

TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRIGI
MAGTYMGULY ADYNDAKY TÜRKMEN DÖWLET
UNIWERSITETI

AEROLOGIÝA

S.M.Hümmedow, N.G.Nurberdiýew, S.S.Hummedowa

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy
Türkmenistanyň Bilim Ministrligi tarapyndan hödürlendi

Aşgabat-2010

S.M. Hümmedow, N.G.Nurberdiýew, S.S. Hümmedowa
AEROLOGIÝA

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy – A :
Türkmen döwlet neşirýat gullygy, 2010. 132 sah.

Giriş .

Aerologiya dersiniň öwrenýän predmeti bolup, erkin atmosferada bolup geçýän fiziki hadysalar we prosesler hem-de olary öwrenmegiň usullary bolup durýar. Erkin atmosfera diýip, sürtülme gatlagynyň täsiri ýetmeýän, ýokardaky bütün atmosfera aýdylýar.

Ýerüsti howanyň hereketi, hemişe sürtülme güýjiniň täsiri astynda bolýar. Ol howanyň бүдүр-сүдүр üstde hereket etmeginde döreýär. Sürtülme gatlak 1-1,5 km diýip hasap edilýär. Şeýlelikde aerologianyň öwrenýän predmeti bolup, atmosferanyň bütün galyňlygy bolup durýar. Atmosferanyň umumy galyňlygy 1000 km diýip hasap edilýär.

Aerologiya ylmy uçýan apparatlaryň, radioaragatnaşyklarynyň, täze uçýan tehnikanyň döremekligi bilen döredi. Aerologianyň esasy meselesi- erkin atmosferany öwrenmegiň usullaryny döretmek, täze ýokary takykly tehniki enjamlaryň kömegi bilen esasy parametrleri (temperatura, basyş, çyglylyk) ölçemek we olary öwrenmeklik, häzirki wagtda zerur bolup durýar. Aerologiki zondirlemek- ýokary galýan aerologiki apparatlaryň kömegi bilen atmosferanyň dürli parametrlerini ölçemeklige aýdylýar. Ilki bilen ol ýeliň tizligini we ugruny, temperaturany, howanyň çyglylygyny we atmosferanyň beýleki ululyklaryny ölçemek işleri geçirilýär. Goşmaça ululyklary ýagny- bulutlaryň gurluşyny, radiasiýany, ozony, atmosfera toguny we ş.m- leri ölçemeklige ýörite zondirleme diýilýär. Bu dürli aerologiki zondirlemeler aerologiya predmetini düzýärler.

Ösüş taryhy- aerologianyň häzirki zaman usullary esasan 20-nji asyrdan döredi. Eýýäm 18- nji asyrdan atmosferany öwrenmek ýer üstki ölçegler bilen çäklenmedi. Ilkinji aerologiki ölçeg fransuz Perýe tarapyndan 1647-

ýylda, simap barometriň kömegi bilen basyş ölçendi. Pýui-De-Dom daga galmak bilen, basyşyň beýiklige görä azalýandygyny kesgitledi. Soňrak 18- nji asyryň 2-nji ýarymynda bolsa şweýsar fizigi Sossor Alp daglaryna galanda birnäçe meteorologiki ölçegler geçirdi.

Erkin atmosferany öwrenmeklik, adamyň uçýan aşaratlarda geçirmegi bilen başlandy. 1731- ýylda Rozanda (Russiýa) gyzgyn howa bilen doldurlan şarda ilkinji uçuş amala aşyrdy. Ilkinji ylmy uçuşy Amerikan doktory Jefris bilen fransuz Blantor 1983- nji ýylda amala aşyrdy. Ilkinji yzygiderli uçuşlary bolsa iňlis alymy Uelş 1852- nji ýylda geçirdi. Ol ilkinji gezek termometrde wentilýator ullandy. Has takyk ölçegleri bolsa, Assman aspirasion psihometriň oýlanyp tapylmagy bilen 1887- nji ýylda geçirilip başlandy. Russiýada howa şarlary 1868- nji ýyllarda uçurylyp başlandy. M.A. Rykaçow, M.M. Pomorsew we başgalar howa şarlarynda ölçeg geçirdiler. 1940- nji ýyllardan başlap, dürli barlaglar üçin erkin aerostatlar ullanylyp başlandy. Erkin aerostatlar 5 km-e kähalatarda 10-11 km beýikliklere uçurylýar. Aerostat- bu stratosfera belentligine galmaga mümkinçiligi bolan abzal, başgaça oňa Stratostat hem diýilýär. Stratostatyň gabygy 1/10 göwrümine çenli gaz bilen doldurylýar. Ýokary galmagy bilen, gaz giňelýär we ol şar görünüşe eýe bolýar. Şar-pilot- bu gaz (wodorod, geliý) bilen doldurylan we erkin atmosfera göýberilýän uly bolmadyk şardyr.

Aerologiýa predmetini umumy meteorologiýany, atmosferanyň fizikasyny tebigy we beýleki anyk bilimler hem-de ylmlar bilen özara baglanyşyksyz göz önüne getirmek bolmaz. Geofizika, himiýa, matematika, fizika, astronomiýa, geografiýa onuň aýrylmaz bölekleri bolup durýar, şol sebäpli umumy meteorologiýa dürli umumy pudaklary bölünendir: sinoptiki meteorologiýa, uçar meteorologiýasy, gidrometeorologiýa, dinamiki meteorologiýa, medisina

meteorologiýasy, oba hojalyk meteorologiýasy we başgalar. Umumy meteorologiýa hakykatda atmosferanyň meteorologiýasy bolup, ýokarda görkezilen tebigy ylymlaryň gazanan ýetirmeklerinden, kanunalaýyklaryndan ugur alýar we



pajarlap ösýär.

1-nji surat. Ilkinj radiozondyň mehaniki bölüminiň konstruksiýasy.

Halkara aragatnaşygyny giňeltmek we milli howa gullugynyň netijeligini ýokarlandyrmak maksady bilen

Bütündünýä meteorologik guramasynyň Başynjy meteorologiki Kongresi 1967-nji ýylda meteorologik maglumatlary planetar masşabynda ýygnamagyň we ýaýratmagyň hem-de ony howany çaklamakda ulanmaklygyň kämilleşen ulgamyny döretmegiň meýilnamasyny tassyklady.

Häzirki günde ýurdumyza Türkmenistan Kabinetiniň Türkmenistanyň milli gidrometeorologiýa komiteti howa maglumatlary bilen üpjün edýär. Garaşsyz, Bitarap Türkmenistan 1996-njy ýyldan bäri Bütündünýä meteorologiýa guramasynyň agzasydyr.

§1. Aerologiki maglumatlar ulgamy.

Ýer üsti dürli döwletler tarapyndan bölünen, ýagny araçäkleşýär. Atmosferada bolup geçýän hadysalara düşünmek (ýeriň ol ýa-da başga ýerinde), onuň haýsyda bir raýonynyň maglumatlaryny öwrenmek, howa akymynyň nireden gelendigini bilmek zerur bolýar. Ýagny atmosferanyň umumy aýlawuny bilmek, ähli ýurtlaryň meteorologiki we aerologiki maglumatlaryň toplumy gerek bolýar. Bu babatda uly orny 1896-njy ýylda döredilen halkara Aeronawtika komissiýa eýeleýär. 1945-nji ýyldan soň Halkara aerologiki komissiýa we şol ýylda Halkara meteorologiki gurama döredildi.

Onuň düzüminde aerologiýa barada komissiýa bar. Halkara polýar ýyllarynda 1882- 83 we 1932-33-nji ýyllarda uly aerologiki gözegçilik işleri geçirildi. 1957-1958-nji ýyllarda bütündünýä aerologiýa işler geçirilýär, 1959-njy ýylda bolsa, halkara geofiziki özara gatnaşyk ýola goýulýar. Bu meýilnamalara 50-den gowrak ýurt gatnaşdy.

Halkara atlantiki-tropiki eksperiment (iýun-sentýabr 1974), tropiki zonada atmosfera we okeanyň arasyndaky täsiri öwrenmek işleri geçirdi. Polýar eksperiment (1971) we Antraktiki gözegçilik hem geçirildi. Hindi okeanda halkara

musson eksperimenti 1979-njy ýylda geçirildi. 1977-nji ýylyň Maý-Awgust aýlarynda Hindi okeanyň merkezi böleginde we Arap deňzinde Musson-77 atly halkara aksperiment geçirilýär. Bu meýilnama dünýäniň ähli ýurtlary diýen ýaly gatnaşdy.

Bütündünýä howa gullugy özünde- meteorologiki, aerologiki beketleri, şonuň ýalyda özünde ylmy-barlag gämileri jemleýär. Bu beketlerden alynýan maglumatlar, geçirilýän gözegçilikler we ylmy tejribeler geçirilýän wagtynda çalt işläp taýýarlamagy talap edýär.

Bu maglumatlaryň merkezleri köp ýurtlarda ýagny SNG, ABŞ, bulardan başgada Moskwa şäheriniň Halkara ylmy barlag institutynda ýerleşendir.

Ylmyň we tehnikanyň ösmegi täze uly möçberli (global) meseleleri ýüze çykarýar. Bu meseleleriň çözülmegi, ösüşiň geljekde öňe gidişligi mümkin däl. Bu meseleleriň birini-de Daşky gurşawy öwrenmekdir. Ol atmosferada bolup geçýän, okean ýer üsti örtüge täsir edýän faktorlaryň mehanizmlerine düşünmegi talap edýär.

Kilimaty we onuň üýtgemegini öwrenmek, hasratlaryň hareketine aktiw täsir etmek şorm we beýleki meteorologiki tebigy betbagtçylyklaryň täsirini azaltmak barada usullary işläp taýýarlamak işlerini geçirmek zerurdyr.

Köp döwletleriň meteorologiýasy uly möçberli atmosfera hadysalary öwrenmek mümkinçiligi bolýar. Şoňa görä-de meýilnamalary işläp taýýarlamak zerur. Meýilnamada troposferada we stratosferada bolup geçýän fiziki prosesler öwrenilýär.

- a) Uly möçberli üýtgemelerde duýulýan atmosfera hadysalarynyň üýtgemegini öwrenmek. Bu ýagdaý çaklamanyň 1- günden 1- hepdä çenli takyklygyny artdyrýar.

b) Atmosferanyň umumy aýlawynyň statistiki gurluşyny kesgitleýän ýagdaýlara düşünmek. Bu klimatyň fiziki başlangyjyna düşünmegi ýokarlandyrar.

§2. Atmosferanyň gurluşy we dikleýin häsiýetnamalary.

Aerologiyada gözegçilikleri geçirmek we öwrenmek, ýokary gatlaklarda fiziki ululyklara düşünmäge mümkinçilik berdi. Atmosferanyň esasy gurluşlarynyň biri onuň wertikal we gorizonta ugur boýunça uly derejede birmeňzeş däldigidir. Temperatura şertleri, howa akymalarynyň hereketi, onuň düzüminiň birmeňzeş däldigi bilen tapawutlanýar. Atmosferanyň dürli gatlaklarynda meteorologiki we optiki häsiýetler birmeňzeş däldir. Takmynan 100 km beýiklige çenli atmosfera düzümi boýunça we howanyň malekulýar agramy deň. Ýer üstine golaý atmosfera howasynyň düzümi:

Azot – 78,08 %

Kislorod - 20,95 %

Argon – 0,93 %

Kömürturşy gazy – 0,03 %

we beýleki kiçi mukdardaky (neon, krinton, ksenon) gazlardyr. Bulardan başgada atmosferada uly bolmadyk mukdarda suw buglary, ozon hem-de aerol tozanjyklary bar. Ozonyň we suw buglarynyň mukdary durnuksyzdyr.

Ozon we suw buglary kömürturşy gaz we kislorod bilen birlikde atmosferanyň ýylylyk düzgünine ýardam berýär. Esasan hem ýokary belentliklerde suw buglarynyň bolmagy, bulutlylygyň döremegine we ygallaryň ýagmagyna getirýär. 100 km ýokarda gazlaryň malekulalarynyň dissosiasiýasy bolup geçýär we howanyň malekulýar agramy azalýar. Has ýokarda 1000 km- de ýeňil gazyň (He, H) mukdary köpeliýär. Atmosferany şu häsiýetlere görä

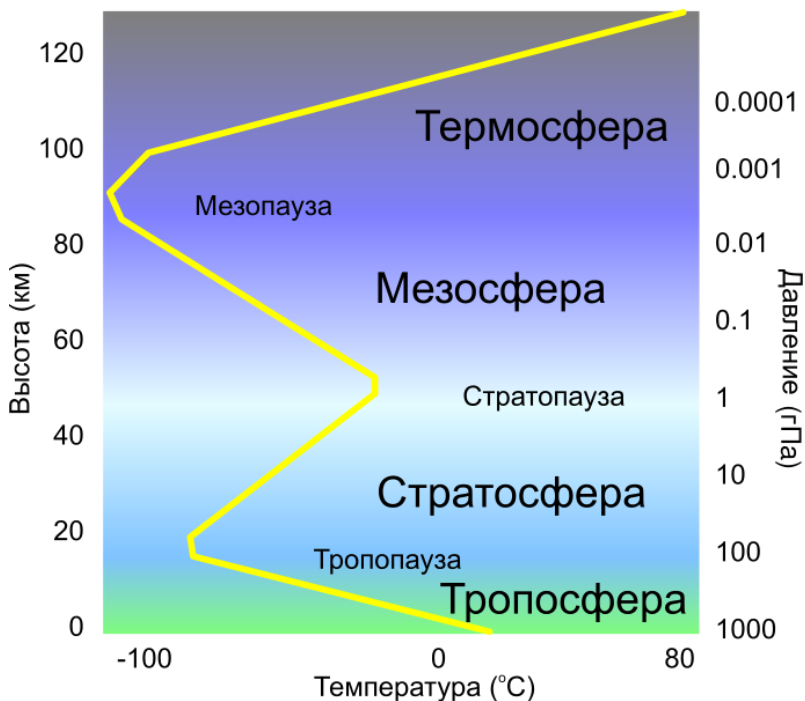
5(baş) gatlag a bölýärler: Ýylylyk ýagdaýy, dinamika, elektrik häsiýetleri, esasy ýa-da üýtgeýän ululyklar.



2-nji surat. Planetanyň kosmosdan görnüsi

Şeýle bölünmegiň esasy häsiýeti- onuň termiki ýagdaýy bolup durýar. Atmosferanyň iň aşakdaky gatlagy- **Troposfera** bolup, onda beýiklige galmak bilen, her 100 m-de howanyň temperaturasy $0,6^{\circ}\text{--}1^{\circ}\text{C}$ pese düşýär. Bu gatlagda atmosferanyň umumy agramynyň 95%-i ýerleşýär. Bulardan başgada, bulutlaryň ýygnaýp, ýagyn ýagdyrýan meýdany, Troposferanyň ýokarky çäginde.

Stratosfera we mezosferada howanyň 20% mukdary saklanýar. Bu gatlagyň araçägi 15-50 km beýikligi. Munda ozonyň esasy ýagny köp mukdary ýerleşendir. Maksimal konsentrasiýasy 25-28 km.



3-nji surat. Atmosferanyň gurluşynyň suraty.

Stratosfera gatlagynyň 22-30 km beýikliginde ýuka, ýagny ýelek şekilli bulutlar ýerleşendir.

Mezosfera gatlagy atmosferanyň 3- nji gatlagy bolup, munda howanyň temperaturasy beýiklige görä çalt peselýär. Bu gatlagyň ýokary çäginde temperatura -80-90-С – a ýetýär. Mezosferada fotohimiki proses esasy ähmiýeti eýeleýär. Bu ýerde himiki aktiw atomlary we molekulalary bolup, ol günün gysga tolkunly radiasiýasynyň täsirinde oýandyrylan ýagdaýda bolýar. Mezosferanyň aýratynlyklarynyň biri ol ýerdäki kümüş reňkli bulutlaryň döremegidir. Olaryň buzly bölejiklerden durmagy hem gaty ähtimaldyr.

Termosfera gatlagy mezosferadan ýokarda ýerleşip, onuň çäginde temperatura beýiklige görä artýar. Temperaturanyň

ýokarlanmagynyň derejesi, günün gysga tolkunly radiasiýasynyň intensiwliginiň siňdirilmegi bilen düşündirilýär. Mezopauzadan ýokarda, ähli ultramelöwşe şöhleler 1750A tolkun uzynlykly siňdirilýär. Atmosferanyň gatlaklara bölünmeginiň temperaturadan başga fiziki häsiýete görä hem bölünýär. Bular:

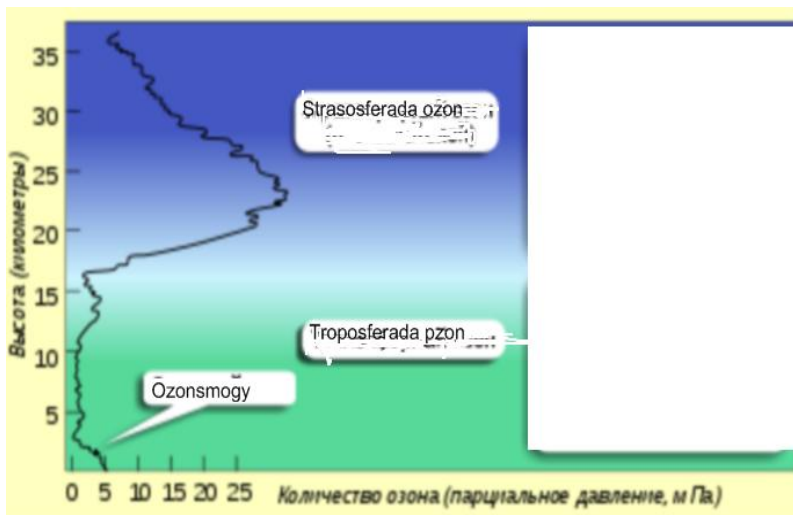
Ozonosfera (10-50 km),

Ionosfera (termosferada). Ionosfera 80km- dan ýokarda, Troposfera gatlakda köp mukdarda ionyň bolmagy bilen baglydyr.

Ekzosfera iň ýokarky, ýagny kosmos giňişligi bilen çäkleşýän gatlakdyr. Onuň aşaky çägi 800-km- dir. Bu gatlag kăwagtlar pytrama sferasy hem diýilýär.

§3. Atmosferada azon

Atmosferada ozonyň mukdary az hem bolsa, Stratosferanyň we Mezosferanyň temperatura düzgüni üçin uly orun tutýar. Ozon sebäpli 30-60 km- de howa ýyly bolýar. Atmosferanyň ozony, 2% Gün şöhlemenmesini siňdirýär. Ol tolkun uzynlygy 2900A –dan kiçi ultramelöwşe şöhlelerini göýbermeýär. Şeýlelikde, kăbir mukdarda 2900A tőwerekdăki tolkun uzynlykdan radiasiýany siňdirýär. Hasaplamalara görä, Ozon bolmadyk bolsa, onda howanyň temperaturasy 1,4-C bolardy. Başga tarapdan 9,6 mk tolkun uzynlykly infragyzyň şöhläniň siňdirilmegi, Ýeriň şöhlemenmesiniň maksimumyna ýakyn, 20%-e ýetýär.



4-nji surat. Ozonyň mukdarynyň beýilik boýunça üýtgeýşi.

Ozonyň umumy mukdary (surat-3). Haçanda ähli ozony bir gatlagda jemläp bolýan bolan bolsa (normal temperaturada- 1000mb, 0°-C-da), onda onuň umumy mukdary 2-3mm töweregi bolardy. A.H. Hrgianyň maglumatlaryna görä, ozonyň orta mukdary demirgazyk ýarymşarda $1,651 \cdot 10^T$, günorta ýarymşarda $1,705 \cdot 10^T$. Ozonyň mukdary beýleki geografiki giňişliklerdäki nokatlarda uly möçberde üýtgemegi mümkindir. Görnüşi ýaly günorta we demirgazyk ýarymşaryň ýokary giňişliginde maksimum ýaz (demirgazykda- Aprel, günortada- Oktýabr), minimumy bolsa tomsuň soňunda ýa-da güýzde bolýar. Suratda görnüşi ýaly, ozonyň minimumy ekwatora gabat gelýär. Ozonyň mukdarynyň minimumy hemişelik däl. A.H. Hrgianyň maglumatlaryna görä, ýyl dowamynda meridianyň ugry boýunça üýtgeýär. Sebäbi meridianyň gradiýenti ýazdan güýze kem-kemden azalýar. Ýöne tomusda bu üýtgeме gyşarar. Ozonuň gije-gündizde ütgemeги barada gözegçilik edilýär. Emma onuň ütgemeги uly däl. Ozonyň minimumy-

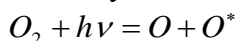
ertirine(irden), maksimumy sagat 14:00-16:00-a gabat gelýär we howa şertlerine baglylykda üýtgeýär.

Ozonyň dikleýin (wertikal) ugur boýunça paýlanyşy – dürli usullar bilen öwrelinýär. Esasan ozonyň (3100-3300A) siňdirilýän meýdanynda surata alyş usuly peýdalanylýar. Trposfereda ozonyň mukdary örän azdyr, takmynan 8-9% (atmosferanyň umumy mukdaryndan). Beýiklige görä onuň mukdary köpeliýär. Ozonyň has köp mukdary 20-25 km beýiklikde bolýar. 60-70 km beýiklikde onuň mukdary seýrekleşýär.

Ozonyň mukdarynyň wertikal profilinde pasyllaýyn üýtgemegi bolup geçýär. Ozonyň maksimal konsentrasiasynyň beýikligi orta we ýokary giňişliklerde ýazdan-güýze köpeliýär.

Ozonyň ekwatorial meýdanynda ozonyň dikleýin paýlanylyşy özboluşly häsiýete eýedir. Ozonyň mukdary 23-25 km aralykda kän üýtgemeýär. Ozonyň maksimumy 27-29 km ($\sim 0,020-0,025$) beýiklikde ýerleşendir.

Fotohimiki teoriýa. Ozonyň emele gelmegi. Ozon esasan fotohimiki reaksiýanyň önümidir. Ozonyň döremegi üçin atomar kislorod gerek bolýar. Uly ýagny ýokary beýiklikde fotohimiki proses kislorodyň molekulasyňy dissosiasiya getirýär. S. Çepmanyň teoriýasyna görä kislorodyň dissosiasiasy aşakdaky reaksiýa boýunça geçýär:



Bu ýerde **h** – plankyň hemişeligi $6,623 \cdot 10 \text{ erg.sek}$

γ - yrgyldynyň ýygylgy,

O* - oýandyrylan, işjeň kislorodyň atomy.

hasaplamalara görä O- dissosiasiasy üçin $5,09 \text{ ew}$, ýa-da $5,09 \cdot 1,59 \cdot 10 = 8,931 \cdot 10 \text{ erg}$ energiýa gerek. Bu energiýa K, foton, kislorod malekulasy bilen dissosiasiya döretmek üçin:

$$K = h\nu = 6,23 \cdot 10^{-27} \nu = 8,0931 \cdot 10^{-12} \text{ erg}$$

ýgylyk $\nu = 8,0931 \cdot 10^{-12} / 6,23 \cdot 10^{-27} = 1,222 \cdot 10^{15}$ gers
tolkun uzynlygy

Bu ýerden kilarodyň malekulasynyň dissosiasıasy onuň tolkun uzynlygy $\lambda \leq 2455\text{\AA}$ deň bolan güniň radiasiyasyny siňdirmegi netijesinde bolýar. O atomar molekulasynyň bolmagy ozonyň netijesinde molekulasynyň emele gelmegine getirýär.



