

Зертханалық жұмыс № 11

Жер

Жұмыстың мақсаты: Жердің геосфералық қабықтарының физикалық қасиеттері мен құрамын сипаттау және есептерді шешу.

Құралдар-жабдықтар: глобус, Жердің құрылымын көрсететін плакаттар.

Жұмысты орындау үшін алдын-ала білу керек мәліметтер:

1. Жер және оның құрылымы.
2. Жергілікті уақыттың географиялық бойлықпен байланысы.
3. Географиялық координаттар (ендік және бойлық) жүйесі.

Қысқаша теориялық мәліметтер

Жер – Күннен 1 *а.б.* орташа қашықтықта үшінші орналасқан, айналу кезеңі 1 *жыл* болатын Күн жүйесінің планетасы. Жер Күн жүйесінің барлық басқа планеталарынан гидросфера мен биосфераның болуымен, сондай-ақ жер қыртысы мен атмосфераның үлкен динамикалық белсенділігімен ерекшеленеді.

Қатты бөліктің құрылымы: қыртыс – тығыздығы $2,8 \text{ г/см}^3$ болатын ең сыртқы және жұқа (10-100 *км*) қатты қабықша; сыртқы (қалыңдығы 850-900 *км*) және төменгі болып бөлінетін мантия, онда температура оның затының балқу нүктесіне жақын (шамамен 3000 *км* тереңдікке дейін); сыртқы (сұйық) және ішкі (қатты ядро – орталықтағы тығыздық $12,5 \text{ г/см}^3$, температурасы 4000-5000 *К*) болып бөлінетін ядро.

Жердің *атмосферасы* азоттан ($\approx 78 \%$), оттегіден ($\approx 21\%$), аргоннан ($\approx 0,9 \%$), көмірқышқыл газынан ($\approx 0,03\%$), басқа газдар мен аэрозольдердің аз қоспаларынан тұрады; негіздегі орташа температурасы 288 *К*. Температураның жоғарылауы озонның ыдырауының фотохимиялық реакциясы салдарынан 20-25 *км* биіктікте басталады. Озон 200-ден 300 *нм*-ге дейінгі аймақта ультракүлгін сәулеленуді сіңіреді, бұл атмосфераны жылытады. Мезосфераның үстінде температуралық минимум – мезопауза орналасады. Жоғары температура атомдық оттегінің иондануына байланысты 150-300 *км* биіктікте Күннің жұтылатын ультракүлгін сәулелену энергиясының арқасында қайтадан өсе бастайды. Мезопаузаның үстінде температура шамамен 400 *км* биіктікке дейін үздіксіз өседі, онда ол күндіз Күн белсенділігінің максимум

дәуірінде 1800 К-ға дейін жетеді, ал минимум дәуірінде ол 1000 К-дан аз болуы мүмкін. 400 км-дан биіктікте атмосфера изотермді. 100 – 120 км биіктіктен басталатын атмосфераның иондалған қабаттары иондар мен электрондардың концентрациясы бірдей және плазма жалпы бейтарап болатын ионосфераны құрайды; 300 км биіктікте ол күндіз шамамен 1 см^3 -те 10^6 ионды құрайды. Мұндай тығыздықтағы плазма ұзындығы 20 м-ден асатын радиотолқындарды шағылыстырады және қысқа толқындардың өтуіне мүмкіндік береді; Жер беті маңындағы магнит өрісі шамамен 0,5 Э құрайды. Бірінші жуықтауда Жердің магниттік өрісі Жердің орталығынан 342 км қашықтықта орналастырылған $8,4 \cdot 10^{25} \text{ Гс} \cdot \text{см}^3$ сәтті магниттік дипольмен беріледі, бұл ретте диполь осі жет бетін *геомагниттік полюстер* деп аталатын нүктелерде кесіп өтеді (мысалы, 1970 жылға геомагниттік полюстердің географиялық координаттары: 80° , 1 с.е., $82^\circ,7$ б.б. – оңтүстік геомагниттік полюс, 76° , 3 о.е., $121^\circ,2$ ш.б. – солтүстік геомагниттік полюс; басқа жылдарға арналған деректер мына сайттарда орналастырылған: <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/GeomagneticPoles.shtml>, <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/poles/polesexp.html>)

Жердің магниттік өрісі 500 мыңнан 50 млн. жылға дейінгі уақыт аралығында өз бағытын кері бағытқа ауыстырады. Жерден алыс қашықтықтарда оның магниттік өрісінің пішіні күн желінің әсерінен бұрмаланады. Жердің магнит өрісі Жердің *радиациялық белдеулерін* құрайтын көптеген зарядталған бөлшектерді ұстайды (төменде қараңыз).

Астроблема – (грек тілінен *астрон* – жұлдыздар және *блема* – жара) - ежелгі метеор кратерінің орнында пайда болатын геологиялық құрылым. Жер бетінде 100-ге жуық астроблема бар.

