

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ
МИНИСТРЛІГІ**

**Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық
университеті**



Ә. Нұрмағамбетов, А.Сыдықов

ЖЕР ФИЗИКАСЫ

**Қазақстан Республикасы Білім және ғылым
министрлігі оқулық ретінде ұсынған**

Алматы 2006

УДК 550.348
ББК 26.32Я7

Нұрмағамбетов Ә., Сыдықов А.

Н 89 Жер физикасы: Оқулық. - Алматы: ҚазҰТУ, 2006. 212 бет.

ISBN 9965 – 843 – 12 – 4

Оқулық «Жер физикасы» пәнінің типтік бағдарламасына және Мемлекеттік білім стандартына сәйкес жоғары оқу орындарындағы «050706 – Геология және пайдалы қазбалар кенорындарын барлау» саласының мамандықтары үшін жазылған.

Кітапта Галактика және Күн жүйесі туралы жалпы түсініктер, Жердің планета түрінде пайда болуы мен қалыптасуына және оның даму кезеңдеріне, Күн мен Жер және Ай мен Жер араларындағы байланыстарға көңіл аударылған. Жер физикасының негізгі тарауларында Жердің ішкі құрылысы және геологиялық процестер, жер қыртысының ірі құрылымдық элементтері мен континенттердің қозғалысы толық қарастырылған. Геофизикалық өрістердің (магниттік, электрлік, гравитациялық, жылулық және радиоактивтік) құрамы мен құрылымы туралы жан-жақты түсінік берілген.

Оқулықта зілзала апаты мен оны болжауға байланысты мәселелер жан-жақты талданған. Жерсілкінудің географиялық таралуы, әлемдік сейсмикалық белдеулер мен Орталық Азиядағы және Қазақстан жеріндегі сейсмикалық жағдай толық қарастырылған.

Оқулық геология, геофизика, сейсмология және мұнай-газ ісі мамандықтарын меңгеретін институттар мен техникалық университеттердің студенттеріне, сонымен қатар магистранттар мен аспиранттарға оқу құралы ретінде ұсынылады.

ББК 26.32Я7

Сурет – 80. Кесте – 8. Әдебиеттер тізімі – 49.

Жауапты редактор: *Ә.Б.Байбатша* – геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің 2006 жылғы жоспары бойынша басылды

Н $\frac{1804000000}{00(05) - 06}$

ISBN 9965 – 843 – 12 – 4

☉ ҚазҰТУ 2006

АЛҒЫ СӨЗ

Оқулық авторлардың кейінгі алты жыл ішінде Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университетінің геология саласында оқылып жүрген «Жер физикасы» пәні бойынша дәрістерге негізделіп жазылған. Бұл пән бойынша бүгінде студенттер мен магистранттарға арналған, қазіргі заман талаптарына сәйкес мемлекеттік тілде арнайы оқулықтың жоқ екендігін айта кеткен жөн. Бұрынғы Кеңес үкіметі кезінде орыс тілінде жарық көрген кітаптар (В.А.Магницкий «Основы физики Земли» М.,1953, 290 с.; Ф.Стейси «Физика Земли,М.:Мир 1972, 342 с.) қазір көнерген және де оларды кітапханалардан табу қиын.

Қазіргі геофизика ғылым саласының мүмкіндіктерін геологиялық зерттеулерде тиімді пайдалану үшін болашақ мамандардың дайындығы жоғары деңгейде болуы тиіс. Ол үшін студенттер Жер физикасын, алдымен жердің қатты бөлігінің физикасын түбегейлі игеруі қажет. Мұндай дайындықтың негізін арнайы оқулық құрайтыны белгілі. Сондықтан, авторлар студенттерге қазіргі талаптарға сай келетін оқу құралын жазуды мақсат еткен.

Студенттерге арналып жазылғандықтан, бұл кітап Жер физикасы төңірегіндегі барлық мәселелерді толығымен қамтиды деп айтуға болмайды. Кітаптың студент қауымына түсінікті болуы көзделіп, онда күрделі математикалық формулалар берілмеген. Сондықтан да оқулықта кейбір мәселелер қарапайым түсіндірілген. Дегенмен, Жер физикасы ғылым саласының математикалық негізі күрделі екендігін айту керек. Бұл саланы жете білгісі келген оқырмандар кітап соңында келтірілген әдебиеттер тізімімен танысу керек.

Оқулық «автономия» принципіне негізделіп жазылған, яғни оның әрбір тарауы белгілі бір тақырыпқа арналған. Мұндай принцип оқырмандарға өзіне қажетті тақырыпты іріктеп оқуына мүмкіндік береді.

Кітапта сейсмология және сейсмикалық болжам бөліміне көбірек назар аударылған. Авторлар өздерінің бұл салада маман ретінде мәселенің Қазақстан үшін маңызы зор екендігін ашып көрсетуді дұрыс көрді.

Жер физикасы саласында пайдаланылатын терминдер әлі де болса қазақ тілінде толық қалыптасқан жоқ. Міне, осы жағдайды ескере отырып, авторлар кітаптың соңында кейбір терминдердің түсіндірме сөздігін ұсынып отыр. Бұл сөздікке сүйене отырып, оқырман бұрын-соңды кездеспеген, кездесе де тиянақты меңгерілмеген терминдермен танысуға мүмкіндік алады.

Оқулықтың мазмұны мен сапасын арттыру жолындағы пікірлер мен талап-тілектерді авторларға жазып жіберулеріңізді сұраймыз. Мекен-жайымыз: 050013, Алматы қаласы, Сәтбаев көшесі, 22 үй, Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, „Геофизика” кафедрасы (тел./факс 8-3272-927905; E-mail: nalkuat@mail.ru)

КІРІСПЕ

Жер физикасы деп жерді тұтас және оның ірі бөліктерін құрайтын материалдардың физикалық жағдайы мен физикалық қасиеттерін зерттейтін Жер туралы ғылымның бір саласын айтады. Жер физикасы жердің қойнауында болып жатқан және планетамыздың осы заманғы құрылымына себепші болған әр түрлі физикалық және физикалы-химиялық процестерді де зерттейді.

Жер физикасы зерттейтін мәселелерге басқа да ғылым салаларының (мамандықтардың) қатыстары бар. Мәселен, ғарыш кеңістігі мен планетаны зерттеушілер осы салаға тікелей байланысты. Дегенмен, Жер физикасы, ең алдымен, Жер планетасын зерттеуші болашақ мамандар үшін, атап айтқанда, геология және геофизика мамандары үшін аса қажет.

Қазір Жер физикасына қатысты мәселелер толығымен анықталып, ол дербес пән ретінде қалыптасқан. Жалпы алғанда, Жер физикасы деген ұғым Жердің барлық сфераларының физикасын қамту керек. Дегенмен, кейінгі кезде атмосфера мен гидросфера физикалары өзінше дербес пәндер ретінде қалыптасып отыр. Сондықтан да қазір Жер физикасы, негізінен, тек қана Жер шарының қатты бөлігіне ғана байланысты мәселелерді қарастырады.

Біздің планетамыздың сыртқы үш сферасы – атмосфера (ауа қабаты), гидросфера (су қабаты) және литосфера (тас қабаты) Жердің геологиялық даму тарихы барысында пайда болып, одан дараланған туындылар болып саналады. Олай болса, аталмыш сфералардың құрылымы мен құрылысын түсіну үшін, алдымен, Жер қойнауының құрылысын жете білу қажет. Бұл зерттеулер басты екі мәселені шешуге мүдделі: 1 – Жер қойнауының бүгінгі болмыс-бітімі қандай? 2 – жасы 4,6 миллиард жылға тең Жер бұрын қандай болған, ол өзінің бүгінгі қалпына жету жолында қандай өзгерістерге ұшыраған?

Былай қарағанда жер беті бізге мызғымас, еш уақытта қозғалмайтын, бірқалыпты тыныш тұратындай көрінеді. Ол шынында да солай ма? Егер біз Жердің адамзат баласы пайда болғанынан бергі ғана тарихына үңілсек, онда жер бетінің үнемі қозғалыста болғанына көзіміз жетер еді. Ондай қозғалыстардың іздерін Жер шарының көптеген өңірлерінен табуға болады. Мәселен, бір кезде түгелдей құрлық бойына салынған дүние жүзінің ең әсем қалаларының бірі Италияның Венеция қаласы қазір жартылай су астында тұр. Голландия түгелдей дерлік жылына бір миллиметрдей төмен батады. Егер мұхит суын бөгеп тұрған көптеген көтермелер жүйесі болмаса, оның көп жері су астында қалған болар еді. Ал Скандинавия ше? Ол соңғы мұз дәуірінен кейінгі уақыт ішінде шамамен жылына бір сантиметрдей жоғары көтерілуде. Бір кезде төскейінде теңіз толқындарының ізі қалған жартастар қазір су деңгейінен ондаған метр биікте тұр.

Айтылған жәйттер кейінгі мындаған жылдардың ішінде ғана болған оқиғалар. Ал егер біз Жер шарының геологиялық тарихына үнісек, ол пайда болған 4,6 миллиард жыл ішінде талай ұлы өзгерістердің болғаны мәлім. Қазір басын бұлт жапқан заңғар таулар тұрған аймақтарды бір кезде мұхит суы басып жатқан. Ал Кавказ, Орал, Альпі, Гималай сияқты тау тізбектері мұнан 25-30 миллион жыл бұрын ғана пайда болған. Әрине, адам өмірімен салыстырғанда бұл өте ұзақ уақыт, ал жалпы Жер тарихымен салыстырсақ – бұл қас-қағым сәт, яғни Жер тарихының 1/150 бөлігі, тіпті кеше ғана болған оқиға сияқты.

Келтірген деректер мызғымас деп ойлайтын Жер-анамыздың үнемі қозғалыста болатынын дәлелдейді. Бұл қозғалыстар кейде өте тез (әрине, геологиялық уақытпен есептегенде) немесе баяу, ұзақ уақыт ішінде немесе тез арада, аз ғана жерді немесе үлкен аймақты қамтиды. Осындай қозғалыстардың салдарынан жердің бір бөлігі көтеріліп, екіншісі керісінше төмен батып, жер бетіне жақын жатқан таужыныс қабаттары орасан зор қысымға ұшырайды. Жер қабаттары сағыздай созылып иіледі, әр түрлі қатпарлар пайда болады.

Бізге бұл өзгерістердің білінбеуінің басты себебі – адамның бұл құбылыстарды аз уақыт аралығында ғана зерттеуге мүмкіндігі бар. Мәселен, жер бетінің жылына 5 мм көтерілуі бізге білінбейді. Ал егер, жердің геологиялық тарихы мындаған, миллиондаған жылдар екенін еске алсақ, онда 100 мың жыл арасында жылына 5 мм көтерілген жер беті 500 м-ге жетеді. Ал бұл деген кішігірім таумен бірдей.

Жер бетіндегі өзгерістер ішкі (эндогендік) және сыртқы (экзогендік) геологиялық күштердің әсерінен болады. Дегенмен, бұл өзгерістердің жылдамдықтары әр түрлі. Мәселен, «мәңгілік» деп ойлайтын тау жоталары мен жанартаулардың, өзендер мен теңіздердің сыртқы кескіндері уақыт өткен сайын өзгертіні белгілі. Бұл өзгерістердің жылдамдығы өте аз, тіпті бірнеше ұрпақтар бойы байқалмауы мүмкін.

Ал кейбір геологиялық процестер тез арада болып, аса зор апатқа айналады. Мәселен, әлемнің әр түкпірінде болып жатқан зілзала апаттары, тасқындар, дауылдар, ғимараттарды қиратып, адамдар өмірін қияды.

Жердің ішкі құрылысы бізге қоршаған әлемді дұрыс түсінуге ғана емес, алдымен практикалық тұрғыдан өте қажет: Жер қойнауындағы пайдалы қазбалар мен жер бедерінің қалыптасуын, жанартау атқылауы, жер сілкінісі және да басқа жерасты құпияларын зерттеп білуге мүмкіндік береді.

Кейінгі кезде жаңа геофизикалық әдістердің дамуы арқасында Жер туралы ғылым саласында айтарлықтай табыстарға қол жетті: Жердің ішкі құрылысы туралы көптеген құпиялардың беті ашылды. Дегенмен, беті ашылмаған құпиялар, шешілмеген мәселелер әлде де болса жеткілікті.

Жерді физикалық әдістермен зерттейтін Жер туралы ғылымдардың бір саласы *геофизика* ғылымының ең басты ерекшеліктерінің бірі – мұнда теориялық әдістердің кеңінен қолданылуы. Өйткені, бүгінгі таңда жер қойнауын тікелей зерттеу тек қана 10-11 км тереңдікпен шектеліп отыр. Шын мәнінде, ең терең бұрғылау ұңғымасының тереңдігі 11 км шамасында. Егер жер радиусы 6371 км екенін еске алсақ, бұл, әрине, өте аз (Жер радиусының 1/600 бөлігі). Егер Жерді үлкен алма ретінде көз алдымызға елестетсек, онда ең терең ұңғыма дегеніміздің өзі осы алманың қабығын ғана тесіп өткені. Сондықтан да Жер қойнауының терең бөліктерінде болып жатқан әр түрлі процестер туралы деректерді, сол 10-11 км тереңдікке дейінгі анықталған мағлұматтарды теориялық әдістермен саралау арқылы аламыз.

Жердің сыртқы газ қабатын зерттеуде де әлі де шешілмеген мәселелер көп. Ауа райын болжаудағы қателер (мұндай қателер, өздеріңізге белгілі, көп кездеседі) – бұл мәселенің күрделілігінің ғана емес, сонымен қатар Жер мен Күннің арасындағы байланыстың жете зерттелмегенінің салдары. Мәселен, көп уақыт бойы Жер атмосферасы 1000-2000 км биіктікте азайып, жоқ болады деп ойлағанбыз. Жақын арада біздің планетаның сыртын қоршаған плазмалық қабат бар екендігі анықталды. Ал ондағы процестердің Жерге әсері жоғары (магниттік толқулар, полюстік шұғыла және т.б.).

Жер қойнауының терең бөліктерінде болып жатқан процестерді зерттеу аясында, көбінесе, жер бетіне жақын орналасқан қабаттар үшін табылған теориялық теңдеулерді төмен қарай экстраполяциялаймыз. Мәселен, мантияның төменгі бөліктерін құрайтын ортаның жылу өткізгіштік коэффициентін немесе ондағы заттың балқу температурасын анықтау үшін осындай әдістер қолданылады.

Әрине, Жер физикасы тек қана теориялық ғылымдар қатарына жатады деп ойлауға болмайды. Бұл ғылымның ең басты қорытындылары жанама эксперименттік мәліметтерге негізделген. Осы эксперименттік мәліметтерді жинақтап қорытуда теорияның орны айрықша. Сондықтан да жер физикасы саласында теориялық зерттеулердің меншікті орны жоғары.

Сейсмикалық толқындардың жер қыртысында таралуын зерттеу арқылы Жер шарының терең қабаттарының серпімділік қасиеттерін анықтауға болады.

Ауырлық күшін өлшеп, оның жер бетіндегі өзгерісін зерттеу геодезиялық өлшеулер нәтижелерімен қоса Жер шарының пішінін және оның ішкі бөліктерінің тығыздығын зерттеуге мүмкіндік береді.

Радиоактивті элементтер концентрациясын өлшеп, оның жер қыртысындағы ыдырауын анықтау, сонымен қатар геотермиялық

өлшеулер Жердің жылу режимін зерттеуде және Жердің жасын анықтауда басты орын алады.

Жер қойнауының ішкі бөліктерін құрайтын заттардың жәй-күйін және ондағы өзгерістерді зерттеу барысында физикалық эксперимент пен лабораториялық модель жасаудың орны айрықша. Әрине, табиғи геофизикалық құбылыстар таза физикалық эксперименттерге қарағанда әлдеқайда күрделі екенін ұмытпаған дұрыс. Өйткені, физик-маман лабораторияда қандай болмасын бір құбылысты зерттеу үшін алдымен мүмкіндігінше эксперименттің қолайлы жағын ойластырады. Ал геофизик-маман үшін мұндай мүмкіншілік жоқ. Өйткені, геофизика саласындағы экспериментті табиғаттың өзі қояды (жер қойнауында болып жатқан әр түрлі құбылыстар). Мәселен, сейсмикалық толқындардың таралуы жерсілкіну болуына, немесе электромагниттік сүңгілеу тек қана атмосфераның жоғарғы қабатында электромагниттік толқуға байланысты. Геофизик-маман осы құбылыстардың (жерсілкіну немесе электромагниттік толқу) болуын күтіп, пайда болған сигналдың таралу ерекшеліктерін жан-жақты зерттеп, содан кейін ғана қорытынды жасайды. Міне, геофизикадағы эксперименттің күрделілігі осында.

Геофизика саласында (яғни табиғатта) физикалық лабораторияда сияқты эксперименттер қоюға бола ма? Шындығында, кейбір жағдайларда табиғатта мұндай эксперимент қоюға мүмкіншілік бар. Мәселен, сейсмикалық барлау жұмыстары барысында толқындардың таралу көзі (толқындар тегі) ретінде жасанды жарылыстар жасалынып, тіркеуші аспаптарды ыңғайлы жерге орналастырып, белгілі бір ауданның құрылысын зерттеуге болады. Мұнай-газ кенорындарын зерттеуде осындай әдістер кеңінен қолданылады. Мұндай әдістер жер қойнауының терең бөліктерін зерттеуде «терең сейсмикалық сүңгілеу» атты әдіспен жүргізіледі.

Бүгінгі таңда жер қойнауын зерттеуде айтарлықтай табысқа қол жетуіне қарамастан, әлі де болса бұл салада ашылмаған құпиялар баршылық. Сондықтан да, әр түрлі, тіпті бір-біріне қайшы келетін болжамдар да жеткілікті.

Жер қойнауы жайлы көп болжамдар мұнан 50-70 жылдар бұрын айтылған. Бүгінгі таңда бақылау жұмыстарының кең өріс алуына, теориялық зерттеулердің дамуына, тіркеуші аспаптардың жаңа түрлерінің пайда болуына байланысты олардың кейбіреулері жоққа шығарылып, немесе нақтыланып, ал басқалары күмәнді түрінде әлі де болса қалып отыр.

Шындығында, жер қойнауына байланысты кейбір проблемалар жайлы ғалымдар арасындағы пікірлер әр түрлі. Мәселен, Жердің ішкі бөлігінің температурасы жайлы деректер бір-бірінен өте алшақ. Мұның себебі, бүгінгі таңда Жер планетасының жасы 4,6 миллиард жыл

шамасында деп есептелгеніне қарамастан, оның пайда болып даму тарихы туралы мағлұматтар толық емес. Жердің жеке планета болып қалыптасуы кішігірім қатты бөлшектерден құралған суық денеден басталды ма, әлде өте қызған газ құрамынан ба, немесе тіпті басқа жолмен пайда болды ма? Осы болжамдардың қайсысы дұрыс? Олардың әрбіреуінің Жердің ішкі температурасын есептеуге тікелей қатысы бар. Сонымен қатар, әр түрлі тереңдікте кез-келген уақыт аралығында радиоактивті таужыныстардан бөлініп шығатын жылу мөлшері туралы деректер де әр түрлі. Ал жылу ағынының жер бетінен тереңдеген сайынғы өзгерісі жайлы ғалымдар арасында әлі күнге дейін бірізділік жоқ.

Жердің ішкі ядросының құрамы мен тығыздығы ғалымдар арасында ұдайы таластар туғызып отыр, яғни толық шешімін таппаған мәселелердің бірі. Осы күнге дейін мантияның жоғарғы бөлігінде сейсмикалық толқындардың күрт өсуі теориялық есептеулерге сәйкес келмейтіндігі дәлелденбей отыр. Немесе жер қойнауында кездесетін шекаралардың (беттердің) пайда болуы зат құрамының қатты фазадан басқа фазаға ауысуынан ба, әлде екі органы құрайтын таужыныстардың химиялық құрамының айырмашылығынан ба? Мұндай проблемалық сұрақтар тізіп-тіркеп айта берсек өте көп.

Кей кездерде теориялық зерттеулер барысында табылған математикалық теңдеулер өте күрделі, пайдалануға жарамсыз болып келеді. Оларды міндетті түрде қарапайым түрге бейімдеу қажет. Ал мұндай теңдеулерді іс жүзінде пайдалану алынған нәтижелердің дәлдігіне (нақтылығына) әсер етуі мүмкін.

Міне, жоғарыда келтірілген деректер Жер физикасы ғылымының күрделілігін, бұл саладағы шешілмеген проблемалардың әліде де болса жеткілікті екендігін көрсетеді.

Жер шарының сыртқы бейнесінің күрделі екені белгілі. Оның беті таулар мен мұхиттардан, ойпаттар мен қыраттардан тұрады. Сондықтан оны математикалық формуламен бейнелеу өте қиын. Дегенмен, оның сыртқы пішінін сығылу немесе қабысу мәні $1/298,3$ -ке тең айналым эллипсоиды (эллипсоид вращения) арқылы өрнектеуге болатындығы анықталып отыр.

Жер шарын құрайтын материалдың механикалық қасиеттерін Күн мен Жердің (Ай мен Жердің) өзара тартылыс күші арқылы пайда болатын жер бетінің деформациялануы арқылы білеміз. Жер бетіндегі әрбір нүкте тәулік бойында тартылыс күші әсерінен көтеріліп төмен түседі. Бізге бұл қозғалыс білінбейді, өйткені ол өте жәй, мерзімі 1 және 0,5 тәулікке тең.

Геофизикалық мағлұматтардың жылдан-жылға көбейіп, оларды өлшеу мен өңдеу үшін қолданылатын жаңа аспаптардың пайда болуына байланысты Жердің ішкі құрылысы жайындағы мәліметтер де жылдан-жылға нақтыланып, бұрын белгісіз жаңа деректер пайда болуда.

1. ЖЕРДІҢ ҒАРЫШТАҒЫ ОРНЫ

1.1. Жер планетасының пайда болуы

Бұдан 40-50 жылдай бұрын геологиялық нұсқаулықтарда жердің электромагниттік өрісін, жер бетіндегі ірі құрылымдарды немесе басқа да құбылыстарды қарастырғанда ғарыш кеңістігі еске алынбайтын. Қазір бұл қағиданың кәте екендігі анықталып отыр. Өйткені, Жер шарының өзіне тән тарихы бола тұра, ол өзін қоршаған ғарыш кеңістігімен тығыз байланыста. Сондықтан да, Жер туралы мағлұматтарды айтқанда, алыс және жақын ғарыштық ортаны міндетті түрде ескеруіміз керек.

Жердің және Күн жүйесіндегі планеталардың пайда болуы туралы деректер қазір бұрынғы XIX ғ. мен XX ғ. алғашқы жылдарына дейінгі уақыттарға қарағанда өзгеше. Өйткені, ол кезеңдерде планеталар Күннен бөлініп шыққан өте қызған газ қойыртпасынан пайда болған деп жорамалдаған. Ал жер болса, алғашқы кезде жанып тұрған балқыған сұйық масса болып, оның суынуы барысында бетінде қатты қабат (қабық) пайда болған деп қарастырылған. Қазіргі астрономия мен геофизика ғылыми салаларының жетістіктері бұл көзқарастың кәте екенін дәлелдеп отыр.

Алғашқы рет жұлдыздар мен олардың планеталық жүйелерінің газ-шаң тұмандығынан тұратыны жайлы пікірді неміс философы Э.Кант (1724-1804) айтқан. Кейіннен бұл гипотезаны француз астрономы, математигі және физигі П.Лаплас (1749-1827) дамытты. Аталған ғалымдардың ойынша, Күн мен планеталар ыстық газ-шаң тұмандығынан пайда болған.

Кейіннен кеңес ғалымы, академик О.Ю.Шмидт (1891-1956) бұл мәселені зерттей келе, мынандай тұжырым жасады: Күн мен планеталар ыстық емес, керісінше салқын тұмандықтан пайда болған. Кейіннен бұл болжамды академик В.Г.Фесенков (1889-1972), А.П.Виноградов (1895-1972) қолдап, әрі қарай дамытты.

О.Ю.Шмидтің бірінші космогониялық еңбегі 1944 жылы жарық көрді. Осы кезеңде бұл салада тағы да екі космогониялық гипотеза (неміс физигі К.Вайцеккер мен швед физигі Х.Альвен ұсынған) пайда болды.

К.Вайцеккердің космогониялық концепциясы турбуленттік теорияға негізделген. Турбуленттілік – ғарышта кездесетін әмбебап құбылыс. Әлемде кездесетін барлық құрылымдар, Вайцеккердің ойынша, әр түрлі масштабтағы турбуленттік құйындардан пайда болған. Осындай құйынның бірі Күн жүйесі болып, ондағы кішігірім құйындардан планеталар пайда болған деп жорамалдаған.

Х.Альвен болса, К Вайцеккер сияқты өзінің космогониялық теориясының негізі ретінде электродинамиканы алды. Оның ойынша Күн

электрординамикалық күш арқылы бұлтты өзіне тартып, әрі қарай протопланеталық бұлттардан планета мен олардың серіктері пайда болғанын айтты.

О.Ю.Шмидт космогонияға айрықша жаңалық енгізген жоқ, ол космогониялық теория тек қана астрономиялық деректерге сүйенбей, бүкіл белгілі деректерге негізделіп жасалыну керектігін айтқан.

Жоғарыда айтылғандай, Жер планетасы бастапқыда жанып тұрған ыстық дене болған деген жорамалды жан-жақты зерттеу кезінде кездесетін қиыншылықтарды талдай келе, О.Ю.Шмидт планеталар қатты денелердің жиынтығынан пайда болған деген маңызды зор қорытынды айтты. Маңызды зор бұл ой-пікір жердің пайда болуының жаңа теориясының негізін құрап, оның келешегіне жол ашты.

Жер планетасы бастапқыда суық күйінде пайда болып (оның беті суық болғанымен, Жер еш уақытта балқыған дене болмаған), ішкі радиоактивтік жылу әсерінен жайлап жылынған деген ой-пікір Жер туралы ғылымдардың дамуына үлкен әсер етті. Әлі де болса бұрынғы жорамалдар (Жер бастапқыда балқыған сұйық дене болған) ғылыми ортада кездескенмен, О.Ю.Шмидттің көзқарасын қолдау жылдан-жылға көбейе түсуде.

Сонымен, қазіргі ұғым бойынша, планеталар және олардың серіктері бір кезде Күнді қоршаған тұмандықтағы ғарыштық суық шаң-тозаң мен газ қойырtpасынан пайда болған. Күн Галактика әлеміндегі қозғалысы кезінде осындай бір тұмандықтан өтіп, тартылыс заңына сәйкес, өзіне сол тұмандықтан газ бен ғарыштық шаң-тозаңды тартып алған. Осындай қойырtpа материалдардан қазіргі планеталар және олардың серіктері пайда болған. Белгілі ғалымдар В.Г.Фесенков, Ф.Уиппл, Ф.Хойл бұл ой-пікірді толығымен қолдаған.

Газ және шаң-тозаң тұмандығы Галактикада кең тараған құбылыс. Олардың қатарына Құс жолын құрайтын сансыз жұлдыздар, Күнмен қоса көзге көрінетін барлық жұлдыздар кіреді. Осы тұмандықты жан-жақты зерттеу нәтижесінде оның құрамында осы кездегі ірі планеталар атмосферасында және метеориттер мен кометалар құрамында кездесетін химиялық элементтер (сутегі, көмірсутектер - көміртек пен сутегінің қосындысы және т.б.) анықталып отыр.

Планеталар пайда болған газ бен шаң-тозаң материалдардан тұратын қойырtpалар тек қана өте төмен температурада пайда болуы мүмкін. Математикалық есептеулер температурасы төмен тұмандықта осындай қойырtpалардың пайда болуы әбден мүмкін екендігін дәлелдейді. Осыған орай, белгілі ғалым В.Г.Фесенков өз еңбектерінде: «Күн жүйесінің пайда болу мән-жайын былай қойғанда, қазіргі планеталардың сол кездегі Күнді қоршаған тығыздықтары жоғары газды-шаңды ортадан пайда болғанына ешкімнің күмәні жоқ»,— деп жазады.

Сонымен, жердің қалыптасуының алғашқы сатысы есебінде ғарыштық шаң-тозаң мен газдың және кейбір астероид денелерінің топталып, қар кесегіндей үлкеюінен пайда болған деп айтуға болады. Мұндай қойыртпа біртіндеп тығыздалып, қазіргі планеталардың ядросын құраған. Алғашқыда планеталар суық дене болған. Ғарыштық шаң-тозаң құрамында кездесетін шашыраған түрдегі радиоактивті элементтердің (уран, торий, радий және т.б.) ыдырауы кезінде жылу бөлініп, ыстық денеге айналған. Радиоактивті элементтердің осы күндердегі мөлшерін өлшеп, олардың ыдырау заңдылығын білу арқылы жер бетінде кездесетін өте ежелгі таужыныстың, ол арқылы жердің жасын анықтауға болады.

Сонымен, Жер өзінің геологиялық даму барысында суымаған, керісінше, ол жайлап суық денеден жылыған. Қазір оның ядросындағы температура $5000-6000\text{ }^{\circ}\text{C}$ -қа жетеді. Ал оның жоғары бөлігінде (жер қыртысында) баяу салқындау процесі жүріп жатыр.

Жердің планета есебінде суық бөлшектердің жиынтығынан пайда болуы туралы космогониялық теория әлемнің әр түкпірінде қолдау тапты. Бұл гипотезаның жалпы идеясын қазірде ғалымдардың басым көпшілігі қолдап отыр.

1.2. Галактика жайлы қысқаша түсінік

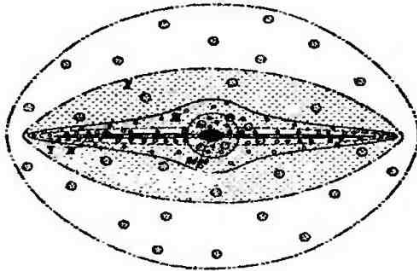
Галактика— өте үлкен аймақты алып жатқан орасан зор ғарыштық орта (1.1-сурет). Ол бас сферадан (I), жұлдыздар мекені болып саналатын аралық сферадан (II), домалақ жұлдыздар тобы мен газ-шаң материалдары шоғырланған дискіден (III), басқа да кішігірім сфералардан (IV, V) тұрады. Дискінің орталық бөлігінде ядро орналасқан, ол галактикалық жазықтықпен қиылысады.

Галактика 1180 бытыраңқы орналасқан және 1135 домалақ жұлдыздар тобынан тұрады. Жұлдыздар құрамы, негізінен, сутегі мен гелийден тұрады. Осы жұлдыздар жиынтығы аспандағы Құс жолын құрайды. Күн мен Жер Галактиканың ішкі жағында орналасқандықтан, біз оның шет жағын ортасынан көреміз. Сондықтан Құс жолы спираль тәрізді жұлдыздар жиынтығы емес, түнгі аспанды кесіп өтетін доға тәрізді тұтас алқап болып көрінеді. Бұл жарық алқап – жұлдыздар жиынтығы екені туралы алғашқы пікірді XVII ғасырдың басында Галилео Галилей айтқан. Жұлдыздар өте қашықта орналасқан, адам көзіне толық көрінбейді. Көзбен тек қана 5000-нан астам жұлдыздарды көруге болады. Ең қашық жұлдызға дейінгі арақашықтық 160 мың жарық жылына тең^{*)}. Құс

^{*)} Жарық жылы деп жарықтың $300\,000\text{ км/с}$ жылдамдықпен 1 жыл ішіндегі таралу жолын айтады, яғни 1 жар.жылы $9,4\cdot 10^{12}\text{ км}$ -ге тең

жолының сыртқы пішіні диаметрі 100 мың жарық жылына тең дөңгелек дискіге ұқсас.

Галактикада табиғатта өте сирек кездесетін құбылыстардың бірі – гравитациялық сығылу процесі, яғни ірі жұлдыздардың жарылысы (ағуы) болып тұрады.



1.1-сурет

Галактика құрылысы (қырынан қарағанда)

Жұлдызаралық кеңістік галактикалық газ-шаң бұлттарға, құрамы ғарыштық шаң-тозаңнан тұратын әр түрлі сұйылған және қойыртпа тұмандарға толған. Бұл кеңістік тек қана жаңа аспан құрылымдарының пайда болатын орны емес, сонымен қатар қираған галактикалық денелердің зираты болып саналады.

Галактиканың жасы 15 ± 5 млрд жылға, ал Күн мен жұлдыздардың орташа жасы шамамен 5 млрд жылға тең.

1.3. Күн жүйесі туралы түсінік

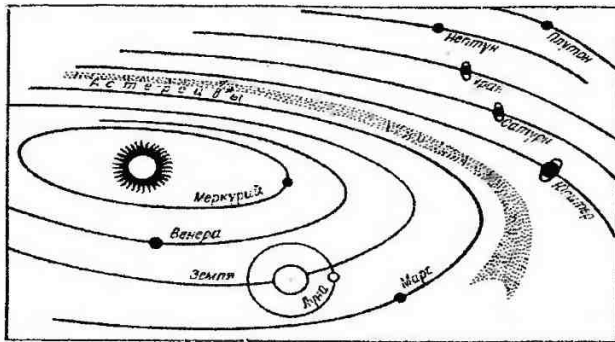
Күн – Күн жүйесінің негізін құрайды. Оның құрамына бүкіл жүйенің 99,9% массасы, яғни Күнді айнала қозғалатын көптеген денелер кіреді. Жер – Күн жүйесі құрамындағы ондаған серіктері бар және мыңдаған астероидтар мен кометалардан тұратын 9 планетаның бірі.