Bu ýerde M – üçünji bölejik, artykmaç energiýany we hereket mukdaryny siňdirýän haýsy-da bolsa bir gazynyň molekulasyny. Bu üç çaknyşmagyň reaksiýasynyň intensiwligi basyşyň kwadratyna proporsionaldyr. Çekmanyň çak etmegine görä üç çaknyşma uly ähmiýeti eýeleýär. Has az basyşda bu prosesi ähtimallyk az bolýar. Bu mehanizmyň başgada ozonyň oýandyrlan işjeň molekulasyny Mezosferada, Stratosferada alynmadyk O bilen çaknaşyk döräp biler.



Ozonyň malekulasyny, kislorodyň malekulasyna garanyňda az durnuklydyr.

Şeýlelikde, ozonyň malekulasynyň emele gelmegi bilen birlikde gün radiasiýasynyň täsiri bilen dargaýar.



Şeýle kislorodyň atomy bilen çaknyşýar:



Şeýlelikde ozonyň malekulasyny, gün radiasiýanyň 2300-3100Å aralykdaky tolkun uzynlygynda dargaýar. Suw buglarynyň bolmagy bilen, bu reaksiýa artýar. Ozonyň malekulasynyň fotodissosiasıasy, suw buglarynyň konsentrasiýasyna baglylykda proporsional artýar.

§4. Erkin atmosferanyň gaz düzümi

Erkin atmosferadaky kömürturşy gazy (CO_2).

Kömürturşy gazy organiki birleşmelriň turşylyk önümi bolup, olaryň gnienasyndan we ýanmagyndan (şol sanda ýangyçlar hem ýananda), haýwanlaryň dem almagyndan bölünip çykýar. CO_2 - mukdary köplenç halatda hemişelik ýagdaýda bolýar, ýöne howanyň ýer galtaşýan gatlagynda ýerli şertleriň aýratynlygyna hem bagly bolýar. Senagatly sebitlerde kömürturşy gazynyň mukdary 0,05 % ýokarlanylýar biler, şäherden uzakda 0,03 % köp bolmaýar. Polýar guşaklykda bu görkeziji has-da azdyr, meselem, Antarktikada bary-ýogy 0,0205 %. Bu gaz atmosfera howasynyň beýkeki gazlary bilen reaksiýa geçirmeýär.

Atmosferanyň turbulentlylygi (aýlawly, tertipsiz hereketli, bu barada soňky bölümlerimizde aýdarys) zerarly CO_2 mukdary beýiklik boýunça az üýtgeýär. W.A.Putohiniň maglumaty boýunça onuň mukdary 25 km beýiklige çenli üýtgemeyär we ol 0,031 % mukdarda saklanýar. Ýöne bu gazyň mukdary has ýokary beýiklerde azalmagy mümkin. Bu gazyň saklanýan araçağı 70-100 km beýiklikden geçmeýär.

Erkin atmosferadaky kislorod (O_2). Mälim bolşy ýaly howanyň ýer üstüne galtaşýan gatlagynda kislorodyň mukdary 20,95 % deň. 1949-52 ý. W.A.Putohiniň ýolbaşçylygynda Merkezi aerologik obserwatoriýa tarapyndan dürli beýiklerde howanyň düzümini öwrenmek maksady bilen awtomatiki stratostatlar arkaly köp sanly gözegçilikler geçirildi. Şeýlelikde, Putohiniň maglumatlary boýunça kislorodyň mukdary ýylyň döwrüne bagly bolmaýar we 19-20 km beýiklige çenli ol hemişelik ýagdaýynda galýar. Ondan ýokarda bolsa

birneme azalýandygy hasaba alyndy, ýöne bu peseliş prosentiniň ýüzden bir böleginden geçmeýär.

1951-56 ý W.A.Mirtowýň raketalar arkaly howanyň düzümine gözegçilikler geçirmegi netijesinde kislorodyň mukdary 9-10 km beýiklige çenli 20-21 % çemesinde bolýandygy anyklanyldy (tab.). atmosferada 90-100 km beýiklige çenli kislorod esasan molekulýar ýagdaýda saklanýar. Atomar kislorodyň otnositel mukdary stratosferanyň we mezosferanyň ýokary araçäginde örän az. Kislorodyň molekulalarynyň dissosiasiasy (bölünmesi) üçin örän köp energiýa gerek (5,09 ew), bu bolsa howanyň molekulalarynyň ýylylyk hereketiniň kinetiki energiýasyndan ýüzlerçe esse köpdür. Şonuň üçin dissosiasyň sebäbi Günuň ultramelewşe şöhleleriniň atmosfera edýän täsirinde bolup biler.

40-90 km beýiklikde kislorodyň molekulýar we atomar mukdaryny aşakdaky tablisadan görmek bolýar. ABŞ-da raketalar arkaly 105-den 130 km beýiklige çenli kislorodyň dikleýin paýlanyşyna gözegçilik geçirildi (surata seret.). kislorodyň dikleýin paýlanyşynyň egri çyzygy boýunça molekulýar kislorodyň bölünmesi aşakdaky formula boýunça hasaplanylýar: $1 - p(O_2) / 0,23 p$; bu ýerde $p(O_2)$ - molekulýar kislorodyň ölçenilen dykyzlygy; p - gurşap alýan howanyň çaklanýan dykyzlygy.

Şeýlelikde 125 km beýiklikde kislorod bölünen ýagdaýdadyr. Ondan ýokardaky kisloroda gözegçilik geçirmek geofiziki raketalaryň we Ýeriň emeli hemralaryň kömegi arkaly öwrenilýär.

Atmosferdaky azot (N_2). Raketalar arkaly geçirilen gözegçilikler azodyň umumy mukdarynyň 95-100 km beýiklige çenli takmynan üýtgemeýändigini görkezdi. Bu bolsa howanyň düzüminiň esasy

komponentiniň 95-100 km beýiklige çenli hemişelik saklanýandygyny görkezýär. Şol sebäpli dürli hasaplamalarda atmosferanyň bu gatlagy üçin howanyň ortaça molekulýar agramyny ýer üstüne galtaşýan howanyňky ýaly 28,966 bahada peýdalanmak bolar.

Mass-spektrometriň görkezişi yaly 200 km beýiklige çenli azot molekulýar halda saklanýar. Şeýle hem Ýeriň emeli hemralarynda oturdylan mass-spektrometr ölçegeleri netijesinde 225 km - den 1000 km çenli beýiklikde azodyň molekulýar ionynyň bardygy anyklanyldy. Atomar azodyň mukdary 200 km beýiklikde 1-2 %-den 700 km beýiklikde 6-8 % çenli köpeliýär. Molekulýar kislorodyň ionlary barada aýtsak, onda bu ionlaryň atomar kislorodyň ionlarynyň mukdaryna bolan gatnaşygy 250 km beýiklikde 2 % çemesinde we diňe 500 km beýiklikde 0,1 % boldy. 500 km-den ýokarda bolsa olara düşülmedi. Şeýlelikde, 500 km -den ýokarda 0,1 % çenli takyklyk bilen atmosfera arassa atomar kislороa-azot düzümine eýedir.

200-500 km beýiklikde azot ikisiniň ionlarynyň tapylmagy uly ähmiyete eýedir. Olaryň mukdarynyň atomar kislorodyň mukdaryna bolan gatnaşygy 200-230 km beýiklikde 30 % ýetýär. Beýiklik ol peseliýär, esasan-da 230 km -den 270 km çenli çürt-kesik azalýar (5-7% çenli) we 400-500 km beýiklikde bu görkeziji 0,1%-e deň bolýar.

Azot we kislorod gazlarynyň mukdary atmosferanyň ýokary belentliklerinde üýtgeýär. Olar molekulýar ýagdaýdan atomar görnüşe geçýärler. Onuň üýtgeýiş ýagdaýyny meteoraketalaryň maglumatlaryndan görmek bolar (tabl.1).

Azot, kislorod we argon gazlarynyň ýokary
belentliklerdäki
ýagdaýy (%) x/b-n/.

Beýiklik k/m	N ₂	O ₂	Az	Beýikli k k/m	N ₂	O ₂	Az
65	80	19	0,91	82-85	74	24,5	0,77
75-80	78	21	0,93	85	78	21,0	0,86
80	78	21,5	–	95	77	21,5	0,76

Ýer atmosferasyndan gazlaryň dissipasiýasy (çykyp gitmegi). Tertipsiz hereketli howanyň molekulalarynyň ortaça tizligi temperatura bagly bolýar. Temperaturanyň ýokarlanmagy bilen olaryň tizligi artýar. Şeýle tertipsiz (haotiki) hereket zerarly molekulalaryň ýa-da atomlaryň käbiri örän ýokary tizlige eýe bolýar hem-de olaryň atmosferanyň ýokarky gatlagyndan çykyp planetara giňişlige aralaşmagy mümkindir.

§5. Atmosferada suw buglary

Çygly howa - gury howanyň we suw buglarynyň mehaniki garyndysyndan durýar. Suw buglarynyň kritiki temperaturasy örän ýokarydyr ($T_k = 374^\circ$). Real atmosfera şertlerinde suw buglary suwuk we gaty hala geçip bilerler (kondensasiýa we sublimasiýa). Atmosfera howasynda bolýan temperatura suw buglarynyň kritiki temperaturasyndan kiçidir ($T < T_k$). Bu ýagdaý $T < T_k$ suw buglarynyň suwuk we gaty halyna geçmek üçin ýeterlik däl. Suw buglarynyň kondensasiýasynyň başlangyjy üçin potensial basyş (e) doýgunlaşma basyşyna (E) ýetmelidir.

Kritiki temperaturada maddanyň suwuk haly bilen bug halynyň fiziki häsiýetleriniň tapawudy ýitýär, şunda suwuklyk bilen bug deňagramlylykda bolýar. Kritiki temperaturada bug emele gelmeginiň ýylylygy nula deňdir. Kritiki temperaturada

doýgun bugyň dykzlygy suwuklygyň dykzlygyna deň bolýar. Kritiki temperatura her jisim üçin aýratynlykda hemişelik temperatura hasap edilýär we T_k bilen belgilenýär.

Şu sebäplere görä, suw buglarynyň ýagdaýynyň deňlemesini aşakdaky ýaly ýazmak bolar:

$$e \cdot V_n = R_n \cdot T$$

Bu ýerde e – suw buglarynyň maýyşgaklygy ýa-da potensial basyş, V_n – udel göwrümi, R_n – suw buglarynyň udel gaz hemişeligi.

$$R_n = R / \mu_n = 8,314 \cdot 10^7 / 18,02 = 4,61 \cdot 10^6 \text{ sm}^2/\text{sek}^2 \text{ grad.} = 461 \text{ m}^2/\text{sek}^2 \text{ grad}$$

μ_n – suw buglarynyň molekulýar agramy.

Ölçenen ululyklar esasynda t -ni, E -ni, R_n we V_n arabaglanşygyny aşakdaky sanlardan görmek bolar:

$T_\$$	0	10	20	30	40	100
E_{mb}	6,11	12,27	23,37	42,4	73,75	1013,22
$V_n \text{ sm}^3/2$	206300	106400	57840	32930	19550	1673
R_n (tej)	461,3	461,1	461,0	460,6	460,3	451,3

Bu sanlardan görnüşi ýaly 0-dan 40ş-a çenli aralykda suw buglarynyň udel gaz hemişeligi R_n ($461 \text{ m}^2/\text{sek}^2 \text{ grad.}$) tejribe (eksperemental) ölçenen ululyklara dogry gelýär.

Indi çygly howa ýagdaýynyň deňlemesine seredeliپ geçeliň. Onuň üçin howada 1 gram çygy alalyň. Howadaky udel çyglygy s diýip bellesek, onda $(1-s)$ gram gury howany alarys.

Ahyrky netijede çygly howa ýagdaýynyň deňlemesi aşakdaky ýaly ýazylar.

$$PV = R_c T (1 + 0,608s)$$

Gaz hemişeligi. – 1 mol ideal gaz halynyň deňlemesine ($PV = RT$) girýän (R^*) uniwersal fiziki hemişelik. Bu ýerde P -basyş, V – udel göwrüm, T – absolýut temperatura. Gaz hemişeliginiň fiziki manysy, gaz 1° izobarik gyzdýrlanda onuň

edýän işidir. Gaz hemişeliginiň bahasy ideal gaz halynyň $R=PV/T$ deňlemesinden kesgitlenilýär. Bu ýerde P, V, T gazlaryň adaty şertlerdäki parametrleri. 1956 – njy ýylda Turinde dünýä hemişelikleri boýunça halkara kongresinde gaz hemişeliginiň bahasy hökmünde $R^*=8,314 \cdot 10^7 \text{ erg/grad}\cdot\text{mol}$ kabul edildi. Başgaça $2,28 \cdot 10^6 \text{ sm}^2/\text{sek}^2 \text{ gradus}$.

Gury howa üçin gaz hemişeligi aşakdaky ýaly hasaplanýar:

$$R_c = R^* \sum_{i=1}^n m_i / \mu_i = 8,314 \cdot 10^7 [(m_1 / \mu_1)_{N_2} + (m_2 / \mu_2)_{O_2} + (m_3 / \mu_3)_{Ar} + (m_4 / \mu_4)_{CO_2}] = 8,314 \cdot 10^5 (75,52/28,016 + 23,15/32,00 + 1,28/39,944 + 0,05/44,00) = 2,28 \cdot 10^6 \text{ sm}^2/\text{sek}^2 \text{ grad}.$$

Bu ýerden gury howanyň molekulýar agramyny taparys.

$$\mu_0 = R^* / R_c = 8,314 \cdot 10^7 / 2,280 \cdot 10^6 = 28,966$$

Eger-de gaz ýagdaýynyň deňlemesinden $PV=RT$ udel göwrümi (V) howanyň dykzlygy (ρ) bilen çalşysak, onda deňlemeden aşakdaky görnüşi alarys.

Mälim bolşy ýaly erkin atmosferada suw buglarynyň mukdary üýtgäp durýar (0-4%). Onuň şeýle ýagdaýy diňe bir gury ýer üstündäki bugaryjylyga we howanyň dikleýin hereketine bagly bolman, eýsem howanyň temperatura baglylykda suw buglaryndan doýgunlylygyna hem baglydyr. Olaryň täsirinde atmosferada bulutlaryň emele gelmek hadysasy bolýar. Şolara laýyklykda suw buglarynyň beýiklik boýunça paýlanyşy hem tapawutlanýar.

Umuman ortaça alanyňda atmosferada suw buglary beýiklik boýunça azalýar. Suw buglarynyň paýlanyşy Gannýň empiriki formulasy boýunça hasaplanýlar: $e_z = e_0 \cdot 10^{-z/6,3}$; bu ýerde e_z we e_0 - z km beýiklikde we Ýer üstünde suw buglarynyň basyşy (doýgunlaşyşy). A. H.Hrgian udel çyglylygyň ortaça paýlanyşyny

hasaplamak üçin aşakdaky empiriki formulany hödürledi:
 $S_z = S_0 \cdot 10^{-Az - Bz^2}$; bu ýerde A we B aşakdaky tablisada görkezilen hemişelik ululyklar.

Hemişelik ululyklar	gyşyna	ýazyna	tomsuna	güýzün e	ýyl boýunça
A km ⁻¹	0,0483	0.0941	0,0947	0,0905	0,0845
Bkm ⁻²	0,0158	0,0163	0,0138	0,0124	0,0161

Troposferada absolýut çyglylygyň dikleýin paýlanyşyny I.A Hwostikowýň tablisasyndan görmek bolýar. Eger Ýer üstünde absolýut çyglylygyň ortaça ýyllyk bahasy 6,7 g /m³ bolsa, 10 km beýiklikde ol 0,03 g/m³ deň. Barlaglaryň görkezişi ýaly troposferadan stratosfera geçilende otnositel çyglylyk çürt-kesik peselýär. Troposferanyň ýokarky gatlagynda suw buglarynyň mukdarynyň azlygyna garamazdan olar tolkun uzynlygy 5,0-7,5 mk bolan radiasiýany özüne siňdirip troposferanyň temperatura düzgünine güýçli täsir edýär.

Stratosferadaky suw buglarynyň mukdary häzirlikçe doly öwrenilen däldir. Bar bolan maglumatlara görä stratosferada 30-40 km çenli çyglylyk az. Ýöne suw buglarynyň ýokarky gatlamlara hem aralaşýandygy 25-30 km beýiklikdäki dury ak bulutlar (perlamutryý) diýip atlandyrylýan bulutlar hem şaýatlyk edýär. Suw buglarynyň dürli atmosfera hadysalarynyň ösmegine edýän täsiri hem uludyr.

§6. Atmosferanyň şöhle düzgüni.

Radiasiýanyň işjeňligi (intensiwligi) – bu birlik jisim burçunyň içinde şöhläniň ugruna perpendikulýar bolan birlik meýdanynyň wagt birliginde geçýän şöhle energiýasynyň doly mukdarydyr. Şöhlenenmäniň intensiwligi tolkun uzynlygy λ we şöhlenenýän jisimiň T temperaturasy bilen şeýle baglanyşýar

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

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

Görkezilen aňlatma absolýut gara jisimiň şöhlenenmegine degişlidir. Doly ýa-da integral şöhle goýberşýän jisimiň ýa-da gurşagyň temperaturasy bilen şeýle baglanyşýar

- Stefan-Bolsmanyň hemişeligi $E = \int E_{\lambda} d\lambda = \frac{\sigma \cdot T^4}{\pi}$ bolan şöhlenenme akymy intensiwlik üstü 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 şöhlenenmede ýagny şöhlenenme intensiwligi şöhläniň ugruna bagly bolmadyk halýnda

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

Bu ýagdaýda Stefan-Bolsmanyň kanuny göz önünde tutup alarys:

$$F = \tau T^4 = B$$

2. Radiasiýa akymalarynyň işjeňliginiň hasaplanýş usullary. Bu ýerde aşak inýän, we ýokary gidýän gysga tolkunly radiasiýanyň işjeňligini aşakdaky aňlatmanyň üsti bilen görkezip bolar:

$$\frac{du}{dz} = \frac{k_z \cdot S}{C \cos \theta} (E_\lambda - V_\lambda);$$

tolkun uzynlygy λ , T temperatura

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

Bu ýede atmosfearnyň optiki işjeň düzüjileriň dykyzlygy ýagny şöhle energiýasyny şöhlendirýän siňdirýän maddalaryň dykyzlygy. K , -siňdimäniň massa kofiseni ö-şöhle bilen dikleýin ugryň arasyndaky burç

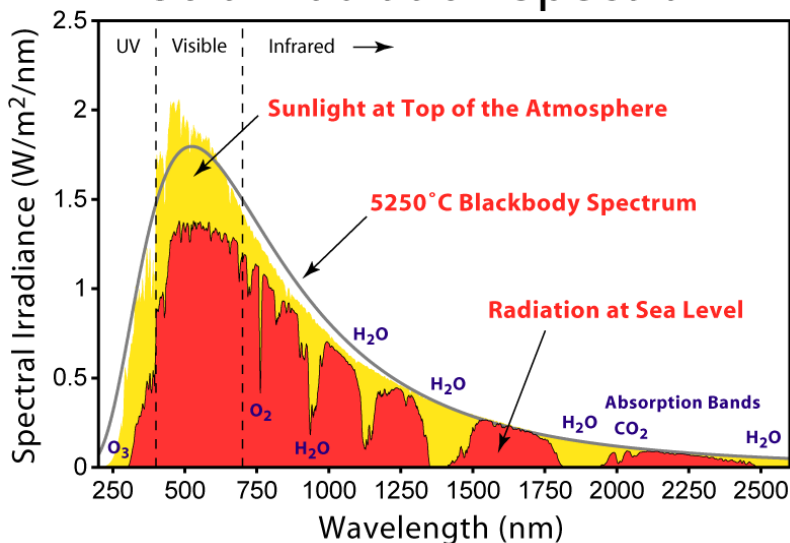
Gyra şertleri şeýle kabul edip bolar.

Gyra şertleri şeýle kabul edip bolar. $Z = \infty$ Bolanda $G_\lambda = 0$

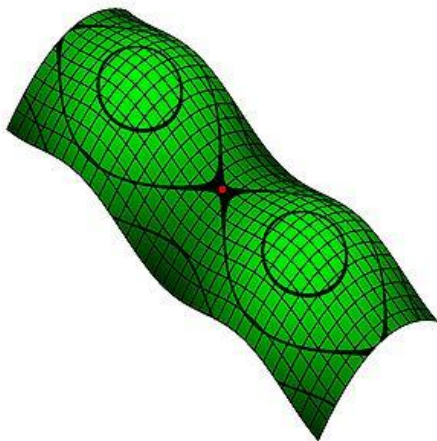
Bu ýerde atmosfearnyň ýokary serhedinde λ tolkun uzynlygyna düşýän gün şöhlelenmesiniň intensiwligi. Ýer – atmosfera ulgamynyň albedasasy λ ortaça absolyt ýalňyşlyk. Ýokardaky deňlemeler ulgamy jemlemekdäki kynçylyklar atmosferadaky optiki işjeň düzüjileriň çylşyrymly paýlanşy bilen baglanşyklydyr. Esasan hem her bir radiasiýa şöhlendirýän we siňdirýän madda üçin siňdirmе koeffisiýentiniň tolkun uzynlygyna çylşyrymly bagly bolmagyna getirýär. Siňdirmе 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 şöhlendiriji

maddalaryň birnäçesi bolup (suw buglary, kömürturşy gaz, azon, aerosol we ş.m.), olaryň her biri öz siňdirme spektrine eýedirler.

Solar Radiation Spectrum



5-nji surat. Dürli jisimler tarapyndan günüň spektriniň şöhlenemesiniň siňdirmegi



6-nji surat. Ýönekeý üstün suraty

3) Radiasiýanyň tolkun uzynlygy mikrometrlerde (MKM), nanometrlerde (NM) we angstremlerde (\AA) ölçenýär. Bir mikrometr 10^{-6} m deň. Jisimiň absolýut temperaturasy (T) we onuň tolkun uzynlygy (λ_m) bilen baglanyşyny Kirgofyň 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 $> 0,76$ mkm infragyzyň şöhleler tutýar. Ýer üstüniň we atmosferanyň spektri 4-120 mkm aralygynda ýerleşip, olar **uzyntolkunly şöhlelenmek** diýip atlandyrylýar.