Астроклимат - атмосфера арқылы өтетін аспан объектілерінің толқындық фронт сәулеленуінің пішінін бұрмалайтын факторлар жиынтығы. Толқындық фронт оптикалық құралға (телескопқа) бұрмаланбаған жағдайда, құрал максималды тиімділікпен жұмыс істей алады (теориялық шешімге жақындаған кезде). Астролиматты жан-жақты зерттеу – ірі астрономиялық құралдарды орнату орындарын таңдау және қандай да бір астрономиялық құбылыстарды (тұтылуларды, кометаларды, жарқылдарды және т.б.) бақылау жүргізу кезіндегі маңызды міндет. Ауа температурасының 1°C -қа өзгеруі оның сыну көрсеткішін 10^{-6} -ға өзгертеді, осының өзі кескін сапасына әсер етеді. Оқшауланған тау шыңдарында

температурасы едәуір ауытқитын (градиент) ауаның жер маңы қабатының қалыңдығы бірнеше ондаған метрге жетуі мүмкін. Түнде аңғарлар мен жазық жерлерде бұл қабат едәуір қалың, ол жүздеген метр болуы мүмкін. Бұл астрономиялық обсерваториялар үшін тау жоталарының сілемдері мен оқшауланған шыңдардағы орындарды таңдауды түсіндіреді, бұл жерлерден тығыз суық ауа аңғарларға таралуы мүмкін. Астроклиматтың маңызды факторы атмосфераның жер маңы қабатындағы жел болып табылады. Суық және жылы ауа қабаттарын араластыра отырып, ол бұл құралдың үстіндегі ауа бағанында тығыздықтың әртектіліктерін тудырады. Өлшемі телескоп диаметрінен аз болатын әртектіліктер кескіннің фокуссыздандырылуына алып келеді. Тығыздықтың ірірек флукуациялары (бірнеше метр және одан үлкен) толқын фронтының күрт бұрмалануын тудырмайды және кескіннің фокуссыздандырылуына емес, негізінен ығысуына әкеледі. Төмен жиілікті ығысулар (0,01: 10 Гц) телескоптың автоматикасымен теңгерілуі мүмкін. Атмосфераның жоғарғы қабаттарында (тропопаузада) да тығыздық флукуациялары мен ауаның сыну көрсеткіштері байқалады. Бірақ тропопаузадағы бұзылулар оптикалық құрылғылар беретін кескіндердің сапасына айтарлықтай әсер етпейді, өйткені онда температура градиенттері жердегі қабатқа қарағанда әлдеқайда аз. Бұл қабаттар дірілдеуді емес, жұлдыздардың жылтылдауын тудырады. Толқындық фронттың көлбеуін өзгертетін флукуациялар (*бұрыштық бұрмаланулар* деп аталатындар) телескоптардың тиімділігін төмендетеді, бірақ интерференциялық құрылғылардың жұмысына айтарлықтай әсер етпейді. Толқындық фронттың бұрыштық бұрмалануын (кескіннің дірілін) зерттеу астроклиматты зерттеудің едәуір сезімтал әдісі болып табылады.

Атмосфералық фронт – (грек тілінен *ατμος* – бу және латынша *frontis* – маңдай, алдыңғы бет) - әртүрлі физикалық қасиеттері бар көршілес ауа массалары арасындағы тропосферадағы өтпелі аймақ. Атмосфералық фронт атмосфераның төменгі қабаттарында немесе бүкіл тропосферада суық және жылы ауа массаларының жақындауы мен кездесуі кезінде пайда болады, олардың арасында бөлімнің көлбеу беті пайда болады. Атмосфералық фронт стационарлық күйде немесе қозғалыста болуы мүмкін. Жылы және суық фронттар, сондай-ақ окклюзия фронттары бар. Негізгі атмосфералық фронттар мыналар: арктикалық, полярлық және тропикалық.

Аэрозольдер – (грек тілінен *аэро* сөз алды қосымшасы – *aeras* – ауа) - газ ортасында тоқтатылған қатты немесе сұйық зат тамшыларының ұсақ бөлшектері. Бұлт, түтін, түтін және тұман аэрозольдерден тұрады.

Биосфера – (грек тілінен *bios* – өмір) – ғарыш денесінде өмірдің таралған облысы. Жер бетінде биосфера біздің планетамыздың бетінен басқа, оның атмосферасын, гидросферасын және литосфераның жоғарғы бөлігін қамтиды. Биосфераны құрайтын тірі организмдер, соның ішінде Адам, бір-бірімен тығыз байланысты. Сондықтан организмдердің кез-келген түрінің жойылуы бүкіл биосфераға күтпеген әсер етуі мүмкін. Биосфера біздің планетамыздағы физика-химиялық процестерге белсенді әсер етеді. Басқа ғарыштық денелерде биосфералардың болуы әлі белгісіз, бірақ олардың жердегідей кең таралуы міндетті емес.

Географиялық координаттар (ендік және бойлық), жер бетінде нүктенің орналасуын анықтайды. Географиялық ендік (φ) - берілген нүктедегі мөлдір сызық пен экватор жазықтығы арасындағы бұрыш, экватордың екі жағында 0-ден бастап 90-ға дейін есептеледі. Экватордан солтүстікке қарай ендіктер солтүстік, ал оңтүстікке қарай оңтүстік ендік деп аталады. Географиялық бойлық (λ) - берілген нүкте арқылы өтетін меридиан жазықтығы мен бастапқы меридиан жазықтығы арасындағы бұрыш. Бастапқы меридианнан шығысқа қарай 0°-тан 180°-қа дейінгі бойлықтар шығыс бойлық, ал батысқа қарай – батыс бойлық деп аталады.

Геоид – (*geo* – Жер, *idos* – түр) - стереометриялық фигура, Жердің пішінін дәл қайталайды, ол шардан біршама ерекшеленеді. Геоид дұрыс стереометриялық фигура емес. Оның беті шамамен Дүниежүзілік мұхитпен сәйкес келеді және біздің планетамыздың материгінде жалғасады. Материктегі кез-келген нүктенің «теңіз деңгейінен биіктігі» осы беттен есептеледі.