Күн жүйесіне, біріншіден, шар тәрізді айналып тұрған температурасы жоғары сутегі мен гелийден тұратын Күн, екіншіден, Күниен біршама қашықтықта оны айнала қозғалатын планеталар жүйесі кіреді. Егер Күн жүйесін картаға түсіріп, Күнді диаметрі 2,5 см шеңбер түрінде белгілесек, онда осы масштабта Күнге ең жақын орналасқан Меркурий планетасы картада одан 1,2 м қашықтықта, Жер 3 м қашықтықта, Юпитер 15,2 м қашықтықта, ал ең қашық Плутоң планетасы 122 м қашықтықта орналасқан болар еді.

Барлық планеталар Күннің айналу бағытына сәйкес бір бағытта айналады (Плутон планетасынан басқасы). Сонымен қатар, әрбір планета Күннің айналу бағытына сәйкес өз осін айнала қозғалады (Шолпан мен Уран планеталарынан басқасы).

Планеталар және олардың серіктері үнемі айналымда болады. Олардың айналуының өзінше заңдылығы бар: планетаның массасы көбейген сайын, оның айналу жылдамдығы да өседі. Біздің планетамыз Күнді 150 млн. км орташа қашықтықта 29,7 км/с орташа жылдамдықпен эллиптикалық (шеңберге жуық) орбитамен айналады.

Күн жүйесі планеталары орналасуына сәйкес екі топқа бөлінеді: ішкі немесе жер тобы планеталары және сыртқы немесе алып планеталар. Олардың массасы, радиусы, тығыздығы, химиялық құрамы және серіктер саны әр түрлі.



1.2-сурет
Күн жүйесінің құрылысы

Сонымен, астрономиялық бақылаулар арқылы анықталған Күн жүйесі құрылысының негізгі ерекшеліктері төмендегідей.

1. Күн жүйесі Күннен, тоғыз ірі планеталардан (Меркурий, Шолпан, Жер, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон) және олардың серіктерінен, сонымен қатар көптеген астероидтардан (қазір тіркестірілген саны 2000 жуық) тұрады. Барлық планеталар бір бағытта Күнді айнала қозғалады.

2. Күн жүйесінің негізін құраушы (массасы жағынан) сутегі мен газдан тұратын Күн планетасы болып саналады.

3. Күн жүйесіне кіретін барлық планеталар өзінің мөлшері мен тығыздығына қарай ішкі (Меркурий, Шолпан, Жер, Марс) және сыртқы (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон) топтарға бөлінеді. Ішкі

планеталар – қатты денелер, ал сыртқылар – негізінен газдан тұрады (Плутоннан басқасы).

Енді Күн жайлы қысқаша деректер келтірелік.

Күн Жерге қарағанда аспандағы ерекше дене болып саналады. Қойнауындағы температура 13 млн. градусқа, ал бетіндегі – 6 мың градусқа тең Күн планетасы әрбір секунд сайын мөлшері $3,8 \cdot 10^{33}$ Эрг шамасында энергия бөліп шығарады. Жер бетіне осы энергияның тек қана екі миллиардтың бір бөлігіне жуығы ғана жетеді. Осы энергияның өзі жер бетінде өмірдің пайда болып, дамуына жеткілікті. Күннің орташа тығыздығы $1,42 \text{ г/см}^3$ (Жердің орташа тығыздығы $5,52 \text{ г/см}^3$), радиусы Жердің экваторлық радиусынан 109 есе көп, ал массасы Жер массасынан 333 мың есе артық. Міне осы аталған ерекшеліктер Күннің құрамы жерге қарағанда басқа заттан тұруы ықтимал деген тұжырымға әкеледі.

Күн жер бетіне екі түрлі сәуле таратады: ұзындығы миллиметрдің миллионнан бір бөлігінен ондаған километрге дейін жететін электромагниттік толқындар және 1000 км/с жылдамдықпен таралып, жер бетіне 1-2 тәулікте жететін зарядталған бөлшектер ағыны – корпускулдер.

Ғарыштық сәуленің басым көпшілігінің әсерінен жер беті тұрғындары әр түрлі физикалық қабаттардан тұратын күрделі жүйе арқылы қорғанады. Бұл қабаттар арқылы тек қана көрінетін жарық, ультракүлгін және инфрақызыл сәулелердің кішігірім бөлігі және де радиотолқынның аз ғана бөлігі өтеді. Жерге жақын келгенде сутегі ядросы (протондар) және гелий ядросы (α -бөлшектер), сонымен қатар ауыр элементтер ядросының кішігірім бөлігі түрінде таралатын корпускулдер де өте алмайды.

Аталмыш сәулелерден жер бетін қорғайтын қалқан – Жердің атмосферасы. Дегенмен, Жер атмосферасы ғарыштық радиацияның бір бөлігін тоқтатқанымен, басқа бір бөлігін өткізеді. Қорғаныс қабаты ретінде атмосфераға Жердің магнит өрісі үлкен қызмет атқарады. Ол ионосфера қабаты және Жерді орала зарядталған бөлшектердің екі белдеуін құрайды. Бөлшектердің тығыздығы төмен ішкі экваторлық белдеу жер бетінен 3600 км биіктікте орналасқан. Ол Жерді белдеулей 35° оңтүстік ендіктен 35° солтүстік ендікке дейін орналасқан. Негізінен электрондардан тұратын сыртқы белдеу, 65° ендікке дейін тарайды. Бұл белдеулердің негізгі қорғаныс қасиеттері - Күннен таралған жоғары энергиялы бөлшектерді ұстау. Ал магнит өрісі болса, ол жер бетіне қарай таралған бөлшектердің бағытын өзгертіп, Жерді айнала таралуға мүмкіндік жасайды.

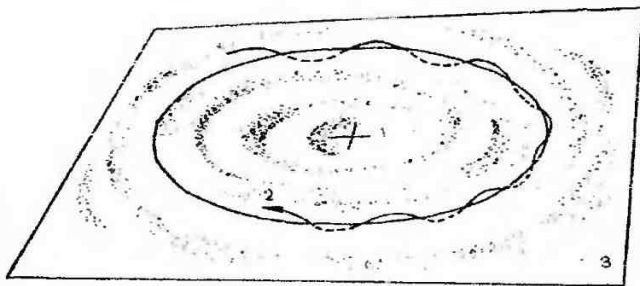
Магнит өрісі Жерді айнала, ионосфера қабатын тудырады. Бұл 70 км -ден 500 км -ге дейінгі биіктікте орналасқан, сұйылған ионданған газдан тұратын қабат. Бұл қабатта аса қуатты электр тоғы бар. Ионосфера және одан төмен орналасқан озон қабаты Күннен таралған ультракүлгін және

рентген сәулелерін жұтып, жер бетіндегі өмірге олардың зияндылығын азайтады. Ионосфераның тағы бір қасиеті – одан радиотолқындар айна сияқты шағылып, жер бетінде қашық аралықта радиобайланысқа мүмкіндік жасайды.

Күн – жеке орналасқан жарықтылығы және сәуле тарату қабілеттілігі өте жоғары жас жұлдыз. Ол басқа планеталармен бірге Галактика центрін айнала 240 км/с жылдамдықпен өте күрделі траекториямен қозғалады (1.3-сурет), оқтын-оқтын (мерзімі 30 млн жылға шамалас) Галактика жазықтығын кесіп өтеді. Бұл кезеңде Жерге және басқа да планеталарға астероидтар жаңбыры жауады.

Күн физикалық қасиеттері газға ұқсас, температурасы $10^8 \text{ К}^{\circ 1}$ -ға тең, құрамы өте қызған термоядролық плазмадан тұрады. Формасы шарға ұқсас бұл планета Күн жүйесінде гравитациялық өріс көмегімен өз бетінше ұсталып тұр.

Плазма – электрондардан, протондардан, атомдық қалдықтардан тұратын тұтас орта. Мүлде тынымсыз, оқтын-оқтын қарқындылығы жоғарылап тұратын ол үздіксіз өзгерісте болады. Күн бетіндегі тасқынды, құйын тәрізді қайнаған плазманы Күн тұтылған кезде жерден қараңғы айнек арқылы көруге болады.



1.3-сурет

Күннің Галактика орталығын айнала қозғалуы
1 – Галактика орталығы; 2 – Күн; 3 – симметрия жазықтығы

Күнді қоршаған планетааралық орта бүкіл Күн жүйесін алып жатыр. Кометалар мен метеориттерден басқа бұл ортада Күн желі, магнит өрісі, жоғарғы энергиялы зарядталған бөлшектер, шаң-тозаң және т.б. бар.

¹ Халықаралық СИ өлшеу жүйесінде температураны Кельвинмен өлшейді, $t_{\text{Цельсий}} = T_{\text{К}} - 273^{\circ}$

Күннің сыртқы сәуле жиегі (коронасы) (әдетте Күн тұтылғанда анық көрінеді) өте тұрақсыз жағдайда, яғни ұлғайып Күн желін тудырады. *Күн желі* дегеніміз Күн жиегінен сыртқа қарай бағытталған жылдамдығы дыбыстан жылдам плазма тасқыны. Жер орбитасына жеткенде оның жылдамдығы шамамен 400 км/с-ке жетеді.

Планетааралық магнит өрісі деп Күн желі көмегімен таралатын Күннің магнит өрісін айтады. Ол өзіне өмір сүре алмайды, тек қана жоғары температуралы сұйылған плазмамен бірге таралады. Оның кернеулігі аса жоғары емес, Жер орбитасы шекарасында $2 \cdot 10^5$ Эрстедтен $8 \cdot 10^{-4}$ Эрстедке дейінгі аралықта болады. Дегенмен, планетааралық магнит өрісінің орны айрықша. Ол электромагниттік құрылымдардың қалыптасуына, Күн желінің термодинамикасына, әр түрлі планеталар, астероидтар мен кометалармен өзара қатысына тікелей әсер етеді.

Жоғары энергиялы *зарядталған бөлшектер* бірнеше топқа бөлінеді: галактикалық, ғарыштық сәулелер және т.б.

Планетааралық шаң-тозаң Күн жүйесіне кометалардың, астероидтардың және де басқа аспан денелерінің қирауынан пайда болады. Күннен қашықтаған сайын шаң-тозаң бұлттарының тығыздығы азая береді.

1.4. Күн мен Жер арасындағы байланыс

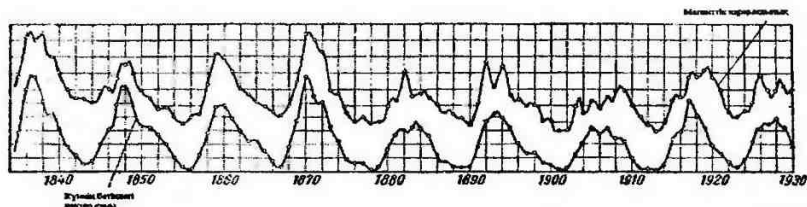
Жер бетіндегі бүкіл өмір Күнмен байланысты екені көпшілікке мәлім. Дегенмен, Күн мен Жер арасындағы байланыс туралы айтқанда, көзге көрінетін күн мен түннің немесе маусымның ауысуы, Күннің жерге түсіретін жарығы мен жылуы ғана емес, олардың арасында әр түрлі және күрделі байланыс бар екенін ұмытпаған жөн.

Жер Күннен 150 млн км қашықтықта болғанымен, ол Күннің бетінде болып жатқан өзгерістерге өте сезімтал. Кей кезде көзге көрінетін Күн бетіндегі дақтардың санының да Жер үшін маңызы зор.

Күнде әрбір 11 жыл сайын айтарлықтай өзгерістер болып тұрады: дақтар саны көбейіп, оның бетінде жарқылдау процесі көбірек болады, плазма ағындарының таралуы көбейеді және с.с. Мұндай белсенділік 2-3 жылға созылып, баяу басылады. Тыныштық (Күннің белсенділігі төмен) кезінде Күн бетінде айлар бойы дақтар пайда болмай, жарқылдау процестері жойылады.

Күннің белсенділігі өсіп және азайған кездерде магнит өрісінің жоғары мөлшерде аутқуына байланысты, Күнде жарқылдау процесі көбірек болады. Жарқыл кезінде Күннен 10^{25} Дж шамасында энергия бөлініп шығады. Бұл дегеніміз қуаты 1 млрд Мт атомдық жарылысқа тең. Жарылыстан пайда болған бөлшектер қуаты жоғары плазма бұлты түрінде

Жерге 1-2 тәулікке жетіп, әр түрлі геофизикалық құбылыстар тудырады: магниттік дауылдар, электр өрісінің өзгерісі, полярлық шұғыла^{*)} және т.б.



1.4-сурет
Жердің магнит өрісінің өзгеруі (жоғарыда) мен Күннің белсенділігі (төменде) арасындағы байланыс

Күн белсенділігінің ауысуы тек қана 11 жылдық мерзім емес, оның 3, 5, 7-8 жылдық, тіпті 10 жылдық та белсенділік мерзімдері бар. Олардың физикалық табиғаты әлі толық зерттелмеген.

Жер бетінде жүріп жатқан маңызды құбылыстар Күндегі процестерге тікелей байланысты. Мәселен, атмосферада, гидросферада, литосферада, биосферада жүріп жатқан құбылыстар Күннің 11 жылдық циклымен байланысты екені анықталып отыр. 11 жылдық циклмен жер бетінде құрғақшылық, су тасқындары, ағаштардағы жылдық сақиналардың құрылысы, кейбір минералдардың өсуі, тектоникалық және сейсмикалық құбылыстар да байланысты.

Ал соншалықты қашықта орналасқан Күн бетінде етек алған құбылыстар Жерде қалай білінеді?

Көп жылдар бойы жан-жақты жүргізіліп жатқан зерттеулер нәтижесінде, Күннен кей кезде мөлшері үлкен кеңістікті қамтитын зарядталған бөлшектер ағыны бөлініп, ол 1-2 тәулік ішінде Жерге жететіні белгілі болып отыр. Осы ағын Жер атмосферасына жеткенде, Күн мен Жер атмосфералары бір-бірімен түйіскен сияқты болады.

Күн желімен таралған плазма ағыны Жер орбитасына жақындай келе Жердің сыртқы магнит өрісінің қарқынды кедергісіне тап болады. Осы екі магнит өрісінің (жоғары жылдамдықпен таралған Күннің магнит өрісі мен Жердің тұрақты магнит өрісі) өзара қарым-қатынасы планетааралық ортада ғарыштық жаңа құрылымның, яғни Жердің сыртын қоршай орналасқан *магнитосфераның* пайда болуына әкеліп соғады.

Сонымен, *магнитосфера* дегеніміз дыбыстан да тез жылдамдықпен таралатын қайнаған плазманың ағыны мен Жердің магнит өрісінің өзара

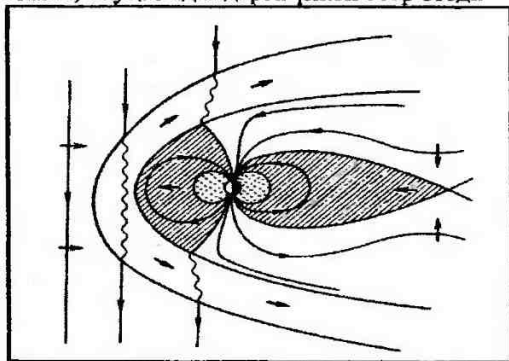
^{*)} Полярлық шұғыла дегеніміз полюске жақын аудандарда 100-120 км биіктікте Жердің магнит өрісінде болатын электрлік разрядтар.

қатынасы салдарынан пайда болған кең ғарыштық электрмагниттік қуыс. Күн мен Жердің бір-біріне өзара әсері, негізінен, міне осы магнитосфера деп аталатын ортада болады.

Күннен тарап, магнитосфера орбитасына жеткен Күн желі оның магнит өрісімен әрекеттесе отырып, өзінің бастапқы бағытын өзгертеді. Жерді айнала тесік қуыс (каверна) пайда болады. Күн желі мен магнитосфера түйіскен шегінде соқпа толқын пайда болады. Жердің Күн жағына қараған бөлігінде магнит өрісі сығылып, ал қарсы бетінде «комета құйрығындай» ұзарады (1.5 сурет).

Күнде болатын жарқыл адамзат денсаулығына тікелей әсер етеді. Күннің жарқылдауы кезінде жүрек-қан тамыры аурулар саны көбейіп, басқа аурулар да асқынуы ықтимал.

Күндегі жарқылдау процесі жердің ионосфера қабатында жоғары жиілікті электрмагниттік өріс тудырып, ол адам денесіне әсер етеді: асқазандағы тұз қышқылы мөлшері азайып, қанның коюлану қабілеттілігі 30 %-ға дейін төмендеуі мүмкін. Дені сау адамдар үшін бұл құбылыс білінбегенмен, науқас адамдарға үлкен әсер етеді.



1.5-сурет
Жердің магнитосферасының моделі

Күннің, жұлдыздар және планеталардың өздеріне тән магнит өрістері бар. Күн бетіндегі дақтардың магнит өрісі кернеулігі өте жоғары (әдетте 20-30, ал кейбір кездерде 3000 Эрстедке жетеді). Күнде дақтың пайда болуы 11 жылдық циклмен қайталанып отырады. Осындай циклмен (11 жыл) Күн магнит өрісінің өзгерісі де қайталанады. Олай болса, Күн магниттелуінің толық циклы 22 жылға тең болғаны.

1.5. Ай мен Жер арасындағы байланыс

Жердің жалғыз ғана серігі бар, ол Ай екені көпшілікке мәлім. Ай массасының Жер массасына қатынасы $1/81,3$ -ке тең. Орта есеппен Айға дейінгі арақашықтық $3,84 \cdot 10^8$ м (384 000 км), яғни Жер радиусынан 60 есе көп. Айдың мұндай жақын орналасуы Жердегі мұхиттар мен теңіздер деңгейінің көтерілуі немесе қайтуы, ал континенттерде жер бетінің көтерілуі мен төмен түсуі құбылыстарын туғызады. Тәулігіне екі рет, нақтылау айтқанда, әрбір 12 сағат 25 минут сайын ашық теңіздер мен мұхиттардың деңгейі шамамен 1 метрге көтеріліп, ширек тәуліктен кейін керісінше төмен түседі. Міне бұл құбылыстар аз да болса Жер фигурасын өзгертуші күштер болып саналады.

Неліктен бұл құбылыстардың қайталану мерзімі шамамен жарты тәулікке тең? Енді осы сұраққа жауап ізделік.

Жердің айналу барысында оның әрбір нүктесі Айға төмендегідей периодпен жақындай түседі

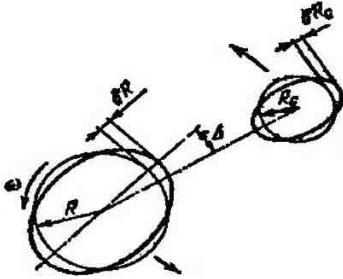
$$(P^{-1} - T^{-1})^{-1} = 24 \text{ сағат } 50 \text{ мин,}$$

мұнда P – Жердің айналу периоды, T – Айдың Жерді айнала қозғалысының периоды. Табылған 24 сағат 50 минут шама жоғарыда аталған цифрдан (12 сағат 25 минут) екі есе көп. Олай болса, жер бетінің көтерілуі тәулігіне екі рет болатын болды. Бұл неден?

Айдың тартылыс күші жерді Жер-Ай массалары орталығын айнала Gm_n/a^2_n үдеуімен қозғалуға мәжбүр етеді. Жер бетінде Айға жақын орналасқан массасы m -ге тең денеге $Gmm_n/(a_n - R_3)^2$ күшпен әсер етсе, жердің Айға қарама-қарсы жатқан бөлігіндегі осындай денеге $Gmm_n/(a_n + R_3)^2$ күшімен әсер етеді.

Олай болса, бірінші дененің (Ай жағындағы) үдеуі Жердің орташа үдеуінен көбірек, ал екінші дененің үдеуі - азырақ болады. Сондықтан да Жердің Ай жағындағы жартысында пайда болатын дөңес дененің Айға қарай тартылысының нәтижесі, ал жердің екінші жартысындағы дөңес – бұл жердің өз тартылыс күшінің оның қарсы бетінің Айға тартылыс күшінен жоғары екендігінің нәтижесі (1.6-сурет).

Басқа сөзбен айтқанда, Жер мөлшерінің үлкендігіне байланысты Айдың Жерге деген әсері оның әр бөлігіне әр түрлі болады. Жер шарының Айға қараған бөлігі кіндігіне қарағанда көбірек тартылады, ал қарама-қарсы бөлігі – азырақ тартылады. Жердің қарама-қарсы бөліктеріндегі тартылыс күшінің айырмашылығы 10 %-ға дейін жетеді. Сондықтан, Жер кіндігінен екі қарама-қарсы жағында кішігірім екі дөңес пайда болып, Жердің айналуы барысында бұл дөңестер шығыстан батысқа қарай ауысып отырады.



1.6-сурет
Жердің және оның серігі Айдың
тартылыс күштері әсерінен
көтерілу схемасы

Бұл келтірілген деректерді пайдалана отырып, Айдың тартылыс күші әсерінен Жер фигурасының өзгеру мөлшерін есептеуге болады.

Жер беті деңгейінің көтерілу биіктігі

$$\delta R_y \approx R_y \frac{m_{\text{Л}}}{m_3} \left(\frac{R_y}{a_{\text{Л}}} \right)^3 \approx 0,36 \text{ м.}$$

Бұл көрсеткіш қатты жер бетінің көтерілу деңгейі. Ал ашық мұхит деңгейінің көтерілуіне келсек, судың тығыздығы қатты денеге қарағанда аз болуына сәйкес, оның көтерілу деңгейі әлдеқайда жоғары.

Айдың тартылыс күшінің әсері Жер атмосферасын да өзгертеді, ол Айға қарай аздап болса да созылған күйде болады. Бұл құбылыс атмосферадағы қысымның аз да болса өзгерісіне әкеліп соғады.

Жер бетінің көтерілуі тек қана Айға байланысты емес, ол Күннің әсерінен де болады. Бұл көтерілудің мөлшерін жоғарыда көрсетілген жолмен есептеуге болады

$$\delta R_y^c \approx R_y \frac{m_{\text{С}}}{m_3} \left(\frac{R_y}{a_3} \right)^3 \approx 0,16 \text{ м.}$$

Сонымен, Күннің тартылыс күшінің әсері Айға қарағанда екі есе аз мөлшерде екен.

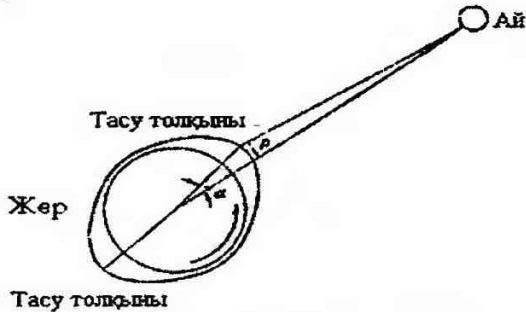
Жер бетінің көтерілуінің ең жоғарғы деңгейі Ай мен Күннің біріккен әсерінен болады. Мұндай жағдай Ай, Жер, Күн бір түзуге (яғни Айдың жаңа туған немесе толған кезі) орналасуына сай келеді.

Ал енді Айдың тартылыс күші жер бетіндегі көтерілуді байқатса, керісінше, Жердің тартылыс күші Айда көтеріліс бере ме?

Ай бетіндегі бұл өзгерісті төмендегідей жолмен табуға болады :

$$\delta R_{\text{Л}} \approx R_{\text{Л}} \frac{m_3}{m_{\text{Л}}} \left(\frac{R_{\text{Л}}}{a_{\text{Л}}} \right)^3 \approx 13 \text{ м.}$$

Айдың Жерге әсерінің тағы да бір айтарлықтай түрі – ол Жердің айналуын тежеуі.



1.7-сурет
Айдың тартылыс күші әсерінен Жердің айналуын тежеу сұлбасы

Жоғарыда айтқандай, Жердің бұрыштық айналу жылдамдығы Айдың Жерді айналу жылдамдығынан әлдеқайда жоғары. Сондықтан да, Жер айналу барысында бетіндегі екі дөңесті өзімен бірге тарта айналады. Олар Жер-Ай түзуінен айналу бағытына қарай 2^0 бұрышқа ығысқан. Міне осы ығысу әсерінен Жердің Айға тартылыс бағыты бұзылып (асимметрия), аз да болса қосымша күш туғызады. Бұл күш Жердің айналу уақытын шамамен жылына өз мөлшерінен $2 \cdot 10^{-10}$ бөлікке тежейді. Есептеулерге қарағанда, бұл тежелу жылына тәуліктің ұзақтығын шамамен $2 \cdot 10^{-5}$ секундқа ұзартып отырады.

2. ЖЕРДІҢ ДАМУ ТАРИХЫ ТУРАЛЫ НЕГІЗГІ ТҮСІНІКТЕР

2.1. Кіріспе

Бүгінгі таңда Жердің даму тарихын ғылыми тұрғыдан жан-жақты толық түсіндіретін теория жоқ. Мұның басты себебі – әлі де болса бұл салада қажетті деректердің жетіспеуі. Қазір бұл проблема аумағында бірнеше гипотезалар бар. Олар бір-бірімен кейбір мәселелер бойынша ұқсас болғанымен, басқа бір мәселелер жайлы көзқарастары қайшы келеді.

Әдетте, Жердің даму процесін қарастыратын қайбір гипотеза болмасын, ол Жер туралы белгілі фактілерді түсіндіре білуі керек, мәселен: континенттік және мұхиттық жер қыртыстарының құрылысы, геосинклиндер мен платформалар және олардың бір-бірімен өзара қатынасы, таужаралу процесі, жанартау атқылауы мен жерсілкіну және олардың географиялық таралу ерекшеліктері, Жердің гравитация және

магнит өрістері, олардың уақыт өткен сайын өзгерістері, Жер қойнауынан таралатын жылу ағыны және т.б.

Гипотеза белгілі геологиялық деректерге негізделуі қажет: құрылымдардың ерекшеліктері мен олардың жер бетінде таралуына, континенттер арасындағы ежелгі байланыстарға, ерте кезде жер бетіндегі ауа райының (климаттың) таралуына, шөгінді жаралу процесінің ерекшеліктеріне, жер қыртысы бөліктерінің тік және көлбеу бағыттардағы қозғалысы және т.б. Сонымен қатар, гипотеза Жердің ішкі құрылысы жайлы негізгі деректермен үйлесімді болуы қажет.

XIX–XX ғасырлар аралығында Жер туралы ғылым саласында контракция гипотезасы танымал болды. XX ғасырда мобилизм идеясы – континенттердің ығу гипотезасы, жердің ұлғаюы және лүпілдеу (пульсация) гипотезалары кеңінен дамыды. XX ғ. 60–70 жылдары ғылыми ортада жаңа жаһандық тектониканың «мобилизм» концепциясы, яғни тақталар тектоникасы пайда болып, кеңінен тарай бастады. Бұл гипотеза негізінде ірі тектоникалық тақталардың астеносфера қабаты үстінде жылжуы арқасында мұхит ойпаттарының пайда болуын дәлелдеді. «Фиксизм» көзқарасы бойынша құрлықтар қозғалмай, мұхиттар құрлықтар есебінен пайда болған деп жорамалдады.

Төменде Жердің даму тарихы туралы бүгін жалпыға белгілі гипотезаларға қысқаша сипаттама берілген.

2.2. Контракция гипотезасы

XX ғасырдың басында геология саласында контракция, яғни Жердің біртіндеп сығылу гипотезасы үстемдік етті. Өзінің бастапқы (классикалық) түрінде бұл гипотеза Жер планетасы ыстық, балқыған денеден пайда болғаны туралы түсінікке негізделген. Балқыған Жер қойнауын құрайтын зат өзінің меншікті салмағы бойынша бөлініп орналасқан: ішкі ядро ауыр темірден тұрған, оның сыртында тығыздығы аз мантия қабаты орналасқан, ал өте жеңіл бөлігі сыртқы жер қыртысын құраған. Жер суынуы барысында біртіндеп сығылып, жер қыртысы шығынап, ойыстар пайда болды.

Бұл гипотеза бойынша, жер қыртысы барлық жерде құрылысы жағынан бірдей. Мұхиттар мен құрлықтар жер қыртысының құрылысымен емес, олар бір-бірінен тек қана деңгейлерінің әр түрлі болуымен ажыратылады. Жер қыртысының деформациялануы барысында мұхит орналасқан аймақтар көбірек ойысқан, бұл процесс әлі де жүріп жатыр, сондықтан алдағы уақытта континенттерді мұхит сулары басып, олардың жойылуы мүмкін.

Жер бетіндегі тау жоталарының белгілі бір аймаққа шоғарлануы—бұл аймақтағы жер қыртысы беріктігінің төмендігінен. Ал жанартау атқылауына келсек, олар сол балқыған жер қойнауын құрайтын заттардың қалдықтары деп түсіндірген.

Әрине, мұндай қарапайым көзқарасымен гипотезаның көпке бармайтыны белгілі болды. Ғалымдар арасында гипотеза жер қыртысы түрлерін, Жер қойнауының құрылысын, мұхиттар мен таулы аймақтың шығу тегін және т.б. құбылыстарды түсіндіре алмайтыны жайлы көбірек айтылды.

Жердің гравитация өрісін зерттеу нәтижелері де бұл гипотезаға қайшы келді. Сонымен, ғалымдар гипотезаның негізі бұрыс екендігін мойындады. Өйткені, Жер бастапқыда балқыған дене болып қалыптаспаған, егерде осылай бола қойған жағдайда жердің суынуы жоғарыдан (жер қыртысынан) төмен қарай емес, керісінше болуы керек еді.

Дегенмен, контракциялық гипотеза әлде де болса ғылыми ортада қарастырылып жүр. Оны қолдаушылар да аз емес. Өйткені, басқа гипотезаларға қарағанда, ол жер қыртысының қатпарлауына әкелетін қуатты көлбей бағытты күштің пайда болу тегін анық түсіндіреді. Сондықтан да оны қолдаушы ғалымдар қазіргі белгілі деректерге сәйкес оны жетілдіруге ұмтылуда.

Контракция гипотезасын жақтаушы ғалымдар тобының ойынша, Жердің бастапқы балқыған қоймалжың кезінде пайда болған конвекциялық ағындары жеңіл жер қыртысын бөлшектеп, жер бетінде континенттер қазіргі түрінде орналасқан. Осылай граниттік жер қыртысынан босаған орындарда (ашылған континенттердің аралығында) кейіннен мұхиттар пайда болған.

Жердің төменнен жоғары қарай қатаюы жер қабаттары құрылысының біркелкілігіне байланысты. Егер де Жердің әр түрлі қабаттардан тұратынын ескерсек, онда жер қыртысының жеңіл және балқығыш материалдары алдымен қатайып, жер қыртысының жылуөткізгіштік қасиетінің төмендігіне байланысты суыну процесінің шапшаңдығы азаяды. Бұл жағдайда қабаттағы температура конвекциялық ағынмен теңестірілуіне байланысты, суыну процесі қабаттың ішінде төменнен жоғары қарай жүреді. Жер қыртысының жасы 4 млрд. жыл екенін ескерсек, онда мұндай процесс жер қойнауынан таралатын жылу ағынының мөлшерін толық түсіндіре алады. Ал егер жер қыртысының астындағы заттың жоғарғы бөлігі ең соңынан қатаятынын ескерсек, онда жылдамдығы аз қабаттың да пайда болуын түсіндіруге болады.

Бұл гипотезаның тағы бір ерекшелігі, ол Жердің ауыр темір ядродан тұратындығын да түсіндіреді. Дегенмен, гипотеза Жер туралы көптеген белгілі деректерді түсіндіре алмайды.

2.3. Конвекциялық ағындар гипотезасы

Конвекция гипотезасының Жердің ішкі құрылысы жайлы болжамы контракция гипотезасына жақын болғанымен, басқа мәселелер бойынша олар бір-бірінен алшақ жатыр.

Конвекция гипотезасының шығу тегі жер қыртысындағы конвекциялық ағындарға негізделген. Мұндай ағындар жер қойнауында тек ертеде ғана емес, қазір де жүріп жатыр. Олар жер қыртысын бір жерде «сағызша» созатын болса, басқа бір жерде оны қысып, қалыңдығын өсіреді. Осының салдарынан шеткі таулы тізбектер пайда болып, континенттік алқаптар сырт жағынан өседі. Процесс барысында қуатты конвекциялық ағындар пайда болып, олар континенттерді созып, бөліктерге бөлуі ықтимал. Сондықтан да бұл процестің жүруі өте күрделі.

Конвекция гипотезасының Жер және оның қыртысының ішкі құрылысы жайлы негізгі қағидалары қазіргі деректерге қайшы келмейді. Дегенмен, оның көптеген кемшіліктері барын айта кеткен жөн. Солардың кейбіреулеріне тоқталайық.

Егер жер қыртысы астында конвекциялық ағындар болса, жер бетіне таралатын жылу ағынының мөлшері жоғары көтерілуші ағындар аймағында көбірек болып, төмен түсетін ағындар аумағында, керісінше, азырақ болуы керек. Сондықтан бүкіл жер беті жоғары және төмен жылу ағындары ұяларынан тұрған болар еді. Дегенмен, қазір алынған мағлұматтарға қарасақ, олар жер бетінде жылу ағынының бұлай таралу заңдылығын растамайды.