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

Ýagtylyk reňkleri w olaryň tolkun uzynlyklary

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

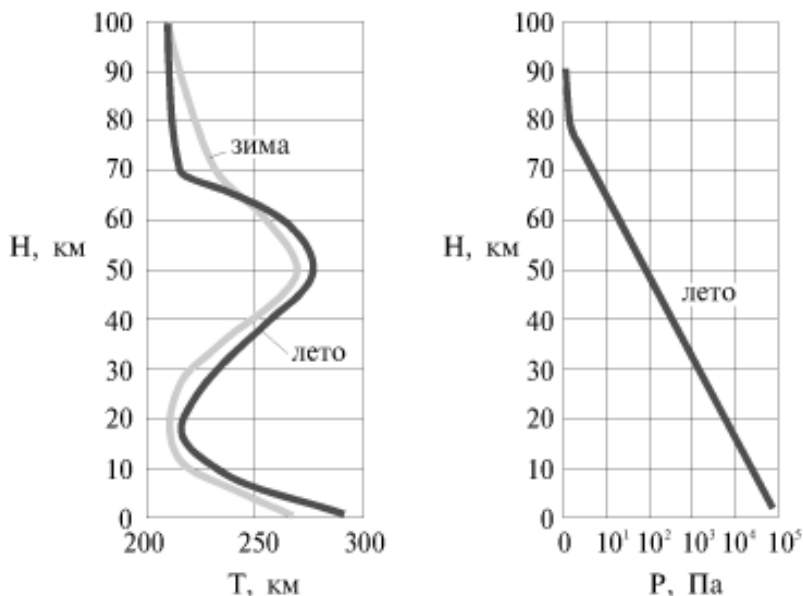
Gün radiasiýasynyň spektoryna atmosferanyň belentligi we onuň gözyetimden beýikligi täsir edýär. Gün şöhleleri 30° burç bilen düşende infragyzyň şöhleler 60 %, göze görünýän we

ultramelewşe şöhleler degişlilikde 40 we 1 % çemesinde bolýar.

Gün radiasiýasynyň işjeňligi (intensiwligi). Gün şöhlesine perpendikulýar bolan 1cm^2 üstüň wagt birliginde (minut) kabul edýän ýylylygyna onuň intensiwligi diýilýär. Intensiwlikden başga insolyasiýa hem tapawutlandyrylýar. Ol gün radiasiýasynyň düşüş burçuna baglylykda emele gelýän ýylylykdyr. $I = I_0 \cdot \sin h^0$; bu ýerde h^0 günüň gözyetimden beýikligi (grad), I_0 -radiasiýanyň intensiwligi, $\text{kal}/\text{sm}^2 \text{ min}$. Atmosferanyň ýokary araçäginde radiasiýanyň intensiwligi takmynan $2 \text{ kal}/\text{sm}^2$ ýa-da $1,35 \text{ kw}$ t bolup, ol gün mydamalygy deregine kabul edilýär.

§7. Erkin atmosferanyň ýylylyk düzgüni.

Erkin atmosferanyň ýylylyk režimi howa gatlaklarynyň şöhlelenmesiniň we turbulent ýylylyk çalşygynyň täsiri netijesinde, hem-de ýer üstüniň täsiri, ýylylygyň adwektiw hereketi, atmosferadaky suwuň ýylylygy bölüp çykaryşy ýa-da siňdirişine görä kesgitlenilýär. Häzirki radiozondirlemek arkaly geçirilýän gözegçilikleri troposferada we stratosferada 30-35 km beýiklige çenli t^0 -ň wertikal we gorizontal paýlanyşy barada maglumat ýygnamaga doly mümkinçilik berilýär. Ondan ýokary beýiklikleriň t^0 -sy barasynda esasan raketa zondirlemegi arkaly maglumat ýygnalýar.



7-nji surat. Temperaturanyň we basyşyň paýlanşy. Ol atmosferanyň agyrylyk güýjiniň meýdanynda dinamiki deňagramlyşmagynyň netijesidir.

Troposferanyň ýylylyk režiminiň häsiýetli aýratynlygy onda t^0 -ň beýiklik boýunça peselmegi bolup, ol t^0 -ň wertikal gradientini häsiýetlendirýär, ýagny,

$\gamma = - dT / dz$. Eger-de t^0 -a beýiklik boýunça peselýän bolsa, onda gradient položitel hasaplanýar. Ol adatça 100 m-den gradusda aňladylýar. Troposferada ortaça $0,65^{\circ}/100m$ deň. Ýöne Ýer üstünden ýokarlygyna beýiklige baglylykda, ýylyň we gije-gündiziň wagtyna, howa şertlerine baglylykda

şeyle ýagdaýda ep-esli derejede üýtgeýär. Troposferada t^0 -ň beýiklik boýunça üýtgemeýän gatlagy ýa-da t^0 -sy ýokarlanýan gatlaklar seýrek duşmaýar.

Troposferada ähli giňliklerden -beýiklik boýunça ýokarlanýar. γ - nyň bahasyesasan-da troposferanyň ýokarky gatlagynda köp bolýar - aşaky giňliklerde 6-14 km beýiklikde, orta giňlik-de 5-11km. beýiklikde, ýokary giňliklerde 5-8 km beýiklikde bolýar.

Troposferada ýylyň dowamynda üýtgeýşi aram giňliklerde atmosferanyň 0-2km gatlagynda $0,38-0,62^0/100m$ -den atmosferanyň 6-9 km gatlagynda $0,15-0,20^0/100m$ çenli peselýär we $0,25-0,44^0/100m$ çenli ýokarlanýar.

Araçäkleşýän gatlaklarda t^0 -ň ortaça gradienti, ýagny 1,5-2,0 km. Beýiklikde aşaky we esasan-da aram giňliklerde azdyr, ýöne olar köp üýtgeäp durýanlygy bilen tapawutlanýar.

Araçäk gatlaklarda položitel gradient gündizine $1^0/100m$ bolup biler, otrisatel gradient bolsa (ağşam we gyşyna) $5-10^0/100m$ ýetip biler. Bu gutlanda t^0 -ň inwersiýasy polýar oblastynda, esasan-da Arktikada ýylyň köp döwründe gabat gelýär. 1,5-2,0 km-den ýokarda gradient has-da durnuklu bolýar, sebäbi bu ýerde ýer üstüniň täsiri has-da az bolýar. Troposferanyň golaýynda gradient ortaça $0,7-0,8^0/100$ çenli ýokarlanýar.

Temperaturanyň inwersiýasy. Tropopauzada inwersiýa temperaturaly gatlaklar uly rol oýnaýar. Şeýle gatlaklar ýylylygyň, suw bugunyň we atmosferadaky dürli goşundylaryň hereketi bilen bagly bolan wertikal hereketleriň we turbulentliligiň döremegine päsgel berýärler, şonuň üçin hem ony saklaýjy gatlak diýip hem atlandyrylýar. Temperaturanyň inwersiýasy howanyň, Ýer üstüne galtaşýan gatlagynda hem, troposferanyň ähli beýikliklerde hem duşýar. Olaryň häsiýetleri üçin aşakdaky parametrler peýdalanýar:

1. Inwersiýanyň beýikligi (Z), ýagany onuň aşaky araçäginin beýikligi.

2. Inwersiýanyň kuwwaty (m), ýagny inwersiýa gatlagynyň galyňlygy.

3. Inwersiýanyň intensiwligi (i), ýagny onuň ýokarky we aşaky araçäginiň howasynyň t^0 -nyň aratapawudy.

Indi inwersiýa gatlaklarynyň birnäçe aýratynlyklaryna seredeliň. Atmosferada howanyň dykyzlygy beýiklik boýunça elmydama peselýär, ýöne inwersiýa gatlagynyň içinde dykyzlygyň peselmegi adaty gatlaklara has-da çürt-kesik bolup geçýär.

Şeýle hem inwersiýa gatlagynyň araçäginde ýeliň tizliginiň wektorynyň (tizligiň ugry boýunça aňladylmagy) üýtgeýşi çürt-kesik bolup geçýär. Şeýlelikde inwersiýa gatlagynyň araçäginde tolkunlaryň döremegi mümkin, tolkunyň uzynlygy t^0 -ň üýtgeýşine we ýellere bagly bolýar.

Inwersiýa gatlagynyň aşagy bilen inwersiýanyň ýokarky araçäginiň arasynda t^0 -ň wertikal gradienti bolup geçýär. Bu aýratynlyk inwersiýanyň aşagynda we ýokarsynda howanyň tertipsiz hereketiniň döremegine getirýär.

Temperaturanyň inwersiýasy köplenç howanyň ýer üstüne galtaşýan gatlagynda bolýar, ýokarlygyna bolsa onuň gaýtalanmasy, peselýär. Ondan başga-da olar tomsa garanda gyşyna köp duşýar we intensiwligi ýokary.

Inwersiýany onuň beýikligi we onuň emele gelmegine getirýän prosesleri bilen tapawutlandyrylýar. Beýikligi boýunça inwersiýa ýer üstüne galtaşýan we erkin atmosferanyň inwersiýasy görnüşlerine bölünýär.

Ýer üstüne galtaşýan inwersiýanyň emele gelşi köplenç radiasiýa ýa-da ýyly howanyň adweksiýasy bilen bagly bolýar.

Radiosion inwersiýa Ýer üstüne galtaşýan gatlakda onuň köp ýylylygy şöhlelendirýän wagtynda (gijesine, gyşyna...) emele gelýär, we güýçli sowayar, şonuň bilen birlikde oňa galtaşýan howa gatlagy hem sowayar.

Şeýle inwersiýalaryň kuwwaty adatça ýokary bolmaýar, ýöne käwagt ol 500-1000m. ýetip bilýär (esasan-da gyşyna),

intensiwligi bolsa birnäçe gradusa ýetýär. Agşamky inwersiýa Günüň dogmagy bilen baglylykda Ýer üstüniň gyzmagy we ýeliň güýçlenmegi sebäpli dargaýar. Has durnukly gysky inwersiýalar uzak wagt saklanýar (birnäçe gün) we ýeliň güýçlenmegi bilen baglylykda siklonyň golaýlaşmagy sebäpli dargaýar. Şeýle inwersiýalaryň kuwwaty örän ýokary bolýar. Mysal üçin, Gündogar Sibirde, Ýakutiýada gysky inwersiýanyň galyňlygy köplenç 1,5 km-den hem geçýär, olaryň intensiwligi bilsa $25-30^0$ we ondan hem ýokary bolýar.

Ýyly howanyň inwersiýasy onuň otnositel sowuk ýer üstüne (gyşyna sowuk materige) ýanaşmagy netijesinde döreýär, şol sebäpli howanyň aşaky gatlagy özüniň ýylylygynyň bir bölegini galtaşýan ýer üstüne berýär, ýokarky gatlagyň t^0 -sy bolsa az üýtgeýär. Bu prosesini netijesinde adweksiýa gatlagyndaky t^0 -ň gradienti otrisatel bolýar. Şeýle inwersiýalaryň kuwwaty we intensiwligi hereket edýän howanyň we oňa galtaşýan ýer üstüniň t^0 -larynyň arasyndaky garşylyk näçe ýokary bolsa, ol hem şonça ýokarydyr.

Erkin atmosferanyň inwersiýalary emele geliş şertleri boýunça - sürtülme, dinamiki, antisikloniki (çökmegi ýa-da gysylmagy) we frontal inwersiýalara bölünýär.

Sürtülme inwersiýasy gündizine Ýer üstünden birnäçe ýüz metr ýokarda döreýär. Gündizine araçäk gatlakda turbulent hereketiniň bolmagy netijesinde temperaturanyň gradienti adiabatiki ýagdaýa (ýylylyk berilmesiz howanyň ýagdaýynyň üýtgemegi) ýakynlaşýar.

Bu inwersiýalar uzak wagt saklanmaýar (bir-iki sagat), olaryň kuwwaty bolsa onlarça metre ýetýär, ýöne inwersiýasy köp bolup biler. Olar gündizine turbulentlyligiň dowam etmegi netijesinde dargaýar.

Dinamiki inwersiýalar ýokary tizlikli ýelli gatlakda, esasan-da daglaryň ýel öwürýän tarapynda döreýär. Güýçli tizlikli ýelli gatlagyň özüne ýanaşýan ýokarky we aşaky gatlağa

täsir etmegi bilen wertikal hereketler we turbulent süýşmeler bolup geçýär.

Şeýlelikde, t^0 -nyň wertikal gradienti ýeliň maksimum derejesiniň astynda adiabatik ýagdaýa ýakynlaşýar; şol derejäniň üstünde hem t^0 -ň inwersiýasy döreýär. Bu inwersiýanyň kuwwaty az bolýar.

- Atmosferada antisikloniki inwersiýa hem möhüm rol oýnaýar. Ol antisiklonda howanyň dinamiki çökmegi we gysylmagy bilen şertlenendir. Çökme (osedaniýa) inwersiýasy dürli beýikliklerde emele gelip bilýär, onuň kuwwaty birnäçe onlarça m-den ýüzlerçe metre ýetýär. Olaryň intensiwligi $4-5^0$ çenli bolýar.

- Frontal inwersiýalar çökmek inwersiýa garanda intensiwliginiň azlygy bilen tapawutlanýar. Onuň esasy aýratnylygy, onda howanyň çyglylygy beýiklik boýunça birneme ýakarlandyryýar. Diňe ýyly howasy aşak hereket edýän frontal (katafront), çökmek inwersiýasynyňky ýaly beýiklik boýunça otnositel çyglylygyň peselmegi bolup geçýär.

§8. Erkin atmosferada howa akymlary.

Ýer üstünde howanyň hereketiniň gönüden-göni esasy sebäbi gorizonta tekizlikde basyşyň deň ölçegsiz paýlanmagydyr. Bariki gradiýentiň täsiri astynda süýşýän howa bölekleri (G), şeýle-de dartýş güýjüniň (g), Ýeriň aýlanmagynyň ýapgytlyk güýjiniň (Kariolisiň güýji -K), içki molekulýar we turbulent sürtülme güýjüniň (R) täsirini hem duýýar:

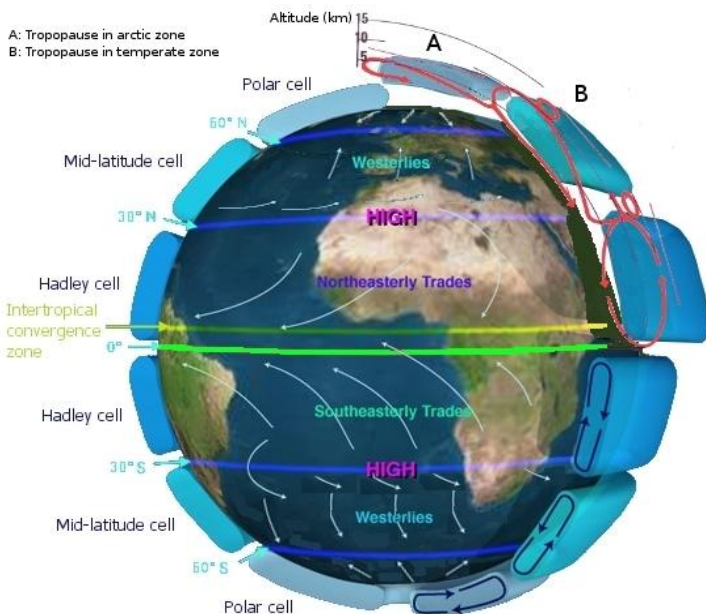
$$\mathbf{G+K+R+g}$$

Ýöne olaryň howa akymlaryna täsir ediş derejesi birmeňzeş däldir. Şeýlelikde, atmosfera hereketiniň dürli toparlary öwrenilende esasy täsir edýän faktorlary we ikinji derejelileri tapawutlandyrmak amatlydyr.

Atmosferanyň howa akymlarynyň aýratynlyklary öwrenilende olary howa akymlarynyň we täsir edýän güýçleriň gatnaşygynyň häsiýetlerini kesgitleýän hem-de biri-birinden aýdyň tapawutlanýan howa gatlaklaryna bölmek mümkin. Şeýle gatlaklaryň ilkinjisi ýer üstüne galtaşýan iň aşaky howa gatlagydyr. Onuň galyňlygy ortaça 50-100 m. deň. Ýeliň tizliginiň dikleýin (wertikal) gradiýenti bu gatlagyň ýokarky araçäğine tarap çalt depginde peselýär. Beýklik boýunça ýeliň paýlanyşynyň häsiýeti şeýle hem onuň ýer üstüne ýaltaşýan gatlakdaky tizligi esasan turbulent sürtülme güýji bilen kesgitlenilýär, çünki bu güýç bu gatlakda ýeriň aýlanmagynyň ýapgytlyk güýjünden köp esse artykdyr.

Ýer üstüne galtaşýan howa gatlagynyň galyňlygy adatça birnäçe ýüz metr hasaplanylýar, ýöne käwagt ol 1-2 km. çenli bolýar hem-de onda diňe bir beýklik boýunça ýeliň tizliginiň artmasy däl-de eýsem onuň ugry hem üýtgäp durýar.

Araçäk gatlakda turbulent koeffisiýenti 10^4 - 10^5 sm^2 / sek , ýagny ol molekulýar sepbeşiklik koeffisiýentinden 10^5 - 10^6 esse köpdür. Şonuň üçin bu ýerde turbulent şepbeşikliginiň güýji ortaça ýeriň aýlanmasynyň ýapgytlyk güýjüne barabardyr.



8-nji surat. Atmosferanyň uly möçberli aýlawynyň shemasy

Atmosferanyň ýer üstüne galtaşýan planetar araçäk gatlagyndan ýokarda erkin atmosfera diýip atlandyrylýan gatlak ýerleşýär. Erkin atmosfera gatlagynda turbulent sürtülme güýji azdyr. Erkin atmosferada ýeliň tizligi hem-de agry esasan bariki gradiýentiň güýji, Ýeriň aýlanmasynyň ýapgytlyk güýji (Kariolisiň güýji) we howa bölekleriniň egri çyzyklaýyn hereketi zerarly döreýän merkezden daşlaşma güýji bilen kesgitlenýär. Bu güýçleriň arasyndaky gatnaşyk esasan howa hereketiniň masştabyna bagly bolýär. Köplenç, Kariolisiň güýji haçan-da atmosfera hereketiniň çyzyklaýyn masştabynyň tertibi azyndan onlarça kilometre ýetende möhüm orny eýeläp başlaýär.

Geostrofiki ýel we onuň beýiklik boýunça üýtgeýşi. Sürtülme güýji bolmazdan howanyň deň ölçegli hereketine we onuň bariki gradiýent güýji, Kariolisiň güýji hem-de merkezden

daşlaşma güýji bilen şertlenen howanyň deňölçegli hereketi - **gradiýent hereketli** diýip atlandyrylýar. Gradiýent ýeller köp halatda göniçyzykly traýektoriya (geçýän ýoly) boýunça deň ölçegli hereketde bolýar. Şeýle ýel hem **geostrofiki ýel** diýip atlandyrylýar. Eger-de geostrofik ýeliň, komponentlerini U_g we V_g bilen bellesek, onda geostrofik ýeliň doly tizligini şeýle aňlatmak mümkin:

$$C_g = U_g^2 + V_g^2$$

Geostrofiki ýeliň beýiklik boýunça tizliginiň we ugrunyň üýtgemekliginiň esasy häsiýetli aýratynlyklary aşakdakylardan ybarat:

Gatlakdaky temperatura gradiýenti we başlangyç derejedäki basyşyň gradiýenti parallel bolýarlar. Bu ýagdaýda ýeliň tizligi beýiklik boýunça ugruny üýtgetmän artýar.

Gatlakda temperatura gradiýenti we başlangyç derejede basyşyň gradiýenti garşylyklaýyn ugra eýe bolýar. Munuň ýaly ýagdaýda geostrofiki ýel ugruny üýtgetmän beýiklik boýunça tizligi peselýär; käbir beýikliklerde bolsa, ýeliň ugrunyň garşylyklaýyn ugra ugrukmagy bolýar, şondan soňra ýeliň tizligi beýiklik boýunça artýar.

Eger temperaturanyň gorizonta gradienti we gorizonta bariki gradient parallel däl bolsalar, onda gradientiň ugruna baglylykda beýiklik boýunça ýeliň çepe ýa-da saga öwrülmesi bolup geçýär. Ýeliň beýiklik boýunça saga öwrülmesi howanyň ýyly sebitden sowuk sebite gapdallaýyn (gorizonta) süýşmesi (adweksiýa) bilen bagly, şeýlelekedde süýşme derejesinde ýylamak hadysasy bolýar. Ýeliň ugrunyň çepe öwrülmege bilen bolsa tersine sowuk howa sebitiniň süýşmege bagly, şeýlelekedde, süýşme derejesinde sowamak hadysasy bolup geçýär. Howanyň adweksiýasy bilen wagtlaýyn temperatura stratifikasiýasynyň üýtgeýiş häsiýeti bagly bolýar. Eger-de atmosferanyň aşaky gatlagynda beýiklik boýunça ýeliň ugrunyň çepe öwrülmesi bolup geçýän bolsa, ýagny sowuk adweksiýa

bolýan bolsa , bu gatlagyň üstýnde-de ýeliň saga öwrülmesi bolsa , ýagny ýyly adweksiýa bolýan bolsa , onda adweksiýanyň şeýle paýlanmasy beýiklik boýunça temperaturanyň dikleýin gradientiniň peselmegine getirýär.

Hakyky ýeliň geostrofiki ýelden gyşarmasy. Şol bir beýiklikde hakyky ýelleriň maglumatlary bilen geostrofiki ýeliň maglumatlaryň deňeşdirilmesi olaryň ýakyndyklaryny görkezýär, ýöne adatça olar biri-brine deň bolmaýarlar. Hakyky ýeliň we geostrofiki ýeliň aratapawydyna **geostrofiki gyşarma** diýip atlandyrylýar. Bu aratapawydyň döremeginiň sebäbi atmosfera hadysalarynyň stasionar däldigidir , şol zerarly howanyň hereketiniň çaltlanmasy hem bolup geçýär. Ondan başga-da howanyň turbulent şepbeşikligi hem uly orun eýeleýär.

Demirgazyk ýarym şarda howa bölejikleriniň çaltlaşýan hereketinde ageostrofiki gyşarma çepe tarap , ýagny pes basyşly oblasta tarap ugrugandyr hem-de howa bölejikleriniň haýallaýan hereketinde saga tarap , ýagny ýokary basyşly sebite tarap ugrugandyr. Ageostrofiki gyşarmanyň orny juda uludyr. Meselem, basyş meýdanynyň üýtgemegi (diýmek, howanyň hem) diňe ageostrofiki gyşarmanyň bar bolandygynda mümkindir, sebäbi howa bölejikleri izobarlary ageostrofiki bolanlygy zerarly kesip geçýärler. Ageostrofiki gyşarmanyň eksperimental barlaglary häzirki usulda arkaly hakyky we gradiýent ýeleriň kesgittenilişiniň ýeterlik derejede takyk däldigi zerarly köp kynçylyklary döredýär. Aşakdaky tablisada 200 mb derejede ageostrofiki gyşarma barada maglumatlar görkezilýär, onda $+d\phi$ bilen bariki topografiýa kartasynda ýokary basyşly oblastda izogipsyň ugrundan hakyky ýeliň ugrynyň gyşarmasy görkezilýär, $-d\phi$ bilen bolsa pes basyşly sebitiňki aňladylýar.