Гидросфера – (грек тілінен *υδωρ* – су) планетаның үзіліссіз су қабығы, Жердің барлық су қорларының жиынтығы. *Мұхит* – атмосфералық газдардың қаныққан ерітіндісі. Мұхиттың орташа тереңдігі – 3,8 км, максималды тереңдігі (Тынық мұхитының Мариана ойпаты) – 10944 ±40 м (Челленджер тұңғышы) құрайды. Гидросфера массасының шамамен 97 % – ы тұзды мұхит сулары, 2,2% – ы мұздықтардың сулары, қалғаны жерасты, көл және өзен тұщы суларынан келеді. Гидросферадағы биосфера аймағы оның барлық қалыңдығында ұсынылған, бірақ тірі заттың ең үлкен

тығыздығы жер үсті жылытылатын және күн сәулесімен жарықтандырылған қабаттарда, сондай-ақ жағалау аймақтарында болады. Жалпы түрде гидросфераны – *Дүниежүзілік мұхитқа, континенталды суларға және жерасты суларына* бөлу қабылданған. Судың көп бөлігі мұхитта, едәуір аз – континентальды өзен желісі мен жерасты суларында шоғырланған. Сондай-ақ, атмосферада бұлттар мен су буы түрінде үлкен су қоры бар. Гидросфера көлемінің 96 % – дан астамы теңіздер мен мұхиттардан, 2 % – ға жуығы жерасты суларынан, 2% - ға жуығы мұз бен қардан, 0,02% - ға жуығы жерүсті суларынан тұрады. Судың бір бөлігі мұздықтар, қар жамылғысы және *криосфера* болып табылатын мәңгілік мұз түрінде қатты күйде болады.

Криосфера (көне грек тілінен *Криос* – суық) - жердің географиялық қабықтарының бірі, мұздың болуымен немесе болу мүмкіндігімен сипатталады. Криосфера атмосфераның, гидросфераның және литосфераның жылулық өзара әрекеттесуінде орналасқан. Криосфера жер қыртысының жоғарғы қабаттарынан ионосфераның төменгі қабаттарына дейін созылады. Криосфера көптеген криогендік түзілімдермен сипатталады:

- мұзды бұлттар жүйесі,
- қар жамылғысы,
- су айдындарының мұз қабаты,
- қызылсу мұзы,
- тау мұздықтары,
- маусымдық тонданған топырақ,
- жерасты мұздары бар тау жыныстары.

Криосфера теріс немесе нөлдік температурамен сипатталады, онда бу тәрізді, бос немесе химиялық және физикалық тұрғыдан басқа компоненттермен байланысты түрдегі су қатты фазада (мұз, қар, аяз және т.б.) болуы мүмкін. 0°С температурасы химиялық таза мұз бен су арасындағы тепе теңдікті анықтайды. Табиғи жағдайда әр түрлі қоспалар мен еріген заттар, сондай-ақ беттік күштер мен қысым судың қату нүктесін төмендетеді, нәтижесінде судың сұйық фазасы криолитозон шекарасына уақытша немесе тұрақты салқындатылған күйде түседі. Криолитозонаға сонымен қатар сусыз тау жыныстары мен салыстырмалы түрде құрғақ, теріс температуралы ауа массалары кіреді, онда табиғи немесе жасанды жолдармен судың конденсациясы үшін жағдайлар жасалуы мүмкін, осылайша оның қатты фазасы қалыптасады.

Біртекті атмосфера – тығыздығы мен температурасы бүкіл қалыңдығы бойынша тұрақты және планета бетіне жақын атмосфераның тығыздығы мен температурасына сәйкес келетін шартты атмосфера. Біртекті атмосфера массасы бойынша шынайы атмосфераға тең, сондықтан көмекші константасы түріндегі оның биіктігі H_0 көптеген есептік формулаларға кіреді. Атап айтқанда, тұрақты температура мен құрамы бар ауырлық күші мен атмосфераның біртекті өрісі үшін барометрлік формуланы былай жазуға болады: $p = p_0 \exp\left(\frac{h}{H_0}\right)$, мұндағы p_0 - планета бетіне жақын изотермиялық атмосфераның қысымы, h – биіктік. Ауаның тығыздығы да биіктікке осылай тәуелді. Жер атмосферасы үшін ($t=0^\circ\text{C}$, $g = 980 \text{ г/см}^2$) $H_0 = 7990 \text{ м}$.

Стратосфера – (латын тілінен – *stratum* – қабат) - тропосфераның үстінде жатқан және 8-10 км (полярлық аймақтар) және экватор жанында 16-18 км биіктіктен басталатын жер атмосферасының қабаты; 50-55 км-ге дейін созылып жатыр; биіктікке қарай температура – 50°C -тан бастап (экваторлық облыстарда – 75°C) шамамен 0°C -қа дейін өседі. Стратосфера тропосферадан су буының шамалы мөлшерімен, аз турбуленттілігімен және азот мөлшерінің көптігімен ерекшеленеді.

Тропосфера – планетаның оның бетіне іргелес орналасқан атмосферасының төменгі қабаттары, онда температураның биіктікпен баяу төмендеуін қамтамасыз ететін және ауа-райы мен климаттық құбылыстарды анықтайтын газдардың айналымы мен конвективті қозғалысы жүреді.

Атмосфераның жалпы айналымы – (латынша *circulatio* – айналу) – көлденең өлшемдері материктер мен мұхиттарға сәйкес келетін және қалыңдығы бірнеше шақырымнан ондаған шақырымға дейін болатын жер бетінің үстіндегі ауа ағындарының планетарлық жүйесі. Ауа массаларының қозғалысы Жер бетінің әр түрлі ендіктерде, сондай-ақ материктер мен мұхиттарда біркелкі емес қызуының әсерінен болады. Ол поляр маңы аймақтардағы және тропикалық ендіктердегі жоғары атмосфералық қысым аймақтарымен және қоңыржай және экваторлық ендіктердегі төмен қысым аймақтарымен анықталады. Ауа массаларының қозғалысы ендік және меридиональды бағытта жүреді. Тропосферада атмосфералық айналымға пассат желдері, қоңыржай ендіктердің

батыс ауа ағындары, муссондар, циклондар және антициклондар жатады.

