda

$$\left(l^2+\sigma^2\right)\left(\frac{d^2\Phi}{dz^2}+\frac{\beta+g}{a^2}\frac{d\Phi}{dz}+\mu\frac{\sigma^2}{a^2}\Phi\right)-\left(m^2+n^2\right)\left(\frac{g\beta}{a^2}-\mu\sigma^2\right)\Phi=0$$

(13.15)

şeýle-de X-üçin deňleme almak bolar. Deňlemäniň çözüwini $\Phi(z)=e^{(-m+ik)z}$ görnüşde gözläp bileris. Nirede k-tolkun sany (wolnowoe çislo), M-näbelli hemişelik. Bu çözgidi 12.19 deňlemä goýup alarys.

$$\left(l^2+\sigma^2\right)\left[(-m+ik)^2+\frac{g+\beta}{a^2}(-m+ik)+\mu\frac{\sigma^2}{a^2}\right]-\left(m^2+n^2\right)\left(\frac{g\beta}{a^2}-\mu\sigma^2\right)=0$$

(13.16)

Deňlemäni birňäçe özgertmelerden soň alalrys.

$$\left(l^2+\sigma^2\right)\left[-\frac{(g+\beta)^2}{4a^2}-k^2\ a^2+\mu\sigma^2\right]-\left(m^2+n^2\right)\left(g\beta-\mu\sigma^2a^2\right)=0$$

(13.17)

Deňlemäni çözüp σ-iň 4- bahasyny tapmak bolar.

$$(\varphi,\chi)_{m,n,k}\approx e^{-\frac{\beta+g}{2a^2}z+i(mx+ny+kz-\sigma t)}$$

(13.18)

Deňlemeden görnüşine görä amplituda beýiklige görä azalýar. Tolkunyň hereketi üç ugur boýunça hem bolýar. Deňlemäniň

kömegi bilen aňladylýan tolkunlara üç ölçegl, şonuň ýaly-da içki diýip atlandyrylýar.
-ýygylygy kesgitläliň. Ýönekeýlik üçin Koriolosiň güýjinin bolmadyk ýagdaýyny , haçanda $l = 0$ şertde, ýygylygyň deňlemesi 4-nji derejä eýe bolýan aşakdaky görnüşe eýe bolar.

$$\sigma^4 - \left[\left(m^2 + n^2\right) + \frac{k^2}{\mu} + \frac{1}{\mu}\left(\frac{\beta + g}{2a^2}\right)^2 \right] a^2 \sigma^2 + \left(m^2 + n^2\right)\frac{g\beta}{\mu} = 0$$

Deňlemäni çözüp alarys.

$$\sigma^2 = \frac{a^2}{2}\left[\left(m^2 + n^2\right) + \frac{k^2}{\mu} + \frac{1}{\mu}\left(\frac{\beta + g}{2a^2}\right)^2 \right] \times \left\{ 1 + \sqrt{1 - \frac{4g\beta}{\mu a^4} \frac{m^2 + n^2}{\left[\left(m^2 + n^2\right) + \frac{k^2}{\mu} + \frac{1}{\mu}\left(\frac{g + \beta}{2a^2}\right)^2 \right]^2}} \right\}$$

(13.19)

Atmosferanyň izotermiki ýagdaýy üçin, haçanda dykyzlyk hemişelik galanda, akustiki tolkunlar bolup bilmez. Bu ýagdaý üçin $\lambda \to \infty$, onda $\beta \to \infty$. $a^2 = \lambda R\overline{T}$ göz öňünde tutup, kök aşagyndaky aňlatmanyň ikinji çleni 1-den birnäçe esse kiçidigine göz ýetirsek, onda ýakynlaşan gatnaşygy ulanyp bileris.

$\sqrt{1 - \varepsilon} \approx 1 - \frac{\varepsilon}{2}$, nirede $\varepsilon \angle 1$. Soňky 12.23 deňlemäni ýazyp bileris.

$$\sigma^2 \approx \frac{a^2}{2}\left[\left(m^2+n^2\right)+\frac{k^2}{\mu}+\frac{1}{\mu}\left(\frac{\beta+g}{2a^2}\right)^2\right]\times\left\{1-\frac{2g\beta}{\mu a^4}\frac{m^2+n^2}{\left[\left(m^2+n^2\right)+\frac{k^2}{\mu}+\frac{1}{\mu}\left(\frac{\beta+g}{2a^2}\right)^2\right]^2}\right\}$$