Ýeliň tizliginiň ageostrofiki guşarmasynyň häsiýetnamalary
(A. Kohanskiý boýunça)

ýeliň tizligi km/sag.	ýeliň ortaça tizligi U, km/sag	ageostrofiki guşarma				
+dφ	-dφ	+d U	- d U			
gradiýent		km/sag				
0-54	35,2	15,6	15,0	13,9	18,5	23,
55-110	81,6	11,7	11,1	17,4	23,3	28,
>110	150,0	8,1	7,2	32,5	26,5	39,

Hakyky ýeliň tizliginiň ýokarlanmagy bilen dφ peselýar we du
ýokarlanýar.

§9. Ýelleriň ortaça tizligi.

**Ýeliň ortaça tizliginiň dikligine beýiklik boýunça
paýlanyşy.** Indi bolsa troposferada, stratosferada we
mezosferada howa akymalarynyň paýlanyşy baradaky
eksperimental maglumatlara seredip geçeliň. Troposferada
adatça ýeliň tizligi beýiklik boýunça artýar, hem-de ol
tropopauzanyň golaýynda özüniň ýokary derejesine ýetýär.
Tizligiň şeýle max-y ýokary tizlikli ýelerde has-da aýdyň
duýulýar. Pes tizlikli ýelerde bolsa kän bir bilinmeýär. Max-l
ýeliň beýiklik derejesi her bir geografik ýeriň üstünde giň
araçakde üýtgäp biler. Meselem, Moskwanyň üstünde bu
beýiklik 5-6 km-den 16-17 km-re çenli üýtgäp durýar. Şeýle
ýagdaýyň 80 %-ti ýylyň sowuk döwründe 6-14 km beýiklikde
bolýar. Ýeliň tizliginiň beýiklik boýunça max tizlikli derejä
çenli artyşy adatça, şol derejeden ýokarda onuň tizliginiň

peselşinden haýal bolup geçýar. Ýeliň tizliginiň şeýle üýtgeýşi eksponensial kanun boýunça şeýle ýazylýar :

$$U_z = U_0 e^{-a(z-z_0)} ;$$

bu ýerde U_0 - ýeliň z_0 derejedäki max tizligi, ortaça $a=0,1314 \text{ km}^{-1}$ max tizlikli ýeliň derejesinde (beýikliginden) aşakda ýerleşen gatlak üçin deňşlidir. Şol derejeden ýokarda ýerleşen gatlak üçin $a=0,2388 \text{ km}^{-1}$

Angliýanyň üstünde geçirilen gözegçilikleriň görkedişi ýaly ýylyň dowamynda ortaça ýeliň tizliginiň dikleýin (wertikal) gradienti 450 mb derejesinde (6 km golaý) 1 km beýiklikli galyňlyk üçin 3,27 m/sek deň. 300 mb derejesinde (9 km golaý beýiklikde) 1 km beýiklikli galyňlyk üçin 3 m/sek deň, 200 mb derejesinde bolsa (13 km golaý beýiklik) 1 km gatlak üçin 3,7 m/sek deň . Ýöne seýrek hem bolsa käwagt ýeliň tizliginiň dikleýin (wertikal) gradienti epesli derejede köp bolýar.

Şeýlelikde gyş paslyndan tomusa çenli temperaturanyň keseleýin (gorizontal) gradienti, diýmek termiki ýeli hem peselýar. Şoňa görä ähli beýikliklerde ýeliň ortaça tizligi tomus aýlarynda gyşa garaňda pesdir. Şeýle ýeliň tizliginiň dürli beýikliklerde ýylyň dowamynda üýtgeýşiniň aýdyň mysaly hökmünde Tatenoda (Ýaponiýa) geçirilen gözegçiligiň netijesini görkezmek bolar, ýagny bu ýerde gyş aýynda ýokarky troposferada 300 mb ýakyn üstde ýeliň ortaça tizligi 60-70 m/sek ýetýar. Tomusyna bolsa ol 10-15 m/sek geçmeýar. Bu ýerde gyşyna ýeliň tizligine dikleýin gradienti ýokarky troposferanyň 1 km gatlagy üçin ortaça 10-15 m/ sek ýetýär.

Aram giňlikleriň troposferasynda tomusyna we gyşyna günbatar ýeleri agdyklyk edýär, stratosferada tomusyna günbatar ýeleriniň gündogar ýelerinde çalyşmasy bolup geçýär. Aprel-awgust aýlarynda gündogar ýeleriň 16-18 km beýiklikden ýokarda bolýandygy, oktýabr-fewral aýlarynda bolsa olaryň 30 km beýiklikden aşakda bolmaýandygy

gözegçilikler arkaly öwrenildi. Moskwanyň üstünde geçirilen gözegçilikler ýeliň aýlanmasynyň (öwrülmesiniň) ýokary beýikliklerde örän giň araçäkde süýşýändigini görkezdi, ýöne şeýle hadysanyň bolmagyna 50 %-den gowragy ýazyna 18,6 km-den , tomsuna 18,8 km, güýzüne 16,7 km beýiklikden ýokary geçmeýär.

Aýlanma (öwrülme) gatlagynda ýeliň tizligi 1-2 m/sek-dan 12-14 m/sek çenli, ýazyna we güýzüne 4-5 m/sek üýtgäp durýär. Berliniň üstünde 11-28 km beýiklikde geçirilen gözegçilikler esasynda şeýle maglumatlar alyndy, gyşyna bu ýerde ähli beýikliklerde günbatar ýelleri agdyklyk edýär, beýleki ugurlaryň ýelleri bolsa seýrek duşýar. Tomusyna 20-22 km-den ýokarda gündogar ýelleri öwürýär. Bu beýiklikde gündogar ýelleriniň gaýtalanmasy maý aýynyň ortasyndan awgust aýynyň ortasyna çenli 84-86 % -te ýetýär, günbatar ýelleri bolsa ýelleriň gaýtalanmasy 3 % -ni tutýar. Ýazyna 18 km-den ýokarda günbatar we gündogar ýelleri ortaça deňiräk öwürýärler, güýzüne bolsa günbatar ýelleri has köp gaýtalanýar. 25 km-den ýokarda ýeliň tizligi ýylyň ähli pasylarynda beýiklik boýunça artýar, hat-da tomusyna-da 28-30 km beýiklikde ol ortaça 30-40 km/sagat tizlik bilen hereket edýär.

25- 30 km-den ýokardaky ýeliň tizligini we ugryny ölçemeklik raketalarda ýokary galdyrylýan partlaýjyny (granaty) ýarmak bilen ses tolkunlarynyň ugryny we geçiş wagtyny kesgitlemek arkaly başardy. Şeýlelikde 30-80 km beýiklikde günbatar ýelleri, tomusyna gündogar ýelleri agdyklyk edýär. Ýeliň tizliginiň in ýokary derejesi gyşyna 80-100 m/sek , tomusyna 60-80 m/sek bolup , olar 50-60 km beýiklikde bolýarlar. Ýeliň tizliginiň we ugrynyň beýiklik boýunça şonuň ýaly üýtgeýşi sesleriň ýaýraşsyny ölçemek arkaly alynan maglumatlar esasynda öwrenildi. Raketalaryň arkaly geçirilen gözegçilikler ýeliň ugrynyň pasylaýyn üýtgäp başlaýar beýiklikleri barada maglumat almaga mümkinçilik

berdi. Şeýlelikde ABŞ-nyň günortasynda 67 km beýiklik çenli geçirilen gözegçilikleriň netijesine görä , ýazyna ýeliň ugrunyň aýlanmasyna (öwrülmesine) beýikligi ilki başda 67 km beýiklik töwereginde bolýar, soňra ol 46 km-e çenli aşak düşýär. Ýeliň aýlanmasynyň aşak düşüş derejesi 67 km-den 46 km-e çenli aralykda ortaça 16 gije-gündize deň boldy, ýagny ol ortaça 1300 metr/gije-gündiz tizlik bilen bolup geçýär. Güýzüne ýeliň aýlanmasynyň (ýagny gündogar ýelliriniň gunbatar ýellerine çalyşmasynyň) başlanýan beýikligi ilki başda 64 km beýiklikde bolýar. Soňra bu hadysa ýokarlygyna we aşaklygyna tarap ýaýraýar; takmynan 5 günden sonra günbatar ýelleri 67 km beýiklikde bolýar, 15-20 günden soň bolsa ol 46 km beýiklikde bolýar.

Stratosferada we mezosferada ýeliň tizliginiň dikleýin profili troposferadaky ýaly çylşyrymly häsiýete eýedir. Onuň şeýledigini aşakdaky suratdan Floridanyň üstünden geçirilen gözegçilikleriň netijesinden görmek bolýar. 80-85 km beýiklildäki ýeller ýagny mezosferanyň ýokary araçäginde ýakyn ýerde tizligi 200-300 km/sagatda, käwagt 600-800 km/sagat bolan demirgazyk-gündogar ýelleri agdyklyk edýär. Şeýle hem kümüşsow bulutlaryň beýiklik derejesinde günbatar ýelleriniň hem öwürýändigini öwrenildi, ýöne olar demirgazyk-gündogar ýellerinden özüniň tizliginiň pesligi bilen tapawutlanýar.

Ýeliň tizliginiň hem-de ugrunyň beýiklikler boýunça ýaýraýşy barasynda dürli gözegçilikler arkaly şeýle maglumatlar toplandy. Troposferada tomus aýlarynda polýusdan tropiklara tarap oňositel gowşak öwürýän günbatar ýelleri agdyklyk edýär, tropiklerden günorta tarap gündogar ýelleri agdyklyk edýär.

Gyşyna ähli beýikliklerde, mezopauza çenli günbatar ýelleri öwürýär we diňe ekwatoryň golaýynda gündogar ýelleri öwürýär. Ýeliň tizliginiň troposferadaky iň ýokary derejesi, subtropikleriň üstünden 12 km golaý beýiklede bolýar. Bu

ýerde ýeliň ortaça tizligi 40-50m/sek ýetýär. Stratosferada we mezosferada ýeliň tizliginiň iň ýokary derejesi demirgazyk ýarym şarynda 50^0 -dan 60^0 çenli aralykdaky giňligiň 55-60 km beýikliginde ýerleşýär. Bu ýerde günbatar ýelleriniň ortaça tizligi 100 m/sek ýetýär. Beýiklik boýunça ýeliň tizligi 40-60 m/sek çenli peselýär. Ekwatorial zonada troposferada we statosferanyň ähli galyňlygynda diýen ýaly guşuna we tomusyna 30 km beýiklikde ortaça tizligi 30 m/sek ýetýän gündogar ýelleri öwüsýär.

Termosferadaky ýeller. Termosferadaky ýelleriň düzgünlerini öwrenmeklikde alynan maglumatlar atmosferada esasan 80 km-den 100 km çenli bolan gatlagga degişlidir. Termosferada dürli ugurlardan öwüsýän ýeller duş gelýär we olaryň tizligi käwagt örän güýçli bolýar. Demirgazyk ýarymşarynyň üstünde tomusyna 80 km-den 100 km çenli gatlakda mezosferadaky gündogar ýelleri termosferada günbatar ýellerine geçýär. Ýeliň aýlanmasyna beýikligi giňlik boýunça pes giňliklerde 80 km-den polýar sebitlerinde 90-95 km-e çenli ýokarlanýär. Bu derejeden ýokarda bolsa ähli giňliklerde hem günbatar ýelleriniň tizligi beýiklik boýunça artýar.

Gyşyna ýeliň tizliginiň we ugrynyň paýlanşy düýbünden başgaça häsiýete eýedir. Termosferanyň iň aşaky böleginde, şeýle hem mezosferada günbatar ýelleri agdyklyk edýär. Olaryň tizligi beýiklik boýunça peselýär. Ýagny 80 km beýiklikden 60-40 m/sek-dan 90 km beýiklikde 40-10 m/sek çenli peselýär. 90 km-den ýokarda günbatar ýelleriniň gündogar ýellerine öwrülmesi bolup geçýär we aýlanmasynyň beýikligi giňligiň ýokarlanmagy bilen artýar.

Günorta ýarym şarda bolsa Awstraliýa 80-100 km beýiklikde ýylyň бүтін dowamynda günbatar ýelleri agdyklyk edýär.

Diňe ýazyna gowşak öwüsýän gündogar ýellere hasaba alyndy. Tomusyna bolsa bu gatlakda ýeliň tizligi beýiklik

boýunça artýar, gyşyna onuň tersine peselýär. Pasyllaryň geçiş döwründe ýeliň tizligi beýiklikde bagly bolmaýar diýen ýalydyr, şeýle ýeliň tizliginiň profiliniň diklegine (wertikal) üýtgeýşi tomsuna gündogar ýelleriniň günbatar ýellerine öwrülmesiniň 80 km-den aşakda bolup geçýändigini, gyşyna bolsa ondan epesli ýokarda 100 km-de bolýandygyny görkezýär.

60 km beýiklikden ýokarda howa ionlaşan bolýar, we ionlaşma derejesi beýiklik boýunça artýar, esasanda 80 km-den ýokarda şeýledir. Şoňa göräde şeýle ýagdaýda gözegçilik işlerini geçirmek kyndyr. Howanyň ionlaşan massasy örän ýokary elektrogeçirijilige eýedir.

Umuman mezosferanyň ýokary böleginde we termosferada 500 km beýiklige çenli ýeliň tizliginiň gije-gündizlik üýtgeýşiniň örän güýçlidigi hasaba alyndy.

§10. Erkin atmosferada turbulentlik.

Öň belläp geçişimiz ýaly atmosferada howanyň hereketi turbulent häsiýete hem eýedir. **Turbulentlik** tüweleý şekilli, çalt aýlanyp we bitertip hereket etmekligi, ýagny atmosferadaky howanyň aýlanyp çalt hereket etmegini aňladýar. Turbulentlik hereketiniň esasy aýratynlygy howanyň aýry-aýry bölejikleriniň şeýle hem howa göwürümleriniň tertipsiz häsiýetli traýektoriya boýunça hereket etmegidir. Ondan başga-da howanyň aýry-aýry toplumlarynyň üznüksiz otnositel süýşüp durmagy hem turbulentligiň esasy aýratynlygydyr. Howanyň hereketiniň tizligi we ugry üznüksiz üýtgäp durýar (pulsirlenýär) we diňe onuň ortaça bahasy kesgitli wagt aralygynda hemişelik saklanyp bilýär.

Bu hereketleriň tertipsizligi zerarly olary dolulygyna wagtyň we giňişlik koordinatларыnyň funksiýasy hökmünde jikme-jik beýan etmäge mümkinçilik bermeýär. Ýöne olary

ähtimallyk teoriýasynyň we matematiki statistikanyň kanunlarynyň kömegi arkaly beýan etmek mümkin.

Atmosferadaky howa akymlarynyň turbulentleşmesiniň esasy sebäpleri ol ýa-da başga bir sebäpler bilen döreýän temperaturanyň dikleýin we keseleýin gradientleri we ýelleriň tizligidir. Bu gradientler atmosferanyň araçäk gatlagynda howa akymlarynyň ýer üstüne sürtülmeği zerarly döräp biler we şeýlelikde bu ýerde turbulentlik sürtülme güýjüniň täsiri astynda döreýär. Şeýle gradientiň döremekligine ýer üstüniň dürli bölekleriniň birmeňzeş däl gyzmaklygy getirip bilýär. Bu bolsa termiki konweksiýanyň ösmegi bilen bagly bolýar. Bu hereketleriň atmosferanyň has ýokary gatlagyna aralaşmagy bilen olar şol ýerde diňe bir temperaturanyň giňişlik boýunça paýlanyşyny üýtgetmän, eýsem temperaturanyň ýerli dikleýin gradientini we ýelleriň tizligini hem üýtgedýär. Temperaturanyň keseleýin gradienti we ýelleriň tizligi esasan-da atmosfera frontlarynyň zonasynda ýokary frontal zonada has-da ýokarydyr.

Netijede turbulentlik atmosfera tolkunlarynyň täsirinde durnuklylygyň ýitirilmegi bilen we daglyklaryň täsirinde howa akymlarynyň deformasiýasy netijesinde döräp bilýär. Häzir biziň öwrenjek turbulentligiň görnüşleriniň arasynda çörtkesik tapawutly aýratynlyklar bardyr.

Eger-de turbulent hereketiniň üznüksiz döremegi üçin energiýa çeşmesi ýok bolsa, onda ownaýarlar ýa-da ýitip gidýärler. Şoňa görä howanyň şepbeşikligi zerarly turbulent herekeriň kinetiki energiýasy ýuwaş-ýuwaşdan ýylylyga öwrülýär.

Turbulentligiň tebigaty. Teoretiki barlaglarda turbulent hereketlere adatça kiçi gymyldynyň orta herekete getirilmeginiň netijesi hökmünde garalýar. Şeýlelikde, doly şol pursatdaky tizlik görnüşe deň bolýar :

$u = u^{\wedge} + u^1$; bu ýerde u^1 - pulsasiýa (tüweleýli) tizlik , u^{\wedge} - akymyň ortaça tizligi. Eger-de $u^1 = 0$ bolsa onda şeýle

akym **laminar** akym diýip atlandyrylýar we ol parallel hem-de biri-biri bilen garyşmaýan okgunly hereket edýän akymlardan düzülendir.

Indi bolsa ilki başdan gysylmaýan suwuklykdaky akymda turbulentliligiň döreýşine seredeliň. Eger-de howanyň bölejiklerine täsir edýän daşarky güýçleri hasaba almasak (dartyş güýjüni, Koriolisiň güýjüni we başgalar), onda dykzlygy hemişelik bolan howa akymyny kinematiki şepbeşikligiň bahasy - V bilen, tizligiň häsiýetli masştabyny - u bilen we akymyň masştabyny dolulygyna häsiýetlendirýän - L uzynlygy bilen häsiýetlendirmek mümkin. Laminar akymda turbulent hereketiň döremekliginiň başlangyç mümkinçiligi Reýnoldsanyňsanyň boýunça kesgitlenilýän inersiýa güýjüniň we şepbeşiklik güýjüniň özara gatnaşyklaryna bagly bolýar ; **$Re = u L / V$**

Laminar hereket turbulent herekete diňe Reýnoldsanyň sanynyň birnäçe aýgytlaýjy bahasyndan geçende (artanda) geçip bilýär ($Re_{aýg}$); ýagny $uL > Re_{aýg.b}$.

akymda döreýän islendik hereket $Re < Re_{aýg}$ bolanda ol tiz wagtdan togtaýar. Re -nyň ulalmagy bilen ilki başda ölçegi tutuş akymyň ölçegi bilen deňşdirerlik häsiýetde bolan (l_1) uly masştably hereket döreýär. Bu uly masştably hereketler örän uly üýtgeýiş amplitudasyna eýedir. Eger $Re_1 = u_1^1 l_1^1 / V > Re_{aýg}$ bolsa, onda bu hereketler öz gezeginde durnukly bolmaýarlar we olaryň dargamagy bilen $l_2 < l_1$ masştably hereket döreýär. Ol bolsa $u_2^1 < u_1^1$ tizlik pulsasiýasy bilen häsiýetlendirilýär. Laminar hereketiň turbulent herekete geçmegi tiz wagt aralaygynda (pursatda) bolup geçýär; otnositel gowşak we haýal hereketli zona gysga wagt aralygynda ýokary intensiw pulsasiýaly zona öwrülýär we giň ölçegli spektora eýe bolýar. Şoňa görä-de zonalaryň ölçegi akym boýunça hem-de oňa perpendikulýar ugur boýunça

öşýär(artýar). Turbulent hereketiň energiýasynyň köp bölegi ýokary intensiw turbulentliligiň merkezinde jemlenendir.

Turbulent pulsasiýasynyň intensiwligi (şjeňligi) pulsasiýanyň orta kwadratiki ululygy kesgitlenýär - u^{12} wektor. Akymyň ähli böleklerinde turbulentliligi mukdar taýdan şol bir häsiýete eýe bolan birmeňzeş turbulentli akym üçin giňişlik boýunça irtaça bahalandyrylyşyny peýdalanmak mümkin. Egerde turbulentlik hakyky däl stasionar ýagdaýda (kwazistasionar) bolsa , onda wagt boýunça bahalandyrylyşyny peýdalanmak mümkin.

Temperaturasy birmeňzeş däl atmosferadaky turbulentlik. Riçordsanyň ölçegi. Atmosferada Reýnoldsanyň ululygy turbulentliligiň döremeginiň ölçegi hökmünde hyzmat edip bilmeýär, çünki hereketiň umumy düzgünlerine arhimed güýçleri täsir edýär. Riçordsanyň taglymaty boýunça, eger ýeliň tizliginiň dikleýin gradientiniň ululygy boýunça kesgitlenilýän turbulent energiýasynyň akymynyň ululygy dartyş güýjüniň täsirine garşy sarp edilýän işden kiçi bolmadyk ýagdaýda akym turbulentlik ýagdaýynda saklanyp bilýär. Eger turbulent hereketli tüweleýleriň atmosferanyň bir gatlagyndan başga bir gatlagyna aralaşmagyny hasaba almasak, onda turbulent energiýanyň balansynyň deňlemesinden dikleýin durnuklylygyň ölçegini almak mümkin: $dE^1 / dt = T - A - D$; bu ýerde E^1 - turbulent pulsasiýasynyň kinetiki energiýasy. T - wagt birliginde turbulentliliginiň energiýasynyna öwrülýän orta hereket energiýasynyň mukdary. A - arhimed güýjüniň täsirinde wagt birliginde ýerine ýetirilýän işi. D - wagt birliginde turbulent energiýasynyň dissipasiýasy.

Riçordsanyň taglymaty boýunça ýokardaky aňlatmany şeýle görnüşde ýazmak mümkin : $dE^1 / dt = k_h (du / dz)^2 - k_y \cdot g / Q - D$;

bu ýerde , du/dz ýeliň ortaça tizliginiň dikleýin gradienti ; Q - potensial tempertura ; k_h - hereket mukdary boýunça

turbulent çalşygynyň koeffisienti ; k_y - turbulent ýylylyk çalşygynyň koeffisienti ; g - dartýş güýji.

Şoňa görä turbulent energiýasynyň balansy eger-de k_y / k_h . $Ri < 1$ bolsa, onda ol položiteldir, haçan-da k_y / k_h . $Ri > 1$ bolsa, onda ol balans otrisateldir. Durnukly termiki stratifikasiýa ýagdaýynda , haçan-da $dQ / dz > 0$ bolanda turbulentliligiň ösmekligi kynlaşýar.