Экзосфера – Жердің жоғарғы атмосферасының және бейтарап атомдардың концентрациясы төмен планеталардың ең сыртқы бөлігі. Экзосфера атомдары үшін атмосферадан басқа атомдармен соқтығыспай кету ықтималдығы жеткілікті дәрежеде жоғары. Экзосферадағы h_0 және одан жоғары сутектің жоғалуы атмосфераның төменгі қабаттарынан сутектің диффузиясымен өтеледі. Тепе-теңдік (стационарлық) теңдеуі сутегі атомдарының таралуын h_0 диссипация деңгейінен төмен есептеуге мүмкіндік береді. Экзосфераның соқтығыспайтын сутегі атомдарынан тұратын сыртқы бөлігі кейде *сутегі тәжі* деп аталады, ал Жер үшін «*геотәжі*» термині жиі қолданылады. Басқа планеталардың геотәжі мен сутегі тәждері негізінен L_α ($\lambda=1215,7 \text{ \AA}$) сызығындағы резонанстық шашыраңқы күн сәулеленуінің қарқындылығын бақылау арқылы зерттеледі. Геотәжде үш: параболалық, эллиптикалық және гиперболалық траекториясы бар сутегі атомдары қамтылған. Гиперболалық траекториясы бар атомдардың бір бөлігін атмосфера мүлдем жоғалады. Жер экзосферасы үшін жоғалатын атомдардың ағыны бүкіл Жер үшін 10^8 атом/($\text{см}^2 \cdot \text{с}$) немесе $\sim 10^3$ г/с-ті құрайды. Ғарыш аппараттарынан Жердің экзосферасы 100 мың км-ге дейін көрінеді. Сондай-ақ экзосфера Шолпан мен Марста да байқалады. Шамасы, ай мен Меркурий үшін экзосфера осы денелердің бетінен тікелей басталатын сияқты.

Ионосфера - Күннің ультракүлгін және рентген сәулелерімен, сондай-ақ негізінен күн сәулесінен шыққан ғарыштық сәулелермен иондалған планетаның сыртқы сирек атмосфералық қабаттары.

Радиациялық белдеулер - магнит өрісінің арқасында жоғары энергиялы зарядталған бөлшектер (ондаған және жүздеген МэВ) ұстап тұрылатын және жиналатын планетаның сыртқы атмосфералық қабаттары. Жердегі магнит өрісі күн желінің бөлшектерін (протондар мен электрондар) ұстап, Жердің айналасында Жер бетінен шамамен 4000 және 17000 км биіктікте олармен толтырылған екі тороидтық аймақты құрайды. Ағылшын тіліндегі әдебиеттерде оларды көбіне бірінші американдық спутниктерде орнатылған құрылғылары бірінші (ішкі) радиациялық белдеуді табуға мүмкіндік берген физиктің құрметіне *Ван-Аллен белдеулері* деп те аталады. Дәл сол уақытта оны кеңес физиктері де тапты. Юпитер планеталар арасындағы ең қуатты радиациялық

белдеулерге ие; барлық алып планеталарда радиациялық белдеулер бар. Меркурий, Шолпан, Марс, сондай-ақ Айды зерттеу бұл денелерде радиациялық белдеулердің бар екенін анықтаған жоқ. 2013 жылы Ван Аллен миссиясының спутниктері бірнеше апта бойы пайда болған және қатты Күн сәулесінің әсерінен ыдыраған тұрақсыз үшінші белдеуді тапты.

Күміс бұлттар – жазғы түнде орта және жоғары ендіктерде қараңғы аспан фонында көрінетін ашық мөлдір бұлттар. Халықаралық атауы *-noctilucent clouds*. Олар атмосфераның жоғарғы қабаттарында, 80-90 км биіктікте пайда болады және көкжиектің енді батқан Күн сәулесімен жарықтандырылады (сондықтан Солтүстік жарты шарда олараспанның солтүстік бөлігінде, ал Оңтүстік жарты шарда оңтүстік бөлікте байқалады). Күміс бұлттардың пайда болуында ылғалдың конденсация орталықтары метеорит шаңының бөлшектері болуы мүмкін.

Мезосфера – (грек тілінен *μεσο* – орта) – 40-50 км-ден 80-90 км-ге дейінгі биіктіктердегі атмосфера қабаты. Ол биіктікпен бірге температураның көтерілуімен сипатталады; температураның максимумы (шамамен $+50^{\circ}\text{C}$) шамамен 60 км биіктікте орналасқан, содан кейін температура -70°C немесе -80°C -қа дейін төмендей бастайды. Температураның бұл көтерілуі озонның Күн радиациясының (сәулеленудің) қарқынды сіңуіне байланысты. Бұл терминді 1951 жылы Географиялық және геофизикалық одақ қабылдады. Мезосфераның газ құрамы, төменде орналасқан атмосфералық қабаттар сияқты, тұрақты және шамамен 80% азот және 20% оттегіні қамтиды. Мезосфера астыңғы стратосферадан *стратопауза* арқылы, ал үстіңгі термосферадан *мезопауза* арқылы бөлінеді. Мезопауза көбіне *турбопаузамен* сәйкес келеді. Метеорлар мезосферада жарық шығара бастайды және әдетте толық жанып кетеді. *Мезосферада* күміс бұлттар пайда болуы мүмкін. Ұшу үшін мезосфера «өлі аймақтың» бір түрі болып табылады – мұндағы ауа ұшақтарды немесе аэростаттарды ұстап тұру үшін тым сирек (50 км биіктікте ауа тығыздығы теңіз деңгейінен 1000 есе аз) және сонымен бірге осындай төмен орбитада жасанды спутниктердің ұшуы үшін тым тығыз. Мезосфераны тікелей зерттеу негізінен суборбитальды метеорологиялық зымырандардың көмегімен жүзеге асырылады; жалпы мезосфера атмосфераның басқа қабаттарына қарағанда нашар зерттелген, сондықтан ғалымдар оны «*игноросфера*» деп атайды.