Бұл гипотеза жоғары және төмен ауысып, әр түрлі магмалық циклдермен сипатталатын геосинклин облыстарының да даму тарихын нақты түсіндірмейді. Ал көлденең эсер ететін күштерге келсек, бұл гипотеза контракциялық сияқты: мұндай күштер қатпарлы аймақтарда емес, платформалық алқаптарда болып, олар бүкіл континентке жайылатынын айтады.

Сонымен, Жер қойнауында конвекциялық ағын қалай пайда болады? Ағын қаттылық модулі өте жоғары әр түрлі қабаттардан тұратын жер қабықтары құрылысымен қалай үйлеседі? Бұл сұрақтар гипотеза тұрғысынан жауапсыз қалады.

2.4. Құрылықтардың ығу гипотезасы

Геологиялық ғылым саласында көп жылдар бойы (XIX ғасырға дейін) континенттер мен мұхиттар жүздей миллион жылдар бұрын пайда болып, өз пішінін осы күнге дейін өзгертпеген деген ұғым орын алды. Тек қана анда-санда континенттер биіктігі төмендеп, әлемдік мұхиттың деңгейі көтерілуіне байланысты тегіс және ойпатты жерлерді су басып тұрған.

Қазіргі жер беті мен әлемдік мұхит түбі бедері, жер қыртысының тек қана осындай баяу тік бағытты қозғалысына байланысты қалыптасқан деген түсінік орын алды.

Мұндай көзқарасты геолог-мамандардың көпшілігі ертеден қолдап келеді. Ірі табиғи апаттар да (мәселен, зілзала апаты) осындай тік бағыттағы қозғалыстың амплитудасы мен жылдамдығының күрт өсуіне байланысты болады деп түсіндірілді. Сонымен қатар, табиғатта баяу, тіпті арнайы аспаптармен де тіркелмейтін, әр таңбалы тік бағыттағы қозғалысымен сипатталатын, яғни тербелмелі деп аталатын қозғалыстардың да болатыны белгілі болды. Әдетте, мұндай қозғалыстар өте ұзақ уақыт аралығында ғана байқалады. Мәселен, тау шыңдарының бірнеше сантиметрге өскенін, немесе өзен арнасының тереңдеуін айтуға болады.

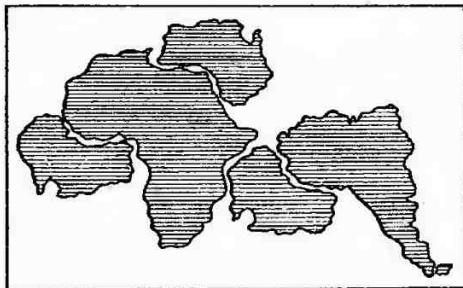
XIX-ғасырдың соңында XX-ғасырдың басында кейбір табиғаттанушылар бұл ұғымның негізі олай емес, ерте заманда бүкіл континенттер біртұтас болуы ықтимал деген ойлар білдіре бастады. Бұған дәлел ретінде картадағы Атлант мұхитының батыс және шығыс жағалауларының бір-біріне ұқсастығын айтты. Дегенмен, мұндай ой-пікірді нақты дәлелдеу ол кезде мүмкін болмады. Егер де жер қыртысының тік бағытты қозғалысын ішкі күштердің әсерінен деп түсіндіруге болатын болса, алып континенттердің көлбеу бағыттағы жылжуын дәлелдеу оңайға түспеді.

XX ғасырдың басында табиғаттанушы ғалымдар арасында өзінің батыл болжамымен неміс геофизигі Альфред Вегенер көзге түсті. Оны географиялық картадағы Оңтүстік Американың шығыс жағалаулары мен Африканың батыс жағалауларының бір-бірімен ұқсастығы өте таңдандырды. А.Вегенер өз ой-пікірін бір жүйеге келтіріп, «континенттердің ығуы» туралы бірінші болып болжам айтты.

Кейін А.Вегенер палеонтологиялық деректермен танысып, Бразилия мен Африка континенттері аралығында ерте кезде құрлық бойымен байланыс болғанын анықтады. Осындай геологиялық және палеонтологиялық деректермен жан-жақты таныса келе, ол өз ой-пікірінің дұрыстығына көзі жетті.

А.Вегенер және оның әріптестері жоғарыда аталған деректерді толықтыру жолында геоморфологиялық, геологиялық, палеонтологиялық және климатологиялық дәлелдемелер іздеді. А.Вегенердің ойынша, 250 млн жыл бұрын палеозой эрасының аяқ шенінде, жер бетінде «Пангея» атаулы («пан» – тұтас, «ге» – жер) жалғыз ғана алып континент болған. Бұл алып континент солтүстігінде Лавразия, ал оңтүстігінде Гондвана атаулы екі бөліктен тұрған. Лавразия қазіргі Еуразия (Индостанды

қоспағанда) мен Солтүстік Американы біріктірсе, Гондвана – Оңтүстік Америка, Африка, Индостан, Австралия және Антарктиканы біріктірген.



2.1-сурет

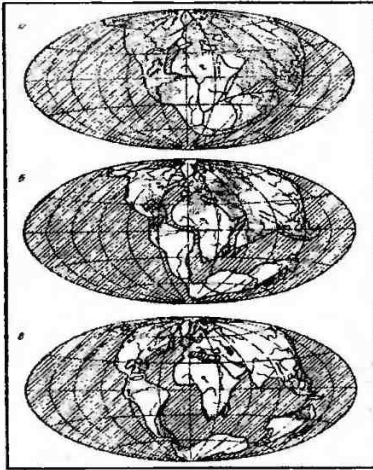
**Континенттер шекарасының ұқсастығының бір мысалы
(Жер шарының оңтүстік континенттерін біріктіру)**

Пангея континентін қайта қалпына келтіру барысында А.Вегенер негізінен, геоморфологиялық деректерге сүйенген. Кейін осы континенттердің геологиялық қималары және ертеде оларды мекендеген жан-жануарлар мен өсімдіктер бұл болжамды толығымен растады.

Оңтүстік Гондвана құрлығындағы ежелгі фауна мен флора бірыңғай топтар құрғаны белгілі. Бұл топтар құрамына кіретін құрлықта және тұщы суда мекендейтін омыртқалы жәндіктер мен таяздағы омыртқасыз жәндіктер өте алыс аралыққа өздігінен жылжуы мүмкін емес. Олай болса, бір кезде біртұтас болған Африка мен Американы мекендеп, кейін осы континенттермен бірге ажырасқан.

А.Вегенер өткен дәуірдегі климаттық жағдайларды талдай отырып, Пангея атаулы біртұтас континенттің болуы жайлы қосымша мағлұматтар тапты. Атап айтқанда, Жер шарының барлық оңтүстік континенттерінде бұдан 280 млн жыл бұрын ірі мұз жабындары болғаны туралы мағлұматтар бар. Мұндай мұз жабындарының іздері Оңтүстік Америка (Бразилия, Аргентина), Оңтүстік Африка, Индия, Австралия және Антарктика жерлерінде табылған. Қазіргі континенттердің орналасуына қарағанда, бір-бірінен алашақ жатқан осы континенттерде бір уақытта мұзбасу пайда болуы тек қана олардың біртұтас кезінде болуы ықтимал.

А.Вегенер болжамының қарсыластары континенттердің мұндай қашыққа (бүгінгі орналасуына қарағанда) жылжуын түсіндіру мүмкін еместігін алға салды. Ал А.Вегенер болса, континенттердің ығу механизмін Жердің өз осін айналу барысында пайда болатын ортадан тепкіш күш әсерінен айсбергтердің қозғалысы арқылы түсіндіруге тырысты.



2.2-сурет
Вегенер гипотезасына сәйкес
континенттердің ығуы: а - 300
млн жыл бұрын, б - 80 млн
жыл бұрын, в - 1 млн жыл
бұрын

Континенттердің ығуын ол төмендегідей жолмен түсіндірді. Ол Жер шарының гипсографиялық қисық сызығындағы континенттердің жер бедері мен мұхиттардың түп бедерін жер бедерінің әр түрлі сатылары деп қарастырды. Ал бұл көзқарас мұхиттық жер қыртысында гранитті қабатының жоқтығын дәлелдейді. Гранитті қабатты құрайтын таужыныстардың меншікті салмағы базальтка қарағанда аз. Сондықтан, деп ойлады А.Вегенер (изостазия гипотезасына сүйене отырып), жеңіл гранит материалдарынан тұратын континенттер айсберг сияқты төменде орналасқан ауыр базальт қабатының үстімен жылжыйды, яғни оның ойынша, қатты гранитті қабат төменгі ауыр базальт қабаты үстінде жылжуы ықтимал. Міне, А.Вегенердің бұл пікірі континенттердің қозғалыс механизмін түсіндірудегі басты қателігі болды.

А.Вегенердің болжамы бойынша, бастапқыда жер беті жұқа гранитті қабаттан тұрған. Палеозой эрасында гранитті қабат ірі алқапқа айналып, Пангея атаулы алып континент пайда болды. Оның жағалауларын сол кездегі Панталасса мұхитының суы шайып жатқан. Мезозой эрасының орта кезінде Пангея алып континенті “быт-шыт болып ажырап”, дербес континенттерге жекеленген. Ай мен Жер арасындағы тартылыс және Жердің орталықтан тепкіш күштері әсерінен жекеленген континенттер ендік бойымен жан-жаққа жылжыған. Мәселен, Америка батысқа қарай, ал Еуропа мен Африка шығысқа қарай ығып, олардың арасында Атлант

мұхиты пайда болған. Ал Антарктиданың оңтүстікке қарай, Австралияның оңтүстік-шығысқа, Индостанның солтүстік-шығысқа қарай ығуынан олардың арасында Үнді мұхиты пайда болған.

Өзінің қарапайымдылығымен және картадағы көрнектілігімен бұл идея мамандар арасында сенімділігін арттырды. Дегенмен, көп ұзамай А.Вегенердің бұл болжамы дағдарысқа ұшырады. 1928 жылы Нью-Йорк қаласында А.Вегенердің болжамын талдауға арналған симпозиумда ғалымдардың басым көпшілігі бұл идеяға қарсы пікір айтты. Тіпті кейбір мамандар А.Вегенер өз болжамын дәлелдеу үшін әр түрлі фактілер арасынан өзіне пайдалысын таңдап алған деген пікірлер айтты. Міне, сонымен ХХ-ғ. 30 жылдарында А.Вегенер болжамы ұмытыла бастады.

Ағылшын ғалымы Г.Джеффрис ХХ ғ. 30-жылдарының аяғында есептеулер жасап, жоғарыда айтылған тартылыс және орталықтан тепкіш күштердің мөлшерінің ірі континенттерді орнынан жылжытуға өте аздығын көрсетті. Мобилістік (қозғалмалық) ой-пікірді сынай келе, Г.Джеффрис оны теріс ұғым деп тұжырымдады.

Бұрынғы Кеңес Одағында бұл мобилистік идеяға қарсы болған, сол кездегі геология ғылым саласының беделі, академик Н.С.Шатский болатын.

2.5. Жердің ұлғаю гипотезасы

Жердің өздігінен ұлғаю мүмкіндігін уақытында М.В.Ломоносов, Д.Геттон және т.б. айтып кеткен. Алғашқы рет бұл пікірді 1889 жылы И.О.Ярковский жазды. 1949 жылы кеңес ғалымы И.В.Кириллов, 1957 жылы венгр геофизигі Л.Эдвед жердің ұлғаю гипотезасын жарыққа шығарды. ХХ-ғасырдың 50-жылдары О.Хильгенберг, П.Дирак, В.Б.Нейман және басқалар гипотезаны әрі қарай толықтырды. Бұл гипотеза бойынша, Жер шарының көлемі бастапқыда қазіргіден әлдеқайда аз болған. Жердің радиусы шамамен 3500-4000 км, ал оның бетінің ауданы қазіргіден екі есе кіші болған. Мұхиттар жоқ, құрлықтық қыртыс толығымен барлық жер бетін жауып жатқан. Кейбір ғалымдардың ойынша, Жердің ұлғаюы палеозой эрасының соңынан басталған, ал басқа деректер бойынша, бор дәуірінен басталған деп айтады. Осы кезден бастап Жердің радиусы жыл сайын шамамен 0,6 мм-ге өсіп отырған. Жердің ұлғаюына байланысты оны толығымен жауып жатқан құрлықтық қыртыс шығынап жарылып, бөлек континенттер пайда болған. Жердің әрі қарай ұлғаюына байланысты континенттер жан-жаққа жылжып, олардың арасындағы ашылған орынға мантиядан көтерілген зат толып, жаңа мұхиттық жер қыртысы пайда болған.

Жердің тез арада осылай ұлғаюын гипотезаны жақтаушылар әр түрлі жолмен түсіндіреді. Кейбіреуі мұны гравитациялық тұрақтының, яғни ауырлық күшінің азаюымен байланыстырса, басқа біреулері (И.В.Кириллов) Жер массасының өсуіне, оның терең қойнауындағы зат тығыздығының азаюына байланысты болуы ықтимал деп қарастырады. Сонымен қатар, ядродағы зат тығыздығы Жердің көлемі өскен сайын азаяды деген де ой-пікірлер айтады. Гипотеза бойынша, Жердің ұлғайғанға дейінгі орташа тығыздығы шамамен $15,5 \text{ г/см}^3$, ал Жер бетіндегі ауырлық күш мөлшері қазірдегіден екі есе көп болған.

Жердің ұлғаю гипотезасы біршама келіспеушіліктер тудырады. Континенттер ығысуын жақтаушылардың ойынша, жер бетіндегі орталық-мұхит жоталарының бағдары меридиан бойымен бағытталған. Олай болса, мұхиттық қыртыс меридиандық бағытқа қарағанда ендік бойымен тезірек өседі. Сондықтан жер қыртысының өсуі Жердің жалпы ұлғаюына болуы мүмкін емес. Олай болған жағдайда мұндай өсу әр бағытта әр түрлі жылдамдықпен болып, Жер шары өзінің сфера формасын сақтай алмаған болар еді.

Белгілі геолог-ғалым В.В.Белоусов Жердің ішкі қойнауындағы зат тығыздығы уақыт өткен сайын азаяды деген ойдың дұрыс еместігін айтады. Бұған қосымша, жер бетіндегі белгілі қатпарлы деформациялар мен бастырмалар (надвиги) тек жер қыртысының сығылу кезінде ғана пайда болады.

2.6. Лүпілдеу гипотезасы (пульсационная гипотеза)

XX-ғасырдың басында ғалымдар арасында жердің ұлғаю дәуірі оның сығылуымен аяқталады деген болжам айтылды. Кейінірек «Лүпілдеу гипотезасы» деп аталған бұл болжамды алғаш рет америкалық геолог В.Бэчер және кеңес академиктері В.А.Обручев пен М.А.Усов айтты.

Лүпілдеу гипотезасы бойынша, жердің қозғалысы тек қана тік бағытта болуы керек. Дегенмен, В.А.Обручев континенттердің көлбеу бағытта ығу мүмкіндігін де жоққа шығармай, мұндай ығу созылу белдемнен сығылу белдемне қараған бағытта болатынын айтты.

Жердің даму барысында созылу және сығылу процестерінің бір-бірімен ауысып отыратыны жайлы қазіргі лүпілдеу гипотезасын қолдаушылар да айтып жүр. Олардың ойынша, сығылу дәуіріне таужаралу кезеңі сәйкес келсе, созылу дәуіріне — алаптың таныштық және ойысу кезеңі сәйкес келеді. Жер қыртысының созылуы негізінен рифт белдемдерінде кездеседі. Керісінше, сығылу процесі теренсулық мұхиттық науа (глубоководные океанические желоба) және қатпарлы тау

жүйелерінде болады. Сығылу мен созылу процестері жер бетінде біркелкі кездеспейді. Кезек жүретін бұл процестер нәтижесінде жер қыртысының бөліктері созылу белдемінен сығылу белдеміне қарай ығысады. Мысал ретінде Сирия-Араб тақтасының Қызыл теңіз бен Аден грабендерінен Загрос пен Кавказ қатпарлы жоталарға қарай ығысуын айтуға болады. Бұл гипотезаны қолдаушылардың ойынша, жер көлемінің азаюы – жер қыртысы сығылуының оның созылуынан, әсіресе кейінгі дәуірде, әлдеқайда басым болғанының дәлелі.

Кейінгі кезде шахталарда, штольняларда, ірі шұңқырларда таужыныстардың кернеулігін тікелей өлшеу көптеп жүргізілуде. Алынған нәтижелер таужыныстарға аз ғана тереңдіктің өзінде жоғары мөлшерде көлденеу күштің әсер ететіні анықталып отыр. Есептеулерге қарағанда, бұл күштің шамасы осы тереңдікте болуы ықтимал қысымнан әлдеқайда жоғары ($100-500 \text{ г/см}^2$ -тан астам) екені анықталды. Швеция физигі Н.Хаст Швеция, Финляндия, Норвегия жерлерінде жер бетіне шыққан гранит қабатында жүргізілген өлшеулер нәтижесінде, өзара перпендикуляр көлденеу өстердегі кернеулер қосындысы 180 г/см^2 екендігін анықтады (кернеулер қосындысы жер бетінде 0-ге тең болуы керек). 400 м тереңдіктегі өлшенген қысым мөлшері 1 км тереңдіктегі есептелген мөлшермен бірдей болып шықты. Ал 400 м тереңдікте есептелген қысым мөлшері 30-50 м тереңдіктегі өлшенген мөлшермен тең болған.

Алынған нәтижелер Н.Хаст пен П.Кропоткин ойларына, бүгінгі дәуірде әр түрлі геологиялық жағдайларда (Альпі қатпарлау алқабында, платформада) негізінен сығылу процесі басым екендігін білдіреді.

Лүпілдеу гипотезасын қолдаушылардың ойынша, Жер радиусының азайып келе жатқанына бірнеше геологиялық деректер мысал бола алады. Мәселен, Жердің даму тарихында жер беті төмендеуі оның көтерілуінен көбірек болған, қатпарлану дәуірі бүкіл планетаға таралған, таулы аймақтар астында болған жерсілкінуі ошақтарында сығылу кернеулігі жоғары болады.

Жер радиусының алма-кезек өзгерісін кейбір астрономиялық деректерден де көруге болады. Мәселен, Жердің өз осін айнала бұрыштық жылдамдығының өзгерісі тәуліктің ұзақтығымен байланысты. Бұл зерттеулер Жер радиусының кейінгі 500 млн жыл арасында 10 % шамасында өзгергенін көрсетеді.

Дегенмен, бұл гипотеза жердің лүпілдеу себептерін әлі де болса толық түсіндіре алмай отыр. М.А.Усов оны ғарыштық факторлармен байланыстырады. В.А.Обручев болса, жердің ұлғаюын магмалық таужыныстарының радиоактивті жылу әсерінен немесе сығылу процесі аяқталғаннан кейін қысымның азаюына байланысты, қаттыдан сұйық жағдайға ауысуымен түсіндіреді. Ал сығылу процесінің себебін ұлғаю кезеңінде лава, газ, бу, ыстық су көздерінен бөлінген жылудың қарқынды болуымен байланыстырады.

2.7. Жаңа жаһандық тектоника концепциясы

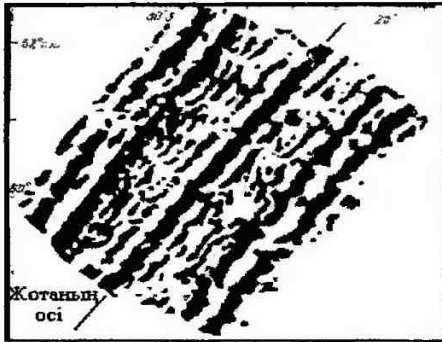
XX-ғасырдың 50-жылдарында А.Вегенердің «Континенттердің ығуы» атты гипотезасы ұмытылып, тарихтан өз орнын тапқан көптеген ғылыми болжамдардың бірі болды. Осы кезде ғалымдар Жер шарының 2/3 бөлігін алып жатқан мұхиттардың құпиясын, атап айтқанда, мұхит түбі бедері мен геологиясын, оның құрылысы мен құрамын, мұхит суының физикасын, химиясын және биологиясын зерттеуге жан-жақты кірісті. Мұхит түбіне арнайы аспаптар қойылып, олардан құнды мағлұматтар алына бастады. Мәселен, сейсмикалық зерттеулердің нәтижесінде мұхит түбінде гранит қабаты жоқ екені дәлелденді. Америкалық геологтар Б.Хейзен мен М.Тарп орталық-мұхит тау жоталарының бүкіл әлемдік мұхиттарға тән екендігін және оның осін қуалай орналасқан еңсіз шатқалдың (рифт) бар екендігін (5.4-сурет) дәлелдеді. Бұл шатқалдың көлденең қимасы шығыс Африкадағы рифт белдеуіне ұқсас болды. Бүкіл Жер шарын орай орналасқан бұл алып рифт аңғарының сейсмикалық және жанартаулық қарқындылығы жоғары екендігі анықталды.

50-жылдың аяғында мұхит түбіндегі магнит өрісі құрылысының ерекшелігі жайлы деректер пайда болды. Мұхитасты магнит өрісінде оң және теріс таңбалы магниттік өріс бір-бірімен ауысып отыратыны анықталды. Осы палеомагниттік деректерге сүйене отырып, құрлықтардың ертедегі сыртқы пішінін қайта құруға мүмкіндік туды.

Осындай жаңа ғылыми нәтижелер (XX ғ. 50-60 жылдары) мамандар арасында ертеде континенттердің көлбеу қозғалысы болуы ықтимал деген ой-пікірлер тудырды. Мұндай көзқарасты сол кездегі көптеген белгілі ғалымдар да қолдады.

1959 жылы сол кездегі беделді геофизиктердің бірі Б.Гутенберг Жер шарының геологиялық даму тарихында континенттердің және олардың кейбір бөліктерінің өзара айтарлықтай ығуының мүмкін екендігі жайлы айтты.

Мұхит түбінің ажырауы. Америкалық ғалым Г.Хесс 1962 жылы мобилизм идеясын қолдайтын қызықты болжам айтты. Оның ойынша, орталық-мұхит жотасының осін қуалай орналасқан рифт аңғары арқылы мантияның балқыған заты жоғары көтеріледі. Балқыған зат жарылымның жан-жағына жайылуы барысында мұхит түбін ажыратады. Лава суының қатайғаннан кейін, мұхит түбінде «екінші» жанартаулық қабат пайда болады. Ал рифт аңғарында жаңадан мұхиттық қыртыс қалыптасады. Орталық жарылымның пайда болуы және ол арқылы төменнен магманың көтеріліп жан-жаққа жайылуы геологиялық тарихта бірнеше рет қайталанып отырған. Жарылымнан магманың бірнеше рет жан-жаққа жайылуынан жаңадан қабат пайда болып, орталық жарылыммен жоғары көтерілген лава литосфера блоктарын жан-жаққа ажыратады.



2.3-сурет
Рейкьянес жотасының
үстіндегі жолақ
магниттік аномалия

Бұл гипотеза бірден-ақ өзінің көптеген қолдаушыларын тапты. Орталық-мұхит жотасы осінде жылулық ағын жоғары мөлшерде және жанартау атқылауы шоғырланған. Бұл рифт аңғары арқылы магманың көтерілуін растайды. Ал кейінгі кезде рифт аңғарында жүргізілген өлшеулер жылу ағынының мөлшері жарылымның екі жағындағы мұхит табанына қарағанда бірнеше рет артық екенін көрсетеді.

Ф.Вайн және Д.Мэтьюз орталық-мұхит жотасын қуалай, оған параллель бағытта өлшенген магнит аномалияларды зерттеді. Г.Хесс идеясын қолданып және Жердің магниттік өрісі өз таңбасын белгілі бір мерзімнен кейін өзгертетінін еске ала отырып, олар 1963 жылы бірегей гипотеза ұсынды. Рифт аңғарындағы балқыған заттың суынуы барысында сол кездегі жердің магнит өрісімен магниттеледі. Келесі көтерілген магма, егер жердің магнит өрісі өз бағытын өзгертпін үлгірсе, кері магнит өрісімен магниттеледі. Міне, осылай жотаның жан-жағы бір-бірімен параллель, өзара ауысып тұратын оң және теріс магниттік алқаптардан тұрады (магнитті жолақ). Олардың орналасуы бір-біріне сәйкес (симметриялы) түрде болады. Мұндай мұхит түбіндегі магниттік ауытқулардың құрылымы тек қана жердің геологиялық тарихында кездесетін геомагниттік полкостердің өзгеруіне байланысты. Жердің геологиялық тарихында полкостердің бір полярлық дәуірінің ұзақтығы шамамен $2 \cdot 10^5$ жылға тең. Олай болса, орталық-мұхит жотасының ажырауы осы магнит өрісі құрылымының жолақтығына тікелей байланысты болды.

Вайн-Мэтьюздің мұндай гипотезасына кейбір ғалымдар сенбестікпен қарады. Олардың ойынша, мұхит түбінің көптеген жерінде мұндай жолақ магнит өрісі кездеспейді. Ал кейбір ғалымдар мұндай аномалиялар мұхит түбінде кездесетін параллель орналасқан көптеген жарылымдарды толтыратын жоғары магниттелген таужыныстармен байланысты деп түсіндірді. Вайн мен Мэтьюз идеясын қолдаушылар мұндай сызықтық

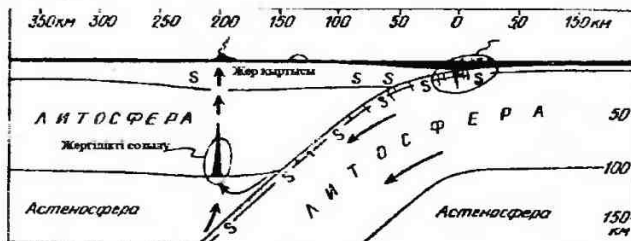
магниттік аномалиялар тек қана орталық-мұхит жотасына тән екендігін алға салды.

Көптеген қиыншылықтарға қарамастан, бұл гипотезаны ғалымдардың басым көпшілігі қолдады. Сызықтық магниттік аномалиялар арқылы мұхит түбінің ажырау жылдамдығы анықталды. Магниттік профильдер мен тұрғызылған магниттік карталар мұхит түбіндегі орталық-мұхит жотасына параллель орналасқан магниттік алқаптардың енін анықтауға мүмкіндік берді. Мұхит түбі таужыныстарын жан-жақты зерттеу арқылы магнит өрісінің өзгерісі анықталып, оны магнитті жолақпен салыстыру арқылы мұхит түбінің кейінгі 4–4,5 млн жыл арасында ұлғаюы анықталды.

Литосфера тақталары қозғалысының гипотезасы. Вегенер гипотезасының басты қатесі – жеңіл гранит материалдарынан тұратын континенттердің айсберг сияқты ауыр базальт қабатының үстімен жылжиды деген дәлелдеуі болды. 1965 жылы Канада ғалымы Дж.Тюзо Уилсон жер қыртысы мен жоғарғы мантиядан тұратын бірнеше ірі литосфера тақталары жұмсақ астеносфера қабаты бетімен жылжиды деп жорамал айтты.

Литосфера тақталарының қозғалыс ерекшеліктерін ХХ ғ. 60-жылдарының соңында В.Д.Морган, Ксавье Ле Пишон және басқа да ғалымдар жазған. Олардың ойынша, жер беті 9 ірі және көптеген кішігірім тақталарға бөлінеді. Тақталар тек континенттерді ғана емес, сонымен қатар мұхиттар түбін де қамтиды. Тақталар судағы сең сияқты жылжып, олардың шекаралары орталық-мұхит жоталары, тереңсулы науалар және континенттер жағалауындағы жас қатпарлы таулы алқабы арқылы өтеді.

Литосфера тақталары орталық-мұхит жоталарының осінен жан-жаққа ығысады. Рифт аңғары бойымен мұхиттық жер қыртысы өсіп, тақтаның қарама-қарсы жағындағы тереңсулы науа белдемінде тақтаның кенересі бұзылады. Мұхиттық литосфера иіліп, қарсы жылжыған континенттік тақтаның астына 45° бұрышпен 700 км тереңдікке дейін астеносфераға сүңгиді (2.4-сурет).



2.4-сурет

Тереңсулы науа белдемінде литосфера тақтасының сүңгу сұлбасы
(B.Isaks, J.Oliver, L.Sykes, 1968)

Сонымен, бұл гипотеза бойынша, астеносферадағы балқыған зат орталық-мұхит жотасындағы рифт аңғарымен жоғары көтеріліп, үлкен кашықтыққа таралып, теренсулы науа белдемінде қайта астеносфераға сүңгиді, яғни мұхит түбі алып конвейер сияқты үнемі жылжып, жаңарып отырады.

Бірқатар ғалымдар келтірілген деректердің дәлелдемесі жеткіліксіз деп пікір айтады. Әрине, бұл жаңа жаһандық тектоника концепциясының осал жерінің бірі. Дегенмен, гипотеза қолдаушыларының ойынша, жер бетінің литосфера тақталарына бөлінуі, мұхиттық тақтаның теренсулы науа белдемінде төмен сүңгуі, жерсілкіну ошақтарының таралу заңдылығымен расталады (2.5-сурет). Қалыпты жерсілкінулері (ошақ тереңдігі жер қыртысы төңірегінде) эпицентрлерінің басым көпшілігі орталық мұхит жоталарының осіне сәйкес келеді. Ал терең фокусты жерсілкінулерінің эпицентрі негізінен тереңсулы науаларға, аралдық доғаларға және жас таулы-қатпарлы аймақтарға сәйкес келеді.

Сейсмологиялық деректер бойынша, мұхит жағынан тереңсулы науа астында сілкіністер ошағы 70-80 км тереңдікте орналасса, континентке қараған жағында олардың тереңдігі 700 км-ге дейін жетеді. Жерсілкіну ошақтарын қосатын сызық 45° бұрышпен тереңсулы науадан құрлыққа қарай бағытталады. Олай болса, бұл жерде құрлық астына кететін еңіс терең жарылым бар болғаны. Міне, мұхиттық литосфера тақтасының төмен 700 км-ге сүңгуі осы жарылым арқылы болуы ықтимал. Екі тақтаның (төмен сүңгіген мұхиттық және қарсы жылжыған континенттік) бір-бірімен жанасқан бетіндегі жиналған серпімді энергия жерсілкіну арқылы босанады.

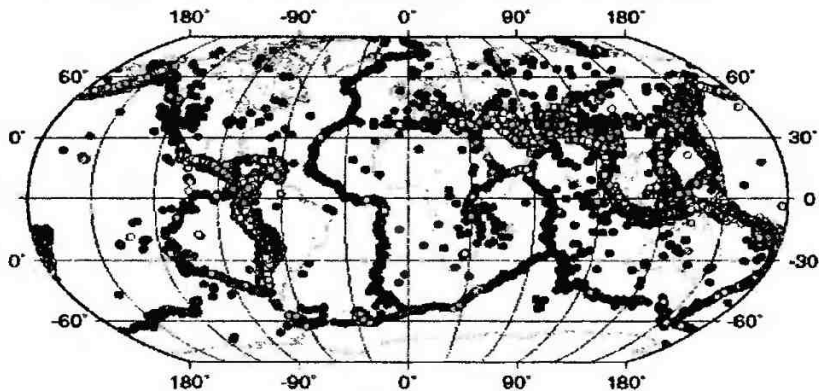
Тереңсулы науа белдемінде мұндай еңіс ірі жарылымның болуы туралы алғаш рет академик А.Н. Заврицкий, жапондық ғалым Вадати және америкалық ғалым Г.Беньофф айтқан. Сондықтан да терең фокусты жерсілкінулер ошақтарын құрайтын бет «Заврицкий-Беньофф беті» (немесе Вадати-Беньофф беті) деп атайды.

Литосфера тақталарының тереңсулы науалар белдемінде төмен сүңгуін дәлелдеу үшін жылу ағыны туралы деректер пайдаланылады. Рифт аңғарында жылу ағынының мөлшері жоғары болып, ал тереңсулы науа белдемінде оның мөлшерінің азаюы, суық литосфера тақтасының төмен қарай жоғарғы мантияға сүңгуімен байланысты болса керек.

Литосфера тақталарының жылжуы әр түрлі бағытта болуы мүмкін. Егер де құрлықтық литосфера тақталары бір-біріне жақындай жылжып соқтығысса, көктем кезінде өзендерде болатын мұзды сең жүргенге ұқсас құбылыс болып, олардың шекарасында ірі таулы құрылымдар пайда болады. Мәселен, Лавразия мен Гондвананы бөліп тұрған Тетис мұхиты

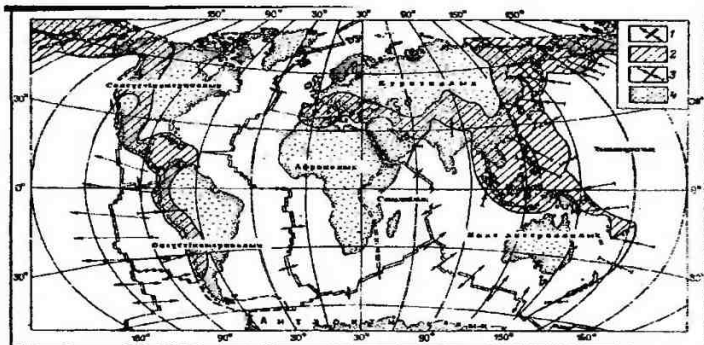
маңында болған континенттік массалардың соқтығысынан Альпі-Гималай қатпарлы белдемі пайда болған. Әлемдегі ең ірі таулардың бірі Гималай тауларының пайда болуын Индостан тақтасының Азия тақтасымен соқтығысуының нәтижесі деп айтады. Индостан тақтасы Азия тақтасының астына сүңгіген.