Ýokardaky aňlatmalardan görnüşi ýaly turbulent energiýasynyň derejesini bahalandyrmak üçin Riçordsanyň ölçegini peýdalanmak has-da peýdalydyr. Şeýle hem ol turbulentliligiň ewolýusion häsiýetleri baradaky soraglaryň çözüdini tapmaga we turbulentliligiň dörejekdigini ýa-da doremejekdigini kesgitlemäge ýardam edýär. Turbulent çalşygynyň häsiýetnamalary Riçordsanyň sany bilen ýakyndan baglanyşykda bolýar. Troposferdaky turbulentlilik barada we ondan hem ýokarky belentliklerde eksperimental maglumatlar üçin Riçordsanyň sanyny peýdalanmak kyn bolýar.

§11. Ýeliň keseleýin (gorizontal) häsiýetnamalary.

Atmosfera turbulentliliginiň ösmegi üçin esasy şert atmosferada ýel meýdanynyň we temperaturanyň dikleýin hem-de keseleýin gradientidir. Olaryň bolmagy esasy akymdan turbulent hereketli (tüweleýli) ýele energiýanyň berilmegine mümkinçilik berýär. Temperaturanyň we ýeliň gradientleriniň bolmadyk ýagdaýynda turbulentlilik hökmany ýagdaýda togtaýar.

Fiziki nukdaý nazardan turbulentliligiň ösmegine dikleýin hem-de keseleýin gradientiň edýän täsiri orta hasap bilen birmeňzeşdir. Ýöne, temperaturanyň we ýeliň dikleýin gradienti olaryň keseleýin gradientinden ortaça 2-3 yzygider tertide köpdür. Diňe şol ýagdaýda, haçan-da esasy akymyň durnuklylygynyň bozulýan wagtynda meteorologik

elementleriň meýdanynda gorizonta gapma-garşylyklaryň uly orun eýelemgi mümkin. Şeýle-de siklonlarda we antisiklonlarda howa akymynyň aýlanma hereketiniň durnuklylygy birmeňzeş däl.

Howa akymlarynyň daglyk päsgelçiliklerden aýlanyp geçişi çylşyrymly häsiýete eýedir. Ol dag gerşleriniň ýerleşişine, olaryň gurluşyna, ýeliň ugruna we tizligine, howa akymlarynyň termodinamiki durnuklylygyna, daglaryň dürli eňňitleriniň gün radiasiýasy bilen gyzdýrylyş derejesiniň dürliligine we ş.m aýratynlyklara bagly bolýar. Ýokarda agzalan şertleriň diňe biriniň üýtgemegi hem howa akymlarynyň daglaryň daşyndan aýlanýş häsiýetiniň epesli derejede üýtgemegine getirýär.

Tizligi örän gowşak bolan ýelleriň dag gerşleriniň daşyndan aýlanyp geçiş häsiýeti laminar herekete ýakyn bolýar (a-surat). Bu akymdaky her bir çyzyklaýyn hereketiň tolkunlanmasynyň amplitudasy ýokarlygyna tarap çalt depginde peselýär. Ýeliň güýçlenmegi bilen dag gerşleriniň gyrasynda howa akymy konwergirlenýär (howa akymlarynyň bir nokatlaýyn ýere ýa-da bir çyzyklaýyn ugra gönükmegi) we bu ýerde ýeliň tizligi ýokarlanýar. Şeýle hadysalaryň bolmagy dag gerşleriniň ygyşak tarapynda oky keseligine (gorizonta) ýerleşen tüweleýleriň döremegine getirýär we ol aýlanma hereketli ýeller diýlip hem atlandyrylýar. Şeýle aýlanma ýelleriniň ululygy birnäçe ýüz metre ýetip bilýär. Döwürleýin olar dag eňňitliklerinden aýrylýarlar we howa akymy bilen bile akyp gidýär, onuň ýerinde bolsa täze aýlanma ýeli döreýär. Örän güýçli ýellerden araçäk gatlagyň dargamagy dag gerişleriniň gyrasynda hem bolup bilýär, ýagny dag gerişleriniň ýel öwürşän tarapynda hem bolup bilýär.

Dag gerşleriniň ygyşak tarapyndaky tüweleýler howa akymynyň aýlawly hereketiniň (aýlawly hereketiniň) bolmagyna getirýär we şeýlelikde howa esasy akymyň ugruna garşylyklaýyn ugur boýunça dag gerşlerine tarap hereket edýär.

Şoňa görä dag gerşleriniň golaýynda bölünme üstün döremegine mümkinçilik berýän şert döreýär. Onuň golaýynda ýeliň tizligi örän pes bolýar, ýeliň ugry bolsa durnuksyzdyr.

Eger ýeliň öwüsýän ugrunyň we dag gerşleriniň okunyň arasyndaky burç gönüburça ýakyn bolsa, dag gerşiniň gyrasyndaky ýeliň tizligi hem ýokary bolsa (8-10 m/sek ýokary), onda gerşiň aňyrsyndaky howa akymy güýçli turbulent häsiýetli bolýar. (2-Sur)

Daglaryň ygýşak tarapyndaky turbulentlik. Howa akymlyry dag gerişlerinden aýlanyp geçende epesli derejede üýtgemek häsiýetine eýe bolýar. Olar howa akymy dag gerşlerinden geçende deformasiýanyň bolmagyna getirýär we onuň ygýşak tarapynda howa akymynyň ol ýa-da beýleki böleginde turbulentlik tüweleýler döreýär. Ondan başga-da, gerşleriniň dürli ýerleriniň, gün radiasiýasy bilen birmeňzeş gyzmazly netijesinde daglaryň golaýynda temperatura meýdanynda epesli derejede üýtgeşmeler bolýar, bu bolsa öz gezeginde turbulentligiň güýçlenmegine getirýär. Dag gerşlerine ýakyn ýerde döreýän turbulentlik (esasan-da olaryň ygýşak tarapynda) ýelleriň täsiri bilen uzak aralyga äkidilip dag massiwlerinden uzaklykda hem turbulentligiň ýokarlanmagyna hem getirip bilýär.

Şeýle hem daglaryň üstünde turbulentligiň intensiwliginiň ýokarlanmagyna we turbulentli howa gatlagynyň galyňlygynyň artmagyna getirýän faktorlar bolup howa akymlynyň päsgeçilikleriniň termiki we dinamiki durnuksyzlygy durýar. Şonuň bilen birlikde, dalaryň üstünde güýçli ýelleriň bolýan wagtynda inwersiýa ýa-da izotermiýa gatlagynyň hem atmosfera turbulentliginiň ösüşiniň intensiwligine päsgeç berip bilmeýändigini hem bellemek gerek.

Şoňa göräde S.M.Şmeteriň barlaglarynyň netijeleriniň görkezişi ýaly akymynyň deformasiýasynyň täsirinde dörän turbulent zonasy ýeller boýunça dag gerşlerine görä islendik

tarapa süýşüp bilýär. Turbulent zonasynyň dag gerşleriniň geçenden soňra onlarça kilometre çenli howa akymlary bilen äkidilmegi hem mümkin. Eger-de howa akymynyň temperatura we ýel stratifikasiýasy durnuksyz deňagramlylyk ýagdaýynda bolsa, turbulentlik oragrafiýa päsgelçiliklerinden geçenden soňra turbulent hereketleriň ösüşi tutuşlygyna oragrafiýa taýdan emele geliş häsiýetli bolmaýar.

Howa akymlarynyň daglaryň üstündäki (ygşyk tarapynda) tolkunmalary.

Daglaryň ygşak barasynda howa akymlarynyň tolkunlanmasy haçan-da ýeller dag gerşlerine keseleýin öwsende bolýar. Şoňa göräde olar esasan agdyklyk edýän ýelleriň ugruny dag gerşleriniň perpendikulýar ýerleşen ýerlerinde bolýarlar. Daglaryň ygşak tarapyndaky ýel tolkunlamalarynyň uzynlygy adatça birnäçe kilometre ýetýär, kwadrat bolsa 25-30 km. Hem ýetip bilýär.

Daglaryň aňyrsynda akym boýunça aşaklygyna tolkunlaryň ampletudasy çalt depginde peselýär. Şoňa görä bu ýerde köplenç tolkun örküçleriniň sany 5-7 -den geçmeýär. Tolkun örküçlerinde (tolkunyň iň ýokary nokady) we aşaky böleginde (aýluklarynda) howanyň dikleýin tizligi köplenç 3-5 m/sek geçmeýär. Ýöne kämahallar olaryň tizligi hasda ýokary bolup biler; meselem, Serra - Newadonyň (Kaliforniýada) üstündäki howa akymlarynyň tolkunlamalarynda dikleýin tizligi 27 sm. çenli ýetendigi hasaba alyndy.

Tolkunlaryň ýaýraýşynyň beýikligi has beýik bolmadyk daglarda hem ýokary bolýar. Meselem, Demirgazyk Alplarda (1939ý) geçirilen barlaglaryň netijesinde görä 9-10 km beýiklikde, Serra-Newadoda 13-14 km howa tolkunmalarynyň bolýandygyny görkezdi. Stermeziň maglumatlary boýunça Skandinawiýanyň üstünde daglaryň beýikligi 2,5 km-den geçmeýän hem bolsa, howa tolkunmalaryny ol ýeriň 22 km beýiklikde we ondan hem ýokarda görmek bolýar.

Eksperimental barlaglarynyň görkezijisi ýaly howa akymlarynyň daglyk tolukmalarynyň emele gelmegi üçin daglaryň üstündäki atmosfera durnukly stratifisirlenen bolmaly, dag gerşlerine perpendikulýar öwüsýän ýelleriň tizligi 5-10 m/ssek ýokary bolmaly. Eger-de ýel dag gerşlerine parallel öwüsýän bolsa, onda howa akymynyň daglyk tolkunlanmasy bolmaýar.

§12. Ýel meýdanynyň mezogurluşy we turbulentlik

Meteorologik elementleriň meýdanynda mezobirmeňzeşdällik diýip, meselem, ýellerde, olaryň gurluşynyň çyzyklaýyn ölçeginiň birmeňzeşdälligi onlarça kilometre ýetende aýdylýar.

Izotahlaryň meýdanyna seredenimizde, ýagny atmosferanyň dikleýin kesiginde ýeliň birmeňzeş tizlikli nokatlaryny birleşdirýän çyzyklaryň meýdanynda umumy süýşmekligiň çäginde hemişe diýen ýaly ýeliň tizliginiň ýerli max-ny we min-ny görmek bolýar. Geçirilen gözegçiliklerde ýeliň tizliginiň ortaça bahasyndan gyşaryşy + - 35 km/sagat, ýeliň ugry bolsa + - 30⁰ ýetýändigini öwrenildi. Ýokary tizlikli ýelleriň zonasynada ýelleriň ugrunyň üýtgeýşi pes tizlikli ýelleriň zonasyna garanynda epesli derejede pesdir.

Ýelleriň mezogurluşlarynyň birmeňzeşdälligi howa akymlarynyň umumy gurluşyna we olaryň häsiýetlerine bagly bolýar. Şeýle hem olar akymyň konwergensiýa we diwergensiýa sebitleri üçin dürli-dürlidir. Ýel meýdanynyň şeýle mezogurluşynyň aýratynlyklaryny şekillendirmek üçin tomsuna 7-10 km beýiklikde geçirilen iki sany gözegçiligiň netijesine seredeliň. Gözegçiligiň birinjisi howa akymlarynyň konwergensiýa zonasynada, ikinjisi bolsa diwergensiýa zonasynada geçirildi. Konwergensiýa zonasynada ýel meýdany umumy ýönekeý gurluşy bilen tapawutlandy. Turbulentliligiň

bolsa ýeliň tizliginiň uly dikleýin gradientiniň bolan gatlagynda bolýandygy anyklanyldy. Howa akymynyň diwergensiýa böleginde bolsa ýeliň tizlik meýdanynyň düýbünden başgaça häsiýetli bolýandygy gözegçilikler arkaly öwrenildi. Bu ýerde ýeliň tizliginiň max we min merkezleriniň gezekleşip gelyändigini hasaba alyndy. Şeýle ölçegleriň merkezi 10-50 km ýetýär. Aerodinamikadan belli boluşy ýaly, pes derejeli gysyşlyk hem laminar akymyň durnuklaşmagyna täsir edýär.

Turbulentliligiň wagt we giňişlik boýunça üýtgeýşi. Herket deňlemelerine degişli bolan turbulentliligiň koeffisienti turbulentliligiň işjeňligini häsiýetlendirýär. Şeýle koeffisient hereketiň mukdarynyň turbulent çalşygyny bahalandyrmak üçin girizilendir. Turbulent şepbeşikligi bolsa , haçan-da suwuklyklaryň ýa-da gazlaryň akymy bar bolanda ýüze çykýar, şoňa görä-de ol suwuklyklaryň ýa-da gazlaryň özboluşly häsiýetleri däl. Hereketiň mukdarynyň (T), ýylylygyň (Q) ýa-da suw buglarynyň (q) bir ugur (n) boýunça akymy aşakdaky aňlatma boýunça ýazylyp bilner :

$$T = p_k \cdot dc / dn = A \cdot Dc / dn$$

$$Q = p_k \cdot dt / dn = A \cdot dt / dn$$

$$q = p_k \cdot dq / dn = A \cdot dq / dn$$

bu ýerde, c - tizligiň wektory ; p - howanyň dyklyzlygy ; t - potensial temperatura ; A = p_k - turbulent çalşygynyň koeffisienti. Şu ýerden turbulentlilik koeffisientiniň ululygyny we onuň üýtgeýiş kanunalaýyklygyny öwrenmekligiň näderejede möhümdigini bilmek bolýar. Turbulentlilik koeffisientiniň ýyllyk üýtgeýişini we onuň beýiklige bagly boluşyny aşakdaky tablisadan görmek bolýar.

§13. Atmosfera turbulentliginiň howa gämileriniň uçuşlaryna täsiri.

Howa uçuşlaryna has howply täsir edýän meteorologik hadysalaryň biri hem atmosfera turbulentligidir. Turbulent atmosferada howa gämisiniň wertikal tekizlikde birden süýşmesi-siltenmesi bolup geçýär. Bu seýregräk hadysa bolsa hem uçaryň duýdansyz ýerden intensiw turbulent zona düşmegi howply ýagdaýdyr. Şol sebäpli hem siltenme hadysasynyň diagnozyny we çaklamany düzmeklik zerurdy. (AMSG-de sinoptikler alyp barýar) Howa akymalarynyň turbulent bolmagynyň esasy sebäbi, atmosferada döreýän ýel we temperatura meýdanlarynyň kontrastlygydyr. (gapmagarşylyk). Howa akymynyň ýer üstüne sürtülmesi, ýagny aşaky gatlakda ýeliň wertikal gradiýentiniň döremegi, ýeliň daglarda deformirlenmegi, ýer üstüniň gyrađeň gyzmagyny, (termiki konweksiýa), bulutlaryň emele gelmegi, howa massalarynyň özara täsiri we ş.m. Turbulent atmosfera döredýär.

Atmosfera turbulentliginiň görnüşleri:

1. Mehaniki turbulentlik-ýer üstündäki ýeliň tizliginiň funksiýasy bolmak bilen, üstün beýikli-pesli bolmagyna, ýeliň ugruna görä örküçleriň ýerleşmegine baglydyr. Ýagny aşak inýän we ýokary galýan güýçli howa akymlaryň döremegi uçaryň siltenmesini döredýär.

2. Termiki turbulentlik-ýer üstüniň deňölçeşsiz gyzmagy ýa-da sowuk howanyň ýyly ýer üstüne aralaşmagy netijesinde döredýär.

3. Dinamiki turbulentlik-ýeliň we temperaturanyň uly wertikal üýtgemegi bolup geçýän atmosfera gatlaklarynda ýüze çykýar. Ýagny grawitasion we grawitasion-süýşme tolkunlary emele gelýär. (tüweleýler)

4. Aýdyň asman turbulentligi-konwektiw hadysalaryň zonasyndan daşardaky erkin atmosferada we ýelek

şkilli bulutlaradaky turbulentlik. Onuň döremeginiň mehaniki we temodinamiki sebäpleri bardyr.

Dürli atmosfera drejesinde döreyän turbulent akymlar ösýärler, peselýärler, we uçara dürli hili täsir edýärler. Ýöne siltenme döretmek üçin olaryň ölçegleri howa gämisiniň ölçeglerine golaý bolmalydyr. Has uly turbulent tüweleýler siltenme döretmän uçaryň öz akymy bolup alýarlar. Ýagny akyma görä uçuş beýkligiň endigan üýtgemegi bolup geçýär. Ownuk turbulentleriň täsiri kän bir duýulmaýar.

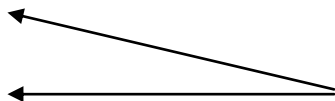
2. Aşa agram we siltenme-turbulent atmosferadaky uçuşda uçaryň üýtgeýän alamatly tizlenmesi, agyrlyk merkeziniň yrgyldysy we oňa görä uçaryň burç urguldysy ýüze çykýar (siltenme).

Siltenme-netijesinde uçuşyň kursy, beýikligi, tizligi we beýleki rejimleri birden uly bahalara üýtgeýär. Uçuşyň durnuklylygy we dolandyrylyşy kynlaşýar. Şeýle hem uçaryň könelen detallarynyň we bölümleriniň gowşap, sandan çykmagy mümkn. Siltenmäniň ýerden uçuşa we gonuşa täsiri. Güýçli turbulentlik zerarly uçuşa we gonuşa täsiri. Güýçli turbulentlik zerarly uçaryň hasaplanan traýektoriyadan ýokaryk we aşak zyňylmagy mümkn. Ýokary zyňlyşda hüjüm burçy kritiki bahadan artyp biler. Aşak zyňlyşda hüjüm burçy kritiki bahadan artyp biler. Aşak zyňlyşda uçaryň ýer ýa-da suw üsti bilen çaknyşmagy mümkindir.

Siltenmäniň intensiwligi uçara aş agram düşmegi we onuň artmagy (aş agram) bilen kesgitlenýär.

$$n = \frac{Y(\alpha, V)}{Y_0(\alpha_0, V_0)}$$

V



Gorizontaal durnuklaşan uçuşda $Y=Y_0$, $n=1$, $n = \frac{P+R}{G}$

Aşa agramyň artyş (ösüş) ululygy $\Delta n=n-1$ turbulent atmosferada $Y \neq G$ -deňagramlylyk bozulýar we uçar j-artykmaç tizlenme alýar. Onda $Y-G=mj$; $Y=G+mj$,

$$n = \frac{Y}{G} = \frac{G+mj}{G} = 1 + \frac{mj}{G}; \quad n = 1 + \frac{j}{g}; \quad \frac{m}{G} = g$$

$\Delta n = \frac{j}{g}$ -erkin gaçmanyň tizlenmesiniň ülüşi bilen kesgitlenilýär, ölçeg birligi ýok.

Goý V-tizlik bilen gorizontaal uçýan uçara uy-wertikal akym täsir edýän bolsun. Täsirdeň: $Y_0 = C_y \rho S \frac{V^2}{2}$ soňra

$$Y = Y_0 + \Delta Y = (C_y + \Delta C_y) S \rho \frac{V^2}{2}$$

Diňe C_y -üýtgeýär, onda α hem üýtgeýär.

$$\frac{\Delta C_y}{\Delta \alpha} = \frac{dC_y}{d\alpha}; \quad \operatorname{tg} \Delta \alpha \approx \Delta \alpha = \frac{u_y}{V}; \quad \Delta Y = \frac{1}{2} \rho S \frac{\partial C_y}{\partial \alpha} V u_y$$

$$\Delta n = \frac{\Delta Y}{G} = \frac{1}{2} \frac{\rho}{S} G \cdot u_y V \frac{\partial C_y}{\partial \alpha}$$

Δn -uçaryň uçuş beýikligine, tizligine, tipine we wertikal akymyň tizligine baglanylýar.

Aşa agram göz çeni bilen ýa-da akselerometrler, akselerograflar bilen kesgitlenilýär. Aşa agram derejeleri $|\Delta n| \leq 0.5$ -gowşak boltanka. $u_y=10$ m/s. Wertikal öwsüm $0.5 < |\Delta n| \leq 1$ -ortaça siltenme $u_y=10-15$ m/s

$|\Delta n| > 1$ -güýçli siltenme $u_y > 15$ m/s.

Gonuşa girilende durnuklylyk we dolandyryş kynalýar.

$\Delta n \leq \pm 0.3$ gowşak (\wedge) $\pm 0.3 < \Delta n < \pm 0.4$ ortaça (\wedge) güýçli

siltenme $\Delta n \geq \pm 0.4$ (\wedge). (\wedge)-da çalaja yranma, sarsgyn duýulýar. Uçuş tizligi az üýtgeýär. (\wedge)-da birden titremek we zyňlyş duýulýar. Beýiklik we kurs rejimi üýtgeýär. $\Delta n > 0$ agramsyzlyk, $\Delta n < 0$ kreslo gysylmak duýulýar. Uçaryň birden güýçli zyňylmagy bolup geçýä. (\wedge)-rejim bozulýar. Dolandyryş bozulýar.

3. Uçaryň siltenmesiniň diagnoz we prognoz ediliş usullary esasan iki gruppa bölmek bolar.

1. Basyşyň topografik kartalaryny we ýeriň howa kartalaryny sinoptik analiz etmek. Ýagny basyş meýdanynyň häsiýetini, temperaturanyň üýtgeýiş kanunlaryny, çüwdürimli akymlyry we beýleki häsiýetnamalary hasaba almak bilen siltenme barada netije çykarýarlar. Sinoptiki usullar.

2. Atmosferanyň turbulent halyny kesgitleýän dürli parametrleri we hasiýetnamalary hasaplamak.

a) Ri -Riçardsonyň sany, ∂z -gatlak üçin

$$Ri = \frac{g(\gamma_a - \gamma)}{T \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2} \text{-ölçeg birligi ýok.}$$

T -howa gatlagynyň ortaça temperaturasy;

$\gamma - \gamma_a$ -fakt. we adiabat wert. temperatura gradiýenti;

$\frac{\partial u}{\partial z}$ -ýeliň orta tizliginiň wertikal gradiýenti;

$Ri < Ri_{kr}$ -bolanda turbulentligiň döremek we ösmek şerti bardyr.

Teoretiki $Ri_{kr} = \frac{1}{4}$ -turbulent akym döreýär. $Ri = 1$ -de

saklanýar.

Re-ni kesgitlemek we siltenmäni prognozirlmek üçin galyňlygy 500 m we ondan az bolan gatlagy öwrenýarlar.

b) W.D Reşetowyn kriteriýasy:

$$R_T = \frac{Ri}{1 + 0.1R};$$

R -howanyň Δn nisbaty % çyglylygy.

c) Matweýewiň kriteriýasy (Δn -bilen Ri -ni baglanyşdyrýar)

$$|\overline{\Delta n}| = 4U \frac{V\Delta}{b} \sqrt{a_1 - b_1 \lg Ri} \text{ -aşa agramyň absolýut ululygynyň}$$

orta bahasy.