Экзобаза – шамамен 400÷800 км биіктікте жатқан экзосфераның негізі атмосфераның жоғарғы шегі болып табылады, онда өзара соқтығысулар газ бөлшектерін ұстап тұрады және газдар ғарышқа шығарылмайды. Экзобазаның үстінде ғарышқа ұшу үшін жеткілікті жылдамдығы бар атомды немесе молекуланы ештеңе тоқтата алмайды. Жердің экзобаза биіктігіндегі температура 1000 К-ге жақын, бұл сутегі атомдарының шамамен 5 км/с болатын орташа жылдамдығына сәйкес келеді. Бұл осы биіктіктегі Жер үшін екінші ғарыштық жылдамдықтан аз (10,8 км/с); бірақ орташа мәннің айналасындағы атомдардың жылдамдығы кең таралған, сондықтан кейбір сутегі атомдары планетаның тартылысын жеңу мүмкіндігі бар.

Турбопауза – өзінен төмен турбулентті араластырулар басым болатын атмосфера қабаты. Турбопаузадан төменгі қабат *гомосфера* деп аталады, онда атмосфераның химиялық құрамы өзгеріссіз қалады. Турбопаузадан жоғары қабат – гетеросфера, онда молекулалық диффузия басым және атмосфераның химиялық құрамы химиялық қосылыстарға сәйкес өзгереді. Турбопауза мезопаузаға жақын, мезосфера мен термосфера шекарасында, шамамен 100 км биіктікте орналасқан, ол жоғары орналасқан аймақты қарқынды турбулентті араластыру аймағынан күрт ажыратады.

Литосфера (грек тілінен *λιθος* – тас және *σφαира* – шар, сфера) – Жердің қатты қабықшасы. Жер қыртысы мен мантияның жоғарғы бөлігінен, тау жыныстарының икемділігінің өзгеруін көрсете отырып сейсмикалық толқындардың жылдамдығы төмендейтін астеносфераға дейінгі аралықтан тұрады. Литосфераның құрылымында жылжымалы аймақтар (қатпарлы белдеулер) және салыстырмалы түрде тұрақты платформалар бар. Литосфералық блоктар – литосфералық плиталар - салыстырмалы түрде икемді *астеносфера* бойымен қозғалады. Бұл қозғалыстарды зерттеу және сипаттау геологияның *Плиталар тектоникасы* бөліміне арналған. Мұхиттар мен континенттердің астындағы литосфера айтарлықтай ерекшеленеді. Континенттердің астындағы литосфера жалпы қуаты 80 км-ге дейін *шөгінді, гранит және базальт қабаттарынан* тұрады. Мұхиттардың астындағы литосфера мұхит қыртысының пайда болуының нәтижесінде көптеген жартылай балку кезеңдерінен өткен, онда жеңіл балқитын сирек элементтер кездеседі, оның қалыңдығы 5-10 км-ді құрайды, ал гранит қабаты

мүлдем жоқ. Литосфераның сыртқы қабығын белгілеу үшін қазір ескірген *Si* тау жыныстарының негізгі элементтерінің атауынан шыққан (латынша *Silicium*-кремний) және *Al* (латынша *Aluminium* - алюминий) *сиаль* термині қолданылды.

Астеносфера – (көне грек тілінен *Asthees* – әлсіз) - Жердің жоғарғы мантиясының жоғарғы пластикалық қабаты, ол кейде *Гутенберг* қабаты деп те аталады. Астеносфера сейсмикалық толқындардың жылдамдығының төмендеуімен ерекшеленеді. Астеносфераның үстінде литосфера – Жердің қатты қабығы жатыр. Литосфера мен астеносфера арасындағы шекара 4-тен (рифт астында) 200 км-ге дейін (*кратон астында*) тереңдікте болуы мүмкін. Астеносфераның тұтқырлығы $\sim 3 \times 10^{20}$ Пуаз.

Мантия - Жердің бір бөлігі (геосфера) жер қыртысының астында және ядродан жоғары орналасқан. Мантияда Жер затының көп бөлігі орналасқан. Мантия басқа планеталарда да бар. Жер мантиясы 30-дан 2900 км-ге дейінгі аралықта орналасқан. Қыртыс пен мантия арасындағы шекара *Мохоровичичтің* немесе қысқаша *Мохоның шекарасы* болып табылады. Онда сейсмикалық жылдамдықтардың күрт өсуі байқалады 7-ден $8 \div 8,2$ км/с-ге дейін. Бұл шекара 7-ден (мұхиттардың астында) 70 км-ге дейінгі (қатпарлы белдеулердің астында) тереңдікте орналасқан. Жер мантиясы *жоғарғы мантия* және *төменгі мантия* болып бөлінеді. Бұл геосфералар арасындағы шекара шамамен 670 км тереңдікте орналасқан *Голицын қабаты* болып табылады. Мантияда жүретін процестер Жер қыртысы мен жер бетіне тікелей әсер етеді, континенттердің қозғалысының, вулканизмнің, жер сілкінісінің, тау құрылысының және кен орындарының пайда болуының себебі болып табылады. Мантияның өзіне Жердің металл ядросы белсенді әсер ететіндігі туралы дәлелдер көбейіп келеді.