Сонымен, «континенттер ығуы» атаулы болжамның қайта жанданған аты «литосфера тақталары тектоникасы» деген атаққа ие болды.



2.5-сурет
Жер шарының ірі сейсмикалық белдемдері және күшті жерсілкінулердің эпицентрлері

Литосфера (грек. “lithos” – тас, “sphira” – шар) шытынаған жұмыртқа қабығына ұқсас. Жұмыртқаны жарғанда, оның қабығы көптеген ірі және ұсақ бөліктерге бөлінетіні белгілі. Жер беті де осындай бөліктерден тұрады, оларды литосфера тақталары деп атайды. Қазіргі деректер бойынша жер бетінде 8 үлкен, 20-ға жуық кішігірім литосфера тақталары бар (2.5- және 2.6-суреттер). Бұл тақталар астеносфера (“asthenes” – жұмсақ, балқыған, “sphira” – шар) деп аталатын 120-150 км тереңдікте орналасқан жартылай балқыған қабаттың үстімен ығысады. Жұқа және жеңіл мұхиттық жер қыртысымен сипатталатын ірі екі тақта Тынық мұхитта орналасқан. Антарктида, Индо-Австралия, Африка, Солтүстік Америка, Оңтүстік Америка және Еуразия литосфера тақталары континенттік жер қыртысымен сипатталады. Олардың шектерінің құрылысы әр түрлі.



2.6-сурет

Қазіргі литосфера тақталары және олардың қозғалыс бағыттары:

1 – ажырау осьтері және жарылымдар; 2 – планетааралық сығылу белдеуі;

3 – кенерелері конвергенттік тақталар; 4 – қазіргі континенттер

Сонымен, 1967-1968 жылдары тақталар тектоникасы атаулы концепцияның жасалуы төмендегі үш басты қағиданың қалыптасуына байланысты болды.

1. Серпімді сыртқы қатты қабаттан тұратын жоғарғы мантияның – литосфераның және оның астындағы төсеніші – балқыған астеносфера қабаттарының механикалық моделінің жасалуы. Континенттер астында астеносфера 120-150 км, ал мұхиттар астында – 30-60 км тереңдікте орналасады.

2. Жер бетін әр түрлі литосфера тақталарына бөлу үшін жердің сейсмологиялық сипаттамасы пайдаланылады. Егерде Жер шарының географиялық картасына ірі жерсілкінулерінің эпицентрлерін түсірсек, олардың орналасуы белгілі бір заңдылыққа сәйкес болады. Көптеген жылдар бойы бұл заңдылықты түсіндіру мүмкін болмады. Тек қана тақталар тектоникасы атаулы болжамның арқасында, эпицентрлер тізбегі литосфера тақталарының шекаралары екендігі анықталды.

3. Литосфера тақталары қатты дене болып саналады, сондықтан да олардың сфера үстімен қозғалысы геометриялық заңдылыққа сәйкес жүреді.

Литосфера тақталарының қозғалыс механизмі. Литосфера тақталарының қозғалыс механизмі жаһандық тектоника концепциясының ең осал жерлерінің бірі. А.Вегенердің ойынша, континенттердің қозғалысы ортадан тепкіш және тартылыс күштерінің әсерінен болады. Дегенмен, ғалымдардың басым көпшілігі бұл пікірді қолдамайды.

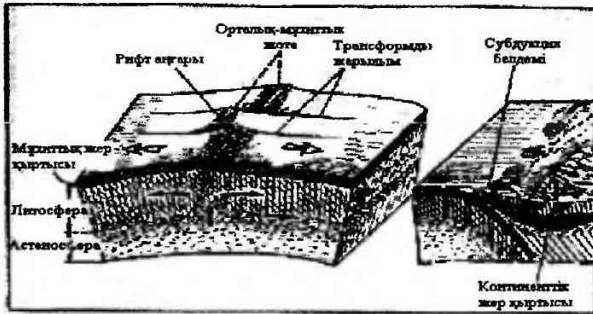
XX ғасырдың 20-жылдарының аяғында Шотландия геологы А.Холмс қыртысасты конвекциялық ағындар атты гипотезаны ұсынды. Оның пікірінше, радиоактивтік ыдырау әсерінен қызған мантия затының тығыздығы азайып жоғары көтеріледі (қалқып шығады). Жер бетіне жақындағанда қызған мантиялық ағындар көлденең бағытта жан-жаққа жайылып суынады. Суынған заттың тығыздығы өсіп, салмағы көбеюіне байланысты төмен жер қойнауына батады. Осылай жер қойнауында пайда болатын конвекциялық ағындар континенттерді жылжытады.

Бұл гипотезаны жаңа жаһандық тектоника концепциясын жақтаушыларының көпшілігі қолдады. Олардың пікірінше, мантия ішіндегі конвекциялық ағынмен сипатталатын заттың айналымы литосфера тақталарын ыстық мантия заты көтерілетін белдемнен затын мантияға қайта сүңгітін жеріне қарай итереді. Орталық мұхит жоталарындағы көтеріңкі жылулық ағын – осы жерде тығыздығы төмен мантиялық заттың жоғары көтерілуінің дәлелі.

Көршілес конвекциялық ағындардың бір-бірімен айырылатын жерінде жер қыртысы созылып, бойлық жарылымдар мен рифт аңғарлары пайда болады. Ал конвекциялық ағынның төмен түсетін тарамдарының жиналған жері ойыстанып, жер қыртысы сығылып, қатпарлар, айырылымдар, бастырмалар пайда болады.

Кейбір белгілі ғалымдар бүкіл мантияға тарайтын ірі масштабты конвекцияның болуына күмән келтіреді. Мәселен, В.В.Белоусов, Е.Н.Люстих, А.В.Магницкий таужыныстардың тығыздығы жер бетінен төмен қарай тез өседі және де қабаттың тік бағыттағы әртектілігінің жоғары болуына байланысты, бұл процестің таралуына кедергі жасайды, деп айтады. Теориялық негізден жер заты құрамы мен тұтқырлығы жағынан біркелкі болғанда ғана конвекция жүруі ықтимал. Ал жұмсарған астеносфераның тұтқырлығы қатты литосферадан жүз есе аз. Сондықтан, дейді П.Н.Кропоткин, астеносфера «майлайтын май» ролін атқарып, астеносфера астында жүріп жатқан конвекциялық ағындарды жоғары жер қыртысына жібермейді.

Кейбір ғалымдар мұхит түбінің ажырауын конвекциялық емес ағындармен байланыстырады. Мәселен, А.Хейлс литосфера тақталарының орталық-мұхит жотасы бойымен ажырауы жотаның биіктік деңгейі жоғары, сондықтан тақталар ауырлық күші әсерінен төмен қарай ығысады деп түсіндірді. Ал Е.В.Артюшков болса, мұхит түбінің ажырауын сорпадағы бір тамшы майдың жайылуымен салыстырады. Оның пікірінше, астеносфера үстінде литосфера тақталары салмағы жағынан көлденең емес, тік бағытта теңескен. Сондықтан, жер қыртысының қалың жерлері өздігінен жайылу барысында бүкіл тақтаны өзімен бірге тартады.



2.7-сурет

Тақталар тектоникасы концепциясына негізделген литосфера тақталарының қозғалысы

Қазір жаңа жаһандық тектоника концепциясын жақтаушылар литосфера тақталарының қозғалысын төмендегіше түсіндіреді. Жер мантиясындағы зат айналымы күрделі (конвекциялық шиырмақ) жолмен жүреді. Ыстық мантия заты көтерілген белдемнен заттың мантияға қайта сүңгітін жеріне қарай литосфера тақталары ығысады. Орталық-мұхит жотасында жылу ағынының өте жоғары мөлшерде болуы (геофизикалық бақылаулар нәтижесінде) бұл жерде төменнен тығыздығы аз мантиялық заттың жоғары көтерілуінің дәлелі болып саналады.

Литосфера тақталарының өзара жылжуы әр түрлі бағытта болуы мүмкін. Егер литосфера тақталары ажырайтын болса (спрединг), олардың кенересі *дивергенттік* деп аталады. Екі тақтаның ажырауынан пайда болған рифт аңғары төменнен көтерілген мантиялық (астеносфералық) затпен толады. Мұхит түбінде олар суынып, мұхиттық жер қыртысы тау жыныстарына айналады. Төменнен көтерілген балқыған мантиялық заттың жаңа порциясының суынуы барысында, оның көлемі ұлғайып, рифт аңғарын кеңейтеді, яғни литосфера қабаттарын жан-жаққа ығыстырады.

Міне мұндай процесс геологиялық тарихта бірнеше мәртебе қайталанып отырған.

Егер де литосфера тақталары бір-біріне жақындай жылжыса, олардың кенерелері *конвергенттік* деп аталады. Екі тақтаның соқтығысқан жерінде күрделі процестер болады. Егер бір мұхиттық тақта екінші мұхиттық немесе континенттік тақтамен соқтығысса, бірінші тақта төмен сүңгиді (екінші тақтаның астына сұғына ығысады). Бұл процесс барысында тақталар кенерелері уатылып сынады. Тақтаның төменгі мантияға батқан бөлігінде тереңфокусты жерсілкінулер пайда болады. Міне осы жерді Заварицкий-Беньофф белдеуі деп атайды.

Мұхиттық тақта мантияға түскеннен кейін балқып, оның жеңіл компоненттері жанартау атқылауымен жоғары көтеріледі. Тынық мұхит отты шоғырының табиғаты міне осындай.

Егер де екі континенттік литосфера тақталары соқтығысса, көктем кезінде өзендерде болатын мұзды сең жүргенге ұқсас құбылыс болып, олардың шекарасында ірі таулы құрылымдар пайда болады.

Литосфераны құрайтын таужыныстар астеносферадағы балқыған затқа қарағанда ауыр, сондықтан олар астеносфераға жартылай батып тұрады. Олардың толық батып кетпеуінің себебі, тақталардың жоғарғы бөлігі тығыздығы төмен жер қыртысын құрайтын таужыныстардан тұрады, яғни континенттік литосфера тақталарының жалпы орташа тығыздығы астеносфера затына қарағанда аз болады.

Көптеген жылдар бойы жүргізілген геофизикалық бақылаулар нәтижесінде литосфера тақталары қозғалысының орташа жылдамдығы анықталды. Мәселен, Альпі-Гималай таулы өлкесінде орналасқан Африка және Индостан тақталарының Еуразия тақтасымен бір-біріне жақындап жылжуы жылына 0,5 см (Гибралтар аумағында) және 6 см (Памир мен Гималай жерінде) болғаны анықталып отыр. Қазірде Еуропа Солтүстік Америкадан жылына 5 см қашықтап барады. Ал Австралия болса, Антарктикадан жылына 14 см қашықтайтын көрінеді.

Жаһандық тектоника концепциясы Жер туралы көптеген белгілі фактілерді түсіндіреді. Дегенмен, әлі де шешілмеген мәселелер көп. Қазір бұл концепцияны жан-жақты талқылау қызу жүруде, арнайы әдебиеттер бетінде әр түрлі, тіпті бір-біріне қарама-қайшы көзқарастар да кездеседі.

2.8. Фиксизм гипотезасы

Тақталар тектоникасы концепциясына «фиксистер» қарсы пікір айтуда. Олардың ойынша, құрлықтардың өзара орналасуы Жердің бүкіл даму тарихында өзгеріссіз болған. Мұхиттар жердің мезозой- кайнозой даму кезеңінде континенттер орнында пайда болған. Голландия геофизигі Р.Ван Беммелен «1954 жылы континенттік жер қыртысының мұхиттық жер қыртысына айналу процесін «мұхитталу» деп атады. Мұндай мұхитталу гипотезасын кеңес ғалымдары да, атап айтқанда, В.В.Белоусов және В.В.Тихомиров қолдайды.

Континенттердің көлбеу бағытта ығуын қолдамай, В.В.Белоусов белгілі Гондвана идеясына қайта оралуды ұсынады. Гондвана құрамына кіретін құрлықтар палеозойдың соңында және мезозойдың басында уақытша құрлықтар белдемдерімен және кішігірім теңіздер арқылы өзара біріккен. Кейіннен мұндай «көпірлер» төмен түсіп көрінбей кеткен.

Фиксизм гипотезасы мобилисттер тарапынан көптеген сынды пікірлер тудырады, яғни мобилисттер мен фиксисттер арасындағы ғылыми айтыстар жалғасуда.

Қорыта келгенде, Жердің даму тарихы туралы бүгін белгілі бірде-бір гипотеза қазіргі деректерді толығымен түсіндіретін тұрақты теорияға айнала алмай отыр. Жердің даму тарихы туралы теория жақын арада жасалынады деп болжаймыз. Бұл теория белгілі гипотезалардың элементтерін жинақтап синтездеу арқылы жаңа негізде жасалуы ықтимал.

3. ЖЕР ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ ТҮСІНІК

3.1. Кіріспе

Жердің құрылысы мен құрамы, оның сыртқы пішіні адамзатты ерте кезден ойландыруда. Ғасырлар бойы қоршаған орта жайлы деректер жиналуда. Бұдан 2500 жыл бұрын гректер Ай тұтылған кезде оның бетіне Жердің дөңгелек көлеңкесі түсетінін байқап, Жер шар тәрізді дөңгелек деп алғаш рет жорамал айтқан.

Біздің эрамызға дейін 250 жыл бұрын сол кездегі әлемдегі аса ірі Александрия кітапханасының сақтаушысы Эратосфен Жер шары шеңберінің ұзындығы шамамен 39500 км деп есептеп шығарды (қазіргі деректер бойынша, Жер шеңберінің экватор бойымен ұзындығы 40000 км).

Жер шарын зерттеуде келесі айтарлықтай кезең поляк астроном-ғалымы Николай Коперниктің атымен байланысты. Ол өзінің «О круговращений небесных тел» атты кітабында Жер планетасы әлемнің как ортасында орналасады деген қағиданың бұрыс екендігін дәлелдеді.

Міне осылай «Жер шары біршама шағын ғана жазықты құрайды, оны үш кит немесе үш піл көтеріп тұр, ал аспан күмбезі хрусталь тостаған сияқты, оны төңкере жауып тұр» деген халық арасына кең тараған ұғымның теріс екені дәлелденді.

XVII ғасырдың басында Жер планетасы туралы көптеген ғылыми деректер жиналды. Дегенмен, әлі де ашылмаған құпиялар көп болатын. XVII ғасырдың соңында Жердің сыртқы пішіні шардан өзгеше екені анықталды. Француз ғалымдары Оңтүстік Американың экваторға жақын жерінде сағаттың секунд маятнігінің тербелісі Париждегі осындай сағат тербелісіне қарағанда әлдеқайда баяу екендігін, соның салдарынан сағат тәулігіне 2,5 минут артқа қалатынын анықтады.

Мұның себебін атақты ағылшын ғалымы Исаак Ньютон (1643-1727 жж.) былай деп түсіндірді: экваторда жер беті оның центрінен алшақ, ал Парижде—керісінше жақын, сондықтан ауырлық күші бұл жерлерде әр түрлі болады. Өзінің «Математические начала натуральной философии»

атты кітабында Ньютон әлемдік тартылыс заңына негіздеп Жер пішінінің теориясын жасаған. Жер өз осін айналуына байланысты орталықтан тепкіш күштің әсері экваторда жоғары, ал полюстерде аз болады, сондықтан Жердің бүйірі шығып, полюстерде сығылу пайда болады. Міне осының салдарынан Жердің мүсіні эллипсоид фигурасына ұқсас деп дәлелдеді. Бұл теориялық көзқарас жер бетінде жүргізілген градустық өлшеулер нәтижелеріне қайшы келмейді.

3.2. Жердің пішіні және өлшемдері

Жер физикасы зерттейтін проблемалардың арасында планетамыздың пішіні (сыртқы формасы) туралы деректер елеулі орын алады. Өйткені, Жердің сыртқы пішіні оның ішкі құрылысымен, терең қойнауында болып жатқан әр түрлі физикалық процестермен, планетамыздың жаралуымен және даму тарихымен тікелей байланысты. Олай болса, Жердің сыртқы пішінін зерттеу арқылы оның ішкі бөліктерін құрайтын таужыныстардың физикалық қасиеттері мен оңда етек алған кейбір физикалық процестердің ағымын анықтауға болады.

Әдетте, Жердің пішіні деп оның сыртқы қатты қабатының бетін айтады. Ол өте күрделі екені көпшілікке мәлім. Жердің бетінде заңғар таулар мен терең ойпаттар кездеседі. Мәселен, Гималай тау жүйесіндегі ең биік шың мұхит деңгейінен 8884 м биіктікке жетсе, Тынық мұхиттағы Мариан ойпатының тереңдігі 11034 м (биіктік айырмашылығы 20 км-ге дейін жетеді). Дегенмен, мұндай кедір-бұдырлар Жердің өз өлшеміне қарағанда түкке тұрғысыз. Сондықтан да көпшілік жағдайда олар есепке алынбайды.

Жер өз осін айналу барысында орталықтан тепкіш күш тудырып, оның әсерінен экваторлық дөңес пайда болатынын айттық. Міне, Жер пішінінің сферадан айырмашылығының ең басты себебі осында.

Жер бетінің құрылысы күрделі болғандықтан, оның пішіні туралы сөз болғанда, оның қарапайым бөлігін бөліп алып қарастырады. Осылай Жердің ең қарапайым пішіні ретінде, ең бірінші, Жерді шар деп қарастырған. Кейіннен Ньютон жерді қабысқан (сығылған) дене екенін анықтап, оның сығылуын немесе қабысуын α -ге тең айналмалы эллипсоид арқылы бейнеледі. Полюстік сығылу немесе Жердің қабысуы деп Жердің үлкен және кіші осінің айырмасының үлкен өсіне қатынасын айтады, яғни

$$\alpha = \frac{a - b}{a} = 1:298,3,$$

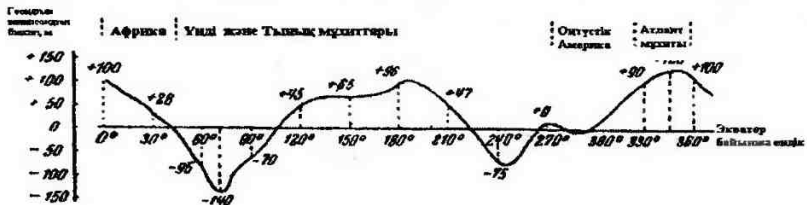
мұнда a – үлкен (экваторлық) радиус, b – кіші (полюстік) радиус.

Жердің сыртқы формасы шарға қарағанда эллипсоидқа жақын деп қарастыру – Жердің сыртқы формасын нақты анықтаудың екінші жуықтауы болып табылды. Эллипсоид пен Жердің нақты сыртқы формасы аралығындағы айырмашылық тек қана Жердің бедерімен анықталады. Ал Жердің бұл кедір-бұдыр бедерін есепке алу—Жердің нақты фигурасын анықтаудың келесі сатысы болады. Ол үшін Әлемдік мұхит бетімен Жерді белдеулей (континенттер астымен) тоғысқан жердің тегіс бетін бөліп алып қарастырады. Бұл эквипотенциалдық беткей ғылыми әдебиетте *геоид* («ге»-жер, «иода» – ұқсастық) деп аталады. Сонымен, *геоид* дегеніміз жер бетінде салмақ күші потенциалының теңдес мағыналарын бір-бірімен ойша қосқанда пайда болатын шартты жазықтық.

Геоид, жоғарыда айтылғандай, Жердің нақты фигурасын анықтауда эллипсоидтан кейінгі жуықтау екенін айттық. Дегенмен, бұлай деп айту дұрыс емес. Өйткені, геоид жердің нақты фигурасына қарағанда жақын емес. Жердің кейбір бөліктерінде геоид жер бетінен эллипсоидқа қарағанда алшақ жатыр. Ол Еуропа, Африка, Тынық және Атлантика мұхиттарында эллипсоидтан жоғары, ал Солтүстік Америка, Азия және Үнді мұхиттарында – төмен өтеді.

Эллипсоид пен геоид беттерінің айырмашылығы ондаған метрге, (кейде 200 метрге дейін) жетеді. Геоид бұрыс фигура болып есептелінеді, оны жәй геометриялық формула арқылы өрнектеу мүмкін емес. Сондықтан да әр түрлі геологиялық мәселелерді қарастырғанда геоид беткейін пайдалануға болмайды.

Дегенмен, геоид бетін геологиялық практикаға енгізудің өзінше мәні бар. Жер бетінің биіктігі (бедері) осы геоид бетінен есептелінеді, яғни Жердің физикалық бетін анықтағанда осы «теңіз беті» деп аталатын

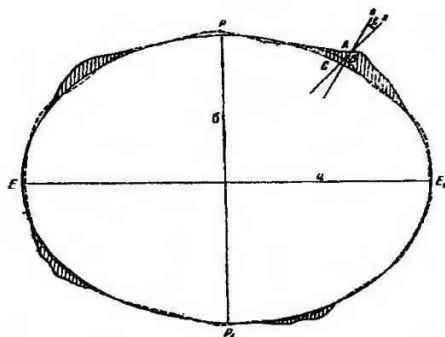


3.1-сурет
Жер экваторын айнала геоид бетінің
эллипсоидтан айырмашылығы

деңгейден бастап есептелінеді. Бұл «теңіз беті» жердің топографиялық бетімен немесе эллипсоид бетімен сәйкес емес. Мұхитта геоид беті теңіз

суы тығыздығы әсерінен эллипсоид бетінен төмен, ал таулы аймақта – эллипсоид бетінен жоғары жүреді.

Жоғарыда біз жер беті бедері теңіз деңгейінен (геоид беті) бастап есептеледі дедік. Бұл әлемдегі барлық теңіз беті бірдей деген сөз. Шындығында, теңіз деңгейлері бірдей емес. Соныдықтан, жер беті биіктігі көп жылғы есептеулер нәтижесінде анықталған мұхиттың орташа деңгейінен, яғни шартты таңбадан (белгіден) бастап есептелінеді.



3.2-сурет

Жердің физикалық бетінің, эллипсоидтың және геоидтың өзара шартты түрде орналасуы: a, b – эллипсоидтың экваторлық және полюстік радиустары; A – жер бетіндегі нүкте; eA – геоид бетіне тік сызық; eA – эллипсоид бетіне тік сызық; ξ – ауытқу (тік бағыттан) бұрышы; AB – A нүктесінің геоид бетінен биіктігі (теңіз деңгейінен); AC – A нүктесінің эллипсоид бетінен биіктігі; BC – геоид бетінің эллипсоидтан биіктігі

Бұрынғы кеңес аумағы үшін мұндай шартты таңба Балтық теңізінің орташа деңгейіне сәйкес келетін Кронштадт футштогы (су деңгейін өлшейтін аспа-рейка) болып саналады.

Жердің сыртқы пішіні мен оның өлшемі жайлы мағлұматтар астрономиялық байқаулар мен ғарыштық ортада жүргізілетін өлшеулер, сол сияқты жер бетінде жүргізіліп жатқан көптеген бақылаулар арқылы анықталып отыр. Осы зерттеулердің нәтижесінде, Жердің үлкен (экваторлық) жарты осі $a = 6378245$ м, кіші (полюстік) жарты осі $b = 6356863$ м-ге тең екендігі анықталып отыр. Орташа радиус (Жерді шар деп алсақ) 6371110 м-ге тең. Жер меридианы шеңберінің ұзындығы 40008550 м-ге, экватор шеңберінің ұзындығы 40075700 м-ге, жер бетінің жалпы ауданы шамамен 510 млн км^2 -ге тең. Жердің көлемі $1,083 \cdot 10^{12}$ км^3 , массасы $5,976 \cdot 10^9$ трлн тоннаға тең.

3.3. Жер беті пішінін өзгертетін геологиялық процестер

Жер бетіне геологиялық ішкі (эндогендік – жанартау атқылауы, жерсілкінуі, таужаралу, жер қыртысының тік және көлбеу қозғалыстары) және сыртқы (экзогендік – жерасты және жербеті суының, желдің, мұздықтардың, организмдердің және т.б. әрекеті) күштер әсер етеді. Олар жер беті пішінін үздіксіз және шексіз өзгертіп отырады. Мұндай процестер әр түрлі жылдамдықпен ертеде болған, келешекте де болады. Жанартау атқылауы мен жерсілкінуі, әр түрлі атмосфералық құбылыстар – құйындар мен дауылдар, циклондар мен антициклондар жер беті пішінін тез арада өзгертеді. Мұндай аз уақыт арасында болатын қарқынды табиғи процестермен қатар жерге көптеген мыңжылдар бойы үздіксіз жүріп жатқан әр түрлі геологиялық процестер де өз әсерін тигізеді. Олардың әсерінен таулар мүжіліп, теңіз жағалаулары өзгереді, шөл далалар пайда болады.

Эрозия. Жаңбыр суы мен таужыныстары арасындағы химиялық реакция әр түрлі физикалық және биологиялық процестер түріне себеп болады. Олардың әсерінен таужыныстар бұзылып, өсімдік өсетін қопсық топырақ пайда болады. Бұзылған материал ауырлық күші әсерінен жоғарыдан төмен қарай жылжиды. Мұндай процестер, әдетте, көбінесе аққан су, сирегірек жел мен мұз әсерінен болады.

Эрозия құрлықтың деңгейін төмендетеді (бұл процесс мүжілу— денудация деп аталады). Денудация процесінің әдеттегі орташа жылдамдығы шамамен мың жылда бірнеше сантиметрге жетеді (климаттық жағдайға және сол жердің теңіз деңгейінен биіктігіне тікелей байланысты). Есептеулерге қарағанда, мұндай жылдамдықпен жүретін денудация процесі теңіз беткейінен орташа есеппен 800 м биіктікте орналасқан континенттерді 10⁷ жыл аралығында жоқ қылған болар еді. Дегенмен, континенттердің жасы 10⁷ жылдан әлдеқайда көп болғанына қарамастан, бүгінде жердің топографиялық бетінің өзінше ерекшеліктерін еске алсақ, онда табиғатта эрозия мен құрлықты қалыптастырушы процестер арасында өзара тепе-теңдік бар екендігін білеміз.

Шөгінді жиналу (осадконакопление). Жоғарыда аталған эрозия әсерінен майдаланған материал төмен қарай жылжып, ойпат жерлерде, өзен арнасында, континенттік қайраңда немесе мұхит түбінде және т.б. жерлерде көлбеу қабаттар түрінде түзіледі. Шөгінді жиналу деп шөгінді материалдың табиғи жағдайда қозғалмалы қалпын жоғалтып, шөгінді мен тұнбаға айналуын айтады. Өткен геологиялық дәуірлерде пайда болған шөгінділер нығыздалып, қазір шөгінді таужыныстарға айналған. Олардың құрамында бастапқы материалдардың қозғалыста және шөгіндіге айналу кезеңіндегі іздері сақталады.

Шөгінді таужыныстар жер қыртысын құрайтын таужыныстардың аз ғана бөлігін құрайды. Мұхит түбінде олардың қалыңдығы жүздеген метр немесе бірнеше километрге тең. Тек қана континенттік шельфте олардың қалыңдығы жоғарырақ болады. Континенттердің басым көпшілігі қалыңдығы бірнеше км көне шөгінді таужыныстардан тұратын тыспен жабылған. Кейбір ойпатты жерлерде (мәселен, Каспий маңы ойпаты) мұндай тыстың қалыңдығы өте көп болады (25 км-ге дейін). Өйткені ол ойпат бетінің төмен ойысуы мен шөгінді жиналуы бір-бірімен сәйкес келуіне байланысты.

Жанартау атқылауы. Жанартау атқылауы табиғаттың дүлей күштерінің біріне жатады. Магманың пайда болуы, оның жоғары қарай жылжуы және жер бетінде атқылауы – жанартау атқылауын сипаттайтын процестер болып табылады.

Жанартау атқылауы жер бетінде белгілі бір аймақта шоғырланған: қазіргі кезде және жақын арада болған жанартау атқылаулары Тынық мұхитты жағалай орналасқан (Тынық мұхит отты белдемі). Басқа жанартау атқылау ошақтары жер бетінде әр жерде кішігірім шоғырлар құрайды.

Жанартау атқылауы – жер астында отты балқыма ошақтары, яғни кішігірім қойманың бар екендігінің дәлелі. Қазір жанартау ошақтары 50-150 км тереңдікте орналасқаны және де олар жоғарғы мантия материалдарының жарым-жартылай балқуынан пайда болған жоғары температуралы сұйық екендігі белгілі. Жанартау атқылауы адамзатқа тек қана апат әкеліп қоймайды. Олардың әсерінен пайда болған жанартаулық таужыныстар (базальт, андезит, липарит және т.б.) мен рудалар және де жанартау жылуы (термалдық су көздері) адамзатқа мыңдаған жылдар бойы қызмет етуде.

Жер бетінің деформациялануы. Жер шарының әр бөліктерінде көп жылдар бойы жүргізілген өлшеулер нәтижесі біздің планетаның бетінде тұрақты бөлікшелер жоқ екендігін көрсетеді. Оның қай жерде болмасын, әрбір нүктесі кеңістік пен уақыт өлшемінде әр түрлі жылдамдықпен қозғалыста (жоғары, төмен немесе көлбеу бағытта) болады. Егер де баяу (ғасырлық) қозғалыс амплитудасы жылына мм-мен өлшенетін болса, қысқа мерзімді (жылдар, онжылдықтар) өзгерістер жылдамдығының қарқындылығы әлдеқайда жоғары, тіпті жылына ондаған мм болады.

Қазіргі тектоникалық қозғалыстардың жаратылысы мен өзгешелігі жайлы геология, геофизика және геоморфология мамандары арасында бірдей көзқарас жоқ. Мамандар арасында көбірек тараған түсінік бойынша (көптеген оқулықтарға енген), қазіргі қозғалыс деп адамзат көз алдында болып, нақты аспаптармен өлшенетін құбылысты айтады. Осы бағыттан қарағанда, қазіргі қозғалыс Жер тарихында кейіннен пайда

болған өте жас құбылыс. Сондықтан оны өткен (көне) геологиялық қозғалыстардың жалғасы деп қарастыру керектігін айтады.

Сонымен қатар, миллиондаған жылдармен өлшенетін мезозойлық және палеозойлық қозғалыстар белгілі (классикалық) геологиялық әдістермен анықталып бағаланады. Мұндай миллиондаған және ондаған миллион жылдармен өлшеніп, жер бедерін қалыптастырған қозғалыстар, әдетте, неотектоникалық қозғалыстар деп аталады. Осындай қозғалыстармен қоса жүздеген және мыңдаған жылдармен өлшенетін қысқа мерзімді тарихи қозғалыстар болады. Ал, бір-бірімен қабаттасқан (эр түрлі мерзімді - периодты) тарихи қозғалыстармен қоса ұзақтығы жылдармен, онжылдықтармен және бірнеше жүзжылдықтармен өлшенетін өте қысқа мерзімді қозғалыстар білінеді. Міне, осындай ең қысқа мерзімді (геологиялық масштабта) қозғалыстарды геолог мамандардың басым көпшілігі қазіргі тектоникалық қозғалыстар деп атайды.

Кейінгі кезде көптеген деректерді өңдеп талдау нәтижесінде қазіргі тектоникалық қозғалыстың тағы да бір ерекшелігі анықталып отыр. Бұл қозғалыстар тек қана бір бағытта жүрмейді, ауыспалы (өзгергіш) болып келеді. Қайталану мерзімділігі аз болғанына карамастан, қазіргі тектоникалық қозғалыстар өзінің қарқындылығын және бағытын кеңістікте және уақыт өткен сайын өзгертіп отырады. Егер де көтерілу және төмендеу жылдамдығы бірнеше жылдар ішінде 10 мм/жыл-ға, тіпті одан да көбірекке жеткенмен, жарты немесе бір ғасыр аралығында олардың жалпы жиынтығы миллиметрден аспауы мүмкін.

Сонымен, жоғарыда біз жер бетінде белгілі төрт процесс туралы қысқаша айттық. Әрине жер бетінде немесе жер астында мұнан басқа да процестер көптеп кездеседі. Олар жайлы төменгі бөлімдерде айтылады.

4. ЖЕР ҚЫРТЫСЫ, ОНЫҢ ҚҰРЫЛЫСЫ МЕН ҚҰРАМЫ

4.1. Кіріспе

Канадалық геофизик Дж.Т.Вильсон біздің планетаның құрылысын шала піскен жұмыртқамен салыстырған. Оның құрамы – сұйық ядро, қатты мантия және сыртқы қыртыс. Бірінің ішіне бірі орналасқан, өлшемдері жағынан бір-біріне жұмыртқаның ақ уызы, сары уызы және сырт қабығы секілді қатынаста, айырмашылығы тек жер қыртысын салыстырмалы қарастырғанда жұмыртқаның қабығынан жұқа болатыны ғана.