U -ýeliň gorizonta tizligi; V -howa tizligi, $\Delta = \frac{\rho}{\rho_0}$ -nisbat

dyklyk

a_1, b_1, b -empirik koeffisiýentler.

d) Buldowskiniň kriteriýasy: $K = \frac{1}{\beta} - 8q^2$

β -ýeliň wertikal suýşmesi: $q = \gamma_H - \gamma_B$ $K_{kr} = 1.2$, $K < 1.2$ silt. (uçuş eşelonunyndan 1 km aşakda γ_H we ýokarda γ_B temperaturanyň wertikal gradiýentleri.

e) Δn -siltenmäniň inten-ne aşaky 500 metrlik gatlakda baha berk üçin ullanylýan formula.

$\Delta n = 0.006kU$; 0.06 -ýeliň wertikal ösüşi 1 m/s bolandan aşaa agramyň artmagyna degişli koeffisiýent. $k = 0.4$ -bolan koeffisiýent, U -ýer üstünde ýeliň tizligi.

f) Brihilli howa massasynda siltenme baha bermek düzgüni troposferanyň haýsy hem bolsa bir derejesinde temperatura tapawudy $\Delta T > 0$ ýöne $\Delta T \leq 3^\circ$ gowşak siltenme bolar. $\Delta T \approx 4-6^\circ C$ ortaça $\Delta T \geq 6$ güýçli siltenme.

4.

1) Ýeriň howa kartasyndaky 1-2 hilli sowuk frontlar

$$\gamma_{\Pi} > 2^\circ C / 100km;$$

$$V_{c.gr} > 20km / sag / 100km$$

- 2) Troposfera we stratosfera çüwdürim akymlary bolan ýyly howa fronty V_c
- 3) Ýokary troposfera we stratosfera çüwdürim akymlary

$$V_b=25 \quad \text{m/s}, \quad V_{b,gr} > 10\text{m/s}/1\text{km},$$

$$V_{b,gr} > 10\text{m/s}/1\text{km} \text{ ýeliň ugrunyň üýtgemegi } 15^\circ \text{ 1 km-}$$
beýiklikde.
- 4) Siklonyň gyra çetleri.
- 5) Uçuşyň beýikliginde bulutlaşygyň bolmagy.
- 6) Sowuk adweksiýasy (sowuk howanyň aralaşmagy)
- 7) Uçuş eşelonýnda ýeliň has güýjemesi.

§14. Okgunly akymlar.

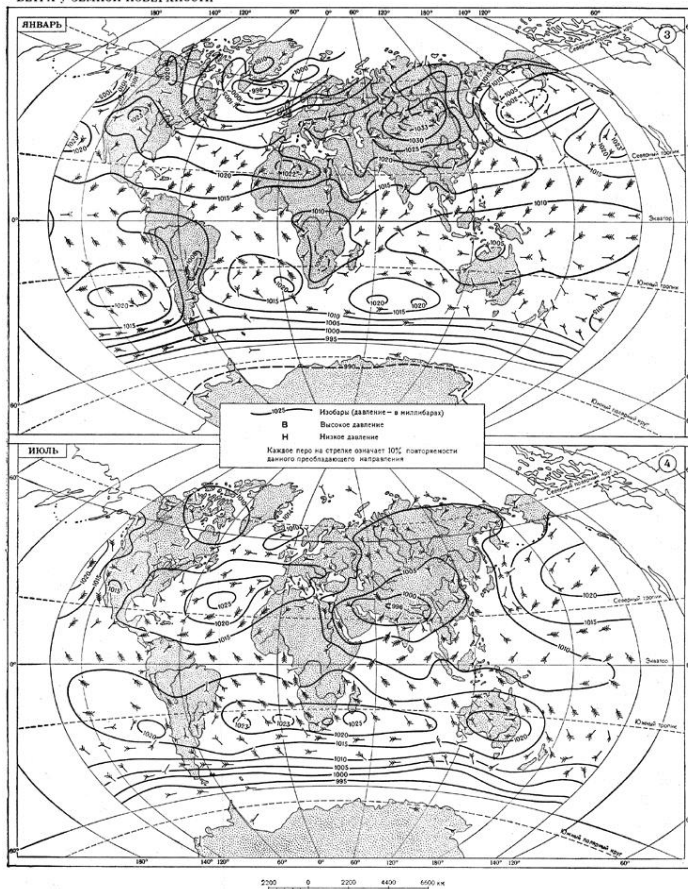
Atmosferanyň umumy sirkulýasiýasy diýip materikleriň we okeanlaryň ölçegleri bilen deňeşdirerlik derejede planetar masştably howa akymlarynyň jemine (sistemasyna-ulgamyna) aýdylýar. Şeýle akymlaryň keseleýin uzalyp (gorizontallaýyn) gidişi münlerçe kilometre we ondan hem köpräk aralyga, olaryň galyňlygy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

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

Atmosferanyň umumy sirkulýasiýasynyň aýratynlyklary (halkalary) bolup durýan howa akymlarynyň häsiýetnamalary atmosferada temperaturanyň we howanyň dykzyzlygynyň giňişlik boýunça paýlanyşyna görä we olaryň ýylyň dowamynda üýtgeýşi boýunça, şeýle hem Ýeriň aýlanmasynyň, ýer üstüniň gurluş häsiýetiniň, materikleriň orografiýa

şertleriniň we beýleki aýratynlyklaryň täsiri boýunça kesgitlenilýär. Şol şertleriň birnäçeleriniň orny barada biz geçen bölümlerimizde öwrendik.

МНОГОЛЕТНЕЕ СРЕДНЕЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ И ПРЕОБЛАДАЮЩЕГО ВЕТРА У ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ



9-nji surat. Ýeriň üstünde ortaça Atmosfera basyşynyň we ýeliň köpýýlyk paýlanyşy

Troposferada ýarymşarlaryň üstünde temperaturanyň keseleýin gradienti mälim bolşy ýaly, ortaça pes giňliklerden ýokary giňliklere tarap ugrugandyr. Pes giňlikleriň has ýyly

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

Howanyň zonal süýşmekligi esasan termiki ýeller boýunça kesgitlenýär we ol beýiklik boýunça ýokarlanýar. Käbir ýokary gatlaklaryň içinde ýeliň tizliginiň uly dikleýin gradiýentiniň bolmagy sebäpli hemişe dinamiki durnuksyzlyk

ýagdaýy bolýar. Hereketleriň şeýle üýtgeýşi, esasan-da köplenç materikleriň we okeanlaryň araçäkleşýän ýerlerinde, şeýle hem olaryň dag gerşlerini kesip geçýän ýerlerinde duşýar.

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

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

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

häsiýetleriniň arasyndaky arabaglanyşygy amala aşyryan esasy şert bolup durýar.

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

Atmosferanyň umumy sirkulýasiýasynyň modeli.

Aerologiki gözegçilikleriň, ölçegleriň maglumatlary atmosferanyň umumy sirkulýasiýasynyň modelini (shemasyny) gurmakda peýdalanylýar. Ýöne häzirlikçe sirkulýasiýanyň zonallaýyn, meridionallaýyn we dikleýin häsiýetlerini şol bir wagtda hasaba alyp görkezýän model düzülen däldir. Mysal hökmünde Mins tarapyndan gurulan atmosferanyň umumy sirkulýasiýasynyň çyzgysyna (shemasynyň) seredeliň. Bu shema laýyklykda demirgazyk ýarym şarda 200mb. derejede (12 km beýiklikde) gyşyna güýçli günbatar ýelleri (40 m/sek bolan) demirgazyk giňligiň 30⁰-nyň üstünde ýerleşendir. Tomsuna bu max dereje 15 m/sek çenli gowşaýar, demirgazyk giňligiň 45⁰-na tarap süýşýär.

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

Tropiki zonanyň troposferanyň aşaky böleginde, ýagny basyşyň keseleýin gradiýentiniň ekwa tora ugrundan ýerinde durnukly ýeller bolan-passatlar demirgazyk ýarym şarynda demirgazyk-gündogardan, günorta ýarym şarynda bolsa günorta-gündogardan öwüsýär. Passatlar bilen getirilýän howalar ekwatoryň golaýynda ýokary göterilýär we ýokary

beýikliklerde antipassatlar görnüşinde ekwatoran akyp çykýar. Demirgazyk ýarym şarynda antipassatlar ilki başda günorta ýelleri bolup öwürýär, soňra ekwatoran daşlaşdygyça we Ýeriň aýlanmasynyň ýapgytlyk güýjüniň täsiriniň ýokarlanmagy bilen olar günorta-günbatar we günbatar ýelleri hökmünde öwürýär.

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

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

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

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

§15. Okgunly akımların hereketi.

Okgunly akımlar özleriniň termodinamiki häsiýetnamalary bilen tapawutlanýan we howa massalaryny bölýän planetar ýokary frontal zonalar (PÝFZ) bilen bagly bolýar. Troposferanyň PÝFZ-y we onuň bilen bagly bolan okgunly akımlar adatça günbatardan gündogara tarap ugrugandyr. Aram giňliklerde olar köplenç halatda uzyn tolkun şekilli egrelip gidýär we olaryň aýryböklekleri meridional ugur boýunça ugrugýar. Okgunly akımyň okunda tizlik näçe ýokary bolsa, şonça-da okdan aşaky atmosfera gatlagynyň temperatura gradiýenti ýokary bolýar. Gözegçilikleriň görkezişi ýaly okgunly akımyň zonal ugra görä bolan oky adatça (85 %) günorta tarap süýşýär we köplenç gije-gündiziň dowamynda 1-2⁰ giňlik aralygyna, ýagny 5-10 km/sagada ýakyn tizlik bilen süýşýär. Käwagt onuň süýşmesi şonuň ýaly wagtda 3-4⁰ giňlik aralygyna çenli ýokarlanyp bilýär. Olaryň demirgazyga tarap

süýşmesi günorta tarap süýşmesinden seýrek bolýar, ýöne ol ýokary tizlikli bolýar (demirgazyga süýşmegi).

Okgunly akymda ýeliň tizlik meýdany çylşyrymly gurluşa eýedir we ol aralarynda pes tizlikli ýeller ýerleşen ýokary tizlikli aýry-aýry merkezlerden düzülendir. Okgunly akymyň meridional ugra görä bolan böleklerinde okgunly akymyň okunyň uzaboýunça ýokary tizlikli ýeliň ýerli merkezleri has-da aýdyň görünýär. Onuň şeýledigini aşakdaky suratdan görmek bolýar.

Şeýle zonalaryň süýşişiniň dinamikasy örän çylşyrymlydyr: ýokary tizlikli izotahlar pes tizlikli izotahlara garanyňda çalt süýşýär, merkeziň önündäki bolsa izotahlar onuň izyndaky izotahlardan çalt hereket edýar. Şularyň ählisi merkeziň görnüşiniň we onda izotahlaryň gürlüginin üznüksiz üýrgemegine getirýär. Ýokary planetar frontal zonalaryň gowşamagy ýa-da dargamagy bilen baglylykda okgunly akymyň gowşayan ýa-da peselýan ýagdaýynda onuň okunyň uzaboýundaky tizlik azda -kände meňzeşräk bolýar.

Demirgazyk ýarym şarynyň üstündäki okgunly akymlarda ýeliň tizliginiň paýlanşy. Okgunly akymlar köplenç aram giňligiň we tropiki giňligiň howalarynyň arasynda ýa-da arktiki we aram giňlikleriň howasynyň arasynda temperaturanyň keseleýin gradiýentiniň iň ýokary (max) derejesiniň bolan ýerinde döreýar, ýagny planetar ýokary frontal zonanyň has aýdyň bolýan ýerlerinde köp bolýar. Şeýle güýçlenmeler aşakdaky görkezilýan sebitleriň üstünde has aýdyň duýulýar:

materikleriň (otnositel sowuk gyşda we ýyly tomusda) we okeanlaryň (otnositel gyşda we salkyn tomusda) galtaşýan ýerlerinde;

ýyly we sowuk deňiz akymalarynyň golaýlaşmasynyň bolýan ýerlerinde;

materiğiň bir bölegi gar bilen örtülen bolsa
(gyşyna) beýleki böleginde bolsa (has günortasynda gar
örtügiňiň bolmadyr ýerlerinde)

gün şöhlesi bilen ýagtylandyrylýan
atmosferanyň böleginiň we polýar gijeli sebitiň ýakyn
ýerleşen ýerlerinde.

Şeýlelikde ýokarda sanalan şertler aram we ýokary
giňliklerde gyşyna has aýdyň bolýar, şoňa görä-de okgunly
akymlar ýylyň bu döwründe has köp düşýarlar we güýçli
öşýärler.H.P.Pogasýanyň maglumatlary boýunça gyşyna
okgunly akymlar köplenç Atlantikanyň demirgazyk böleginde
(~ 40%) , Britan adalaryň üstünde (~ 50 %), Ortaýer deňziniň
üstünde (~ 40 %) we esasan-da Ýaponiýanyň üstünde (80-90
) düşýar. Ýewropanyň üstünde okgunly akymlaryň oklary
köplenç halatda demirgazyk giňligiň 50 we 60⁰ aralygynda
düşýar. Kontinentiň içine tarap aralaşdyryňça bu akymlaryň
gaýtalanmasy azalýar demirgazykdaky deňizleriň, Arktikanyň
üstünde, gündogar Sibiriň we Orta Aziýanyň epesli çäklerinde
üstünde okgunly akymlaryň gaýtalanşy 20%-den azdyr. Ýagny
ortaça bir aýda 5-6 günden geçmeýär.

Okgunly akymlaryň tomusky gaýtalanşy gyşky
gaýtalanşyndan tapawutlanýar. Atlantikanyň demirgazygynyň
we günbatar Ýewropanyň üstünde olaryň gaýtalanmasy 40 %-
den geçmeýär, ýöne olaryň gaýtalanmasy gyşdan tomusa çenli
Ýewropanyň günortasynda, Kawkazda we Orta Aziýada artýar
we bu ýerlerde okgunly akymly günler ortaça bir aýda 8-9 güne
yetýar. GDA-nyň üstünde okgunly akymlar köplenç Fin
aýlagynyň , Barens deňiziniň, Orta Aziýanyň Týan-Şan, Altaý
daglarynyň gerşleriniň üstünde hem-de esasan Ýuwaş okean
kenarlaryň üstünde düşýar. Mysal üçin, A.I. Çigarewiň
maglumatlaryň boýunça gyşyna okgunly akymlar Sahaliniň,
Kamçatkanyň üstünde bir aýda 14-18 gün bolýar. Tomsuna olar
2 esse azalýar.

Okgunly akymlar tutuş Ýer togalagynyň daşyna hem aýlanyp bilýar. Akymyň ugrunda ýokary tizlikli ýelleriň merkezleriniň keseleýin ölçegi 100-150⁰ uzaklyga ýetip bilýar, gyşyna esasan-da ýokary tizlikli ýelleriň merkezleri Ýuwaş okeanyň günbatar kenarlaryň üstünde has aýdyň bolýar. Onuň merkezinde ortaça aýlyk tizligi 60-62 m/sek ýetýar, käbir merkezlerdäki tizlik 42-44 m/sek ýetýar. Tomsuna ýokary tizlikli merkezler gowşak ösendir.

§16. Okgunly akymlaryň giňişlik boýunça paýlanyşy.

Okgunly akymlar adatça troposferanyň ähli galyňlygyny eýeleýän frontal işjeňlik bilen bagly bolýar, ýöne atmosfera frontlary bilen bagly bolmadyk okgunly akymlar bolup bilýar, ýagny subtropiklerde bölekleyin duşýanlary görkezmek bolar. Bular esasan tropisferanyň aşaky ýarymynda has aýdyň duýulýar. Ýokary beýikliklerde ýyly we sowuk, pes we ýokary basyşly sebitleriň geografiki paýlanşyna baglylykda umumy ugry gübatardan gündogara tarap, ýa-da tersine, gündogardan günbatara tarap ugrugan okgunly akymlar hem duşýar. Okgunly akymlar esasy görnüşleri we olaryň esasy häsiýetnamalary aşakdaky tablisada görkezilýar.

Okgunly akymlaryň görnüşleri we olaryň esasy häsiýetnamaly.

Okgunly akymalaryň görnüşleri	Demirgazyk giňlikler gradus	Beýiklik km.	Ortaça tizligi m/sek	Max tizligi m/sek
Troposferada: Arktiki (gyşyna)	70-80	6-8	40	>100
Aram giňlik	45-65	8-12	50	>100
Subtropik	25-35	12-16	40-50	>100
Stratosferada: günbatar stratosfera (gyşyna)	50-80	20-25	40-50	>100
gündogar stratosfera (tomsuna)	50-80	16-20	30-40	>100
Ekwator	0-20	20-30	30-40	~50
Atmosferanyň ýokary gatlaklarynda: günbatar (gyşyna)		50-60	50-60	>100
gündogar (tomsuna)		50-60	40-50	>100

Ilki bilen troposferadaky okgunly akymalaryň seredeli. Arktiki okgunly akymlar gyşyna arktiki basseýiniň merkezinden uzakda çetki çälerinde duşýar. Bu akymyň oky 6-8 km ýekyn beýiklikde ýerleşýar. Akymyň ugry has-da durnuklydyr, tizligi bolsa ortaça 40 m/sek ýetýar, artliti okgunly akymlar köplenç aram giňlikleriň okgunly akymlary bilen goşylýar.

Aram giňlikleriň okgunly akymlary özleriniň ýokary hereketlilik bilen tapawutlanýarlar. Olar meridional ugry boýunça tutuş Ýer togalagynyň daşyna hem aýlanyp bilýarler. Bu okgunly akymlar gyşyna köplenç 8-10 km beýiklikde, tomsuna 9-10 km ýerleşýarler. Aram giňlikleriň okgunly akymlary ýylyň sowuk döwründe has-da ösendir. Olar günorta

tarap süýşüp subtropikleriň okgunly akymlyry bilen goşulyşyp ýokary tizlikli ýelli giň planetar zonalary hem emele getirip bilýarlar.

Subtropiki okgunly akymlar özleriniň geografiki ýerleşşi boýunça örän durnuklydyr, ýöne tomsuna olar birneme demirgazyga tarap süýşýärler. Demirgazyk ýarym şarda olar ýokary subtropiki antisiklonlaryň demirgazyk çäklerinde emele gelýarlar. Gyşyna bu akymlar demirgazyk giňligiň 25-35⁰ aralygynda ýerleşýarlar, tomsuna bolsa demirgazyk giňligiň 35 we 45⁰ -nyň aralygynda ýerleşýärler, ýöne kä ýerlerde olar ýene-de demirgazyga süýşüp bilýarlar. Bu okgunly akymlar gyşyna dürli beýikliklerde temperaturanyň keseleýin gradiýentiniň has-da uly bolýan döwründe ösendir. Okgunly akymyň okynda ýeliň ortaça tizligi 150-200km/sagat ýetip bilýar, aýry-aýry sebitlerde, meselem, Ýaponiýanyň üstünde käwagtlar 300-400 km/sagatdan geçýär. Bu okgunly akymlarda iň güýçli ýeller demirgazyk Afrikanyň üstünde, seýle kiçi we orta Aziýanyň üstünde duşýar.

Stratosferanyň okgunly akymlaryň ekwatorial okgunly akymlar degişli bolup, olar demirgazyk ýarym şaryň ýokary subtropiki antisiklonlarynyň günorta çäginde emele gelýarlar we gyşyna hem-de tomsuna duşýarlar. Ol gündogardan günbatara tarapa ugrugandyr. Bu akymyň oky 5-10 mb ýakyn beýiklik derejede ýerleşip, ýeliniň ortaça tizligi 30 m/sek golaý bolýar. Stratosferanyň günbatarky okgunly akymy gyşyna (noýabr-fewral) 60-70⁰ giňliklerde duşýar. Bu akymlaryň emele gelmegi polýar zonasynda polýar gijesi wagtynda howanyň güýçli sowamagy bilen şertlenendir. Şol zerarly adaty gije-gündiziň çalşyp gelýän 60-50⁰ giňlikleriniň we polýar sebitiniň howalarynyň arasynda temperaturanyň uly keseleýin gradienti döreýär. Şonuň bilen baglylykda “polýar gijeleriniň gyrasynda” gyşyna has-da aýdyň bolýan ýokary planetar frontal zonalar döreýär. Ol 15-18 km beýiklikde başlanýar we has güýçli

derejesine 20-25 km beýiklikde ýa-da ondan hem ýokarda ýetýär. Ýeliň ortaça tizligi 40-50 m/sek-da ýakyn bolyar.

Stratosferanyň gündogarky okgunly akymlary tomsuna duşýar we ýerleşşi gysyna günbatarky okgunly akymlaryňka ýakynadyr, ýöne olar ýokary beýikliklerde ýerleşýärler. Bu akym 30-35 km beýiklikde has aýdyň bolýar, onuň tizligi bolsa 30 m/sek - dan gowrak. Atmosferanyň ýokary gatlaklarynda duşýan okgunly akymlar häzirikçe az öwrenilen. Bu hem atmosferanyň ýokary gatlaklaryny raketalar arkaly öwrenmekligiň ýeterlikli toplumynyň ýoklugy bilen baglydyr.

Okgunly akymlardaky turbulentlilik. Okgunly akymlaryň zonasynda atmosfera turbulentliliginiň gaýtalanmasy we işjeňligi ýokary derejeli bolup geçýär. Bu bolsa esasy akymyň energiýasyny turbulentlilik energiýasyna üznüksiz geçirilmegi bilen şertlenen yeliň uly dikleýin gradientiniň täsirinde bolýar. Ondan başga-da okgunly akymlarda köplenç temperaturanyň hem uly dikleýin gradienti bolýar.

D.L.Laýhtman we B.A.Snaýdman okgunly akymlardaky atmosfera turbulentliliginiň parametrlerini belli bolan temperaturanyň we ýeliň dikleýin paýlanyşy boýunça hasaplamaklygyň ýakynlaşdyrylan işläp düzdiler. Hasaplama formulasynyň netijesine görä okgunly akymaň zonasyndaky ýeliň profili onuň okuna görä simmetrikidir we ondan başga-da geostrofiki ýeliň tizliginiň keseleyin gradienti nola deň. Bu çaklama görä, eger x - oky geostrofiki yeliň ugry boýunça ýerleşdirilse, onda turbulentliligiň parametrlerini - turbulentlilik koeffisientini $-K$, ýeliň keseleyin komponentleriniň pulsasiýa tizligi $-c^1$ we turbulent gatlagyň galyňlygy $-H$ kesgitlemek üçin şeýle deňlemeleri peýdalanmak mümkin:

$$K * \frac{d^2 u}{dz^2} + 2 w_z V = 0 ; \quad K * \frac{d^2 V}{dz^2} - 2 w_z (u - u_g) = 0$$

bu ýerde $w_z = w \sin \varphi$, w - Ýeriň aýlanmasynyň burç tizligi, φ - ýeriň giňligi. Turbulentliligiň häsiýetnamalaryny hasaplamak üçin degişli bolan paramaetrler şulardan ybarat : a)

okgunly akymyň okundaky we turbulentleşen gatlagyň daşyndaky hakyky ýeliň tizliginiň aratapawydy ; b) ýeliň tizliginiň has uly dikleýin gradienti bolan gatlagyň galyňlygy ; ç) temperaturanyň ortaça dikleýin gradienti we turbulentleşen gatlagyň gatlagyň ortaça temperaturasy.