Жер қыртысы - жердің сыртқы қатты қабығы (геосфера). Қыртыстың астында құрамы мен физикалық қасиеттерімен ерекшеленетін мантия орналасқан – ол тығыздау, құрамында негізінен отқа төзімді элементтер бар. Қыртыс жер тобы планеталарының көпшілігінде, Айда және алып планеталардың көптеген серіктерінде кездеседі. Көп жағдайда ол базальттардан тұрады. Жер қыртысының екі түрімен ерекшеленеді: *континентальды* және *мұхиттық*. Жер қыртысының массасы $2,8 \cdot 10^{19}$ тонна деп бағаланады (оның 21 % – мұхиттық қыртыс және

79 % –континенттік). Жер қыртысы Жердің жалпы массасының тек 0,473% құрайды.

Мұхит қыртысы негізінен базальттардан тұрады. *Плиталар тектоникасы* теориясына сәйкес, ол мұхиттық-орта жоталарда үздіксіз түзіліп, олардан алшақтап, *субдукция* аймақтарындағы мантияға сіңеді. Сондықтан мұхиттық жер қыртысы салыстырмалы түрде жас және оның ең көне учаскелері кеш юраға жатады. Мұхит қыртысының қалыңдығы уақыт бойымен өзгермейді, өйткені ол негізінен мұхиттық-орта жоталардың аймақтарындағы мантия материалынан бөлінген балқыманың мөлшерімен анықталады. Әр түрлі географиялық облыстарда мұхит қыртысының қалыңдығы 5÷7 км шегінде болады. Жерді механикалық қасиеттері бойынша стратификациялау шеңберінде мұхиттық қыртыс *мұхиттық литосфераға* жатады. Субдукция аймақтарында мұхиттық литосфераның қалыңдығы ең үлкен мәндерге жетіп, 120÷130 км құрайды.

Континентальды жер қыртысы үш қабатты құрылымға ие. Жоғарғы қабаты шөгінді жыныстардың үзілмелі жамылғысымен ұсынылған, ол кең дамыған, бірақ сирек үлкен қуатқа ие. Қыртыстың көп бөлігі негізінен граниттер мен гнейстерден тұратын, тығыздығы төмен және ежелгі тарихы бар қабат – жоғарғы қыртыстың астына бүркемеленген. Зерттеулер осы жыныстардың көп бөлігі өте ұзақ уақыт бұрын, шамамен 3 миллиард жыл бұрын түзілгенін көрсетеді. Төменірек метаморфтық жыныстардан – гранулиттер мен оларға ұқсас жыныстардан тұратын төменгі қыртыс орналасқан.

Плиталардың тектоникасы – литосфераның қозғалысы туралы заманауи геологиялық теория. Ол жер қыртысы бір-біріне қатысты тұрақты қозғалыста болатын плиталар – салыстырмалы түрде біртұтас блоктардан тұрады деп пайымдайды. Сонымен қатар, *спрединг* (ағылшын тілінен *Seafloor spreading* - теңіз түбінің таралуы) нәтижесінде кеңею аймақтарында (орта мұхиттық жоталар мен континенттік рифтер) жаңа мұхиттық қыртыс пайда болады, ал ескісі субдукция аймақтарында жұтылады. Теория жер сілкіністерін, жанартаулық белсенділікті және тау түзілуін түсіндіреді, олардың көпшілігі плиталардың шекараларына сәйкес келеді. Плиталар тектоникасы теориясында негізгі түсінік *геодинамикалық жағдай* – плиталардың белгілі бір қатынасы бар тән геологиялық құрылым ұғымы болып табылады. Бір геодинамикалық

жағдайда бір типті тектоникалық, магмалық, сейсмикалық және геохимиялық процестер жүреді.

Соңғы өткен он жыл ішінде плиталар тектоникасы өзінің *негізгі ережелерін* едәуір өзгертті. Қазіргі таңда оларды былайша тұжырымдауға болады:

- Қатты Жердің жоғарғы бөлігі сынғыш литосфера мен пластикалық астеносфераға бөлінеді. Астеносферадағы конвекция – плиталар қозғалысының негізгі себебі болып табылады.

- Заманауи литосфера 8 ірі плитаға, оншақты орташа плиталарға және көптеген ұсақ плиталарға бөлінеді. Ұсақ плиталар үлкен плиталар арасындағы белдеулерде орналасқан. Сейсмикалық, тектоникалық және магмалық белсенділік плиталардың шекараларында шоғырланған.

- Бірінші жуықтаудағы литосфералық плиталар қатты денелер ретінде сипатталады және олардың қозғалысы Эйлердің айналу теоремасына бағынады.

- Плиталардың салыстырмалы қозғалысының үш негізгі түрі бар:

1. рифтинг пен спредингтен көрініс табатын ажырау (дивергенция);

2. субдукция және коллизиядан көрініс табатын түйісу (конвергенция);

3. трансформациялық геологиялық жарықтар бойынша ығысулық орын ауыстырулар.

- Мұхиттардағы спрединг олардың перифериясы бойынша субдукция мен коллизия арқылы өтеледі, бұл ретте Жердің радиусы мен көлемі планетаның термиялық қысылуына дейін тұрақты болады (кез-келген жағдайда жер қойнауының орташа температурасы баяу, миллиардтаған жылдар ішінде төмендейді).