Шындығында, Жер шарының өлшемімен салыстырғанда жер қыртысы оның радиусының небәрі 1/200 бөлігін құрайды. Бірақ бұл “жарғақ” (пленка) құрылысы жағынан біздің планетаның ең күрделі және

осы уақытқа дейін жұмбақ болып келеді. Жер қыртысының ең басты ерекшелігі – оның Жер шары мен бізді қоршаған ғарыш кеңістігінің арасындағы шекаралық қабат ретіндегі қызметі. Осы өтпелі аймақта ұдайы күрделі физикалы-химиялық процестер жүруде, олардың іздері осы күнге дейін айтарлықтай дәрежеде сақталып қалған.

Соңғы жылдары Жердің терең қойнауының құрылысын зерттеуде зор табыстарға қол жетті. Ал ұланғайыр мұхит кеңістіктері болса, олар анағұрлым аз зерттелген, сондықтан болар қазір мұхиттардың табиғаты туралы неғұрлым қызу пікір-сайыстар жүруде. Адамзат ғарышқа көптеген миллион шақырымға бойлады, ал Жер қойнауына әлдеқайда аз енді. Бүгінде терең кен қазылымдары тек 2-3 шақырымға жетсе, ал ұнғымалар – 11 шақырымға ғана жеткен. Ал жер қыртысының қалыңдығы болса, құрлықтың кейбір белсенді аймақтарында 65-70 шақырымға дейін ұлғая отырып, орта есеппен 35 шақырымды құрайды. Адам бұрғылау аспаптарының көмегімен бұл қалыңдықтың төрттен біріне ғана жеткенімен, бүгінде біз жер қыртысының құрылысы мен дамуы туралы, сондай-ақ Жердің терең қабаттары жайлы едәуір білеміз.

Жер планетасының ішкі құрылысы туралы негізгі білім көздері - геофизикалық зерттеу әдістері, ең алдымен, сейсмикалық әдіс. Бірақ геофизикалық зерттеудің маңызы қаншалықты зор болғанымен, оның әлсіз де жағы бар. Бұл әдістер бізге Жердің тек қазіргі құрылысы туралы мәліметтер береді. Оның эволюциясын, көптеген миллиард жылдық тарихын біз тек Жердің үстіңгі бетінің геологиялық құрылысынан зерделеп, оқи аламыз. Біздің планетаның ішкі құрамы туралы мағлұматтардың үшінші бір маңызды көзі – бұл жердің үстіңгі бетіне ондаған, тіпті жүздеген шақырым тереңдіктің материалдарын жеткізіп отыратын жанартау атқылаулары болып табылады.

4.2. Жер қыртысын зерттеу тарихынан

Жердің сыртқы қыртысы туралы ой-пікір адамдардың санасында өте ертеде, геофизикалық зерттеу әдістерінің пайда болуынан әлдеқайда бұрын болды. Ол алғаш рет 1644 жылы Р. Декарттың “Философия бастаулары” атты еңбегінде айтылғанға ұқсайды, онда ол жер қыртысын суып бара жатқан Жердің сыртқы қабықшасы ретінде қарастырады. 200 жылдан кейін сол уақытта жинақталған геологиялық деректердің негізінде Ч.Дарвин шөгінді қабаттың астында жатқан гранит комплексінен төмен базальт қабаты бар деп болжам айтқан.

Сонымен, жер қыртысы үш қабаттан тұратыны туралы ұғым ертеде сейсмикалық зерттеу әдістері пайда болғанға дейін қалыптасқан. Қазір сол уақыттағы зерттеушілердің жер қыртысы және оның жалпы қалыңдығын

қаншалықты дәл айқындағандарына таң қалуға болады. Мәселен, Л. Кордье (1827 ж.) оны – 25 км, С.С.Куторга (1858 ж.) – 50 км-ге жуық, Б.Котта (1859 ж.) – 15 км шамасы, А.А.Иностранцев (1865 ж.) – 35 км, И.Д.Лукашевич (1908, 1911 жж.) континенттердің астында – 40-50 км және мұхиттардың астында 25-35 км деп бағалады.

Жер қыртысы туралы түпкілікті ұғым планетаның терең қойнауын сейсмикалық әдістермен зерттеу нәтижесінде қалыптасты. 1910 жылы А.Мохоровичич, қазір жер қыртысының табаны болып саналатын сейсмикалық шекараны ашты. 1925 жылы В.Конрад жер қыртысы ішіндегі, кейіннен оның атымен аталған, сейсмикалық бетті анықтады. Бір жылдан кейін Г.Джеффрис жер қыртысының сейсмикалық моделіне “гранит” және “базальт” қабатын ұғымын енгізді.

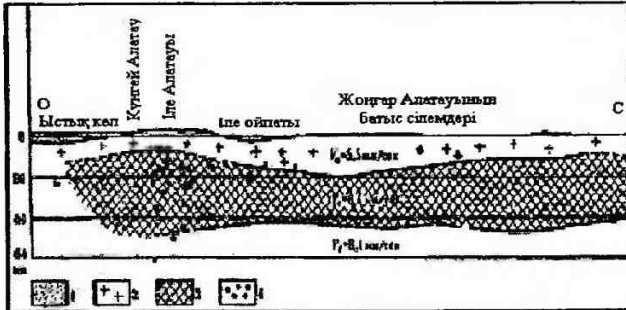
Жер қыртысы туралы ұғымның қалыптасуына Югославия ғалымы Андрей Мохоровичичтің еңбегі айрықша. Ол 1909 жылы 8 қазанда болған жерсілкіну тіркелген сейсмограмманы өңдеу (зерделеу) кезінде, жер бетінен біршама тереңдікте бойлық (қума) сейсмикалық толқындар жылдамдығының күрт өзгерісін байқады. Есептеулер бойынша, бұл шекара Орталық Еуропада 50 км тереңдікте орналасқаны анықталды. Осы табылған шекара, кейіннен сол кісі есімімен Мохоровичич немесе Мохо (кейде М) шекарасы деп аталып, ол планетамыздың барлық жерінде болатыны анықталды. М шекарасынан жер бетіне дейін аралық (жер заты) кейіннен жер қыртысы деп аталды.

А.Мохоровичичтің бұл ғылыми жаңалығы сейсмология саласындағы болашақ зерттеу жұмыстарына өз әсерін тигізді. 1920-1930 жылдары эпицентрі жақын (жақынаралық) және қашық (қашықаралық) орналасқан жерсілкінулер сейсмограммаларын пайдалана отырып, жер қыртысының қалыңдығын табудың бірнеше тәсілдері ашылды. Дегенмен, бұл тәсілдердің нақтылығы айтарлықтай жоғары болмады. Өйткені, жерсілкіну ошағының координаталары мен жерсілкінудің басталу уақыты нақты анықталмағандықтан, олар арқылы табылатын толқынның таралу жылдамдығы мен сейсмикалық шекара тереңдігінің де нақтылығы жоғары болмады.

Бұл мағлұматтардың нақтылығын арттыру үшін координаталары мен толқынның басталу уақыты белгілі болу керек, ол үшін тек қана толқын көзі ретінде жарылысты пайдалану қажеттілігін белгілі геофизик-ғалым, академик Г.А.Гамбурцев алғаш рет айтты.

Гамбурцев Г.А. геофизика ғылымы саласына айтарлықтай үлес қосқан ғалымдардың бірі. Әсіресе сейсмикалық зерттеу әдісін жетілдіруде оның еңбегі өте зор. Г.А.Гамбурцевтің атымен қазір геофизикалық практикада мұнай-газ құрылымдарын зерттеуде кеңінен қолданып жүрген бірнеше тәсілдер тікелей байланысты.

Жердің терең беттерінен шағылған толқындарды тіркеп, ол арқылы жердің терең қойнауының құрылысын зерттеу тәсілі де осы Г.А.Гамбурцевтің атымен байланысты. Мұндай тәжірибелік жұмысты Г.А.Гамбурцев ХХ ғ. 50-жылдары алғаш рет Алматы облысында жүргізіп, оның нәтижесінде осы аймақтағы жер қыртысының қимасы тұрғызылды (4.1-сурет). Бұл қима жердің терең бөліктерін жарылыс жасау арқылы зерттеудің алғашқы нәтижесі болатын.



4.1-сурет

Солтүстік Тянь-Шань арқылы жүргізілген терең сейсмикалық сүңгілеу профилі: 1- шөгінді қабат; 2- гранитті қабат; 3- базальтты қабат; 4- жерсілкіну ошақтары

4.3. Жер қыртысының құрамы туралы

Геологиялық құрылысына, геофизикалық ерекшеліктеріне және химиялық құрамына қарай жер қыртысы континенттік (құрлықтық) және мұхиттық болып екі түрге бөлінеді^{*)}. Жер қыртысының мұндай құрылысын алғаш рет 1914 жылы америкалық петрограф-ғалым Р.Дели айтқан. Оның болжамы бойынша, жер қыртысы шөгінді, гранитті және базальтты қабаттарынан тұрады. Кейінгі екі қабат, оның ойынша, мантияның жоғарғы бөлігінің балқуынан пайда болған. Гранитті қабат мұхит түбінде кездеспейді. Ал, континенттердің ығуы (қозғалысы) базальт субстраты арқылы болу ықтималдығын айтқан.

^{*)} Кейбір арнайы әдебиеттерде жер қыртысын континенттік, мұхиттық және аралық деп үш түрге бөледі.

Кейін, 1925 жылы В. Конрад жер қыртысы ішінде екі ортаны бөлетін тағы бір шекараны ашты. Қазір бұл шекара Конрадтың есімімен аталады (К беті).

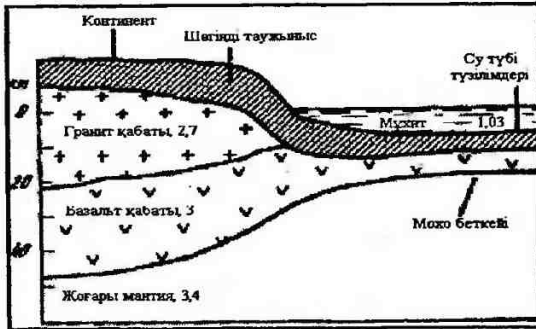
Континенттік жер қыртысы Жер шарының үштен бір бөлігін алып жатыр. Оған құрлықтар, теңіз бен мұхиттардың саяз жағалауы және ірі аралдар аймағы кіреді. Жер қыртысының бұл түрі, негізінен шөгінді, гранитті және базальтты үш қабаттан тұрады.

Шөгінді қабат. Шөгінді қабатқа әдетте жер қыртысының тығыздалған немесе нығыздалған (консолидированный) деп аталатын бөлігінен жоғары орналасқан жер қыртысының үстіңгі бөлігін жатқызады. Бұл қабаттағы бойлық (қума) толқынның орташа таралу жылдамдығы 2-5 км/с, ал құрамы шөгінді таужыныстардан тұрады. Қабат құрамында магмалық және метаморфтық таужыныстар да кездеседі. Бұл қабатты құрайтын таужыныстардың жасы 4 млрд жылға жетеді. Қабаттың қалыңдығы кей жерлерде жер қыртысы қалыңдығының 80 %-на дейін құрай алады. Мәселен, Оңтүстік Каспий ойпатында жер қыртысының жалпы қалыңдығы 20-25 км.

Гранитті қабат. “Базальтты” және “шөгінді” қабаттар арасында орналасқан тығыздалған жер қыртысының үстіңгі бөлігі шартты түрде “гранит” қабаты деп аталады. Мұндағы қума толқындардың орташа таралу жылдамдығы 5,5-6,5 км/с. Бұл қабат Жер шарының көпшілік жерінде жер бетіне шығып жатады, кейбір жерлерде ұңғыма оқпанында ашылған.

Гранитті қабаттың табаны, жоғарыда айтылғандай, Конрад (К) бетімен шектелген. Кейінгі кезде осы гранитті және базальтты қабаттар арасындағы шекараның (К-бетінің) нақты бар-жоғы туралы ғалымдар арасында әр түрлі ой-пікірлер бар. Украинанық геофизиктер В.Б. Соллогуб пен А.В. Чекуновтың мағлұматтары бойынша, Шығыс Еуропа платформасында орналасқан Украина және Балтика қалқандарында К-шекарасы өте болымсыз, тіпті жоқ болуы мүмкін. Қола түбегіндегі аса терең ұңғыма да К-шекарасын ашпады. Олай болса, аталмыш шекара айқын білінбейтін гранитті және базальтты қабаттарда кездесетін таужыныстардың тығыздық және заттық әртектілігін сипаттауы мүмкін деген болжам бар.

Базальтты қабат жер қыртысының төменгі бөлігін құрайды. Ол жер бетіне шықпайды, терең ұңғымада ашылмаған. Оның құрамы жайлы деректерді сейсмикалық зерттеу мағлұматтары арқылы болжауға болады. Сейсмикалық тәжірибе жұмыстары нәтижелері бойынша, бұл қабаттағы қума толқындардың таралу жылдамдығы 6,5-7,4 км/с-ке тең екендігі, ал мұндай жылдамдық тек қана базальт таужынысына тән екендігі анықталып отыр. Қабаттың табаны М беткейіне сәйкес келеді.



4.2-сурет Жер қыртысының құрылысы
Цифрлар – таужыныстардың тығыздығы, $г/см^3$

Жоғарыда аталған континенттік жер қыртысын құрайтын қабаттардың атаулары (гранитті, базальтты) шартты түрде болуына байланысты, кейінгі кезде, ғылыми тұрғыдан жер қыртысының құрылысы мен құрамын қарастырғанда, көбінесе осы ортада таралатын толқындардың жылдамдықтары, яғни жылдамдық моделі пайдаланып жүр. Осы параметрді (толқынның таралу жылдамдығын) пайдалана отырып, континенттік жер қыртысының ерекшеліктері анықталып отыр. Қазіргі деректер бойынша, ең қалың (75 км) жер қыртысы Гималай таулары астында кездеседі. Г.А.Гамбургер уақытында таулы аймақта жер қыртысының қалыңдайтынын айтып, ол «таудың түбірі» болуына байланысты деп жорамал айтқан. Кейін бұл пікірдің тек бүкіл тау тізбектерін бірге қарастырғанда ғана дұрыс екендігі анықталды.

Континенттің тегіс жер бетінде жер қыртысының қалыңдығы 40-45 км, ал кейбір жерлерде 35 км-ге азаяды. Мұндай жұқа жер қыртысы бар аймақтар құрылысы жағынан ерекше аудандарға жатады: граниттік қабат өте жұқа, ал шөгінді қабат өте қалың (20 км-ге дейін) болуы мүмкін. Қазақстан жерінде мұндай аймақ Каспий маңы ойпатында кездеседі.

Мұхиттық жер қыртысы өзінің құрылысы жағынан континенттік жер қыртысынан тіпті өзгеше: ол шөгінді және базальтты атаулы екі қабаттан тұрады^{*)}.

Шөгінді қабат мұхит пен теңіз суларының түбін құрайды. Оны құрайтын таужыныстардың тығыздығы $2,2 г/см^3$, ал толқынның таралу

^{*)} Кейбір арнайы әдебиеттерде мұхиттық жер қыртысын бірінші (шөгінді), екінші (базальт) және үшінші (габбро-серпантиндік) деп үшке бөледі

жылдамдықтары $1,5-2,5$ км/с. Су түбіндегі шөгінді қабаттың пайда болуы, негізінен, өзен ағысымен континенттен ағып келген шөгінділермен (жылына шамамен $19,5$ млрд тонна), мұхиттың өзінде шөгінді жиналумен (жылына шамамен $1,8$ млрд т) және жанартаулар атқылауымен (жылына шамамен $1,7$ млрд т) байланысты. Қабаттың қалыңдығы әр түрлі. Ең жұқа қабат орталық-мұхит жотасында (100 м-ге дейін) және теренсулық науада (500 м-ге жуық) кездессе, ең қалың шөгінді қабат мұхиттың шет аймағында болады (10 км-ден жоғары).

Базальтты қабат мұхиттық жер қыртысының іргетасы болып саналады. Ол барлық мұхит астында кездеседі. Қабаттың қалыңдығы $5-10$ км, ондағы кума толқынның таралу жылдамдықтары $6,4-7,2$ км/с.

Бұл қабаттың жаратылысы туралы бүгінгі ұғымдардың қалыптасуына сейсмикалық зерттеулердің маңызы өте зор. XX ғ. 50-ші жылдарының аяғында жер қыртысының төменгі базальтты қабатының түрлі (біресе жоғары, біресе төмен) жылдамдықтары бар бірнеше қабаттардан тұратыны анықталды. Мұндай қасиеттер тек қана метаморфтық таужыныстарға тән. Сондықтан, бүгін метаморфтық процестердің базальтты қабаттың қалыптасуында ролі басым деп санау орын алған. Алайда, бұл қабаттағы метаморфтық түрленулер тұрпаттары әр түрлі болуы мүмкін екенін атап айту қажет.

Жоғарыда келтірілген мәліметтерден төмендегідей маңызды қорытынды шығады: жер қыртысының континенттік және мұхиттық типтерінің (тұрпаттарының) құрылысы мен құрамы бір-бірінен күрт өзгеше.

Жер қыртысының гранитті және базальтты қабаттары Жер қойнауының айтарлықтай тереңдігінде орналасқан, сондықтан да оларды тікелей зерттеу мүмкін емес. Олай болса, жер қыртысының екінші және үшінші қабаттары неге тиісінше гранитті және базальтты қабаттар деп аталады?

Жер қойнауының терең қабаттары жайлы жалпы деректерді сейсмикалық толқындардың осы қабаттар арқылы таралу жылдамдығын талдай отырып алуға болады. Өйткені, алынған жылдамдық сипаттамаларын таужыныстардың түрлі тұрпаттарын талдау кезінде өлшенген лабораториялық деректермен салыстыруға болатынын жоғарыда айттық. Осы лабораториялық зерттеулер бойлық сейсмикалық толқындардың гранит таужынысы арқылы таралу жылдамдығы 6 км/с-ке, ал базальт арқылы – $6,5-7$ км/с-ке сәйкес екенін көрсетті. Сейсмикалық толқындардың жер қыртысының екінші және үшінші қабаттары арқылы таралу жылдамдығының тура осындай мәндері осы қабаттарды тиісінше гранитті және базальтты қабаттар деп аталуына негіз болды. Осыдан жоғарыда келтірілген атаулардың шарттылығы туралы маңызды ескертпе туындайды: жер қыртысының екінші және үшінші қабаттарының

атауларына карап, оның осы деңгейлері тек гранит пен базальтты таужыныстардан ғана құрылған деп ойлауға болмайды. Оған негіз қыртыс қабаттарында өлшенген сейсмикалық толқындар жылдамдығын лабораториялық өлшеу нәтижелерімен салыстыру болып табылады.

Жер қыртысы қабаттарының атаулары ғана емес, сонымен бірге олардың жіктеу принципінің өзі де шартты болып табылады, өйткені олардың шекаралары көбінесе көмескі белгіленеді. Мысалы, шөгінді және гранитті қабаттардың шекарасы өте бұлыңғыр: сейсмикалық толқындардың таралу жылдамдығы бір бөлікшелерде бірнеше жүз метр, басқаларында – бірнеше км тереңдіктен бастап күрт ұлғая бастайды да, одан әрі де тұрақты мәнге ие болады; келтірілген тереңдік мәндері жер қыртысының шөгінді және гранитті қабаттарының шекарасына сәйкес деп саналады. Гранитті қабаттың төменгі шекарасы немесе базальтты қабаттың үстіңгі шекарасы Конрад шекарасы деп аталады. Бұл сейсмикалық толқындардың жылдамдығындағы шекара көбіне едәуір анық бөлініп көрінеді. Керісінше, базальтты қабат пен жоғарғы мантия шекарасы аралығы өте бұлыңғыр. Бұл шекара, жоғарыда айтылып өткендей, Мохо (Мохоровичич) шекарасы немесе беті деп аталады.

4.4. Жер қыртысының әркелкілігі

Жер қыртысының құрылысы мен құрамы тік және көлбеу бағыттарда біркелкі емес.

Жер қыртысының *тік бағыттағы әркелкілігі* оның қимасының жоғарыдан төмен қарай (тік бағытта) үш қабатқа бөлінуіне байланысты (4.2 сурет). Жоғарыдан төмен қарай: 1) шөгінді қабат, затының орташа тығыздығы $1,8-2,5 \text{ г/сек}^3$; 2) гранитті қабат - $2,5-2,8 \text{ г/сек}^3$; 3) базальтты қабат - $2,8-3,0 \text{ г/см}^3$.

Гранит пен базальт таужыныстары – жер қыртысында кеңінен тараған магмалық таужыныстардың аты. Олар бір-бірінен тек тығыздық сипаттамаларымен ғана емес, сонымен бірге басқа да физикалық параметрлері мен ерекшеліктері бойынша өзгешеленеді. Мысалы, базальт астеносфера деңгейінде балқып, жердің үстіңгі бетінде жайылған базальт лавалардан қалыптасқан біршама тығыз және ауыр таужыныс болып табылады. Ал гранит болса, жер қыртысы аумағында төменнен енген магманың біртіндеп суынуының және кристалдануының нәтижесінде пайда болған.

Жер қыртысының *көлбеу бағыттағы әркелкілігі* жер қыртысының континенттік және мұхиттық болып бөлінуіне байланысты туындайды.

Континенттік жер қыртысында жоғарыда суреттелген үш қабаттың барлығы да дамыған. Осы қабаттардың жалпы қалыңдығы орта есеппен

алғанда 35-45 км (олардың ішінде кем дегенде 10-20 км гранитті қабат үлесіне тиеді), ал таулы аудандарда аталмыш көрсеткіш 70-75 км-ге жетеді. Керісінше, мұхиттық жер қыртысы тек екі – шөгінді және базальтты қабаттардан тұрады, мұхиттардың астында гранитті қабат жоқ. Мұхиттардың астындағы шөгінді қабаттың қалыңдығы жүздеген метр ғана (кейде бір км-ге дейін жетеді), ал базальтты қабат 4-10 км-ден аспайды.

Сонымен, мұхиттар астындағы жер қыртысы негізінен едәуір тығыз таужыныстардан тұрады және сонысымен жалпы мұхитастылық литосфераның біршама тығыздығын қамтамасыз етеді. Ал континенттік жер қыртысының құрамында тығыздығы аз таужыныстардың болуы, керісінше, континенттік литосфера тығыздығының аздығына себеп болады.

4.5. Жер қыртысының химиялық құрамы

XX ғ. 80-ші жылдары америкалық ғалым Кларк жер қыртысының орташа химиялық құрамын анықтауды мақсат еткен. Ол үшін белгілі таужыныстардың барлық химиялық талдамаларын топтастырып, олардың орташа мәнін есептеп шығарған. Әрине, Кларк құм немесе балшық секілді болбыр және жұмсақ, гранит немесе базальт сынды қатты әр түрлі таужыныстардың жердің үстіңгі бетінде әрқелкі таралатынын білген: кейбір таужыныстар жердің үстіңгі бетінің үлкен бөлікшелерін құрайды, басқалары болса сирек, тіпті кей жерлерде кішкене ғана түрінде кездеседі. Мысалы, Канаданың жартысынан астамын, Швеция мен Финляндияны тұтасымен дерлік гранит таужыныстар алып жатыр. Гранит және оған ұқсас таужыныстар Африкада, Оңтүстік Америкада, Индостанда, Австралияда және басқа жерлерде де өте үлкен аудандарды құрайды. Сонымен қатар, жердің үстіңгі бетінде тек жекелеген ұсақ дақтар түрінде табуға болатын, жалпы ауданы біршама аз таужыныстар да (мысалы, калийдің немесе натрийдің жоғары құрамы бар сілтілі таужыныстар) бар.

Кларк өзінің есептеулерінде, белгілі бір таужыныс жердің үстіңгі бетінде неғұрлым көп кездескен сайын, оның солғұрлым көп үлгілері химиялық талдауға ұшырайды, және де оны таужыныстың жер бетінде таралуын жетерліктей жақсы бейнелейді деген болжамға сүйенді.

Кейіннен көптеген ғалымдар Кларктың осы бір батыл болжамының қателегін атап көрсетті: неғұрлым сирек таужыныстар өздерінің сиректігінің және ерксшелігінің арқасында геологтардың назарын көбірек тартуына себепті химиялық зерттеулерге әлдеқайда жиі ұшырады. Кейінірек жүргізілген зерттеулер көрсеткендей, қалай болса да, 6000 талдаманың орташа мәні ретінде Кларк алған деректер неғұрлым кең

тараған химиялық элементтер үшін шындыққа жақын болып шықты. Ал ол одан гөрі аз тараған элементтер үшін алған шамалар кейіннен айтарлықтай өзгертілді. Шамалап болса да жердің үстіңгі бетінің жалпы химиялық құрамымен алғаш таныстырған Кларктың сіңірген еңбегін атап өту үшін ғалымдар жер қыртысы элементінің проценттік құрамын осы элементтің “кларкі” деп атауға келісті. Кларктың кестесі 1889 жылы жарияланды.

Финн геологы Седерхольм әрбір таужыныс таралған ауданның салыстырмалы мөлшерін есепке ала отырып, жер қыртысының орташа химиялық құрамын есептеп шығаруға талпынды. Ол мұны бүкіл жер шары үшін істей алмады. Оның есептері тек Финляндияның аумағымен шектеліп, жалпы Жер үшін есептеулерден алшақтық едәуір үлкен болып шықты. Мысалы, Финляндия таужыныстарындағы кремний тотықтың (SiO_2) орташа құрамы Седерхольмда 67,70 % -ға тең болып шықты, ал Кларкта элем таужыныстарындағы кремний тотықтың орташа құрамы 60,58 % -ға тең болған еді. Керісінше, алюминототықтың (Al_2O_3), біржарымдық темір тотығының (Fe_2O_3), кальций (CaO), магний (MgO), натрий (Na_2O) тотықтарының құрамы Кларк болжамына қарағанда анағұрлым аз болып шықты.

Содан бері көптеген ірі ғалымдар жер қыртысының орташа химиялық құрамы туралы деректерді нақтылаумен шұғылданды, олар: шетелде – Вашингтон, Фохт, И. және В.Ноддаки, Гольдшмидт, Гевеши және басқалар, бұрынғы Кеңестер Одағы жерінде – В.И.Вернадский, А.Е.Ферсман, В.Г.Хлопин, А.П.Виноградов және басқалар. Дегенмен, осы күндерге дейін ғалымдар арасында Жердің ішкі бөліктерін құрайтын қабаттардың химиялық құрамы жайлы біртұтас ой-пікір жоқ. Кейінгі мағлұматтар бойынша, жер қойнауында 285 химиялық элемент және олардың изотоптары бар.

Барлық элементтер кларкінің ерекше дәл кестелерін жасаған академик А.Е.Ферсман болды. 4.1-кестеде жер қыртысында неғұрлым көп тараған элементтердің құрамы (салмақтық пайызбен) келтірілген. Бұл жерде олар небәрі 12; қалған 80 элементтің жер қыртысы салмағына қосатын үлесі мардымсыз.

4.1-кесте

Жер қыртысының орташа құрамы (А.Е.Ферсман бойынша), %

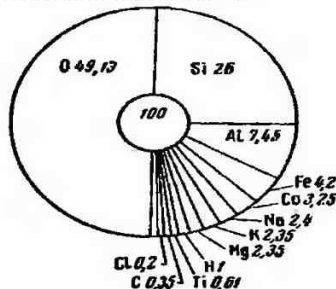
Оттегі O-49,13 Кремний Si-26,00 Алюминий Al-7,45 Темір Fe-4,20	Кальций Ca-3,25 Натрий Na-2,40 Калий K-2,35 Магний Mg-2,35	Сутегі H-1,00 Басқалар – 1,77
---	---	----------------------------------

Егер біз барлық элементтер кларктарының кестелерін келтірген болсақ, онда бірден көзге түсетіні – олардың таралуының біркелкі еместігі болар еді. Ең көп тараған элементтердің кларкі неғұрлым сирек элементтерге қарағанда миллиардталған есе жоғары болады. Мәселен, неғұрлым кең тараған элемент – оттегінің кларкі 49,13 %-ға (салмағы бойынша), ал протактиний ағаулы элементтің небәрі – $7 \cdot 10^{-11}$ %-ға жетеді. Егер біз элементтерді 4.1-кестедегідей орналастырсақ, онда алғашқы үш элементтің (оттегі, кремний және алюминий) салмағы бойынша 82,58 % құрайтынын, алғашқы тоғыз элементтің 98,13 % құрайтынын көреміз.

Сонымен, жер қыртысы салмағы бойынша, жартылай дерлік оттегіден, шамамен ширегі кремниіден, он үштік бөлігі алюминийден, жырғама төрттік бөлігі темірден және с.с. тұратынын көреміз. Оттегі атомдарының мөлшері үлкен екеінін назарға ала отырып, жер қыртысы кірпіш секілді оттегі атомдарынан құрылғанын және тек олардың аралықтарында ғана оларды біріктіре жабыстыратындай басқа элементтер орналасқан деп айтуға болады. Элементтерді атомдар саны бойынша бөлген кезінде, сол тоғыз элемент (оттегі, сутегі, кремний, алюминий, натрий, магний, кальций, темір және калий) жер қыртысы құрамының 98,76 %-ын алып, басқа элементтерге небәрі 1,24 % қалдырады.

Сонымен, жер қыртысының химиялық құрамы жердің басқа сфераларына қарағанда өзгеше. Бұл өзгешелік оттегі, кремний, сілтілі металдар, көптеген сирек кездесетін элементтердің жоғары мөлшерімен және магний мен темір тобына кіретін элементтердің аз мөлшерімен сипатталады.

Элементтердің орташа құрамы бойынша олардың жер қыртысының орташа құрамына сай келетін абсолют массаларын есептеп шығару қиын емес. Мысалы, 1 км^3 таужыныс құрамында орта есеппен: темір $130 \cdot 10^6 \text{ т}$, алюминий $230 \cdot 10^6 \text{ т}$, мыс 260 000 т , калайы 100 000 т және т.б. болатынын айқындауға болады.



4.3-сурет
Жер қыртысында элементтердің таралуы (салмақтық пайызбен)

Жер бетіне үнемі ғарыштық заттар (метеориттер және ғарыштық шаң-тозан) түсіп отырады. Олардың құрамы жердің жоғары қабаттарын құрайтын заттан бөлек. Өз кезегінде, Жер әлемдік кеңістікке гелий, неон, азот және басқа да газ тәрізді элементтер мен қосындыларды беріп отырады. Жер құрамына кіретін кейбір химиялық элементтер (мәселен, радиоактивті) уақыт өткен сайын өзгереді. Уран мен торий осындай өзгеріс нәтижесінде қорғасын мен гелийге ауысады. Мұндай өзгерістер басқа да ыдырайтын элементтерге тән болуы ықтимал. Ал кейбір химиялық элементтердің изотоптық құрамы да өзгереді. Мәселен, U^{238} уран изотопының жартылай ыдырау периоды $4,5 \cdot 10^9$ жыл болса, $U^{235} - 7,1 \cdot 10^8$ жылға тең.

Жер бетінде кейбір элементтердің кларктері орташа мәнінен жоғары немесе төмен болатын бөлікшелер кездеседі. Мәселен, солтүстік Оралдың кейбір аудандарында магний мен никельдің кларктері, ал Алтай өңірінде қорғасын, күміс, цинк және т.б. элементтердің кларктері жоғары болып кездеседі. Мұндай бөлікшелер, әдетте, кенорындарға сәйкес келеді.

Жер қыртысын құрайтын элементтер өзара сан алуан түрлі қосылыстарда болады. Табиғи процестердің нәтижесінде түзілген осы элементтер минералдар деп аталады.

Минералдар деп құрамы мен құрылысы біртекті табиғи химиялық қосындыларды немесе әр түрлі физикалы-химиялық процестер нәтижесінде пайда болған біртекті элементтерді айтады. Табиғатта 2300-ге жуық минерал түрлері кездеседі. Олардың әрбіреуі өзіне ғана тән тұрақты физикалық және химиялық қасиеттермен сипатталады. Осындай қасиеттерімен оны басқа минералдардан айыруға болады.

Табиғатта минералдар қатты, сұйық және газ тәрізді түрлерде кездеседі. Олардың арасында көп тараған қатты кристалдық жағдайда кездесетін минералдар. Әрбір минералда элементар бөлшектер атомдары және иондары белгілі бір ретпен орналасқан.

Минералдар жер қыртысында бей-берекет бөлінбеген. Олар таужыныстар деп аталатын табиғи қауымдастықтарға топталады. Ал жер қыртысын құрайтын таужыныстар өздерінің жаратылыстарына байланысты әр түрлі топтарға бөлінеді.

Магмалық немесе атқылама таужыныстар Жердің терең қойнауынан жоғары көтерілу барысында, қайнаған магманың суынып қатуы нәтижесінде пайда болады. Егер магма Жер қойнауында бірте-бірте суынып қатайса, ондай таужыныстар интрузивтік (лат. «интрузиво»-сну, кіру), ал жер бетіне шығып суынса – эффузивтік (лат. «эффузиво» - төгілу, ақтарылу) деп аталады.

Шөгінді таужыныстар жер бетіне тән, әр түрлі үгіліп бұзылған таужыныстар есебінен, сулы ерітінділер құрамынан химиялық немесе

механикалық жолмен тұнбаға түсуі нәтижесінде, әр түрлі организмдер тіршілігінің арқасында түзілген барша таужыныстардың жалпылама жиынтығы. Шөгінді таужыныстар құрлықтың 75 пайызын алып жатыр. Осы шөгінді таужыныстармен мұнай, табиғи газ, көмір, темір, алюминий, алтын және т.б. пайдалы қазбалар тікелей байланысты.