Okgunly akymlaryň tebigaty. Okgunly akymlar temperaturanyň uly keseleýin gradienti häsiýetli bolan ýeliň tizliginiň çürt-kesik ýokarlanmagyny şerlendirýän planetar ýokary frontal zonalaryň içinde döreýär. Planetar ýokary frontal zonalaryň emele gelmeginiň sebäpleri barasynda dürli çaklamalar bar. Şeýlelikde, I. Nemaýesiň we F.Klappyň hasaplamagyna görä ýokary frontal zonalaryň emele gelmeginiň sebäbi dürli termiki häsiýetli howa massalarynyň biri-birine adwektiw golaýlaşmagydyr. H.P.Pogasyan hem adwektiw golaýlaşmanyň ornuny ret etmän planetar ýokary frontal zonalaryň we okgunly akymlaryň döremeginde ilki bilen ýer üstüne galtaşýan gatlakdan ýylylygyň akyp gelmegi bilen şertlenen temperaturanyň üýtgemekliginiň adwektiw däl faktorlarynyň hem az ähmiýete eýedigini belleýär.

Okgunly akymlaryň döreýşi barasyndaky teoriýa K.Rossbi tarapyndan hödürlenildi. Şol teoriýa laýyklykda orta giňliklerdäki keseleýin hereket edýän sirkulýasiýalar uzyn tolkun şekilli bolýarlar we ýyly howa toplumyny demirgazyga tarap, sowuk howanyň bolsa günorta tarap süýşmegine getirýär. Tolkunlaryň durnuklylygynyň bozulmagy netijesinde howanyň zonal häsiýetli süýşmeginiň bozulmagy giňlikleriň arasynda howa toplumlarynyň çalşygynyň güýçlenmegine we subtropiki zonada ýokary temperatura gradientli ýokary frontal zonanyň döremegine getirýär. Bu teoriýa diňe bir meterikleriň we okenlaryň üstünde däl-de , eýsem okeanlaryň dürli ýerlerinde hem okgunly akymlaryň okunyň ugry boýunça ýeliň tizliginiň deň ölçegsiz paýlanyşyny düşündirmäge mümkinçilik bermeýär.

§17. Bulutlar.

Bulutlar hem-de olardan ýagýan ygallar möhüm atmosfera hadysalaryna degişlidir. Olaryň bolmagy ýer üstüniň ýylylyk balansyna täsir edýär. Bulutlaryň döremeginde, ösmeginde we olaryň ýagmagynda bolup geçýän suwlaryň öwrülişigi erkin atmosferanyň ýylylyk düzgünine täsir edýär. Sonuň netijesinde bölünip çykýan ýa-da siňdirilýän ýylylyk sinoptiki masştably hadysalarda, sikloniki we antisikloniki döreýişlerde hem uly orun eýeleýär. Bulutlaryň bolmagy awiasiýa işlerine hem täsirini ýetirýär, çünki şeýle ýagdaýda atmosferada keseleýin we dikleýin görüş aralygy uzalýar hem-de olar uçaryň yranmagyna hem getirýär. Esasan-da uçuş üçin topbak-ýagyşly bulutlaryň zonasynda ösýän çabgalar howplydyr.

Soňky ýyllarda bulutlaryň mikrofiziki kadysalaryna işjeň gözegçilikler geçirilýär. Bulutlaryň fizikasynyň bu meselelerini öwrenmeklik esasan-da bulutlara we ýgallara işjeň täsir etmekligiň usullaryny işläp düzmek üçin zerurdyr. Şeýle hem bulutlaryň döremeginin we ösmeginiň termodinamiki şertleri öwrenilýär. Bu bolsa meteorologiýanyň çylşyrymly amaly meselesi bolan bulutlaryň we ygallaryň önünden çaklama maglumatlarynyň çözgüdini tapmakda uly ösüşe eýe boldy.

Bulutlaryň döremegine getirýän atmosfera hadysalary. Bulutlar atmosfera- ýer ulgamynda suwuň umumy aýlanşygynyň esasy halkasynyň biridir. Atmosferada suw buglarynyň kondensasiýalaşmagy netijesinde bulut damjalary ýa-da kristalalry emele gelýär hem-de olaryň jemi bulutlar diýip atlandyrylýar. Olaryň emele gelmegi atmosferadaky çylşyrymly termodinamiki hadysalar bilen baglydyr.

Emele gelýän bulutlaryň häsiýetli aýratynlyklary howanyň temperaturasyna we çyglylygyna, howanyň keseleýin we dikleýin hereketleriniň gurluşyna, radiasiýa şertlerine we

başgalara bagly bolýar. Öz gezeginde bulutlar hem töweregindäki meteorologiki şertlere işjeň täsir edýär: radiasiýanyň şöhlelenmegine we siňdirilmegine, ýylylyk düzgünine we başgalara. Çylşyrymly termodinamiki hadysalar bulutlaryň üznüksiz ewolýusiýasynyň bolmagyna getirýär. Bulutlylyk elementleriniň bir bölegi (damjalar ýa-da kristallar) olardan aşaklygyna ýagýan bolsa, başga bir bölegi täzedən döreýär, käbir elementleri bolsa bulutlarda temperaturanyň we çyglylygyň üýtgemegi netijesinde bugarýarlar. Bulutlaryň içinde olaryň mikrogurluşynyň üýtgemegine getirýän kondensasiýa, koagulýasiýa hadysalary bolup geçýär.

Bulutlaryň döremegi elmydama ýerli otnositel çyglylygyň çürt-kesik artmagy bilen bagly bolýar, netijede atmosferanyň ol ya-da başga bir bölegi suw buglaryndan doýgunlaşan bolýar. Onuň şeýle bolmagynyň esasy sebäbi howanyň ýerli sowamagydyr, bu hem köplenç adiabatiki (ýylylyk gelmezden ýa-da berilmezden howanyň ýagdaýynyň üýtgemegi); ýagdaýda bolýar. Käbir halatda adiabatiki däl sowamaklyk hem täsir edýär.

Adiabatiki sowamaklyk siklonlarda howada ýokarlanma hereketi wagtynda atmosfera frontlarynda, turbulent süýşmeklikde we ş.m. -de has-da köp bolýar. Daglaryň üstünde we deňizleriň hem-de okeanlaryň kenarýakalarynda howanyň ýokarlanma (beýgelme) hereketleri köplenç bu ýerde döreýär atmosfera tolkunlarynyň örküçlerinde döreýärler. Bulutlaryň döremegine täsir edýän adiabatiki däl hadysalara howanyň radiasiýa sowamaklygy we ýer üstüne galtyşýan otnositel sowuk howanyň ýylylyk çalşygy netijesinde bolýar howanyň sowamaklygy degişlidir.

Adiabatiki däl hadysalar ümürleriň we aşaky gatlak şekilli bulutlaryň döremeginde has-da uly orun eýeleýär. Olar atmosferanyň araçäk gatlagynda ýyly çygly howanyň adweksiýasy bolýan wagtynda ýer üsti bilen şöhlelenme we turbulent ýylylyk çalşygy zerarly sowamaklyk netijesinde,

ondan ýokardaky gatlakda inwersiýa ýa-da izotermiýa gatlagynyň bolmagy bolsa olardan ýokarky gatлага suw buglarynyň we kondensasiýa önümleriniň geçmegine päsgel berýär. Şoňa görä bu ýerde güýçli ösýän turbulentlik hem uly orun eýeleýär.

Bulutlaryň döremekliginiň ähli faktorlaryny hasaba alýan bulutlaryň emele gelmek hadysasynyň teoriýasy soňky ýyllarda ösdürildi. Ýöne bu meseläniň örän çylşyrymlydygy zerraly bulutlaryň döremeginiň we ewolýusiýasynyň diňe esasy kanunalaýyklyklarynyň teoriýasynyň anyklamak mümkin boldy.

Bulutlar- atmosferada suw damjalarynyň we buz kristallarynyň toplanmagy netijesinde emele gelýär. Buludy emele getirýän elementler örän kiçi bolup olar mikronlarda aňladylýar. Meselem, ýagyş damjalarynyň diametri 100-200 mk, hatda 1000 mk çenli hem ýetip bilýär.

Bulutlar görnüşleri ýerleşiş belentlikleri, suwlylygy we emele gelşleri boýunça tapawutlanýarlar hem-de olar halkara klassifikasiýasy boýunça 3- ýarus we 10- maşgala bölünýärler.

1. Ýokarky ýarus. Bu bulutlar köplenç 6-10 km belentlikde ýerleşýär. Olar ýelek şekilli, ýelek şekilli topbak we ýelek şekilli gatlakly bulutlardan durýar.

2. Ortaky ýarus. Muňa, ýokarky topbak we ýokarky gatlakly bulutlar häsiýetlidir. Olar 2-6 km belentlikde emele gelýärler.

3. Aşaky ýarus . Bulutlar 50-2000 m aralygynda ýerleşýärler. Olara gatlakly ýagyşly, gatlakly topbak we gatlakly bulutlar degişlidir.

Bulutlaryň esasy on görnüşi:

Ýelek şekilli - Cirrus (Ci)

Ýelek şekilli topbak bulut - Cirrocumulus (Cc)

Ýelek şekilli gatlakly bulut.- Cirrostratus (Cs)

Ýokarky topbak bulutlar - Altocumulus (Ac)

Ýokarky gatlakly bulutlar - Altostratus (As)
 Gatlakly-topbak bulutlar - Stratocumulus (Sc)
 Gatlakly- Stratus (St)
 Gatlakly ýagyşly bulut- Nimbostratus (Ns)
 Topbak bulutlar - Cumulus (Cu)
 Topbak - ýagyşly bulut - Cumulonimbus (Cb)

§18.Gatlak şekilli bulutlar.

Gatlak şekilli bulutlar atmosferada, esasanda aram we ýokary giňliklerde has-da köp ýaýrandyrlar . Frontal gatlak şekilli bulutlar bilen aram we ýokary giňliklerde ýagýan ygallaryň köp mukdary baglydyr. Ýokarda belleýşimiz ýaly bulutlaryň döremegi we ewolýusiýasy çyglylygyň geçirilişine we paýlanyşyna hem-de bulutlaryň emele gelýän gatlagynda howanyň temperaturasynyň üýtgeýiş häsiýetine bagly bolýar. Şonuň üçin bulutlaryň emele gelmek hadysasy matematiki taýdan differensial deňlemeler ulgamy görnüşinde ýazylýar we olar suw buglarynyň hem-de ýylylygyň süýşmekliginiň deňlemesinden düzüldendir.

Eger-de turbulentlik koeffisienti - K ýylylygyň hem-de suw buglarynyň süýşişi üçin birmeňzeş bolsa, keseleýin ugur boýunça turbulent ýylylyk, çalşygyny hem nula deň diýip hasaplasak hem-de radiasiýa ýylylyk çalşygyny hasaba almazdan howanyň çyglylygy we temperaturasy ýeliň ugruna perpendikulýar ugur boýunça (ýagny oý- okuň ugry boýunça) üýtgemeýän bolsa, onda şeýle şertde çyglylygyň we ýylylygyň süýşişiniň deňlemesini M.E.Şwes aşakdaky görnüşde ýazdy:

$$P(ds/dt + u \times ds/dx + w \, ds/dz) = d/dz (kp \times ds/dz) - m$$

$$dT/dt + u \, dT/dx + w (dT/dz + \gamma_a) = 1/p \times d/dz (Kp \times d\theta/dz) + Lm/Cp P$$

Bu ýerde, **s**-udel çyglylyk;

T- temperatura,

P-howanyň dykzlygy;

t- wagt;

Cp- hemişelik basyşdaky ýylylyk sygymy;

L -kondensiýa ýylylygy;

γ_a - temperaturanyň adiabatiki gradiýenti;

θ - potensial temperatura;

m- suw buglarynyň kondensasiýasynyň absolyút tizligi, ýagny wagtyň dowamynda göwrüm birliginde emele gelen suw damjalarynyň ýa-da buz kristallarynyň massasy;

u- howanyň keseleýin tizligi;

w- howanyň dikleýin tizligi

gatlak şekilli bulutlaryň döremeginde we ewolýusiýasynda tertipli dikleýin hereketleriň we turbulentligiň orny.

Howanyň tertipli ýokarlanýan hereketi köplenç troposferanyň aşaky ýarymynda pes basyşly sebitlerde bolýar. Olar esasan şepbeşiklik sürtülmesiniň güýjüniň täsirinde ýa-da atmosfera frontlarynyň zonasynda howanyň dinamiki ýokary galmagynyň täsirinde döreýär. Olaryň tizligi ondan bir bölekden onlarça sm/sek çenli üýtgäp durýar. Şeýle hem olar dar zonada has-da köp bolýarlar. Şeýle ýokarlanma hereketli zonalaryň umumy meýdany birnäçe million km² ýetýär.

Konwergensiýa sürtülmesiniň täsiriniň esasan troposferanyň aşaky ýarymynda bolýandygy sebäpli gatlak şekilli bulutlar 3-5 km beýiklikden ýokarda seýrek duşýar. Diňe atmosfera frontlarynyň golaýynda ýyly howanyň ýokarlanmagynyň bolýan ýerinde howanyň tertipli ýokarlanýan zonasy troposferanyň köp bölegini eýeläp bilýär, käwagt bolsa onuň ähli çägin eýeleýär we

bulutly gatlaklaryň tutuşlaýyn ulgamy emele gelýär. Olar ähli ýarusyň bulutlaryndan düzülendir.

Gatlak şekilli bulutlaryň temperatura meýdany.

Howanyň çyglylygy we bulutlaryň umumy çyglylyk şaklaýjylygy hem-de suwlylygy esasan bulutlyk zonasynyň temperatura şertlerine görä kesgitlenilýär. Howanyň temperaturasynyň dikleýin gradienti bulutlaryň dinamiki häsiýetlerine täsir edip , olaryň içindäki turbulent we konweksiýa hereketleriniň işjeňligini kesgitleýär.

Gatlak şekilli bulutlaryň içinde temperatura düzgüniniň aýratynlyklary barasynda empiriki maglumatlar häzirligçe azdyr. Esasan-da orta we ýokary ýaruslaryň bulutlaryna degişli bolup, aşaky ýaryslaryň bulutlary barasynda biraz maglumatlaryndy.

A.M.Borowikowyň gözegçilikleriniň netijesine görä Sc 64%, St 76% - gaýtalanmasy inwersiýasynyň aşagynda we inwersiýa gatlagynyň içinde ýerleşýär. Eger-de bulutlaryň üstünde inwersiýa bolmasa onda bu bulutlar köplenç halatda köp gatlakly frontal bulutlylygyň elementi bolup durýar. Sc we St bulutlaryň içinde temperaturanyň paýlanyşy A.N.Nrgianyň hasaplamasy boýunça iki ýagdaýda bolup biler:

1) bulutly gatlakda çygly adiabatiki ýagdaýa ýakyn bolan temperaturanyň hemişelik diýen ýaly gradienti bolýar.

2) bulutlaryň aşaky we merkezi böleginde çygly adiabatiki ýagdaýa ýakyn bolan temperatura gradienti saklanýar, ýokary bölegi bolsa bulutdan ýokarky inwersiýa gatlagynyň içinde ýerleşýär.

Bulutlaryň üstünde döreýän inwersiýa dinamiki we radiasiýa gelip çykyşy bolup bilýär. Ilki bilen dinamiki inwersiýa seredeliň. Eger-de atmosferada bulutlaryň ýerleşen gatlagynda we ondan ýokarda howanyň

ýokarlanýan dikleýin hereketi aşak düşme (aşaklanma) hereketi bilen çalşyrylsa, onda howanyň dinamiki aşak düşmegi zerarly temperatura ýokarlanyp başlaýar, ýöne bulutlaryň üstünde şeýle ýokarlanma çalt bolup geçýär, çünki bulutlaryň içinde temperaturanyň ýokarlanmagy ýylylygyň bir böleginiň bugaryjylyga sarp edilýändigini sebäpli haýal bolup geçýär.

Bulutlylyk inwensiýasynyň radiasiýa taýdan döreýşinde bolsa, hasaplamalaryň görkezişi ýaly gatlak şekilli bulutlaryň ýokarky bölegi Günden gelýän infragyzyň radiasiýanyň ählisini diýen ýaly özüne siňdirýär. Onuň şeýle bolmagyna bulut damjalarynyň we buz kristallaryň siňdirijilik koeffisientiniň oňa bolan gatnaşygy suw buglarynyňkydan 10-esseden hem köp bolmagy mümkinçilik berýär. Radiasiýany siňdirmekligiň hasabyna bulutlaryň ýokarky böleginiň gyzmagy $0,5^{\circ}$ sagada ýetýär.

Radiasiýa sowamaklyk bolsa bulutlaryň şöhlenmesi bilen baglylykda has-da işjeň bolup geçýär. Bu sowamaklyk bulutlaryň ýokarky böleginde 50-60 m gatlagynda has aýdyň duýulýar we $7-8^{\circ}$ ýetýär. Ilki başda sowamaklyk örän çalt bolup geçýär, soňra ýuwaş-ýuwaşdan haýallaýar we 2-2,5 sagatdan soňra tamamlanýar. Temperaturanyň keselmegi suw buglarynyň kondensasiýasynyň güýçlenmegine we bulutlaryň suwlylygynyň artmagyna getirýär. Bulutlaryň ýokarky böleginiň radiasiýa sowamaklygy bu ýerde temperaturanyň dikleýin gradientiniň artmagyna getirýär we turbulentlylygiň hem-de konweksiýanyň ösmegi üçin amatly şert döredýär.

Gatlak şekilli bulutlaryň diňişlik boýunça paýlanyşy.

Gatlak şekilli bulutlaryň meýdany ägirt uly çägi eýeläp bilýär. N.I.Mazuriniň maglumaty boýunça

demirgazyk ýarym şarynyň üstünde bulutlylygyň bolmagynyň 70%-den (esasan gatlak şekilli bulutlardan düzülen) gowragynyň meýdany 0,25-den 4 mln. km² ýetýär. Gysyna gatlak şekilli bulutlaryň beýleki görnüşli bulutlara garanda has-da agdyklyk edýän döwründe bulutlylygyň meýdanynyň gaýtalanmasynyň ýyrysýandan gowragy 0,6-dan 3 mln. Km² eýeleýär. Bulutlylyk meýdanynyň 66%-siklonlar bilen baglydyr.

Gözegçilikleriň maglumatlarynyň görkezişi ýaly gatlak şekilli bulutlar atmosfera frontlarynyň zonasynda; atmosferanyň araçäk gatlagynyň içinde we tropopauzanyň aşagynda köp döreýär. Troposferanyň orta böleginde olar ýokarda görkezilen gatlaklara garanynda üç - dört esse seýrek duşýar. Araçäk gatlagyň içinde bu buludyň gaýtalanmasynyň ýokary bolmagy bu ýerde howanyň çyglylyk saklaýjylygynyň ortaça has ýokary bolmagy bilen düşündirilýär.

Ýyly frontyň bulutlylyk ulgamy

Ýyly frontyň bulutlylyk ulgamy iki bölekden frontdan ýokarky (front üsti) we fronasty durýar. Fronüsti bulutlar ýeke şekilli bulutlardan we gatlak şekilli bulutlardan Cs, As, Ns durýar.

Frontalasty bulutlylyk frontdan aşakda sowuk howada ýerleşýär we ýagyşly, gatlakly hem-de gatlakly topbak bulutlardan durýar. Bu bulutlar esasan sowuk howada işjeň turbulent süýşmekligi zerarly döreýärler. Olaryň bolmagy bu ýerde frontal üstki bulutdan ýagýanlygallaryň bugarmagy zerarly howanyň güýçli çyglanmagyna getirýär.

Gatlak şekilli bulutlaryň giňişlik boýunça paýlanyşy. Ýyly frontyň bulutlylygynyň ön gyrasy (öňi) frondan birnäçe ýüz kilometr (600-700 km çenli) öňde ýerleşýär, onuň uzynlygy bolsa frontyň uzaboýuna görä 2-3 mün km. ýetýär. Bulutlylyk ulgamynyň esasy bölegi

frontdan 200-300 km aralykda ýerleşýär. Olar Ns-As bulutlaryndan düzülen tutuşlaýyn bulutlylyk toplumyny emele getirýärler.

Ns-As bulutlylyk ulgamynyň umumy dikleýin galyňlygy siklonyň merkeziniň golaýynda has-da ulydyr. Şeýle hem ol siklonyň ösüş döwrüne hem baýlydyr. Şoňa görä-de sikloniki işjeňlik näçe ýokary bolsa, şonça-da bulutlaryň galyňlygy (dikligine) uly bolýar. Umuman ýyly frontyň golaýyndaky bulutlylygyň gurluşy uly masştably tertipli dikleýin hereketler bilen kesgitlenilýär. A.F.Dýubýukanyň hasaplamasy boýunça ýyly frontyň üstünde tizligi 10-12 sm/sek geçmeýän ýokarlanýan dikleýin hereketleriň tutuşlaýyn zonasy ýerleşýär. Frontalasty üstde bolsa howanyň dikleýin hereketi bolmaýar. Şoňa görä-de frontal asty bulutlylygyň döremegine esasy sebäbi turbulentlilik bolup durýar. Hakykatdan hem bu ýerde turbulent sowamaklyk bilen baglylykda döreýän bulutlaryň görnüşleri duşýar.

§19.Sowuk frontlaryň bulutlylyk ulgamy.

Sowuk frontyň bulutlylyk ulgamynyň gurluşy frontyň görnüşine bagly bolýar. Sowuk frontyň 1-nji görnüşiniň bulutlylyk ulgamy ýagny sowuk frontyň haýal hereket edýän bölegi köp babatda ýyly frontyň bulutlylyk ulgamy bilen meňzeşdir. Olaryň ikisinde-de frontal bölünmäniň üstünde ýyly howanyň ýuwaş-ýuwaşdan ýokary galmagy zerarly gatlak şekilli bulutlaryň Ns-As-Cs ulgamy döreýär.