Käbir gysgaltmalardan soň, has kiçi ululyklary hasaba alman we ululyk σ-yň položitel ýagdaýy üçin, indeks a-ny, g-iň otrisatel indeksi bilen aňaldyp:

$$\sigma^2 \approx \lambda R\bar{T}\,\frac{a^2}{2}\left[\left(m^2+n^2\right)+\frac{k^2}{\mu}+\frac{1}{\mu}\left(\frac{\beta+g}{2a^2}\right)^2\right]$$

$$\sigma^2 \approx \frac{g^2(\lambda-1)}{\lambda R\bar{T}}\,\frac{m^2+n^2}{\mu\left(m^2+n^2\right)+k^2+\frac{g^2}{\left(2R\bar{T}\right)^2}}$$

(13.20)

Haçanda $\lambda \to \infty(\lim_{\lambda\to\infty}\frac{\lambda-1}{\lambda}=1)$;

$\sigma^2{}_a \to \infty;$

$$\sigma_g{}^2 \approx \frac{g^2}{R\bar{T}}\,\frac{m^2+n^2}{\mu\left(m^2+n^2\right)+k^2+\frac{g^2}{\left(2R\bar{T}\right)^2}}$$

(13.21)

bu tolkun σ_a-ýok bolýandygyny aňladýar.

Izotermiki prosesa seredeliň, haçanda Arhimediň güýjy ýok bolan ýagdaýda, ýagny grawitasion tolkunlaryň bolmagy mümkin däl. Bu ýagdaý üçin $\lambda = 1$, a $\beta = (\lambda - 1)g = 0$, Bu ýagdaýda 13.22 aňlatma üçin alarys.

$$\sigma_a^{\ 2} = R\overline{T}\left[\left(m^2 + n^2\right) + \frac{k^2}{\mu} + \frac{1}{\mu}\frac{g^2}{(2R\overline{T})^2}\right];$$

(13.22)

$\sigma_g^{\ 2}$ =0.

Şeýlelikde izotermiki ýagdaýda, haçanda Arhimed güýji bolmadyk ýagdaýynda, ikinji topar tolkunlar ýok bolýar, ýagny içki grawitasion tolkunlar. Bu ýagdaýda akustiki tolkunlar galýar.

Ýygylyklar σ_a we σ_g üçin, haçanda $\lambda = \chi = 1{,}4$ we $\mu = 1$. Aňlatma 13.23-görä $\lambda = \chi = 1{,}4$ we haçanda $\lambda \to \infty$, kök aşagyndaky ikinji aňlatma 13.23-çözülende 1-den birnäçe esse kiçidir. Seljerme geçirip alarys.

$$\sigma_a^{\ 2} \rangle \frac{\chi g^2}{4R\overline{T}}; \quad \sigma_g^{\ 2} \langle \frac{g^2(\chi - 1)}{\chi R\overline{T}} \qquad (13.23)$$

Bu ýerden içki akustiki we grawitasion tolkunlar üçin alarys:

$$T_a = \frac{2\pi}{\sigma_a} \langle \frac{4\pi}{g}\sqrt{\frac{R\overline{T}}{\chi}}; \qquad T_g = \frac{2\pi}{\sigma_g} \rangle \frac{2\pi}{g}\sqrt{R\overline{T}\left(\frac{\chi}{\chi - 1}\right)}$$

Haçanda $\chi = 1{,}4$, R=287 $m^{-2} \cdot s^{-2} \cdot grad^{-1}$, $\overline{T} = 273K$ bolanda $\overline{T}_a \langle 300c.$, $\overline{T}_g \rangle 300c.$

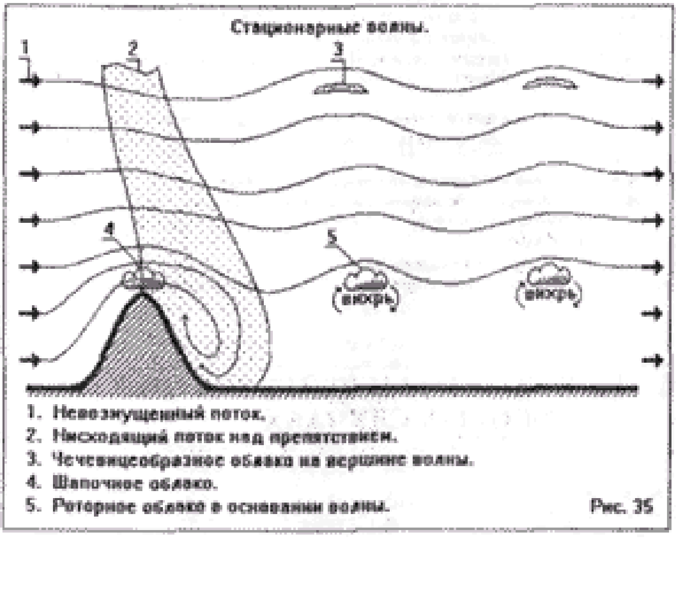
Şeýlelikde içki akustiki we grawitasion tolkunlaryň ýygylygy we periody izotermiki atmosferada böklenmeýär.