Метаморфтық таужыныстар шөгінді және магмалық таужыныстардың өте терең өзгерістері нәтижесінде пайда болады. Бұл өзгерістер жоғары қысым мен температура әсері арқасында бастапқы таужынысқа сырттан жоғары температуралы газ бен су ерігінділерінің кіруі салдарынан болады. Метаморфтық таужыныстар бастапқы шөгінді және магмалық таужыныстардан минералдық құрамымен және құрам бөліктерінің (бітімі-нақышы) өзара орналасуымен ерекшеленеді.

Міне, жер қыртысының құрылысы мен құрамы осындай. Дегенмен, жер қыртысы қалай пайда болды? Оның қалыптасуы қашан басталды, бастапқыда оның құрамы қалай болды?

Айналы геологиялық әдебиеттерде бұл мәселе бойынша әр түрлі көзқарастар бар, солардың бірі: бастапқыда жерде қыртыс болмаған, жанартаулар атқылауы нәтижесінде мантиядан базальт бөлініп шығып, жұқа базальт қыртысы құралған. Жер қыртысы барған сайын қалындай бере бүгінгідей жағдайға жеткен.

Бұл көзқарастың дұрыстығын дәлелдеу үшін мантиядан бір жыл аумағында бөлінген материалдардың көлемі де есептелген. А.Б.Ронов пен А.А.Ярошевскийдің есептеулері бойынша, мантиядан континенттік жер қыртысына ауысқан заттың жалпы массасы $22,37 \cdot 10^{24}$ г болса, мұхиттық жер қыртысына берілгені – $6,09 \cdot 10^{24}$ г-ға тең. Бұл цифрлар қазіргі жер қыртысының көлемімен шамалас, олай болса, жер қыртысы геологиялық даму тарихында мантиядан бөлінген жанартаулық өнімдермен толықтырылып отырғаны рас болғаны.

Дегенмен, жер қыртысының мұндай жолмен пайда болуы тым қарапайым көрінеді. Қазіргі көзқарастарға сәйкес жер қыртысының қалыптасу процесі тек қана біржақты жанартаулық процестерге байланысты емес, оның басқа да ерекшеліктері барына күмән жоқ. Мәселен, жер мантиясы геологиялық даму барысында жер қыртысы материалдарын «жұтып» отыруы да ықтимал деген болжамдар бар.

Сонымен, жер қыртысының пайда болып, қалыптасуы туралы мағлұматтар әлде де болса Жер туралы ғылым саласындағы ғалымдарды жан-жақты ойландыруда.

5. ЖЕР ҚЫРТЫСЫНЫҢ ІРІ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕРІ

5.1. Кіріспе

Дүние жүзі картасында, глобус бетінде немесе ғарыштық суретте бейнеленген біздің планетаның келбеті бәрімізге таныс. Құрлықтар, аралдар тізбегі, теңіздер көрінісі, әр түрлі бояумен боялған жер бедері суреттері көзімізге таныс. Әрбір тау жотасы, ирелеңген өзендер арнасы, теңіз жағалауларының көрінісі—осының бәрі бізге қайталанбайтындай, өзгешеліктері өздеріне тән ғана болып көрінеді. Біз үшін бұл көріністер кездейсоқ, тіпті ретсіз орналасқан сияқты. Осындай бүгінгі жер бедерінің суреті қалай пайда болды, оның жер бетінде орналасуында заңдылық бар ма? Әлде жер бетіндегі құрылымдар ретсіз, кездейсоқ орналасқан ба? Бұл сұрақ табиғаттанушы ғалымдарды ерте кезден (алғашқы глобус жасалығаннан, яғни XVII ғасырдан) ойлаңдыруда. Содан бері көп уақыт өтсе де, бүгінгі күнге дейін бұл проблема әлі өз шешімін толық таба алмай отыр.

Мұның себебі – тек XX ғасырдың екінші жартысында ғана Жер шарына ғарыштан көз салып, оның бетін толығымен, ал кейбір жерлерді жете көруімізге мүмкіндіктің тууы. Аса терең ұңғымалар 10-12 км тереңдікке жетіп, ондағы таужыныстарды қолмен ұстап, көзбен көруге болатын болды. Геофизикалық әдістер көмегімен Жер қойнауының терең бөліктерін (600-800 км) зерттеуге, топографиялық әдістер арқылы Жердің терең қойнауының көлемдік, стереоскоптық бейне-келбетін көруге мүмкіндік туды. Бетін су басқан мұхиттық жер қыртысының құрылымы туралы да көптеген деректер жиналуда. Ғылым мен техниканың кейінгі жетістіктері тек қана Жердің құрылысы ғана емес, сонымен қатар, жер тобына кіретін басқа планеталар құрылысын зерттеуге де мүмкіндік берді. Жер, Ай, Марс, Шолпан планеталарының құрылысы мен құрамын өзара салыстыра зерттеуге мүмкіндік туды.

Егер картаға мұқият көз жіберсек, алғашқыда ерсі көрінетін жер бетінің кейбір элементтері қайталанып, бір-бірімен ұқсас келеді. Мәселен, Қара теңіз бен Каспий теңізі бір-бірінен 90° бұрып қарастырсақ, екі теңіздің сырт кескіні өте ұқсас келеді. Маңғыстау Қырымға, Қара Боғаз көл Азов теңізіне, Апшерон түбегі Синоп шоқысына, тіпті Волга мен Дунай өзендерінің теңізге құятын жерлері де бір-бірімен өте ұқсас.

Еуразия жаға сызықтарының да кейбір бөлікшелерінің таң қаларлықтай бір-бірімен ұқсастығын көреміз: Солтүстік Мұзды мұхиттың солтүстік жағалауы Тынық және Үнді мұхиттарының жағалауымен өте ұқсас, тіпті бір-біріне дәл келеді. Әрине, бұл жерде мобилистік гипотезаның қатысы жоқ.

Міне, мұның бәрі Жердің құрылысына, оның беткі құрылымына жаңа ғылыми тұрғыдан қарауға мүмкіндік берді. Дегенмен, бұл жетістіктер – Жер планетасын жан-жақты зерттеулердің алғашқы қадамдары, әлде де болса көптеген сұрақтар өз шешімін күтуде.

5.2. Континенттер мен мұхиттар

Кейінгі 40-50 жылдар шамасында геология мамандары планетамыздың құрылысы жайлы көптеген мағлұматтар жинады. Континенттер кеңістігінде белгісіз жер қалған жоқ деп айтуға болады; құрлықтың барлық жері ірі масштабты геологиялық карталармен қамтылған. Жоғарыда айтылғандай, жер бетінің 2/3 бөлігін су алып жатыр, бұл орасан зор кеңістік жайлы жақын араға дейін нақты мағлұматтар аз болды. Көптеген геологиялық оқулықтарда мұхитасты жер қыртысының құрылысы жайлы деректер келтірілмеді. Тек кейінгі 30-40 жылдарда ғана көптеген мемлекеттердің ғалымдары бірігіп, мұхит түбінің геологиясын зерттеуді бастады: батиметриялық карталар жасалынды, сейсмикалық, магниттік және гравиметриялық зерттеулер жан-жақты жүргізілуде. Әсіресе, маңызы зор зерттеулердің бірі мұхит түбін бұрғылау жұмыстары қарқынды жүргізілуде.

Қазір біз мұхит түбінде жер қыртысының қалың екендігі, оның бірнеше қабаттарға бөлінетіні, орталық-мұхит жоталары жайлы және т.б. деректерді білеміз. Сонымен қатар, қазір мұхит түбінен табылған таужыныстың жасы 150 млн жылдан аспайтыны анықталды. Олай болса, әзірше одан ілгері жылдардағы мұхит түбінің даму тарихы туралы айту қиын.

Құрлықтарға келсек, олардың геологиялық құрылысы жан-жақты зерттелген, Жердің 4 млрд жыл арасындағы даму тарихы белгілі, ал оның кейінгі 700-800 млн жылдар арасындағы геологиялық тарихы туралы жан-жақты мағлұматтар бар. Жан-жақты зерттеулер нәтижесінде континенттер жер қыртысында болған геологиялық процестердің даму тарихын бақылауға, Жер қойнауында болған қарқынды құбылыстардың жер бетінде әр түрлі геологиялық оқиғалармен байланысын анықтауға мүмкіндік туды. Белгілі геолог-ғалым В.В.Белоусовтың айтуынша, Жердің ежелгі даму тарихын зерттеуде континенттердің біз үшін маңызды зор.

Жер бетін континенттер мен мұхиттарға бөлу олардың терең қойнаулары құрылыстарының әр түрлі болуына байланысты: жер қыртыстары мен жоғарғы мантияларының қалыңдығы, құрылымдары және астеносфера қабатының қалыңдығы әр түрлі.

Жер беті құрылысының айтарлықтай ерекшеліктерінің бірі - ауданы 361 млн км² (70,8 %) мұхиттар мен теңіздерге және ауданы 149 млн км² (29,2 %) континенттер мен аралдарға бөлінуі. Айта кететін жәйт, континенттер қатарына мұхит жағасынан 200 м тереңдікке дейінгі еңіс жатқан құрлықтық саяз жер (қайраң) немесе шельф (ағыл. «шельф» – саяз жер, қайраң) және осы қайраңда орналасқан көптеген континенттік

аралдар да жатады. 5.1 – кестеде мұхиттар мен құрлықтардың ауданы және олардың орташа тереңдіктері (биіктіктері) келтірілген.

Егерде құрлықтар биіктігі мен мұхиттар тереңдігін график арқылы бейнелесек, онда жер шарының гипсографиялық (грек. “гипсос” – биіктік) қисық сызығын табамыз (5.1 - сурет). Суреттен жер бетінің екі түрлі деңгейінің – мұхиттар түбі мен континенттік жазық- биіктік айырымдары шамамен 5 шақырым (суретте пунктир сызықпен бейнеленген). Континенттер ауданы мұхит түбі ауданынан әлдеқайда аз, сонымен қатар олардың теңіз деңгейінен жоғары бөлігі (биіктігі) мұхит тереңдігінен де аз екендігін көреміз.

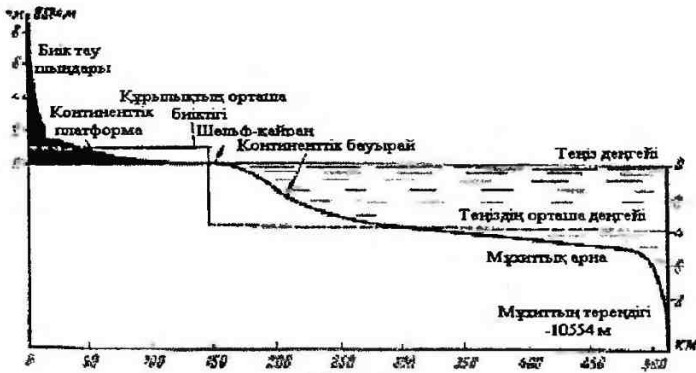
5.1 – кесте

Мұхиттар мен құрлықтардың ауданы және олардың орташа тереңдіктері (биіктіктері)

Континенттер	Ауданы, млн,км ²	Орташа биіктігі, км	Мұхиттар мен теңіздер	Ауданы, млн км ²	Орташа тереңдігі, км
Еуразия	54,1	0,84	Тынық	165,2	4,28
Африка	29,8	0,75	Атлант	82,4	3,93
Солт.Америка	24,1	0,72	Индия	73,4	3,97
			Солт.Мұзды	14,1	1,20
Оңтүс.Америка	17,8	0,60		8,1	0,87
Аастраллия	8,9	0,34	Шеткі теңіздер	15,6	1,50
Антарктида	14,2	-	Ішкі ірі теңіздер		
			Ішкі ұсақ теңіздер	2,3	0,17
Барлық құрлық	148,9		Барлық теңіздер мен мұхиттар	361,4	

Құрлықтағы созылып жатқан биік көтерілімдерді таулы жоталар деп атайды. Олар дүние жүзінде екі белдеу құрайды: ендік бойымен бағытталған Жерорталық және меридиан бойымен бағытталған Батыс және Шығыс Тынықмұхиттық белдеулер. Жерорталық таулы белдеу шығыста Атлас тауынан (Солтүстік Африка) басталып, шығыста Пиреней, Альпі, Аппенин, Балқан, Қарпат, Қрым, Кавказ, Памир, Гималай таулы жоталарды қамтиды (Малай архипелагына дейін).

Батыс Тынықмұхиттық таулы белдеу Чукотка, Камчатка, Курил аралдары, Сахалин, Жапония таулы жоталарын қамтиды (Австралия Кордильеріне дейін). Шығыс Тынықмұхиттық таулы белдеу солтүстік және оңтүстік Кордильерді алып жатыр.



5.1- сурет
Жер шарының гипсографиялық қисық сызығы

Құрлықтың ең басты ерекшеліктерінің бірі болып – олардың құрамындағы таулы қыраттар саналады. Таулы қыраттар Жер бетінде кездейсоқ орналаспаған, керісінше таулар топтасып, таулы қыраттар, олар таулы тізбектер, ал тізбектер әлемдік жүйе құрайды.

Таулы қыраттар мен аралдар тізбегінің айтарлықтай ерекшеліктерінің бірі – олардың сыртқы пішінінің доғаға ұқсастығы. Мысал ретінде Филиппин, Жапон, Алеут, Курил аралдарын айтуға болады. Мұндай құрылымдар әлемнің басқа да бөліктерінде кездеседі. Олар Иран, АҚШ, Мексика, Канада жерлеріндегі және Тынық мұхит жағалауындағы, Гималайдағы таулы қыраттар.

Таулы қыраттардың әлемдік жүйе болып қалыптасуы қазір кең тараған тақталар тектоникасы атаулы теорияның негізі болып саналады. Бұл концепция бойынша, Жердің литосфера қабаты бірнеше тақталарға бөлініп, олар өзара қозғалыста болады. Кейбір тақталардың жағалауы таулы қыраттармен, ал кейбіреулері басқа құрылымдармен сипатталады.

Құрлықтардың жағалауы, яғни құрлықтар мен мұхиттардың шекаралары, өз құрылымы жағынан екі түрде кездеседі: атлантикалық және тынықмұхиттық.

Атлантикалық жағалаулардың жер бедері мұхит түбіне жеткенше таулы қатпарсыз жазық болып келсе, тынықмұхиттық жағалаулар мұхитқа тірелгенге дейін таулы аймақтан тұрады. Тынықмұхиттық жағалаулар қарқынды, екі тақтаның бір-біріне қарсы жылжуынан пайда болса, атлантикалық жағалаулар екі тақтаның ажырасуынан пайда болған, мұндай жерлерде тақталардың шекарасы көрінбейді.

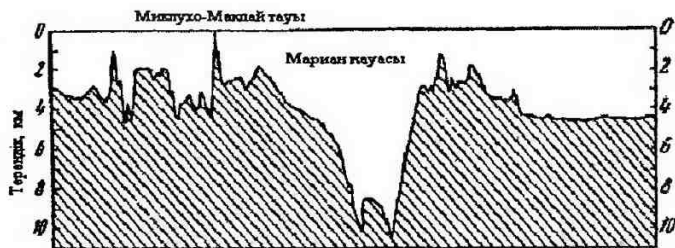
Мұхит түбінің бедері бірнеше элементтерден тұрады (5.1 - сурет): мұхит жағасынан 200 м тереңдікке дейінгі көлбеуге жуық жатқан құрлықтық саяз жер (қайран) немесе шельф, 2500 м тереңдікке дейінгі еңіс құрлықтық беткей (әлемдік мұхит ауданының 15 %-ын алып жатыр), мұхит табаны (әлемдік мұхит ауданының 71 %-ын алып жатыр) және таулы жоталармен іргелес, құрлықты көмкеріп жатқан терең науа.

Кейінгі кездегі арнаулы зертеулер нәтижелері терең мұхит түбі әр түрлі бедерлі болатынын анықтап отыр: абиссал (грек. «абисос» – түпсіз терең) жазықтар; мұхитаралық (мұхиторталық) жоталар; ірі жарылымдар, мұхитаралық аралдар, гайоттар сияқты формалары бар құрылымдар.

Абиссал жазықтар (мұхиттер мен теңіздердің біршама терең аймақтары) – мұхиттардың ең жазық бөлігі. Әдетте, олардың негізгі бөлігі жазық болып, кейбір жерлері ғана төбешіктерден тұрады. Жазық жерлер аралдар немесе суасты тауларының айналасында кездесіп, формасы шлейфке ұқсайды. Абиссал жазықтар су түбінде 5-6 км орташа тереңдікте кездеседі.

Мұхитаралық (мұхиторталық) жоталар абиссал жазықтар үстінде, кейбір жерлерде мұхит бетіне аралдар болып көрінетін таулы тізбектерден тұрады. Бұнан 50-жылдай бұрын, 1956 жылы, Юнг пен Хизен орталық мұхит жоталары әлемдік жүйені құрайтыны туралы болжам айтқан. Қазір бұл болжам расталып отыр.

Мұхиттардағы әр түрлі формалы бедер – бұл мұхит түбінде кездесетін кішігірім адыр-бұдырлы жерлер. Олардың бір түрі – әр түрлі формалы суасты таулары. Егер олар су бетіне шықса, онда оларда маржан атоллдары өседі.



5.2-сурет

Тар шатқалдармен бөлінген биік таулар – бұл Тынық мұхитының оңтүстік-батыс бөлігі түбінің көрінісі

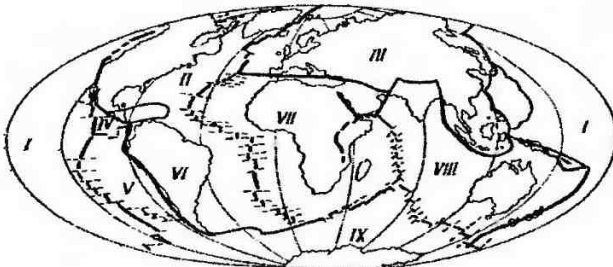
Мұхит табаны биіктігі бірнеше мың метрге жететін таулы қыраттар мен жоталар кездесетін кең алқапты тегістіктен тұрады (5.2-сурет). Кейбір жерлерде мұхит бетіне конус тәрізді таудың немесе тау тізбектерінің

шыңы шығып тұрғанын көреміз. Олардың арасында ең биігі Солтүстік Атлантикадағы Азор аралдарын құрайтын, биіктігі мұхит бетінен 2500 м-ге жететін тау тізбектері.

Мұхиттағы суасты жоталардың құрылысы құрлықтарға немесе мұхит түбіне қарағанда тіпті өзгеше. Кейінгі кезде мұхиттық жоталардың барлық мұхиттардың орта шегінен үздіксіз өтетіні тармақталған, орасан зор белдем құрайтыны белгілі болып отыр. Сондықтан да бұл құрылым орталық мұхит жоталары жүйесі деп аталады (5.3-сурет). Оның ең басты ерекшеліктерінің бірі – қазіргі сейсмикалық қарқындылығы (жерсілкіну қауіптілігі). Жерсілкіну ошақтары орталық жотаның осін қуалай орналасқан.

Суасты жоталардың бедері өте күрделі: көптеген тік жарлар мен еңсіз шұңқырлардан тұрады. Осындай құрылысымен олар Альпі, Кавказ және басқа да жер бетіндегі таулы жоталарға ұқсайды. Су астындағы мұндай күрделі бедер жер қыртысының бөлшектенуі және жанартау атқылауына байланысты болуы мүмкін.

Соңғы жылдары мұхит түбі құрылысы жайлы жаңа деректер алынып отыр. Мәселен, Атлант мұхитында биіктігі 3 км-ге жететін (мұхит түбінен) Орталық-Атлантика жотасы ашылды. Бұл жота бір жағынан Америка құрлығынан, ал екінші жағынан Еуропа мен Африка құрлықтарынан бірдей қашықтықта орналасқан. Оның ені жүздеген километрге жетеді. Кейінгі зерттеулер (суасты акустикалық зерттеулері) нәтижесінде бұл суасты жотасының сырт жағы жазық екені анықталып отыр.



5.3-сурет

Орталық-мұхит тау жоталарының әлемдік жүйесі.
Негізгі тақталар: «I – Тынық мұхит, II – Солтүстік Америка,
III – Еуразия, IV – Кокос, V – Наска, VI – Оңтүстік Америка,
VII – Африка, VIII – Үндістан-Австралия, IX – Антарктида

XX ғ. 60-шы жылдардың басында мұндай мұхитаралық жоталар планеталық жүйеде кездесіп, олардың жалпы ұзындығы 60 мың км-ге жететіні анықталды. Мұндай жоталар Атлант, Үнді, Тынық және Солтүстік мұзды мұхиттарда, Австралия мен Антарктида арасында бар екендігі анықталып отыр. Өзінің ұзындығы, ені және биіктігі бойынша жоталар құрлықтағы таулы белдемдерден кем түспейді.

Мұхит тау жоталары терең бөліктерінің құрылысы мұхитасты базальтты қабаттың қалындауымен сәйкес келеді. Бұл жерлердегі жер қыртысы қалыңдығы 10 км-ден 25 км-ге дейінгі аралықта кездеседі. Шөгінді қабат мүлдем жоқ, сондықтан да бұл жоталарды жанартаулық материалдардың аса зор жиналған жиынтығы ретінде қарастыруға болады. Жер қойнауынан жоғары қарай көптеген жарылымдар бойымен балқыған магма көтеріліп, миллиондаған жылдар бойы жиналған лава мен жанартаулық туфтың қалыңдығы бұл аймақтарда орасан зор. Сонымен қатар, кейбір жерлерде маржан жартастарында әктас қабаттары да кездеседі.

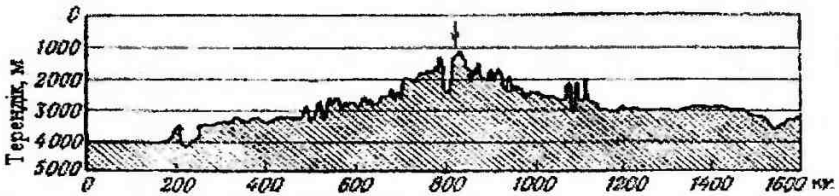
Орталық-мұхит жоталарының ерекшеліктерінің тағы да бірі – оның шыңындағы ені 25-50 км-ге, тереңдігі 3 км-ге дейін жететін шатқалдың болуы (5.4-сурет). Бұл құрылым арнайы әдебиеттерде рифт (ағыл. «рифт» - шатқал) деп аталады.

5.3. Жер беті құрылысының ерекшеліктері

Көптеген геологтар мен географтар, әсіресе XX ғасырда, жер беті құрылысының жалпы заңдылықтарын түсіндіруге ұмтылды. Геология тарихына көз жіберсек, жер бетіндегі құрылымдардың жалпы ерекшеліктері және жер қыртысының геологиялық құрылысы көптеген ғалымдарды ойландырған (Ф.Бекон, Ч Лайель, Эли де Бомон, Л.Грий, Э.Зюсс, Э.Реклю, А.П.Карпинский, Г.Штилле және т.б.). Табиғаттанушы ғалымдардың бұл мәселеге ерекше көңіл бөлуі – олардың осындай заңдылықтың бар екендігіне сенімділігінің дәлелі болу керек. Тіпті ғалымдар арасында «географиялық гемология» – жер бедері формасының ұқсастығы мен сәйкестігі атты жаңа ұғым пайда болған. Бұл терминді алғаш рет француз ғалымы, жазушы және саяхатшы Э.Реклю ойлап тапқан.

Сонымен жер беті құрылысының қандай ерекшеліктері бар?

Біріншісі – Атлантика мұхитымен бөлінген құрлықтар жағасы көрінісінің географиялық ұқсастығы, яғни Солтүстік және Оңтүстік Американың шығыс жағалауларының, Еуропа және Африканың батыс жағалауларының бір-бірімен ұқсастығы (5.5-сурет). Атлантика мұхиты түбімен оның бүкіл бойын қуалай орналасқан қыраттың формасы да жаға сызығына ұқсас.



5.4-сурет

Орталық Атлантика тау жотасының сыртқы көрінісі

Мұндай аса ірі нысандардың бір-біріне ұқсастығы басқа ешбір жерде кездеспейді. Жер бетінде мұндай ұқсастық тек қана Қызыл теңіздің қарама-қарсы жағаларында көрініс береді.

Әрине мұндай мұхит немесе теңіз жағалауларының ұқсастығы кездейсоқ емес, оның өзінше себептері болу керек.

Екіншісі — Азия, Африка, Солтүстік және Оңтүстік Америка құрлықтарының (Австралияны да айтуға болады) енді (кең) бөлігі солтүстікке қараса, еңсіз жағы оңтүстікке қараған. Сонымен қатар, еңсіз жағы шығысқа қарай иілген. Әсіресе бұл құбылыс Солтүстік және Оңтүстік Американың оңтүстік шетінде анық көрінеді. Именің сыртқы формасы құрлықтардың батысқа қарай жылжу барысында оңтүстік бөлігінің артта қалғанын көрсетеді. Физикалық картада құрлықтардың мұндай ерекшеліктері айқын көрінеді. Бұл ерекшелік те кездейсоқ емес, оның да өзінше себептері бар.

Үшіншісі — Азия құрлығының шығыс бетінде Алеут, Камчатка, Курил, Сахалин және Жапон аралдары, Корей түбегі, Риу-Киу аралдарынан тұратын тізбектің орналасуы. Бұл тізбектің шығу тегі бірдей, олар әлемнің басқа жерінде кездеспейді. Аралдар тізбегінің шығысында оны қуалай Тынық мұхиттың ең терең жері орналасқан. Тізбек құрамындағы әрбір аралдың өзіне тән жанартау жүйелері бар.

Аталған аралдар тізбегінің құрылысы, оны бойлай орналасқан мұхиттың терең жері, жанартау жүйелері— бұлардың барлығы бір-бірімен байланысты құбылыстар.

Кейінгі жылдары геологиялық әдебиеттерде *сақиналық құрылымдар* деген түсінік пайда болды. Мұндай құрылымдар ғарыштық түсірімдерді бажайлау (өңдеу) барысында байқалды. Ғарыштық түсірім жер бетінің орасан зор аумағының жалпы суретін жинақтап көрсетеді. Осындай түсірімдер жер бетінде барлық жерде сақиналық құрылымдардың кездесетіні және де концентрлі құрылымдар әр түрлі дәрежеде, яғни шамалары әр түрлі сақиналар болатынын көрсетеді. Ертеде мұндай құрылымдар көзге оғаш, экзотикалық деп саналатын. Қазіргі геолог-

мамандардың ойынша – бұл құрлықта кездесетін кәдімгі тектоникалық құрылымның бір түрі болып саналады.

Кейінгі кезде ғарыштық түсірімдердің көбеюі мұндай құрылымның жер бетінде басқа да түрлері кездесетінін дәлелдеді. Жер бетінде сақиналық және доғалық құрылымдардың көп түрлері бар, олардың бәрінің де түп негізі тектоникалық режиммен байланысты. Мұндай құрылымдардың түбірі тереңге кетеді, гранитті және базальтты қабаттарға, тіпті мантия немесе ядроға дейін болуы ықтимал.

Төменде, 5.6-суретте, осындай бір құрылымның оңтүстік-шығыс Азиядағы сыртқы пішіні келтірілген. Суреттен бұл құрылымның ерекшеліктері анық көрінеді (жуан сызықтар – тереңдік жарылымдар).



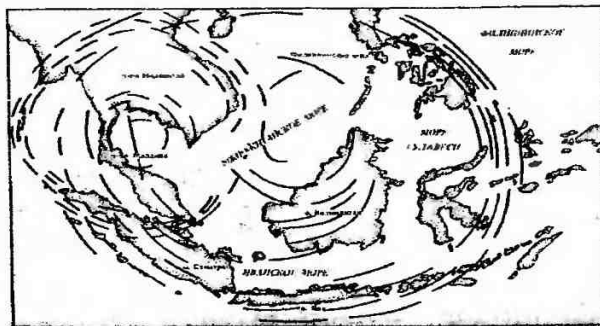
5.5-сурет

Жер шарының физикалық картасы

Сонымен, жоғарыда аталған жер беті ерекшеліктері жер қыртысындағы (мүмкін онан да тереңде) орын алған заттар қозғалысының әсерінен болуы ықтимал. Сөз жоқ, қазіргі жер беті келбетінің негізгі себебі болып, осы жер қойнауындағы қозғалыс саналады.

5.4. Геосинклиндер мен платформалар

Жоғарыда айтылғандай, бүкіл жер беті мұхиттар мен континенттерге бөлінген. М ұ х и т т а р жер бетінің 30 %-ын бөлігін алып жатыр. Олар теңіз деңгейінен 3-4 км төмен орналасқан, жер қыртысының қалыңдығы 5-10 км-ден аспайды. Құрылысы жағынан шөгінді және базальт қабаттарынан тұратыны жайлы айттық.



5.6-сурет

Ірі сақиналық құрылымның құрылысы
(Кулаков және т.б., 1986)

Континенттер болса, геологиялық процестер қарқындылығы немесе тектоникалық режимі әлдеқайда салғырт, *платформа* атаулы және жер қыртысы тектоникалық тұрғыдан мейліше қозғалмалы *геосинклиналь* болып бөлінеді. Жер қыртысының мұндай бөлінуі тек қана қазір болған емес, бұл ежелден бері қалыптасқан құбылыс. Міне, осы платформалар мен геосинклиндердің кеңістікте таралуы мен уақытаралық өзара орналасуын зерттеу арқылы бүгінде көптеген заңдылықтар ашылып отыр.

Сонымен, құрлықта континенттердің екі түрі кездеседі: біріншісінде шөгінді таужыныстар жатысы көлбеу, енжар тектоникалық режиммен сипатталатын, тек кейбір жерлерде (өте сирек) кішігірім қатпарлар ғана кездеседі. Бұл жерлерде магмалық, әсіресе интрузиялық, таужыныстардың ролі болмашы. Мұндай аймақтарды платформалар деп атайды. Ал басқа бір аймақтарда шөгінді таужыныстар қатпарланып, әр түрлі жарықтармен кескіленген түрде кездеседі. Олардың арасында сырттан енген магмалық таужыныстар көбірек таралған. Мұндай алқаптар әдетте таулы жерлерге сәйкес келеді. Бұл аймақтарды қозғалмалы белдеу немесе геосинклиндер деп атайды.

Басқаша айтқанда, геосинклин деп (грек. «ге» – жер, «син» – бірге, бірегей, «клино» – еңкейтемін) жер қыртысының тектоникалық тұрғыдан мейлінше қозғалмалы аймағын айтады. Әдетте, геосинклин және платформа бір-біріне қарама-қарсы түсініктер ретінде қарастырылады.

Академик А.Д.Архангельскийдің анықтамасы бойынша, геосинклин аймақтар деп қарқынды және әр алуан құбылмалылығымен сипатталатын жер қыртысының бөлігін айтады. Бұл жерлерде жер қыртысының қозғалысы жоғары және төмен бағытталған, жылдамдығы мен қозғалыс

шегі (амплитудасы) жоғары болады. Көрші бөлікшелерде карама-қарсы бағытталған қозғалыс шегі 10 км-ге дейін жетуі ықтимал.

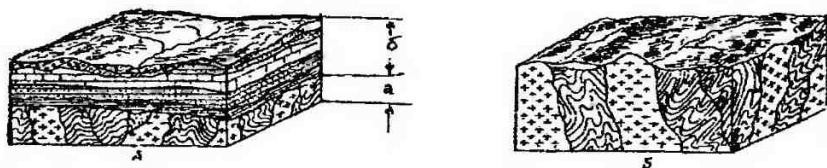
Әрбір белдемдегі қозғалыс бағыты әр түрлі болуына байланысты (көтерілу немесе төмендеу) геосинклин аймақтары өзара алмасып тұратын геосинклин деп аталатын ойпаттарға және геоантиклин деп аталатын жоғары көтерілген аймақтарға бөлінеді.

Платформа жазық пішінді, жалпы ауданы бірнеше миллион км²-ге жетеді. Бұл аймақтағы жер қыртысының тік қимасы, әдетте, бір-бірінен құрылысы жағынан айқын бөлінетін екі бөліктен (құрылымдық қабаттардан) тұрады. Қиманың төменгі бөлігі (төменгі құрылымдық қабат) *платформаның іргетасы* деп аталып, ол күрделі түрде қатпарланған, әр түрлі жарықшақтармен кескіленіп, интрузиялар енген шөгінді және жанартаулық таужыныстардан тұрады.

Жоғарғы құрылымдық қабат *платформалық тыс* деп аталып, жалпы қалыңдығы 3–4 км-ге жететін көлденең жатқан шөгінді таужыныстардан (сирегрек, вулкандық шөгінді) тұрады (5.7-сурет).

Егер платформа қимасында аталған екі қабат (кристалдық іргетас және платформалық тыс) кездесетін болса, мұндай платформаны *тақта* деп атайды. Ал егер платформалық тыс жоқ болып, іргетас жер бетіне шығып жатса, мұндай платформа *қалқан* деп аталады.

Жер бетіндегі платформалар Шығыс Еуропа, Сібір, Солтүстік және Оңтүстік Америка, Индия және Пәкстан елдерінің тегіс аймақтарын, Африка мен Австралияның жайпақтау аймағын алып жатыр. Антарктида құрлығының басым көпшілік аймағы да осындай құрылымдар қатарына кіреді.



5.7-сурет

Платформаның құрылыс ерекшеліктері:

а – платформаның кристалдық іргетасы, б – платформалық тыс.