Umuman sowuk frontyň gatlak şekilli bulutlarynyň toplumynyň dikleýin we keseleýin uzalyp gidişi ýyly frontyň bulutlylygyna garanda azdyr. Sowuk frontyň bulutlylyk ulgamynyň keseleýin ölçegi 150-250 km-den seýrek halatda geçýär, ýagny olar ýyly frontyň

bulutlylygyndan birnäçe esse azdyr. Sowuk frontyň bulutlylyk ulgamynyň 2-nji görnüşiniň häsiýetli aýratynlygy bolup bu frontyň üstünde orta we ýokary ýarusyň bulutlarynyň elmydama döremeýändigini durýar. Bu bolsa birnäçe km beýiklikde (köplenç 3-5 km-den) howanyň ýokarlanýan hereketiniň aşaklaýan hereketi bilen çalyşmasy bilen bagly bolýar. Şeýle hem sowuk frontyň golaýynda howanyň dikleýin hereketi örän ýokary tizlikli bolup, ol 20-30 sm/sek ýetýär. Frontyň aşaky böleginden ýokarlygyna tarap hereket edip başlan howa bölejikleri hiç haçan frontyň ýokarky çägene çenli üznüksiz ýokarlanmaýar. Frontyň zonasynyda dikleýin hereketleriň meýdanynda olaryň tizligi we beýleki alamatlary güýçli üýtgäp durýar.

Gatlak şekilli bulutlaryň mikrogurlyşy. Bulutlaryň häsiýetleriniň mikrogurlyşyna bulutlylyk elementleriniň ýagdaýy, ölçegi we bulutlaryň suwlylygy barasyndaky we beýleki maglumatlar degişlidir. Gatlak şekilli bulutlaryň uly giňişlik ölçegi we ondaky temperaturanyň uly araçäkde üýtgäp durmagy bu ýerde bolup geçýär mikrofiziki şertleriň köpdürli bolmagyny şertlendirýär.

St we Sc köplenç damjaldan düzülen bulutlar bolup durýar. Diňe gysyna örän pes temperaturada olar käwagt damjaldan we kristallardan durýar. Tomsuna orta giňliklerde bu bulutlar položitel temperaturaly zonada ýerleşýärler hasyllaryň geçiş döwründe hem-de gysyna olar adaty has sowan damjaldan durýar.

A.M.Borowikowyň maglumaty boýunça St-ky damjalaryň ortaça radiusy 2,8-den 7,6 mk çenli, Se-ky bolsa 5,1-den 12,8 mk çenli üýtgäp durýar. Köplenç halatda bulutlaryň içinde damjalaryň ölçegi beýiklik boýunça ulalýar, esasan-da buludyň aşaky ýarymynda ol has çalt bolup geçýär. Diňe St we Sc bulutlaryň in ýokary

çäginde damjalaryň ölçeginiň kiçelmesi bolup geçýär, çünki bu ýerde olaryň bugarmasy bolup geçýär. Bulutlaryň ýagmagy bilen damjalaryň udel sany we olaryň ölçegi ýuwaş-ýuwaşdan azalýar.

Esasan-da frontal gatlak şekilli bulutlaryň Ns-As mikro gurluşy çylşyrymlydyr. Olaryň ýagdaýy köp dürli bolup öz içine ýyly damjaly ($t^0 > 0$) zonasy ýa-da has sowan damjaly ($t^0 < 0$) zonany alýar. Şeýle hem has sowan damjaly we kristallar bilen garyşan zonasy öz içinde alýar. Köplenç halatda Ns-As bulutlaryň aşaky bölegi damjalardan düzülen bolup, ýokarky bölegi garyşyk ýa-da kristallardan durýar. Damjaly bulutlaryň bolmagynyň 90% sowan ýagdaýda bolýar. Ähli galyňlygy damjalaryň we kristallaryň garyşyk ýagdaýynda bolýan, bulutlar seýrek duşýar. Kristally bulutlaryň gaýtalanmasy gyşyna köp bolup Ns-As bulutlaryň ähli galyňlygynda kristallar agdyklyk edýär. Garyşyk ýagdaýdaky bulutlarda damjalaryň ölçegi diňe damjaly bulutlara garanda kiçi bolýar. Emele gelýän kristallaryň ölçegi şol zonanyň temperaturasyna bagly bolýar. Şeýle hem kristallaryň ösüş döwründe-de olaryň şekili üýtgeýär. Meselem, bulutlarda 1-2 sagadyň dowamynda kristallaryň şekiliniň doly üýtgeýär halatlary bolýar.

Kristallaryň diňe bir şekiliniň däl-de eýsem beýleki bulutlaryň mikrogurluşlarynyň häsiýetleri onuň ewolýusiýa ösüşine bagly bolýar. E.G.Zakyň maglumaty boýunça bulutlarda howanyň ýokarlanýan hereketi agdyklyk edýän wagty Ns-As bulutlary garyşyk mikrogurluşly bolýalar. Damjalaryň bugarýan bölegi we suw buglarynyň kristallara kodeksirlenmegi çygly howanyň ýokary galmagy bilen damjalaryň täzedan döremeginiň hasabyna doldurylýar.

Ýokarky ýarusyň gatlak şekilli bulutlarynyň mikrogurluşy barada maglumatlar häzirlilikçe az. Weykmanyň hasaplamasy boýunça kristallaşma şertlerine baglylykda ýelek şekilli bulutlar dürli görnüşdäki kristallardan durýar. Kristal buz bölejikleriniň esasy görnüşi prizma şekilli bolup olaryň içinde boşluklar hem ýerleşýär. Şeýle hem kesgitli bir şekilleri bolmadyk kristallar hem duşýar.

Gatlak şekilli bulutlaryň suwlylygy. Häzirki döwre çenli gatlak şekilli bulutlaryň suwlylygy barada köp mukdarda empiriki maglumatlar toplandy, ýagny buludyň göwrüm birligindäki suwuk haldaky damjalaryň (ýa-da kristallaryň) mukdary barasyndaky maglumatlar.

Frontal bulutlar Ns-As-ls suwlylygyny öwrenmeklige uly üns berilýär, çünki olardan ýer üstüne düşýän ygalyň köp bölegi ýagýar. Bar bolan maglumatlaryň köpüsi Ns-As bulutlara degişli bolup, olaryň gysyna 2,5-3 km-den tomsuna 3,5-4 km-den ýokary geçmeýänlerini häsiýetlendirýär W.E.Minerweniň we S.N. Burkowskiýniň ölçegleriniň görkeziji ýaly Ns-As bulutlarynyň damjaly bölegindäki suwlylyk 0,002-1,55 g/m³ bolup, Ns-ortaça suwlylygy 0,22 g/m³, As-0,17 g/m³ deň. Bulutlaryň suwlylygy howanyň temperaturasyňa hem bagly bolýar. Bu baglanyşygy hil taýdan aşakdaky görnüşde düşündirmek mümkin. Bulutdaky howanyň umumy çyglylyk saklaýjylygy aşakdaky görnüşe deň:

bu ýerde S-howanyň agramy birligine gatnaşdyrylan suw buglarynyň we suw damjalarynyň massasy S-howanyň udel çyglylygy, p-howanyň dykzlygy, M-buludyň suwlylygy.

Aşaky ýarusyň gatlak şekilli bulutlarynda suwlylygyň ortaça dikleýin paýlanyşy buludyň aşaky araçäginden ýokarky çägene çenli ýuwaş-ýuwaşdan

artmagy bilen häsiýetlenýär. Ýöne suwlylygyň iň ýokary derejesi buludyň ýokary çäginden birneme aşakda bolýar, iň ýokarsynda bugarma hadysasy bolýar we buludyň ýokarky bölegi köplenç inwersiýa ýa-da izotermiýa gatlagynda ýerleşýär. Ns-As frontal bulutlarda suwlylygyň giňişlik boýunça paýlanyşy has-da çylşyrymlydyr, çünki ol bu ýerde howanyň dikleýin hereketiniň tizligine bagly bolýar.



10-nji surat. Atmosferada bulutlylyk

§20. Tolkun şekilli we topbak şekilli bulutlar

Tolkun şekilli bulutlar atmosferada örän köp duşýarlar. Olary iki sany uly topara bölmek mümkin. Olaryň birinjisine aýdyň tolkun şekilli bulutlar, ýagny gysga atmosfera tolkunlarynyň örküçlerinde howanyň ýokarlanma hereketini zerarly dörän bulutlar degişli, ikinjisine - özüniň emele gelişi taýdan gatlak şekilli bolup, ösüş döwründe tolkun şekilli gurluşa eýe bolan bulutlar degişli. Bu bulutlaryň tolkun şekilli gurluşlary köplenç olaryň diňe ýokarky araçäginde has aýdyň duýulýar, asagynda bolsa olar adaty gatlak şekilli bulutlar ýaly görünýär.

Aýdyň tolkun şekilli bulutlara daglyk sebitlere mahsus bolan Ac und. we has seýrek duşýan Cc und degişli etmek mümkin. Orografiki Ac und bulutlary surata düşürilip öwrenilende onuň gerşleriniň akymyň ugruna görä keseleýin ýerleşendigi anyklanyldy. Ýylyň ýyly döwründe irdenki Ac und köplenç gündizine dargaýar ýa-da adaty topbak bulutlara öwrülýär. Şeýlelikde orografiki tolkunlaryň parametrleri diňe bir dinamiki faktorlara bagly bolman, eýsem gerşiň temperaturasynyň daşky gurşawyň temperaturasyndan tapawydyna hem bagly bolýar. Buzluklar ýa-da garlar bilen örtülen dag gerşleriniň üstünde orografiki tolkunmalar güýçlenýär. Ýöne zerur bolan empiriki maglumatlaryň doly ýeterlik däldigi zerarly bu sorag gutarnykly çözülen däldir. Tolkun şekilli bulutlar (Sc und, Ac und ...) diňe daglaryň üstünde däl-de, deňziň kenarlaryna ýakyn ýerlerde hem duşýar. Meselem, Ýeriň meteorologiki hemralary arkaly alnan bulutlylyk meýdanynyň suraty Gwadelupa (Karib deňzi) adasynyň ýel öwüsýän kenarynda köplenç uzynlygy 55 km

ýetýän tolkun şekilli bulutlylygyny ulgamyny görkezýär. Ýeliň ugry bilen onuň arasyndaky burç 32^0 ýetýär.

Kenarýakalarynda (dagkyk sebitlerinde) tolkunly bulutlaryň döremeginiň sebäbi bolup atmosferada ýeliň we howanyň temperaturasynyň (dykzlygynyň) çürt-kesik dikleýin gradientiniň bolmagy hyzmat edip bilýär. Kenarýaka sebitlerinde şeýle zonalar köplenç briz sirkulýasiýasynyň ýokarky araçäğine ýakyn ýerde döreýär, daglyk sebitlerde bolsa dag-jülge sirkulýasiýasynyň ýokarky çäginde döreýär. Görkezilen beýikliklerde hereket edýän tolkunlaryň döremegine has-da amatly şert döreýär. Daglyk sebitleriniň tolkun şekilli bulutlarynyň görnüşlerine mejerem (kösükli ösümlik) şekilli bulutlar (lentikularus), ýagny ähli üç ýarusda hem duşýan bulutlar (Sc lent, Ac lent, Cc lent.) häsiýetlidir. Olardan has köp duşýany Ac lent bulutlarydyr. Krymda orografiki bulutlara Ac lent geçirilen gözegçilikleriň görkezişi ýaly bu bulutlar gerşleriň ygysak tarapynda ýeliň tizligi we ugry beýikligi boýunça az üýtgeýän bolsa duşýar. Bu bulutlary haýallandyrylan kinosýomka düşürip öwrenilende gerşleriň ýel öwürýän tarapynda bulutlaryň täzeden döremegi bolup geçýändigini, ygysak tarapynda bolsa olaryň dargaýandygy öwrenildi.

Tolkunlaryň durnuklylygyny ýitirmegi bilen olaryň amplitudasy artýar, tolkunlaryň örküçleri önüne tarap egilýär. Ahyrynda bolsa akymda tolkunlaryň ýerine içinde aýlawly tüweleýi bolan sirkulýasiýa öýjükleriniň (merkezleriniň) toplумы döreýär. Şoňa görä-de uzaboýuna (akymyň ugruna görä) ýa-da keseleýin spiral şekilli tüweleýler döräp bilýär. Şeýle hem merkezli sirkulýasiýalar käwagt topbak bulutlaryň ösüşinde hem gabat gelýär we olaryň ýerleşişini tertipleşdirýär.

Topbak şekilli bulutlar. Ýokarda belläp geçişimiz ýaly topbak şekilli bulutlar konweksiýa zerarly döreýärler, ýagny howanyň aýry böleginiň kondensasiýa derejesine we ondan hem ýokaryk galanda döreýär. Şeýle ýokary galmaklyk şol

howanyň dykzylygynyň töweregindäki gurşap alýan howanyň dykzylygyndan pes bolmagy sebäpli bolýar. Diňe frontal zonalarda we daglaryň ýel öwürýän tarapyň üstünde mejbury konweksiýa, ýagny howanyň daşarky dinamiki faktorlar sebäpli ýokary galmagy uly orun eýeleýär.



11-nji surat. Topbak şekilli bulutlar

Konweksiýanyň döremegi we ösmegi üçin atmosferanyň araçäk gatlagynda stratifikasiýanyň durnuksyz bolmagy zerurdyr. Termiki konweksiýada (erkin) stratifikasiýa atmosferanyň ýer üstüne galtaşýan gatlagynda bolmalydyr. Eger konweksiýa dinamiki sebäpden döreýän bolsa, onda durnuksyzlyk dinamiki faktorlaryň täsiri hasaba alarlyk derejeden az bolan beýiklikden ýokarda duýulmalydyr. Topbak bulutlara dikligine gowşak ösen Cu hum, Cu med, Cu cong bulutlary degişli bolup, olardan ýer üstüne gelip ýetýän ygallar ýagmaýar. Bu bulutlaryň aşaky araçägi aram giňliklerde ýer üstünden 0,5-1,5 km beýiklikde ýerleşip, Cu hum - galyňlygy ýüzlerçe metre, Cu cong - 4-5 km ýetýär. Bu toparyň ähli bulutlary damjaly bolup ýazyna we güýzüne olar sowan ýagdaýda bolýarlar. Topbak bulutlar günortana ýakyn wagtda döräp agşamara hem dargap bilýärler.

Topbak -ýagyşly bulutlar. Eger Cu cong bulutlarynyň ýokarky böleginde damjalar kristallara öwrülýän bolsa, onda bu bulutlar topbak-ýagyşly bulutlara (Cb) öwrülýär we olaryň häsiýetli aýratynlygy olardan ýer üstüne gelip ýetýän ygallaryň (käwagt çabgalaryň) ýagmagydyr. Cb üçin uly göwrümli elektrik zarýadlary häsiýetli bolup, olar buludyň zonasynnda güýçli elektrik razrýadlarynyň bolmagy sebäpli döreýär.



12- nji surat. Topbak ýagyş şekilli bulutlar.

Ýagyşly topbak bulutlar frontyň zonasynnda adaty fronta parallel ýerleşen zolak görnüşinde ýerleşýärler. Ýeriň meteorologiki emeli hemralaryndan alnan bulutlaryň suratyndan görnüşi ýaly ýeliň ugruna parallel ugrugan Cb-ň hatarlarynda bulutlaryň arasyndaky aralyk 50-70 km ýetýär. Radiolokasiya gözedçiliginiň maglumatlary boýunça Cb-ň ýokarky böleginiň ösüşiniň tizligi aýry-aýry döwürlerde 20-25 m/sek ýetip, onuň ortaça görkezijisi 1-3 m/sek deň. Şoňa görä-de köp belentlikli bulutlarda olaryň ösüş tizligi birmeňzeş däl. Konweksiýa gatlagynyň durnuksyz stratifisirlenen böleginde toplanan energiýanyň gory zerarly Cb-ň ýokarky

bölegi käwagt tropopauza , hat-da stratosfera hem girýär. Cb-ň içinde bolýan dikleýin hereketleriň tizligi asakdaky tablisada görkezilýär. Ösýän Cb-ň okundan ýokarky bölekde adaty howanyň ýokarlanýan hereketiniň tizligi 2-3 m/sek-dan 6-8 m/sek çenli bolýar. Şonuň ýaly hereket onuň ýokarky böleginden 200-300 m ýokarda hem duýulýar. Ösýän Cb-ň üstünde döreýän howanyň ýokarlanýan akymy häzirligçe gutarnykly öwrenilen däldir.

Cb-da dürli beýikliklerde ýokarlanýan konwektiw akymyň tizliginiň gaýtalanýşy, % (Baýers we Brayem boýunça).

Dikleýin tizligi,fut /sek	6	B 11	E 16	Ý 21	K 26	L 5	I 10	K 15	10³ 20	fut. 25
	FL O-	RI -	DA			O -	HA -	ÝO		
0-9,9	21, 0	5,8	10,7	2,1	7,9	16, 6	12, 9	8,7	14,7	3,7
10-19,9	44, 8	40, 2	36,0	36, 6	29, 0	75, 0	41, 6	38,0	34,5	24, 6
20-22,9	29. 0	36, 8	25,3	28, 8	35, 5	8,8	22, 2	23,8	28,0	30, 2
30-39,9	5,2	6,9	21,4	13, 4	18, 4		20, 4	21,0	11,4	22, 6
40-49,9	-	2,3	3,9	8,7	5,3		2,9	4,7	4,8	7,5
50-59,9	-	5,8	0,9	2,9	2,6			2,9	6,6	5,7
60-69,9	-	-	-	-	1,3			0,9		3,8
70-79,9	-	1,1	0,9	0,9						
80-89,9	-	1,1								1,9
90-99,9	-	-	0,9							
BOLAN SANY	38	87	103	104	76	12	108	105	61	53

1 FUT= 30,48 sm

Indi bolsa Cb-ň zonasyndaky howa akymalarynyň häsiýetlerine seredeliň. S.M Şmeteriň ölçeglerine görä Cb-ň üstünde we onuň ýokarky böleginiň gapdallarynda tizligi we ugry çürt-kesik üýtgäp durýan ýeller öwürsýär. Ýeliň tizliginiň üýtgeýşiniň amplitudasy 5-10 m/sek ýetýär, ugrunyň üýtgeýşi 25-30⁰ bolup, käwagt ýelleriň 120-130⁰ aýlanmasy (öwrülmesi) hem bolýar. Netijede bulutlaryň ösmeginde atmosferanyň basyş we çyglylyk ýaly parametrleriniň hem täsiriniň ulydygyny aýtmaga esas bar.

Stratosferadaky we mezosferadaky bulutlar.

Stratosferada we mezosferada howanyň örän gurak bolmagy bu ýerde bulutlaryň döremegine päsgel berýär, ýöne şeýle-de bolsa olarda bulutlaryň duşýan sebitleri bar. Olara tropopauza we oňa ýanaşýan stratosferanyň bölegi (ýokarky ýelek şekilibulutlar), 20-30 gatladaky (perlamutry-dury ak bulutlar) we ,ahyrky, mezosfernyň ýokarky böleginde 70-den 90 km çenli beýiklikde duşýan kümüşsow bulutlar degişli. Häzirlikçe stratosferadaky we mezosferadaky bulutlar ýeterlik derejede doly öwrenilmändigini hem bellemrk gerek.

Ýokarky ýelek şekilli bulutlar. Ýokarky ýelek şekilli bulutlar, ýagny troposferadan daşarky bulutlar iki görnüşli bolýarlar. Olaryň birinjisine troposferada döräp ol ýa-da başga sebäplere görä tropopauza hat-da ondan hem ýokaryk aralaşan bulutlar degişli. Şeýle hadysa has işjeň ösýän konweksiýanyň täsirinde bolup bilýär. Tropopauzanyň ýokarky bölegine we aşaky stratosfera käwagt ýelek-gatlakly bulutlar hem ararlaşýar. Şeýle aralaşmaklyk tropopauzanyň aýyk ýerinden, meselem, okgunly akymlara ýakyn ýerden amala aşyp bilýär. Tropopauzanyň ýokarky bölegine we ondan-da ýokaryk aralaşan bulutlar bu ýerde howanyň çyglylygynyň azlygy sebäpli çalt dargaýarlar.



13-nji surat. Ýelek şekilli bulutlar ýokarky gatlaklarda



14-njisurat. Ýelek şekilli dykyz bulutlar.

EDEBIÝATLAR

Esasy:

1. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistanda Saglygy Goraýyşy ösdürmegiň ylmy esaslary. Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2007.
2. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Mälikgulyýewiç Berdimuhamedowyň ýurdy täzeden galkyndyrmak baradaky syýasaty. Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2007.
3. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň daşary syýasaty wakalaryň hronikasy. Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2008.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Döwlet adam üçindir. Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2008.
5. Петросянц М. А., Хромов С. П., Петросянц М. Ц., [Метеорология и климатология](#)серия: "[Классический университетский учебник](#)", Изд.: Издательство Московского университета\ 2004.
6. Хромов С.П., Петросянц М.А., [Метеорология и климатология](#)серия: "[Классический университетский учебник](#)", Изд.: Издательство Московского университета, наука/интерпериодика маик. 2006.
7. Моргунов В. К., [Основы метеорологии, климатологии. Метеорологические приборы и методы наблюдений](#) серия: "[Высшее образование](#)", Изд.: Сибирское Соглашение, Феникс, 2005.
8. Семенченко Б. А., [Физическая метеорология](#). Изд.: Аспект пресс, 2002.
9. Пинус Н.З., Шмeтер С.М."Аэрология" Л.: Гидрометиздат С-Петербург.: 1995.
10. Зайцева Н.А.,Шляпов В.И. "Аэрология" Л.: Гидрометиздат, 1988.

Gosmaça:

11. Атмосфера. Автор: ред. Седунов Ю.С. Издательство: Гидрометеиздат, 1991.

12. Хромов С.П. "Метеорология и климатология для географических факультетов" Л.: Гидрометиздат 1983-89 гг

Mazmun

Giriş	7
§1. Aerologiki maglumat ulgamy.....	10
§2. Atmosferanyň gurluşy we dikleýin häsiýetnamalary	12
§3. Atmosferada azon.....	15
§4. Erkin atmosferanyň gaz düzümi.....	19
§5. Atmosferada suw buglary.....	22
§6. Atmosferanyň şöhle düzgüni.....	26
§7. Erkin atmosferanyň ýylylyk düzgüni.....	30
§8. Erkin atmosferada howa akymlary.....	35
§9. Ýelleriň ortaça tizligi.....	40
§10. Erkin atmosferada turbulentlik.....	45
§11. Ýeliň keseleýin (gorizontal) häsiýetnamalary.....	49
§12. Ýel meýdanynyň mezogurluşy we turbulentlik.....	53
§13. Atmosfera turbulentliginiň howa gämileriniň uçuşlaryna täsiri.....	55
§14. Okgunly akymlar.....	60
§15. Okgunly akymlaryň hereketi.....	66
§16. Okgunly akymlaryň giňişlik boýunça paýlanyşy...	69
§17. Bulutlar.....	74
§§18. Gatlak şekilli bulutlar.....	77.
§19. Sowuk frontlaryň bulutlylyk ulgamy.....	82.
§20. Tolkun şekilli we topbak şekilli bulutlar.....	87
Edebiýat.....	94