- Литосфералық плиталардың қозғалысы олардың астеносферадағы конвективті ағындармен тартылуынан туындайды.

Жер бетінің 90%-дан астамы қазіргі дәуірде 8 ең ірі *литосфералық плиталармен* көмкерілген.

Жан-жақты ақпарат, оның ішінде мына сайттарда орналасқан: http://geografya.ru/litosfera/vnutrennee_stroenie_zemli/litosfernye-plity.html, <http://www.grandars.ru/shkola/geografiya/tektonicheskie-dvizheniya.html>, <http://popovgeo.sfedu.ru/>.

Жердің Күннің айналысында қозғалысының дәлелі - бұл бір жылдық параллакс пен бір жылдық абerrация құбылыстары. Жердің

ось айналасында айналуының дәлелдеріне мыналар жатады: құлаған денелердің шығысқа қарай ауытқуы және еркін маятниктің тербеліс жазықтығының батысқа қарай бұрылуы (Фуко тәжірибесі).

Шығысқа қарай құлайтын денелердің ауытқу мәні (миллиметрде) мынаны құрайды: $0,22 \cdot h\sqrt{h} \cdot \cos \varphi$, мұндағы h – дененің құлау биіктігі (метрде), ал φ – бақылау орнының ендігі. Фуко маятнінің тербелу жазықтығы бір сағат ішінде $\vartheta = 15^\circ \cdot \sin \varphi$ бұрышына айналады.

Жердің шар тәрізділігі бақылаушының Жер бетінен h биіктігіне (метрмен) жоғарылауымен көкжиек сызығына дейінгі қашықтықтың D (километрмен) ұлғаюымен көрінеді:

$$D = 3,57 \cdot \sqrt{h} \text{ (Жер атмосферасындағы сынуды есепке алмағанда);}$$

$$D = 3,80 \cdot \sqrt{h} \text{ (Жер атмосферасындағы сынуды есепке алғанда).}$$

Көрінетін көкжиек астрономиялық деңгейден x шамасына дейін төмендейді, бұл *көкжиектің төмендеуі* деп аталады:

$$x = 1',93 \cdot \sqrt{h} \text{ (Жер атмосферасындағы сынуды есепке алмағанда);}$$

$$x = 1',80 \cdot \sqrt{h} \text{ (Жер атмосферасындағы сынуды есепке алғанда).}$$

Қашықтықтың ұлғаюы және көкжиектің төмендеуі Жердің радиусымен мына пропорциямен байланысты:

$$\frac{x}{360^\circ} = \frac{D}{2\pi R_3}.$$

Жердің радиусын анықтау үшін ендіктері φ_1 және φ_2 -ге тең болатын және астрономиялық бақылаулар жолымен анықталатын нүктелер арасындағы S меридиан доғасының ұзындығын өлшейді (көкжиек үстіндегі әлем полюсінің биіктігі бойынша):

$$\frac{S}{2\pi R} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{360^\circ}.$$

S доғасы ерекше тәсіл – *триангуляция* жолымен өлшенеді.

Триангуляциялық өлшемдерден Жердің полюстерінде қуысырылғаны анықталды. Бұл қуысырылғандық «сығылу» мәнімен сипатталады, ол $(a - b)/b$ -ға тең, мұндағы a - Жердің экваторлық радиусы, b – Жердің полярлық радиусы. Бұл сығылу Жерде 1/298-ге тең және Жердің айналуының және бұл ретте туындайтын ортадан тепкіш күш кезінде туындайтын салдары болып табылады, ортадан тепкіш күш мына формуламен өрнектеледі:

$$F_{цб} = m \cdot \omega^2 \cdot r,$$

мұндағы m – дене массасы, ω – Жердің айналуының бұрыштық жылдамдығы, r – дененің айналу осінен қашықтығы. Ортадан тепкіш күш денелердің салмағын азайтады, бұл олардың Жердің орталығына тартылуымен байланысты.

Ауырлық күшінің үдеуі математикалық маятниктің тербеліс кезеңін анықтау арқылы алынады, ол төмендегідей анықталатыны белгілі:

$$T = 2\pi\sqrt{l/g},$$

мұндағы, l – маятник ілінген жіптің ұзындығы. Бақылау орнының φ ендігіндегі ортадан тепкіш үдеуді ескере отырып:

$$g = g_{90} - \omega^2 R \cos^2 \varphi,$$

мұндағы g_{90} – полюстағы ауырлық күшінің үдеуі. Алайда, бұл формула ауырлық күшінің үдеуінің байқалған мәндеріне сәйкес келмейді: ендікпен одан да үлкен өзгеріс анықталады. Бұл Жердің эллипсоидтық бетінің оның орталығынан қашықтығының өзгеруінен туындайды (өйткені тартылыс күші қашықтықтың квадратына кері пропорционал екені белгілі) және Клеро мына формуланы шығарған Жердің ε қысылуының болуын растайды:

$$\varepsilon = \frac{5}{2} \frac{w_{ЦБ}}{g_0} - \frac{g_{90} - g_0}{g_0},$$

мұндағы g_0 және g_{90} – тиісінше экватор мен полюстегі ауырлық күшінің үдеуі, $w_{ЦБ}$ – экваторлық ортадан тепкіш үдеу.

Жұмыстың орындалу барысы:

тапсырмаларды орындап, сұрақтарға жауап беріңіз.

1. Қандай ендікте берілген биіктіктен құлайтын дененің шығысқа ауытқуы ең үлкен болады?

2. 30; 60; 45; 75; 90; 0° ендіктерінде және Қостанай қаласындағы ендіктерде 1 сағат ішінде Фуко маятнігінің ауытқуын есептеңіз.