А – тақта; Б – қалқан

Платформалық аймақтарда *эпейрогендік* деп аталатын (грек. «эпейрос» – құрлық және «генезис» — жаралу, шығу тегі) жер қыртысының жоғары және төмен тік бағыттағы баяу қозғалысы жылдамдығы мен қозғалыс шегі аз, кең алқапты құрайтын бөліктің кішігірім ойысуына әкеліп соғады. Сондықтан да, платформалық

аймақтардағы жер бедері негізінен тегіс, жер қыртысының қатпарлануы өте аз мөлшерде, платформалық тысты құрайтын таужыныстардың жатысы көлбеу болады. Платформаның бетіндегі шөгінді қабат әр түрлі қалыңдықта (бірнеше м-ден 1000-4000 м-ге, кейде одан да көп) қатпарланған платформалық іргетастың үстінде орналасады. Аталған ерекшеліктердің арқасында (жер бедері тегіс, тектоникалық режим енжар) платформалық аймақта шөгінді таужыныс қабатының қалыңдығы геосинклинге қарағанда әлдеқайда аз болады.

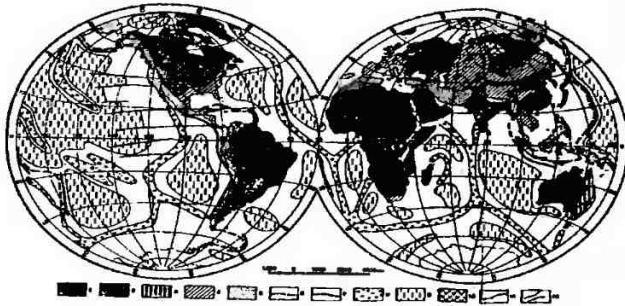
Әрбір платформа немесе геосинклин арасындағы айырмашылық сол ортаны құрайтын таужыныстардың жасымен сипатталады. Платформалар жасына байланысты көне (древние) және жас болып жіктеледі. Платформалар пайда болғанға дейінгі мерзімде жер қыртысы қабаттары қатпарланып, оларға магмалық таужыныстар еніп, белсенді процестер жүрген. Осыдан кейін ғана бұл аймақ тынышталған және келесі шөгінді таужыныс қабаттары мұндай өзгерістерге ұшырамай көлбеу орналасқан. Осы күйінде қазірге кезге дейін сақталып келеді.

Айта кететін жәйт, әрбір геологиялық дәуірде платформалық немесе геосинклиндік аймақтар уақыт өткен сайын өзгеріске ұшырап отырады. Қарқынды тектоникалық режиммен сипатталатын аймақтардың белсенділігі азайып, тұрақты енжар аймақтардың, яғни платформалардың аумағы өседі.

Қазір қарқынды тектоникалық процестер негізінен екі геосинклин белдеуінде (Альпі-Гималай және Тынық мұхит) жүріп жатыр. Альпі-Гималай белдеуі Еуропаның оңтүстік бөлігі Кіші (Малая) Азия мен Гималай тауларынан Индонезияға дейін ендік бойымен созылып жатыр. Ал Тынықмұхиттық белдеу болса, Тынық мұхитты қоршай бүкіл континенттік жағалауды алып жатыр.

Платформаның өсуі үздік-үздік порциялармен болып тұрады. Бұл процесс белгілі бір циклге тәуелді жүреді: белсенді тектоникалық және магмалық процестер өткеннен кейін геосинклин қатпарлы аймаққа ауысып тұрақталады. Бұл циклдің ұзақтығы шамамен 150-200 млн жылға жетеді. Келесі циклде тектоникалық белсенділік аймақтың бір бөлігінде ғана сақталады. Басқаша айтқанда, платформалардағы тектоникалық өмір тоқталып қалмай, азда болса әлсіреген түрде жүріп жатады.

5.8 – суреттегі платформалар мен геосинклиндер көрсетілген картаны тектоникалық карта деп атайды (тектоника – жер қыртысының қозғалысы мен деформациясын зерттейтін геологияның бір саласы). Бұл карталар әдетте геологиялық карталарға қосымша деректер болып саналады.



5.8-сурет

Жер бетінің құрылысы (құрлықтағы жасы әр түрлі платформалар мен геосинклиддердің орналасуы):

- 1 – қалқан, 2 – өне платформалар, 3 – каледондық қатпарлы белдемдер, 4 – герциндік қатпарлы белдемдер, 5 – альпілік қатпарлы белдемдер, 6 – аралдық доғалар, 7 – терең суасты шатқалдар, 8 – суасты жоталары, 9 – терең мұхиттық алаптар, 10 – базальттық үстірттер, 11 – тектоникалық қарқынды аймақтардың шекаралары, 12 – ірі жарылымдар

6. ЖЕРСІЛКІНУ ЖӘНЕ ОНЫ БОЛЖАУ

6.1. Кіріспе

Адамзат тарихы алуан-алуан оқиғаларға бай. Солардың ішінде әсіресе жерсілкірудің жойқын күші және оның әсерінен болатын алапат апаттар жайлы деректер көп-ақ. Мәселен, жерсілкіну әсерінен кейбір үлкен қалалардың, тіпті бүкіл мемлекеттің мүлдем жоқ болып, яки өшіп кеткені тарихтан мәлім. Сонымен қатар, жерсілкіну құбылысы адамның рухани күйі мен ішкі сезіміне де терең әсер етеді.

Жерсілкірудің жойқын күші, оның әсерінен болатын апаттар көпшілікке мәлім. Өйткені Қазақстанның 450 мың шаршы километр аумағында жерсілкіну қауіпі бар. Бұл аймақта 6 миллионнан астам халық тұрады, 27 қала, 400-ден астам елді мекендер бар. Еліміздің 40 пайызға жуық өндірістік потенциалы осы аймақта шоғырланған. Бүгінгі таңда табиғаттың бұл дәулей апатын болдырмауға адамзат дәрменсіз. Олай болса, бұл апаттың зардабын мүмкіншілігінше қалай азайтуға болады?

Біріншіден, келешекте болуы ықтимал күшті жерсілкірудің құпияларымен жете таныс болған жөн. Жерасты дүмпуінің болу себептерін, оның қай жерде болып, қалай таралатындығын, қандай қосымша әрекеттері барын, өзге де көптеген мәліметтерді оқып білу - міндет.

Екіншіден, тұрғын халықтың апаттан сақтану дайындығы жоғары дәрежеде болуы шарт. Тек осы шарттар орындалған жағдайда ғана зілзала апаты адам өмірі мен халық байлығына айтарлықтай шығын келтірмейді.

Көпшілік қауым жерсілкінудің күшті апат екенін жақсы біледі, бірақ оған бекерден-бекерге үрейленіп, даурығудың керемі жоқ. қайта ол туралы және жер сілкінген жағдайда қандай шаралар қолдану керек екенін, бұл апаттан алдын-ала сақтану шаралары немесе осы дүлей күшке қарсы бүгінгі ғылым мен техника саласы қандай іс-әрекеттер жасап жатқандығы туралы оқып білген жөн.

6.2. Жерсілкінудің себептері мен түрлері

Жерсілкінудің себептері туралы аңыздар дүние жүзі халықтары арасында көп тараған. Олардың ішінде бір-біріне ұқсастық та бар. Мәселен, ертеде жер беті сілкінісі Жер шарын көтеріп тұрған алып жануардың қозғалысына байланысты деп жорамалдаған. Индустар бұл жануарды піл деп шамаласа, жапондықтар — жайын, ал үшінші бір халық—өгіз деп есептеген. Тіпті өзіміздің ата-бабаларымыз ерте заманда Жер шары біршама шағын ғана жазықты құрайды, оны үш кит көтеруде, ал аспан күмбезі хрусталь тостаған сияқты оны төңкерсе жауып тұр деп ойлаған. Бірақ көпшілік жұрт бұған қаншама күдіктенгенімен, ол кезде әлемнің пайда болуын, оның құрылымы мен құрылысын және де әр түрлі табиғи құбылыстарды басқа түрде дәлелдеуге мүмкіншілік болмады. Бертін келе жерсілкіну себепін ауа райымен, аспандағы жұлдыздармен т.б. табиғи құбылыстармен байланысты деп түсіндіруге тырысқан әрекеттер болған.

Атақты "Фауст" авторы, белгілі жаратылыстанушы Гете "Жерсілкіну – таласуға болмайтын табиғи құбылыс" деп тұжырым жасаған. Бертін келе табиғаттың осынау қатал құбылысын, оның себеп-салдарын тек қана ғылыми тұрғыдан түсіндіруге болатынына көпшіліктің көзі жетті. Енді біз осы мәселелерге қазіргі кездегі ғылыми жетістіктерге сүйене отырып, түсінік берейік.

Жер бетінің сілкінісі, негізінен, ішкі тектоникалық күштердің әсерінен болатыны айдан анық. Осы ішкі күштердің әсерінен жер қыртысын құрайтын таужыныстардың қатпарлары белгілі бір шекке дейін ғана майысады (беріктік шегіне дейін). Онан әрі қарай қатпарлар шытынап жарылып, жер қойнауында алдымен жарықшақтар, сонан кейін негізгі жарылым пайда болады. Осы жарылым бойымен блоктар өзара ығысып, талай жылдар аралығында жиналған энергия бір сәтте бөлінеді де, жер беті тербеліске келеді. Мұндай сілкіністер тектоникалық жерсілкінулер деп аталады.

Бір мысал келтірелік. Темір сызғыштың бір шетін жоғары, екіншісін төмен қарай жайлап тартайық. Алдымен сызғыш белгілі бір шекке дейін майысып (темір сызғыштың беріктік шегі), онан кейін морт сынады. Темір

сызғыштың сынуымен таужыныстар құрайтын блоктардың жарылуы әр түрлі болғанымен, сызғыштың сынған екі бөлігінің біршама уақыт дірілін шамамен жер беті сілкінісіне теңеуге болады.

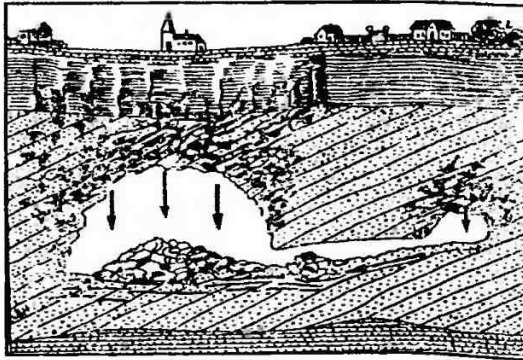
Жерсілкінудің басым көпшілігі (99 %), әсіресе өте күшті және жойқын дүмпулер, жоғарыда айтылғандай, тектоникалық себептерге байланысты. Орталық Азия мен Қазақстанда кездесетін жерсілкінулердің бәрі дерлік тектоникалық қозғалыстардың салдарынан болады.

Тектоникалық жерсілкінулер өзінің ошақтарының тереңдігіне байланысты үш түрге бөлінеді:

- 1 - "қалыпты", жерсілкіну ошағының тереңдігі жер қыртысында орналасқан (50–60 км тереңдікке дейін);
- 2 - "аралық фокусты", жерсілкіну ошағының тереңдігі 300 км-ге дейін;
- 3 - "терең фокусты", жерсілкіну ошағының тереңдігі 300 км-ден астам.

Орталық Азия мен Қазақстан аймағында негізінен "қалыпты" тектоникалық жерсілкінулер кездесе, Памир мен Гиндукуш таулы аудандарында (Ауғанстан мен Тәжікстан шекарасында) "аралық" фокусты жерсілкінулер, ал Курил және Камчатка аралдарында "қалыпты" және "аралық" жерсілкінулермен қатар, "тереңфокусты" жерсілкінулер кездеседі.

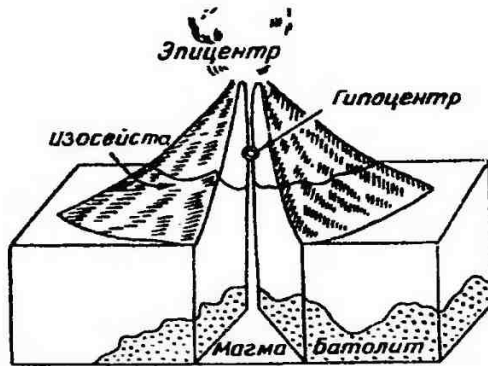
Жер беті сілкінісі тек қана тектоникалық қозғалыстар әсерінен емес, басқа да себептерден болады: жер асты үңгірлерінің опырылып құлауы салдарынан және жанартау атқылауынан. Енді жер асты дүмпуінің осы түрлеріне тоқталайық.



6.1-сурет
Опырылымдық жерсілкінудің пайда болу сұлбасы

Жер шарының кейбір аудандарында жер асты қуыстары - үңгірлер кездеседі. Олардың кейбіреулерінің ұзындығы біршама зор болуы ықтимал. Мәселен, АҚШ-тың Кентукки штатында Мамонто үңгірінің жалпы ұзындығы 430 км-ге жетеді. Міне осындай жерасты үңгірлерінің төбесінен кенет опырылып құлаған таужыныстар салдарынан жер бетінде сілкініс пайда болады (6.1-сурет). Әдетте мұндай сілкіністердің күші сол болған жерде сезіледі де, қашықтаған сайын тез басылады.

Жерсілкінудің үшінші түрі - *жанартаулық* жерсілкіну деп аталады. Олардың негізгі себебі астеносферадағы сұйық магманың жер қойнауындағы жарықтармен жоғары көтерілген кезіндегі жердің тітіркенуі деп есептелінеді (6.2 - сурет). Жерсілкінудің бұл түрі жанартау атқылауы әрекетіне тікелей байланысты болғандықтан, белгілі бір жанартаулық белдеулерге дәл келеді. Бұл құбылыс қазір жан-жақты зерттеліп, тіпті кейбір кезде оларды алдын ала болжауға да мүмкіндік бере алады.



6.2-сурет

Жанартаулық жерсілкінудің пайда болу сұлбасы

Кейінгі кезде бірсыпыра жер беті сілкіністерінің пайда болуына осы ауданда жүргізіліп жатқан күрделі инженерлік жұмыстардың себепші екендігі белгілі. Кейбір кезде мұндай сілкіністер жер бетінде анағұрлым күшпен болып, құрылыстарды зақымдауы, тіпті адам қазасына әкеліп соқтыруы да мүмкін. Бұл құбылысты зерттеуші ғалымдардың пікірінше, мұндай техногендік жерсілкінулер табиғи тектоникалық сілкіністердің бір түрі, олар адамзаттың белсенді істері салдарынан шағын бөлікшелер аумағында жер қойнауының тектоникалық тепе-теңдігі бұзылуының салдарынан пайда болады.

Техногендік жерсілкінулердің пайда болуы негізінен төмендегідей себептерге байланысты:

1. Ірі су қоймаларын салу.
2. Мұнай және басқа кенорындарды пайдалану.
3. Сұйық қалдықтарды ұңғымаға жоғары қысыммен құю.
4. Жер асты ядролық жарылыстары.
5. Тау-кен жұмыстары және т.б.

Ірі су қоймаларды салу. Бүгінгі таңда Жер шарының түпкір-түпкірінде техногендік жер асты дүмпулерінің көпшілігі, негізінен, ірі суқоймалар салумен тікелей байланысты. Бұл құбылыс тек қана әлсіз сілкіністердің осы аумақтағы санының көбеюі мен ғана шектелмей, олардың арасында суқоймалар бөгеттерін бұзып, құрылыстарды қирататын күшті сілкіністер де кездеседі.

Ірі суқоймалар әсерінен болатын техногендік сілкіністердің ықтималдығы жерсілкіну қауіптілігі бар аймақтарда өте жоғары. Сондықтан да, болашақ суқоймалар төңірегінде алдын-ала жан-жақты зерттеулер міндетті түрде жүргізілуі қажет.

Суқойма табанының геологиялық құрылысы (жарықтар болуы, таужыныстар құрамы және т.б.) жасанды жерсілкінулердің болуына тікелей әсер етеді. Ал суқойма болса, химиялық реакцияны шапшаңдататын катализатор сияқты, суқойма табанындағы таужыныстар беріктігін төмендетіп, олардың арасындағы үйкеліс күшін азайтады. Осының салдарынан таужыныстар блоктары бетін майлағандай өзара тез қозғалысқа келіп, жер асты дүмпуін туғызады.

Мұнай және басқа кенорындарды пайдалану. Әлем тарихында ірі мұнай, газ және басқа да кенорындарды қарқынды түрде пайдалану әсерінен жасанды жерсілкінулер пайда болатыны мамандарға мәлім. Көпшілік қауымға белгілі, Өзбекстан жеріндегі 1976, 1984 жылдарда болған 9-10 балл Газли жерсілкінулері, Сахалиндегі 1995 жылғы Нефтегорск апаты, ғалымдардың болжамынша, осы мұнай кенорны көп жылдардан бері пайдалануға байланысты екені анықталып отыр. Миллиондаған жылдар бойы тыныш жатқан бұл аймақтағы жер қойнауының тепе-теңдігі бұзылып, сол ортаның геологиялық жағдайының өзгеруі ішкі тектоникалық күштерге қосымша болып, осындай апатқа әкеліп соқтырды деген болжам бар.

Әдетте мұнайдың жер бетіне шығуын көбейту үшін оның жер астындағы қабаттарына ұңғыма арқылы жоғары қысыммен су жіберіледі. Бұл процесс сол аймақта жасанды сілкіністердің пайда болуына тағы бір себеп. Мәселен, АҚШ-тың Рейнджли мұнай кәсіпшілігінде осындай әрекеттердің салдарынан 13 айдың ішінде (1969 жылдың қазан айынан 1970 жылдың қараша айына дейін) арнаулы аппараттар магнитудасы -0,5-тен 3,5-ға дейінгі 1000-ға шамалас әлсіз жерсілкінулерді тіркеген.

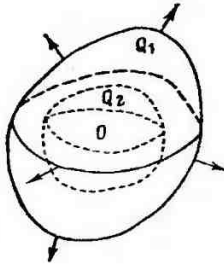
Жерасты ядролық жарылыстардың сол аймақта жерсілкінулер болуына себепші болатыны туралы ұғым көп уақыттан бері белгілі. Ал фактілерге сүйенсек, АҚШ-тың Невада штатындағы ядролық полигонда жоғары қуатты жер асты ядролық жарылыстардан кейін (қуаты шамамен 1,0-1,5 Мгт) сол жердегі сілкіністер саны күрт өсетіні белгілі болып отыр. 1968 жылдың 19 желтоқсанында болған жерасты ядролық жарылыстан кейін жерсілкіну саны бір тәулікте 1000-нан асып кеткен.

Сонымен жасанды жерсілкінулер туралы мағлұматтар әлем аймағында жеткілікті. Олардың пайда болуына, жоғарыда келтірілген себептер (ірі суқоймалар, мұнай кәсіпшілігі, жерасты ядролық жарылыстар және т.б.) жер астында жиналған табиғи тектоникалық қысымның уақытынан бұрын тез арада бөлініп шығуына шаппалы механизм (спусковой механизм) ретінде тікелей әсер етеді. Дегенмен, бұл мәселенің әлі де болса белгісіз түйіндері көп. Оларды жан-жақты зерттеп шешімін табу—елімізді көптеген ысырап-шығыннан азат етер еді. Қазақстан үшін бұл өте маңызды мәселе!

6.3. Сейсмикалық толқындар

Алақанды шарт етіп соққан дыбыс біршама жерден естіледі. Бұл алақанның бастапқы механикалық қозғалысының дыбыс толқынына айналуының нәтижесі. Суға тастаған тастың әсерінен су бетінде шеңбер түрінде жан-жаққа толқындар таралады. Мұндай құбылыстарды кез-келген серпімді денелерден кездестіруге болады, яғни бір орынға кенеттен түсірілген қимыл-күштің әсерінен серпімді толқын пайда болып, ол денені бойлай таралады. Жер қыртысын құрайтын таужыныстарға да серпімділік қасиет тән: ішкі күштердің әсерінен таужыныстар бірқалыпты сығылысып, өздерінің көлемін және формасын өзгертеді, яғни деформацияланады. Демек, жер қойнауы—серпімді толқындар таралуына ыңғайлы орта.

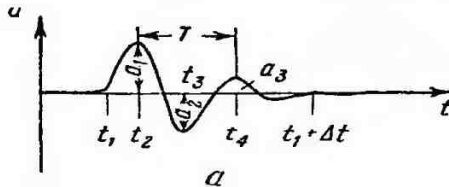
Жалпы түсінік. Жерсілкіну құпиясын жете түсіну үшін, алдымен, сілкініс ошағынан таралатын, жер бетін сілкіндіріп, үй мен ғимараттарды бұзатын серпімді толқындардың қасиеттерімен таныс болған жөн. Әдетте жерсілкіну ошағынан таралған толқынның әсерінен таужыныс бөлшектерінің тербелісі сол ортаның екі бетпен шектелген кішігірім көлемінде аз уақыт аралығында пайда болады (6.3-сурет). Суретте Q_1 таңбасымен белгіленген сыртқы бет зат бөлшектерінің бірқалыпты күйде тұрған бөлігін (әлі ауытқу басталмаған) қоздырылған, яғни тербеліс басталған көлемінен бөледі. Мұндай беткей толқынның алғы шебі деп аталады. Ал, ішкі беткей (Q_2) тербеліс болып жатқан ортаны зат бөлшектерінің ауытқуы тоқталған бөлігінен айырады. Бұл бетті



6.3-сурет
Серпімді толқынның алғы (Q_1)
және артқы (Q_2) шептері

толқынның артқы шебі деп аталады. Толқынның алғы және артқы шептері уақыт өткен сайын өз орындарын өзгертіп отырады, яғни тербеліс болып жатқан орта ұдайы белгілі бір жылдамдықпен ығыса отырып, бірте-бірте орын ауыстырып отырады.

Сонымен жерсілкіну ошағынан белгілі бір қашықтықта (r) жатқан таужыныстың M бөлшегінің тербелісі былайша сипаттауға болады: толқынның алғы шебі бұл нүктеге жеткен уақытта t_1 ($t_1=r/v$, v - толқынның таралу жылдамдығы) бұған дейін тыныш күйін сақтаған M бөлшегі тербеліске түсіп, оның тербелісі $t+\Delta t$ уақытына дейін, яғни толқынның артқы шебі өткенге дейін созылады. Егер осы M бөлшегінің толқын әсерінен уақыт өткен сайын қалыпты деңгейінен ауытқу мөлшерін кескіндер болсақ, онда 6.4-суретте көрсетілгендей тербеліс графигін аламыз. Бұл графиктегі M бөлшегінің алғашқы ауытқу уақыты (t_1) - толқынның басталу (жету) уақыты, оның өзінің қалыпты деңгейінен ең жоғары көтерілу немесе ойыстану мөлшері a_1, a_2 - толқынның амплитудалары (A), ал екі жотаның немесе екі ойыстың ара қашықтығы (уақыт есебімен) - толқынның периоды (T) деп аталады. Периодқа кері шама толқынның жиілігі ($f=1/T$) болады.



6.4-сурет
Таужыныстары бөлшектерінің тербеліс графигі

Сейсмикалық толқындар амплитудасының алып жатқан өрісі өте кең. Мәселен, әлсіз дүмпулер кезінде жазылатын толқындардың амплитудасы микрометрмен өлшенсе (миллиметрдің мыңнан бір бөлігі), жойқын жерсілкіну кезінде оның шамасы ондаған сантиметрге жетеді. Ал қума және көлденең толқындардың периодтарына келетін болсақ, ол секундтың оннан (жүзден) бір бөлігінен (әлсіз жерсілкінулер) 5-10 секундқа (жойқын жерсілкінулер кезінде) дейін өзгереді.

Толқындардың басты түрлері. Сейсмикалық толқындардың ең басты және бірінші түрі алғашқы немесе қума толқын деп аталады (P — pr ima). Оның қасиеттері зат су бетіне түскенде пайда болатын шеңбер түрінде таралатын толқынға ұқсас. Шеңбердің бірі су бетінен жоғары көтеріліп жоталанып тұрса (су бөлшектерінің қысылу әсерінен), екіншісі төмен түсіп ойысады (су бөлшектерінің ыдырауынан). Жер қойнауында пайда болатын қума толқындардың кеңістікте таралу заңдылықтары да осыған ұқсас: зат бөлшектерінің толқын таралу бағытына сәйкес тербелуіне, яғни осы бағытта заттың көлемі ұлғая отырып немесе кішірейе отырып өзгеріске ұшырауына байланысты қума толқындар таралады.

Кейбір күшті жерсілкіну кезінде эпицентрге жақын аралықта гүрілдеген дыбыс естіледі. Бұл дыбыс сол қума толқынның (жиілігі 15 Герц-тен жоғары) жер бетінен көрініс беруінің, байырғы дыбыс толқынындай атмосфераға таралуының әсері деп түсіну қажет.

Екінші бір маңызды сейсмикалық толқын—көлденең толқын (S - $secunda$). Бұл толқын таралу кезінде зат бөлшектерінің тербелісі толқынның таралу бағытына перпендикуляр бағытта өрбіп, олардың формасы өзгереді. Егер біз сұйық заттың немесе ауаның біршама көлемін орнынан ығыстырсақ (формасын өзгертсек), ол өз орнына қайтып келмейді. Бұл тәжірибеден көлденең толқындардың сұйық заттарда және ауада таралмайтыны туралы тұжырым жасауға болады.

Міне, осы аталған ең басты екі сергімді толқындар жерсілкіну ошағынан бөлінген энергияны жан-жаққа тарату көзі болып табылады. Кейбір таужыныстар өткізгіш ретінде толқындардың таралуына мүмкіншілік жасаса, кейбіреулері байырғы қалқан ролін атқара отырып, олардың таралуына кедергі жасайды. Сондықтан жерсілкіну ошағынан бөлініп шыққан алғашқы импульстер жер бетіне жеткенше айтарлықтай өзгеріске ұшырап, бастапқы күйінен басқа түрде жетеді.

Аталған сейсмикалық толқындардың негізгі қасиеттерінің бірі олардың таралу жылдамдығы. Әдетте ол таралатын ортаны құрайтын таужыныстардың физикалық қасиеттері (тығыздығы) мен толқынның таралу тереңдігіне тікелей байланысты. Егер жер бетінен 5-10 км тереңдікте қума толқынның таралу жылдамдығы орташа есеппен 5,6-5,8 км/с болса, 80 км тереңдікте оның шамасы 8 км/с-қа жетеді.

Кума толқынның таралу жылдамдығы таужыныстар бөлшектерінің ыдырауы мен сығылуына байланысты, яғни

$$V_P = \sqrt{\frac{E(1-\delta)}{\rho(1+\delta)(1-2\delta)}}, \quad (6.1)$$

мұнда ρ – таужыныстар тығыздығы, E – бойлық ыдырау модулі (Юнг модулі), δ – көлденең сығылу модулі (Пуассон коэффициенті).

Ал көлденең толқынының таралуы зат бөлшектерінің тек қана пішінін өзгертуіне байланысты болғандықтан, оның таралу жылдамдығы төмендегі формулаға сәйкес:

$$V_S = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1}{2(1+\delta)}}. \quad (6.2)$$

Егер осы екі формуланы бір-бірімен салыстырсақ, яғни олардың бір-біріне қатынасын қарастырсақ, кума толқынның көлденең толқынға қарағанда жылдам таралатынын көреміз.

$$V_P/V_S = \sqrt{\frac{2(1-\delta)}{1-2\delta}}. \quad (6.3)$$

Бұл (6.3) формуласындағы Пуассон коэффициентін $\delta = 0,25$ деп алсақ (гранит таужынысқа тән), онда $V_P/V_S = \sqrt{3}$, яғни кума толқындар көлденең толқындарға қарағанда орта есеппен 1,7 есе жылдам тарайтынын көреміз.

Серпінді толқындардың үшінші түрі - *беткі толқын*. Бұл толқын кума және көлденең толқындардың өзара күрделі әрекеттерінен пайда бола отырып, жер бетіне жақын өңірлерде таралады. Беткі толқынның таралу ерекшелігі жел әсерінен су бетінің шымырлануына өте ұқсас. Зат бөлшектерінің тербеліс ерекшеліктеріне байланысты беткі толқын Лява толқындары (L) және Релей толқындары (R) деген аттармен екіге жіктеледі (бұл толқындарды алғаш ашқан ғалымдардың атымен аталған).

Жалпы жағдайда жер қыртысының біркелкі болмауына байланысты жоғарыда айтылған негізгі үш толқынмен (кума, көлденең және беткі) қоса, көптеген басқа да қосалқы толқындар пайда болады. Олардың мысалы ретінде жер қойнауының әр түрлі қыртыстарынан P және S толқындардың шағылу және сыну нәтижесінде пайда болатын толқындарды атауға болады.

6.4. Жерсілкінудің шамасын анықтау

Табиғаттың қайбір құбылысы болмасын оның себеп-салдарын жете білу үшін алдымен сол құбылысты бір-бірінен айырып, оның мөлшерін анықтайтын арнаулы шкала-кесте керек. Мәселен, ертеде қоршаған

ортаның температурасын суық, салқын, жылы, ыстық деп анықтайтын. Мұның өзі сол құбылыстың сапасын сипаттайтын, адам сезіміне негізделген сипаттамалық шкала-кесте болатын. Бертін келе термометр ойлап шығарылып, қоршаған ортаның температурасын белгілі бір аспаптық шкала-кесте арқылы өлшеуге мүмкіншілік туды.

Ал енді жерсілкінуге келсек, арнаулы қондырғылар шыққанға дейін жер бетінің тербеліс мөлшерін анықтау адам сезіміне, үй құрылыстарының зақымдану дәрежесіне негізделіп келді. Бұл сипаттамалық шкала-кесте осы күнге дейін сейсмологиялық тәжірибеде кеңінен қолданылуда. Кейіннен арнаулы аспаптар-сейсмографтар шығысымен, жерсілкіну мөлшерін (дәлірек айтқанда жерсілкіну ошағынан бөлініп шыққан энергия мөлшерін) аспаптық шкала-кестелер арқылы анықтауға мүмкіндік туды.

Сонымен, белгілі бір құбылыстың мөлшерін анықтау үшін сипаттамалық және аспаптық болып екіге бөлінетін шкала-кестелер қолданылады. Жоғарыда келтірілген мысалдар сипаттамалық шкала-кестенің алғаш пайда болып, кейін оның аспаптық шкала-кестемен толықтырылатындығын көрсетеді.

Сипаттамалық шкала-кестелер. Жерсілкінулерді бір-бірінен айырып жіктеу жұмыстары XVII ғасырдан бастап қолға алынды. XVIII ғасырдың екінші жартысынан бастап бүкіл әлемде болған күшті жерсілкінулердің зардаптарын зерттеу нәтижесінде бірнеше сипаттамалық шкала-кестелер пайда болды, олар — Ж.Пигнаторо (1783 ж.), Д.Брукса (1811 ж.), П.Эген (1828 ж.), Р.Вильямсон (1870 ж.) және т.б. шкала-кестелері. 1883 жылы М.Росси (Италия) және Ф.Форель (Швейцария) бірігіп жасаған Х-балдық сейсмикалық шкала-кесте бірқатар Еуропа елдерінде кеңінен қолданылып жүрді. 1900 жылы Жапонияда Ф.Омори VII-балдық шкала-кесте ұсынды. Кейінірек бұл VII-балдық шкала-кесте бірнеше рет толықтырылып, оның соңғы түрі Жапония елі үшін 1950 жылы бекітілді.

1917 жылы Д.Меркалли, А.Канкани және А.Зибберг бірігіп толықтырылған жаңа XII-балдық сейсмикалық шкала-кесте осы жылы халықаралық сейсмологтар құрамдастығында МКЗ шкала-кестесі деген атаумен бекітілді. Бұл шкала-кесте осы күнге дейін бірқатар Еуропалық елдерде қолданылып келеді.

1931 жылы АҚШ-та Г.Вуд және Ф.Ньюман сейсмология практикасына XII-балдық шкала-кесте енгізді. Кейінгі кезде бұл шкала толықтырылып, қазір MM шкала-кестесі деген атаумен қолданылып жүр.

Кеңес Одағында алғашқы рет XII-балдық шкала-кесте 1931 жылы жасалған. Ал 1952 жылы белгілі ғалым-сейсмолог, профессор С.В.Медведев жаңадан XII балдық шкала-кесте ұсынып, ол кейінгі кезге дейін стандарт-үлгі есебінде (ГОСТ 6249-52) қолданылып келді.

1964 жылы С.Медведев (Москва), В.Шпонхойер (Иена) және В.Карник (Прага) бірігіп жасаған XII балдық шкала-кесте жоғарыда

келтірілген МКЗ, ММ, Медведев-52 шкала-кестелерінің жетілген түрі болып есептелінеді. Бұл шкала-кесте MSK-64 атымен осы күндерде ТМД және Еуропа елдерінде кеңінен қолданылады. 1984 жылы осы шкала-кестенің толықтырылып жетілдірілген түрі MMSK-84 атты шкала-кесте жарық көрді.

Сипаттамалық шкала-кесте көмегімен жер беті сілкінісінің күшін балл есебімен анықтау үшін алдымен мынандай деректер жиналуы қажет: 1—үй құрылысы мен ғимараттардың зақымдалуы немесе бұзылуы; 2—адамдардың сезімі; 3—тұрмыстық заттардың (үй іші жиһаздарының) жерсілкіну кезіндегі жағдайы; 4—жер бетіндегі өзгерістер (жарылымдар, жер бедерінің өзгеруі, тау көшкіңдері және т.с.с.); 5—өзге де қосымша басқа белгілер.