Adiabatiki ýagdaýda ýygygylyk σ_a we σ_g ýokardaky 13.24 formula bilen kesgitlenip biler. Bu aňlatmalar üçin $\mu \to 0$, alarys

$$\sigma_a \to \infty; \qquad \sigma^2 \to \frac{g^2(\lambda - 1)}{\lambda R\overline{T}} \frac{m^2 + n^2}{[k^2 + \frac{g^2}{(2R\overline{T})^2}]}$$

(13.25)

Kwazistatiçeskiý ýakynlaşma içki akustiki tolkunlary süzýär (filtiruýet). Şol bir wagtda ýakynlaşma grawitasion tolkunlaryň ýygylygyny (iskazaýet) ýaramazlaşdyrýar.



§ 13. Ortaça hasaplamalar

Hasaplanyş modalary. Hasaplanyş durnuksyzlygy. Adweksiýa deňlemeleri amaly integrirlenendäki hasaplanyş dispersiýasy

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.

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

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

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

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 gorkezýär. Başdaky moment bolan tolkun akymynyň ugry boýunça $c_y = \dfrac{\sigma}{n} = c$ tizlik bilen süýşýär. Bu ýerde bellemeli zat, amplituda üýtgemän galýar. Bu deňlemäniň durnuklylygyny aňladýar.

Soňky tapawut deňlemä seredeliň ýokardaky çözüwe meňzeşlikde s=0, berlen fuksiýa aşakdaky tolkun 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 soňky tapawut deňlemä 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 özgertmeler geçirip, hem-de $U_{j,s} \neq 0$ 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.

E D E B I Ý A T L A R

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. Türkmenistan - Sagdynlygyň we runubelentligiň ýurdy. Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Döwlet adam üçindir. Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2008.
6. 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.
7. Gidormeteorologiki beketler we nokatlar üçin gollanma goşundy 3-nji göýberliş 1-nji bölüm.
8. Gidrometeorologiki adalgalaryň we düşünjeleriň sözlügi. Türkmengidromet 2004 ý.
9. Gidrometeorologiýa işi hakynda. Türkmenistanyň Kanuny „Türkmenistan“ gazeti, 1999-njy ýylyň Sentýabr aýynyň 15-i.
10. Атмосфера. Автор: ред. Седунов Ю. С. Издательство: Гидрометеоиздат. Год: 1991.
11. Семенченко Б. А. Физическая метеорология. Изд.: АСПЕКТ ПРЕСС, 2002.

12. Белов П.Н. “Численные методы прогноза погоды” Л. Гидрометиздат, 1989.
13. Белов П.Н. , Борысенков Е.П., Панин В.Д. “Численные методы прогноза погоды” Л Гидрометиздат 1992.
14. Белов П.Н. „Сборник упражнений по численным методам прогноза погоды” Л Гидрометиздат 1993.
15. Белов П.Н., Перведенсев Ю.П., Гурянов В.В. “ Численные методы анализа и прогноза погоды” Казань: Издательство КГУ, 1991.
16. Гандин Л.С., Данович А.М., Либерман Ю.М., Пенинская Р.П. “Практикум по численным методам краткосрочным прогнозам погоды” Л. Гидрометиздат, 1992.
17. Поляк И.И. “Численные методы анализа наблюдений” Л, Гидрометиздат 1991.

Goşmaça:

18. Ранин Б.Д., Саглосование начальных полей метеорологических элементов. Л: Изд ЛРИ 1989. (ЛГМИ)
19. Панин. Б.Д., Репенский Р.П., Прогноз влажности, облачности и осадков. Л: изд. ЛПИ 1992. (ЛГМИ).

Данович А.М. Панин Б.Д., Русин И.Н. Современные проностические модели, основанных на полных уравнениях. Л: Изд. ПЛИ 1993. (ЛГМИ

Mazmuny