3. Егер жер шарының орташа радиусы 6371 км-ге тең болса Жердің тәуліктік қозғалысының салтарынан жер бетінің а) экватордағы; ә) 53° ендіктегі; б) солтүстік полюстегі нүктелердегі жылдамдықтар қандай? Теңіз деңгейінде Жер экваторына орналастырылған дененің ортадан тепкіш үдеуі қаншалықты үлкен? Жердің радиусы 6378 км-ге тең, ал оның айналу уақыты 86 164 орташа күн деп алыңыз.

4. Жердің тәуліктік айналуы кезінде Мәскеуден екі есе баяу қозғалатын жер қандай ендікте орналасқан ($\varphi = 56^\circ$)? Егер Мурманскіден екі есе тез қозғалатын болса ($\varphi = 69^\circ$)?

5. Егер Жер орбитасының эксцентриситеті 0,5-ке дейін өссе, жыл мезгілдері қалай сапалық өзгерер еді?

6. Жер осінің орбита жазықтығына көлбеуі қандай болғанда оңтүстік арктикалық шеңбер оңтүстік тропикке сәйкес келер еді?

7. Күн жылына екі рет Темірқазыққа айналуы үшін Жердің айналу осінің оның орбита жазықтығына көлбеуін қалай өзгерту қажет?

8. Егер Жер емес, аспан айналатын болса, онда жарығы төрт жылда жететін және ауытқуы $\delta = -60^\circ$ болатын Центаврдың α жұлдызы Жерді айнала өзінің тәуліктік қозғалысында қандай жылдамдыққа ие болар еді?

9. Егер Күннен Жерге дейінгі қашықтық 1 м-ге ұлғаятын болса жылдың ұзақтығы қаншалықты өзгереді? Жердің орбиталық жылдамдығы өзгеріссіз алынсын.

10. Егер секундтық маятниктің ұзындығы 991,03 мм болса, экватордағы еркін құлау үдеуі қаншалықты үлкен?

11. Экваторда еркін құлау үдеуі $9,781 \text{ м/с}^2$ -қа тең. Экватордағы денелер салмақсыз болуы үшін Жер қанша есе тез айналуы керек?

12. Ашық ауа-райында Эльбрустан (биіктігі 5630 м) 600 км қашықтықта орналасқан Қырымның жағалауын көруге бола ма? Биіктігі 8840 м болатын Эверест шыңынан көкжиектің қашықтығы қандай ?

13. Егер Жерді диаметрі 3 м болатын глобус деп алатын болсақ, онда Жердің сығылуы қалай өрнектеледі?

14. Қыркүйек айында экваторда болған кезде екі бақылаушы Күннің батуын бақылайды, олардың бірі қайықта, екіншісі 10 км биіктіктегі ұшақта орналасқан. Ұшақ ұшқышы үшін күннің қаншалықты кеш бататынын анықтаңыз.

15. Лапландия мен Перу градустық экспедициясы (1736) және Франциядағы Пикар өлшемдері (1677) нәтижесінде бір градус ұзындығы үшін келесі мәндер алынды:

Перу	$\varphi = -2^\circ$	110 578 м
Франция	$\varphi = +49^\circ$	111 213 м
Лапландия	$\varphi = +66^\circ$	111 950 м

Көрсетілген ендіктер үшін Жердің қисықтық радиусын анықтаңыз.

Бақылау сұрақтары:

1. «Солтүстік полюстің басты ерекшелігі – бұл солтүстік жарты шардың жалғыз нүктесі, ал қалғандары қорқынышты жылдамдықпен айналады» – дейді Дж.Верннің «Капитан Гаттерастың саяхаты» әңгімесінің кейіпкерлерінің бірі. Бұл пайымдаудың қателігі неде?

2. Бұл шынымен де анықталғандай егер Жердің тәуліктік айналуы ғасырлар бойы біртіндеп баяуласа, онда астрономиялық құбылыстар сағат бойынша қалай жүреді – бұрынғыға қарағанда тезірек немесе баяу ма?

3. Ньютонның Жердің қысылуының дәлелі Жердің айналатынын алдын-ала болжайды. Қандай дәлелдер бұл болжамға тәуелді емес?

4. Екі бірдей пойыз бірдей жылдамдықпен қарама – қарсы бағытта жүреді делік – біреуі шығыстан батысқа, екіншісі батыстан шығысқа қарай. Пойыздардың қайсысы ауырырақ?

5. Егер жер беті судан айырылса, онда бұл жайттың орташа температураға, кез-келген жердегі температураның тәуліктік жүрісіне және оның бүкіл жер бетіндегі жүрісіне әсері қандай болар еді?

6. Егер жер атмосферасының массасы азайды деп болжайтын болсақ, онда мұның орташа температураға, оның кез-келген жерде күнделікті жүруіне және бүкіл жер бетіндегі жүрісіне әсері қандай болады?

7. Жердегі орынның ендігі өзгерген кезде ортадан тепкіш күш қалай өзгереді?

8. Жазғы және қысқы күн тоқырау күндерінде және жердің перигелий және афелийі арқылы өтетін күндерінде φ ендік нүктесінде жер бетінің бірлігіне келетін жылу мөлшерінің қатынасын салыстырыңыз. Күн сәулесінің көлбеуінің әсері Күннен қашықтықтың өзгеруінің әсерінен қанша есе көп (ендігі φ болатын пунктінде). Жер орбитасының эксцентриситеті $e = 0,017$.

Әдебиеттер:

1. Телегина О.С. Астрономия. / Учебно-методическое пособие для практикума. – Костанай: КГПУ им. У. Султангазина, 2018. – 148с.