Апаттық сейсмикалық шкала-кестелер. Жерсілкінуі кезінде оның ошағынан орасан зор энергия бөлініп шығады. Бұл энергияның негізгі бөлігі жылуға, механикалық қозғалысқа, электр және магнит өрістері энергиясына және т.б. энергияның түрлеріне айналса, тек аз ғана бөлігі (бірнеше процент шамасында) серпімді толқындар үлесіне тиеді. Жер бетін тербелтіп, сұрапыл апат алып келетін де осы серпімді толқындар үлесіне тиетін энергияның аз бөлігі. Сондықтан осы энергияның мөлшерін нақты анықтау сейсмология саласындағы маңызды мәселелердің бірі.

Жерсілкіну энергиясы. Жерсілкіну ошағынан белгілі бір қашықтықта тіркелген толқын энергиясының тығыздығы

$$\epsilon(R) = \int_0^t [\bar{P}(r), \bar{n}] dt \quad (6.4)$$

мұнда $\bar{P}(r) = \rho \bar{V}_i (du/dt)^2$ – орта мектептің физикасынан белгілі Умов векторы, ρ – толқын таралған ортаны құрайтын таужыныстың тығыздығы, V_i – i м толқынның (P немесе S) жылдамдығы, U – толқын таралғанда таужыныс бөлшектерінің ығысу мөлшері, du/dt – толқын таралғанда таужыныс бөлшектерінің ығысу жылдамдығы, \bar{n} – вектор.

Бұл интегралды шешудің өзіне тән қиыншылықтары бар. Сондықтан оны ықшамдаудың аркасында, яғни $U(t)$ функциясын (квазипериодты тербеліс) бірнеше синусоидалық кесінділер жинағы десек

$$U(t) = \sum a_k e^{n_2 f_k t}, \quad (6.5)$$

онда (6.4) формуласы мынандай түрге келеді:

$$\epsilon(R) = 2\pi^2 \rho \sum V_i (a_{ik} f_{ik})^2 t_{ik}, \quad (6.6)$$

мұнда $i = p, s$ толқындары, $k = 1, 2 \dots a_{ik}$.

Сонымен, сейсмограммада тіркелген толқынды ұзақтығы t_{ik} , жиілігі f_{ik} , амплитудасы a_{ik} -ға тең бірнеше синусоидалық кесінділер жинағымен

ауыстырдык. Енді жерсілкіну ошағы мен сейсмикалық станция орналасқан аймаққа тән $\varepsilon(R)$ функциясының басылу заңдылығын біле отырып (бұл заңдылық арнайы тәжірибе жұмыстарын жүргізу арқылы анықталанады), жерсілкіну ошағынан бөлініп шыққан сейсмикалық энергияның мөлшерін төмендегі формула арқылы есептеуге болады.

$$E = 4\pi R^2 \varepsilon(R). \quad (6.7)$$

Жерсілкіну энергиясын мұндай әдіспен есептеу өте күрделі, тіпті күнделікті болып жатқан көптеген әлсіз сілкіністер үшін бұл мүмкін емес. Сондықтан сейсмологиялық практикада бұл әдістің жеңілдетілген түрі қолданылады. Ол үшін сейсмограммада тіркелген Р және S толқындарының ең үлкен амплитуда шектерін өлшеп, арнаулы номограммалар арқылы сілкіністің энергетикалық класы К анықталынады. Осындай әдіспен анықталынған энергетикалық класпен сейсмикалық энергияның арасында іс жүзінде анықталған төмендегідей байланыс бар:

$$E = 10K \text{ Дж (Джоуль)}, \quad (6.8)$$

яғни

$$K = \text{Lg}E \text{ (Дж)} = \text{Lg}E \text{ (Эрг)} - 7. \quad (6.9)$$

Егер оқырман ақпарат бағдарламасынан немесе газет-журналдар бетінен энергетикалық класы 12-ге тең ($K=12$) жерсілкіну болды деген мәлімет естісе, бұл сілкініс ошағынан бөлініп шыққан сейсмикалық энергияның мөлшері 1012 Дж-ге немесе 1019 Эрг-ке тең деп білуі керек.

Айта кететін бір жағдай, жерсілкінудің энергетикалық диапазоны өте зор. Мәселен, 1887 жылы Верный қаласы маңында болған Верный сілкінісінің энергиясы 1024 Эрг немесе 1017 Дж болса ($K=17$), осы аймақтағы ең әлсіз жерсілкінудің энергиясы 109-1010 Эрг немесе 102-103 Дж-ге ($K=2-3$) тең.

Жерсілкіну энергиясын анықтаудың бүгінгі таңда қиыншылықтары мен кемшіліктері әлі де болса көп: қолданылып жүрген шкала-кестелер күшті жерсілкінулер кезінде бөлініп шыққан энергияны нақты анықтауға мүмкіндік бермейді; жоғарыда келтірілген (6.4) формула арқылы сейсмикалық энергияны жаппай есептеуге мүмкіншілік жоқ; әзірге жерсілкінудің толық энергиясын нақты есептеу мүмкін емес және т.с.с. себептер. Сондықтан да, жерсілкінудің сейсмикалық энергиясын анықтау халықаралық практикада көп кездеспейді (шет елдерде негізінен қазіргі ТМД елдерінде ғана кең таралған).

Жерсілкіну магнитудасы дегеніміз сілкіністің мөлшерін (шамасын) анықтайтын салыстырмалық энергетикалық өлшем. Ол сілкініс ошағынан бөлініп шыққан энергия мөлшеріне тікелей байланысты.

Магнитуда шкаласын 1931 жылы жапон ғалымы Вадати ұсынып, ал 1935 жылы америкалық сейсмолог Ч. Рихтер оны толықтырып жетілдірді. Сондықтан да баспасөз бетінде көбінесе магнитуда шкаласын Рихтер шкаласы деп атайды.

Жерсілкіну магнитудасын (M) анықтау сейсмограммада жазылған толқындардың ең үлкен амплитуда шегін өлшеуге негізделген. Егер жерсілкінудің энергиясын анықтау үшін P - және S - толқындардың ең үлкен амплитуда шектерінің қосындысы алынса, жерсілкінудің магнитудасы жазылған әрбір толқынның ең үлкен амплитудасы шегін өлшеу арқылы анықталады (M_p, M_s, M_b).

Ч.Рихтердің бастапқы анықтамасы бойынша, магнитуда дегеніміз жерсілкіну ошағынан 100 км қашықтықта стандартты сейсмографпен тіркелген сейсмикалық толқынның микронмен өлшенген ең үлкен амплитуда шегінің (миллиметрдің мыңнан бір бөлігі) ондық логарифміне тең:

$$M = \lg A/A_0 = \lg A - \lg A_0, \quad (6.10)$$

мұнда A – стандарт сейсмографпен белгілі бір қашықтықта тіркелген толқын амплитудасының шегі, A_0 – стандарт сейсмографпен жерсілкіну ошағынан 100 км қашықтықта тіркелген толқын амплитудасының шегі ($A_0 = 0,001$ мм-ге тең).

Кейінгі кезде жаңа сейсмикалық қондырғылардың пайда болуына, сейсмикалық толқындардың жаңа түрлерінің іс жүзінде қолдануына және т.б. жаңалықтардың сейсмологиялық практикаға енгізілуіне байланысты, бұл бастапқы магнитуда анықтамасына көптеген толықтырулар (қосымшалар) енгізілді. Дегенмен, уақытында Ч.Рихтер ұсынған магнитуда ұғымы әлі күнге дейін өзінің негізгі мағынасын жойған жоқ.

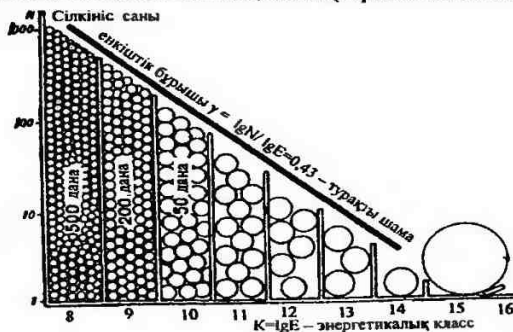
6.5. Жерсілкінудің жиілігі мен таралуы

Жерсілкінудің жиілігі. Жерсілкіну жиі болып тұра ма? Бұл сұраққа жауап беру, әрине, оңай емес. Әрбір жер асты дүмпуі жер бетінде үнемі сезіле бермейді. Ал халық сирек қоныстанған аймақтарда тіпті күші 3-4 бал сілкіністер де байқаусыз қалуы мүмкін.

Көп жылдар бойы жүргізілген зерттеулер нәтижесінде жерсілкіну энергиясы мен олардың орташа қайталану жиіліктерінің арасында тұрақты байланыс бар екендігі анықталып отыр. Орташа есеппен, егер жерсілкіну энергиясы 10 рет азайса, онда олардың саны 3 рет көбейеді. Бұл айтылған тәуелділікті мынандай мысалмен толықтыралық. Егер де белгілі бір сейсмикалық аймақта (мысалға Солтүстік Тянь-Шань) белгілі уақыт аралығында болған жерсілкінулерді жинап, оларды энергиясына сәйкес бөліп, төмендегі 6.6 - суретте көрсетілгендей график тұрғызсақ, онда сейсмологияда кең таралған заңдылықты табамыз.

Бұл суретте әлсіз, табиғатта көп кездесетін жерсілкінулер сол жақтағы қатарда орналасса, күшті және жойқын дүмпулер шеткі, он жақтағы қатардан орын алады. Орталық қатардағы жерсілкінулер оңнан солға қарай белгілі бір заңдылықпен орналасып, әрбір келесі қатардағы жерсілкінулердің саны кейінгі қатардағылардан шамамен 2,9 есе артық болады. Міне, бұл заңдылық – жерсілкінудің қайталану заңдылығы деп аталады.

Егер осындай графикті әр түрлі аймақтар үшін тұрғызсақ, олардың бір-біріне ұқсас екенін көруге болады. Қайталану графигінің еңкістік бұрышы ($\text{tg}\alpha = \gamma$) барлық аймақтар үшін шамамен бірдей, ал олардың деңгейі сол аймақтың сейсмикалық жағдайына (қарқындылығына) байланысты



6.6-сурет
Жерсілкінудің қайталану графигі

не жоғары, не төмен болады. Жерсілкінудің қайталану заңдылығының ең маңызды қасиеттерінің өзі міне осында. Өйткені күшті дүмпулер саны өте аз (сирек) болғандықтан, олардың кеңістікте және уақыт өлшемінде таралу заңдылықтарын дәл табу өте қиын. Ал жерасты дүмпулерінің қайталану заңдылығы арқасында адамға сезілмейтін толып жатқан майда (әлсіз) сілкіністер арқылы күшті немесе жойқын жерсілкіну қай жерде қандай уақыт аралығында қайталанатынын топшылауға болады.

6.5.1. Жерсілкінудің географиялық таралуы

Ірі сейсмикалық белдеулер. Жер шары құрлығының 1/10 бөлігінде жер сілкіну қауптілігі бар. Бұл аймақтарда Жер шарын мекендеген халықтың жарым-жартысына жуығы тұрады. Өйткені сейсмикалық белдеулер халық тығыз орналасқан Жапония, Қытай, Үндістан т.б. мемлекеттер арқылы өтеді. 6.7 - суретте 1978 жылдан 1987 жылға дейінгі 10 жыл ішінде Жер

шарында болған магнитудасы 4,5-нан астам жерсілкіну эпицентрлерінің кеністіктегі таралу орындары көрсетілген. Ең алдымен көзге түсетін ерекшілік – жерсілкіну эпицентрлерінің кездейсоқ бытыраңқы түрде шашылып жатпай, белгілі белдеулерге ғана шоғырланатындығы.

1. Тынық мұхитты сырттай орап жатқан еңсіз де ұзын аймақ – Тынықмұхит сейсмикалық белдеуі деп аталып, ол Камчатканың шығыс жағынан басталып Алеут аралдары арқылы Аляскаға созылады. Белдеудің бұл бөлігінде күшті және жойқын жерсілкінулер жиі кездеседі, олардың келешек қауіптілігі де өте жоғары. Ары қарай белдеу Мексиканы бойлай өтіп, Орталық Америка жеріне жетеді де, осы өңірден Кариб және Антиль белдеулері деп аталатын екі тармаққа айырылады. Сонан кейін белдеу Тынық мұхиттың бойымен Оңтүстік Американы бойлай аяқталады.

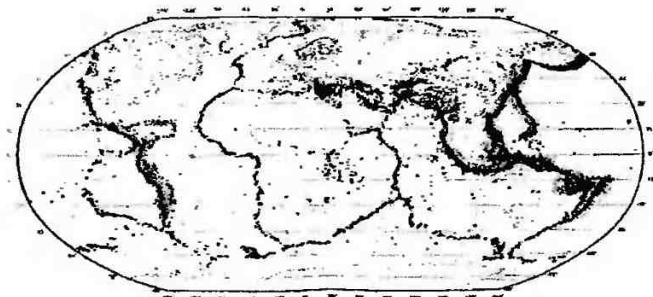
Белдеудің екінші жағы (шеті) Курил және Жапон аралдарын бойлай отырып, шығыс және батыс тарауларға бөлінеді. Батыс тарауы Рио-Кю, Формозу, Филиппин аралдарын бойлай созылса, шығыс тарауы – оңтүстіктегі Мариан аралдарына қарай сағаланады.

Халықаралық сарапшылардың қорытындыларына сәйкес, планетамыздағы күшті жерсілкінулердің 75 %-ы осы Тынықмұхит сейсмикалық белдеуінде болатын көрінеді. Мәселен, 1904 жылдан 1976 жылға дейінгі аралықта бұл белдеуде магнитудасы 8-ден астам (күші 11-12 балл) 47 жойқын жерсілкінуі болған. Халқының тығыздығы жағынан өте жоғары мемлекеттердің бірі Жапония осы белдеуде орналасқан, онда орта есеппен жылына 1500 күші орташа жергілікті жерсілкінуі болып тұрады (1930 жылы мұндай жерсілкінулер саны 6000-ға жеткен).

2. Жерортатеңіз (Альпі-Гималай) сейсмикалық белдеуі бүкіл Евразия құрлықтары арқылы өтетін планетамыздағы екінші үлкен белдеу. Бұл Пиреней түбегінен Индонезия архипелагіне дейін созылып жатқан, ауданы 9 миллион км² белдеу Апеннин, Альпі, Карпат, Балқан, Кавказ, Иран, Ауғанстан, Орталық және Орта Азия, Гималай, Бирма және т.б. аймақтарды қамтиды. Бұл белдеудің ерекшеліктерінің бірі—оның оңтүстік шекарасы жерсілкіну эпицентрлерімен анық көрінсе, ал солтүстігінде жерсілкіну эпицентрлері шашыраңқы орналасып, оның бұл шекарасы анық көрінбейді.

1917 жылдан 1975 жылға дейінгі аралықта бұл белдеуде магнитудасы 7-ден асатын (күші 9-10 балл) 61 апатты, ал магнитудасы 8-ден асатын (күші 11-12 балл) 5 жойқын жерсілкіну болған.

3. Маңғол-Байкал сейсмикалық белдеуі оңтүстігінде Маңғол мен Гоби Алтайы тау жоталарын, Маңғолияның орталық және солтүстік бөлігін, солтүстігінде Шығыс Саян тауларын, Байкал аумағындағы таулы өлкелерді қамтиды. Ауданы 5 миллион км² жерді алып жатқан бұл белдеуде 1917 жылдан 1975 жылға дейінгі аралықта магнитудасы 7-ден асатын (9-10 балл) 14 апатты және магнитудасы 8-ден асатын (11-12 балл) 5 жойқын жерсілкіну болған.



6.7-сурет

Жер шарында болған күшті жерсілкіну эпицентрлерінің таралуы

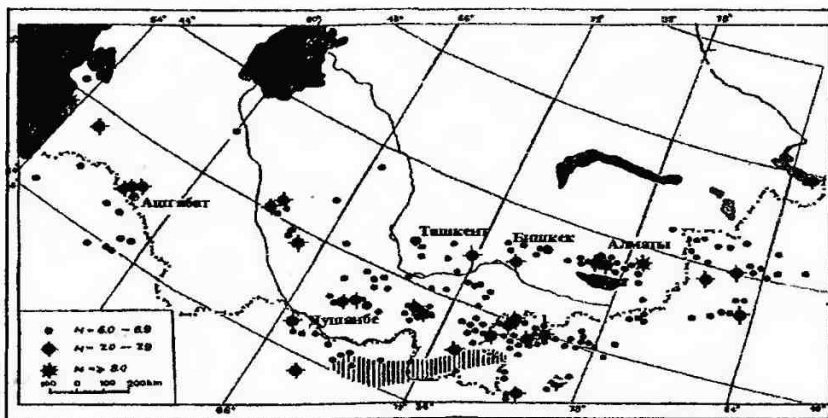
4. Мұхитаралық жоталарды бойлай орналасқан белдеулер. 6.7 - суретте бір-бірімен қиылысып жатқан бірнеше осындай белдеуді көруге болады. Солардың біреуі Атлантика мұхитында оңтүстіктен солтүстікке қарай, ал екіншісі Тынық мұхиттың оңтүстік-батыс бөлігінен Индия мұхитына қарай созылып жатыр. Бұл белдеулердегі жерсілкінулер негізінен мұхит түбін ұлғайтатын (магма көтерілуі салдарынан литосфералық тақталардың бір-бірінен ажырауы) мұхитаралық жоталармен байланысты. Сондықтан да суретте олар тіпті сызық сияқты еңсіз болып көрінеді.

Сонымен, күшті және жойқын жерсілкінулер жер шарының барлық жерінде бірдей болмайды. Олар белгілі бір белдеулерге ғана шоғырланады.

6.5.2. Орта Азия аймағының сейсмикалық сипаты.

Орта Азиядағы жерсілкіну тарихы алуан-алуан оқиғаларға бай. Тіпті жерсілкінулер туралы деректерді атақты Абу Әли ибн Синаның (XI ғ.), Әбу Райхан Берунидің (XI ғ.), Әбу Сайда Гардизианың (XI ғ.) еңбектерінен табуға болады.

Қазіргі уақытта Орта Азия сейсмологиялық аймағының сипаты туралы көптеген мәліметтер жиналған. Төменде, 6.8 – суретте, Орта Азия сейсмикалық аймағында ерте заманнан 1995 жылға дейінгі аралықта болып өткен магнитудасы 6-дан асатын ($M \geq 6$) жерсілкіну эпицентрлерінің картасы келтіріліп отыр. Енді осы картаға сүйене отырып, аталмыш аймаққа қысқаша сипаттама бөрілік. Жерсілкіну эпицентрлерінің таралуын мұқият қарай отырып, картадан бірнеше басты сейсмикалық белдеулерді көруге болады.



6.8-сурет

Орта Азия жеріндегі болған күшті және жойқын жерсілкінулер эпицентрлерінің кеңістікте таралуы

1. Солтүстік Тянь-Шань сейсмикалық белдеуі Алматы қаласы мей Ыстық көлдің аралығында орналасқан. Оның ені шамамен 50 км, ұзындығы 600 км-ден астам, батыс шекарасы Тараз қаласымен шектесіп, ал шығыс шекарасы Қытай жеріне кетіп жатыр. Бұл белдеуде күшті жерсілкіну қауіптілігі өте жоғары. 1885-1911 жылдар аралығында болған күші 9-10 балл Беловод (1885 ж.), 9-10 балл Верный (1887 ж.), 10 балл Шелек (1889 ж.), 10-11 балл Кемін (1911 ж.), 8-9 балл Кемін-Шу (1938 ж.) апаттарының ошақтары осы белдеуде орналасқан. 1938-1970 жылдар аралығында бұл белдеуде апатты жерсілкінулер болған жоқ. 1970 жылдан бастап күшті жерсілкінулер үлес салмағы бірталай өсіп, күші 8-9 балдық Сарықамыс (1970 ж.), 7 балдық Жамбыл (1971 ж.), 8-9 балдық Жалаңаш (1978 ж.), 8 балдық Байсорын (1990 ж.), 9-10 балдық Сусамыр (1992 ж.) және бірнеше 5-7 балдық жерсілкінулер болып өтті.

Бұл аймақта жұмыс істеп тұрған сейсмикалық бақылау жүйесінің мағұлматтарына қарағанда, белдеу ішінде болып жатқан әлсіз жерсілкінулер саны да өте жоғары. Жылына орта есеппен 500-ге жуық әлсіз жерсілкінулер болып, кейбіреулерінің жер бетіндегі әсері 3-5 балға дейін жетеді.

2. Орталық Тянь-Шань сейсмикалық белдеуі батыста Талас-Ферғана жарылымымен, оңтүстікте Оңтүстік Тянь-Шань белдеуімен, шығыста Кокшаал тау жоталарымен, солтүстігінде Ыстық көлмен

шектеледі. Бұл белдеуде осы күнге дейін магнитудасы 6-дан астам жерсілкіну болмағанымен, әлсіз сілкіністер деңгейі Солтүстік Тянь-Шань белдеуімен шамалас келеді. Белдеудің негізін күші 7-8 балл (магнитудасы 5-6) жерсілкінулер құрайды.

3. *Оңтүстік Тянь-Шань сейсмикалық белдеуі* Батыс Тянь-Шань мен Памир тау жүйелерінің түйіскен жерінен басталып, шығыста Тарим массивіне дейін ұзындығы 1000 км-ге созылып жатқан еңсіз алқап. Бұл белдеудің бойында күші 9-10 балл Қашғар (1902 ж.), 9 балл Қаратақ (1907 ж.), 9-10 балл Хаит (1949 ж.) апаттары болған. Сонымен қатар күші 7 және 8 балдық жерсілкінулер де жиі болып тұрады. Белдеудегі әлсіз жерсілкінулер деңгейі өте жоғары, бұл көрсеткіш жағынан ол тіпті Солтүстік Тянь-Шань белдеуінен де асып түседі. Айта кететін бір жәйт, жерсілкіну эпицентрлерінің таралуы белдеудің барлық жерінде бірдей емес. Кейбір жерлерде олардың тығыздығы өте жоғары болса, ал басқа бір жерде жерсілкіну эпицентрлері тіпті кездеспейді.

4. *Түркістан-Ферғана сейсмикалық белдеуі* батыста Самарқанд қаласынан, шығыста Талас-Ферғана жарылымына дейін созылып, Түркістан мен Зеравшан тау жоталарын және Ферғана аңғарын қамтиды. Белдеудегі жерсілкіну деңгейі Солтүстік және Оңтүстік Тянь-Шань белдеулеріне қарағанда әлдеқайда төмен болғанымен, бұл жерлерде көпшілік қауымға белгілі күші 8 балл Ұрытөбе (1897 ж.), 9 балл Әндіжан (1902 ж.), 8-9 балл Құршаб (1924 ж.) және т.б. күшті жерсілкінулер болған.

5. *Шатқал-Құрама сейсмикалық белдеуі* Шатқал, Пскем, Үзген тау жоталарын және Ташкент маңындағы Бетпақдала жерін алып жатыр. Бұл белдеудегі ең үлкен жерсілкіну 1946 жылғы болған (күші 9-10 балл Шатқал жерсілкінуі). 6, 7 және 8 балл жерсілкінулер қатарына кейінгі кезде болған Бричмұлла (1959 ж.), Көштепе (1965 ж.), Ташкент (1966 ж.) және т.б. жерсілкінулер кіреді.

6. *Қызылқұм сейсмикалық белдеуін* соңғы жылдары болған күші 9 және 9-10 балл Газли (1978, 1984 жж.) жерсілкінулері қауіпті аймақтардың қатарына қосып отыр. Дегенмен 6-7 балл күшті жерсілкінулер бұл белдеуде ертеде де болып тұрған. Мәселен, 7 балл Арыс (1917 ж.), 7 балл Шиелі (1929 ж.), 7 балл Қызылқұм (1968 ж.) және т.б. Бұл белдеуде жергілікті сейсмикалық станциялардың жоқтығынан әлсіз жерсілкінулер деңгейі әлі күнге дейін белгісіз.

7. Орта Азия жерінде әлемде сирек кездестін сейсмикалық аймақтардың бірі *Памир-Гиндүкіш аралықфокусты жерсілкінулер белдеуі* орналасқан. Ауданы 60-70 мың км² жерді алып жатқан бұл белдеудегі жерсілкінулердің басым көпшілігі (жылына 200-дей) 50-300 км тереңдікте болады. Жер бетінде бұл жерсілкінулердің эпицентрі (ошақтарының

проекциялары) ені 100-150 км, ұзындығы 600 км-дей оңтүстік-батыстан солтүстік-шығысқа созылып жатқан, Ауғанстан жеріндегі Фарқар өзені мен Тәжікстандағы Мургаб өзеніне дейінгі аралықты алып жатқан аймақты құрайды. Бұл белдеуде магнитудасы өте жоғары ($M > 7$) жерсілкінулер жиі болғанымен, олардың ошақтарының тереңде орналасуына байланысты жер бетіндегі әсері 7-8 балдан аспайды, ал таралу ауқымы біршама зор аймақты қамтиды. Оңтүстік Қазақстан жерінде бұл жерсілкінулердің әсері 3-4 балл күшпен сезіліп тұрады.

Міне, Орта Азия сейсмикалық аймағының қысқаша сипаттамасы осындай.

6.6. Қазақстан жерінің сейсмикалық сипаты

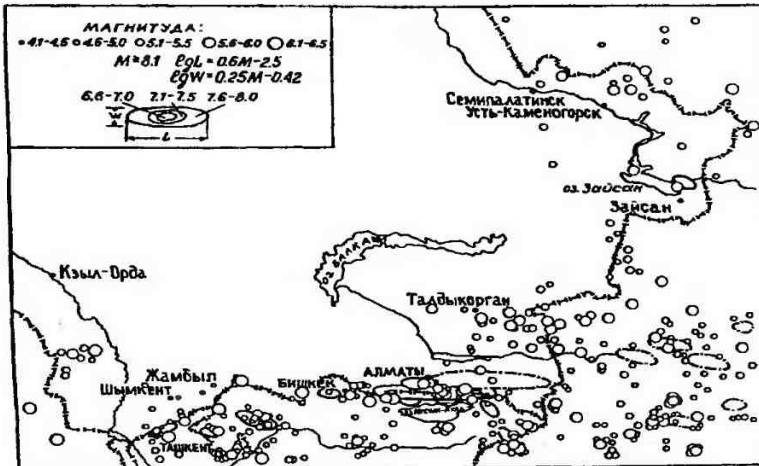
Қазақстан аумағында болған жерсілкінулер туралы алғашқы деректер ерте кезден басталады. Алайда ғылыми тұрғыдан жерсілкінуді зерттеу (тек қана Қазақстанда емес, бүкіл Орта Азия бойынша) ХІХ ғасырдың соңғы жылдары мен ХХ ғасырдың бастапқы жылдары арасында ғана басталды. Бұл деректер сол кездегі ірі қалалар мен елді мекендерде болған күшті жерсілкінулердің жер бетіндегі әсері туралы мәліметтерден тұратын еді (мәселен, Верный, Жаркент, Лепсі және тағы басқа қалалар). Мұндай деректер мен тарихи мәліметтер орыстың белгілі ғалым-геологы және саяхатшысы И.В.Мушкетовтың атымен тығыз байланысты. Оның 1887 жылы 9 маусымда Верный қаласы маңында болған күші 9-10 балл апатты жерсілкінуі туралы жинаған және сол кездері басып шығарған еңбектері тек қана Орта Азия емес, бүкіл Ресей жерінде сейсмология ғылымының дамуына көрнекті үлес қосып, осы уақытқа дейін өзінің маңызын жойған жоқ.

Өткен 120 жыл шамасында Қазақстан жерінде және онымен шекаралас жатқан аймақта күші 5-6 балдан жоғары жүздеген күшті жерсілкінулер болды. Төменде, 6.9 - суретте, осы жерсілкінулер эпицентрлерінің кеңістікте таралу ерекшелігі көрсетілген. Енді осы картаға сүйене отырып, Қазақстан жерінде кездесетін сейсмикалық аудандарға қысқаша сипаттама берелік.

Алтай сейсмикалық ауданы. Жерсілкіну туралы деректер бұл ауданда ертеректе кездескенімен, сейсмикалық зерттеулер әлі де болса дұрыс жолға қойылмай келе жатыр. Ең бірінші сейсмикалық станция 1990 жылы Зайсан жерінде болған күшті жерсілкінуден кейін ғана Зайсан қаласында ашылды.

Бұл жерде жерсілкіну жайында алғашқы деректер 1761 жылдан басталады. 1783, 1857, 1894, 1904 жылдары Семейде, Риддерде (Лениногорскіде), Зыряновскіде жер асты дүмпулері сезілген. 1887 жылы Өскеменде 5-6 балл, 1901 жылы Глубокое және Бұхтармада 6-7 балл

күшпен болған жерсілкінулер туралы толығырақ деректер бар. Көптеген жерасты дүмпулері бұл ауданға көршілес жатқан Маңғолия жерінен жетеді. Мәселен, 1905 жылы ошағы Маңғолияда орналасқан апатты Хангай жерсілкінуі және де 1931, 1938 жылдардағы апатты жерсілкінулері Алтай жерінде 5-6 балл күшпен сезілген. Кейінгі 100 жыл шамасында бұл өңірде болған жерсілкінулердің күші 7 балдан аспаған.



6.9-сурет

Қазақстан жеріндегі және онымен іргелес аймақтардағы кейінгі 120 жыл ішінде болған күшті жерсілкіну эпицентрлерінің таралуы

1990 жылы 14 маусымда бұл ауданда бұрын-соңды болып көрмеген күшті жерсілкінуі болып, ол Зайсан жерсілкінуі деген атаумен тарихқа кірді. Жерсілкіну эпицентрі Зайсан ойпатында, атап айтқанда, Ертіс өзенінің Зайсан көліне құятын жеріне (сағасына) жақын жерде орналасқан. Оның магнитудасы $M=7$ -ге тең, ошағының тереңдігі $H=35-40$ км-ге, ал жер бетіндегі күші 8 балға дейін жетті.

Жоңғар Алатауы. Бұл ауданда болған жерсілкінулер жайлы деректерді, көпшілікке белгілі, И.В.Мушкетов пен А.П.Орловтың (1893) каталогінен табамыз. Осы каталогте келтірілген деректердің ең алғашқыларының бірі - 1716 жылы Зайсан мен Балхаш көлдері аумағында болған жерасты дүмпуі. Бұл жерсілкінудің эпицентрі Көкшаал тауының шығыс беткейінде орналасып, магнитудасы шамамен 7,5 болса, эпицентрдегі күші 9 балға жеткен.

Тарихи деректерден Жоңғар Алатауы өңірінде орналасқан ірі елді мекендерде ХІХ ғасырдың екінші жартысында күші 6 балға дейін жететін бірнеше күшті жерсілкінулер болып өткені мәлім болып отыр. Мәселен, 1863 жылы Үржарда, 1866 жылы Қапалда, 1874 жылы Лепсіде болып өткен жерсілкінулер туралы деректер белгілі.

Тиянақты мәліметтерге қарағанда, 1885 жылы 22 қарашада Қазақстан мен Қытай мемлекеттерінің шекарасында 7-8 балл, 1915 жылы 2 мамырда Лепсіде 6 балл, 1918 жылы 23 ақпанда Жаркентте 6-7 балл, 1940 жылы 30 тамызда, 1950 жылы 15 желтоқсанда Текеліде 6 балл, Талдықорғанда 5 балл жерсілкінуі болған.

1993 жылы 30 желтоқсанда кешкі 20 сағат 24 минутта (жергілікті уақытпен) Талдықорған қаласынан оңтүстік-шығысқа қарай 34 км қашықтықта, Жоңғар Алатауы жотасында күшті жерсілкіну болды. Оның магнитудасы $M=5,6$, ал ошағының тереңдігі $H=20$ км. Эпицентрге ең жақын орналасқан Текелі қаласында (8 км) жерсілкіну күші 7 балға жетіп, үй құрылыстарына бірталай зақым келтірді. Жерсілкіну Алматы, Талдықорған, Қарағанды және Семей облыстарында сезілген.

Солтүстік Тянь-Шань. Орта Азия аймағында бұл аудан өзінің сейсмологиялық қауіптілігімен ерекше көзге түседі. Оған Теріскей, Күнгей, Іле Алатаулары және Қырғыз тау жоталары кіреді. Кейінгі 100 жыл шамасында көптеген күшті және жойқын жерсілкінулердің болуы бұл ауданды дүние жүзі бойынша ең қауіпті сейсмикалық аймақтар қатарына қосып отыр.

Қазақстанның белгілі ғалымы А.Машановтың деректері бойынша, аймақтағы ең алғашқы жерсілкіну сонау ерте кезеңде, яғни біздің эрамызға дейінгі ІІІ ғасырда болса керек. Кейбір тарихи деректерге қарағанда, 1770 жылғы Беловод селосының (Қырғызстан) маңында, 1807 жылы қазіргі Алматы қаласының жанында өте апатты жерсілкінулер болған. Бұл өңірдегі жерсілкінулері жайлы тұжырымды мәліметтер негізінен ХІХ ғасырдың екінші жартысынан басталады. Мәселен, 1865 жылы Мерке ауылы маңында, 1872 жылы Шу өзені бойында, 1858, 1874 және 1880 жылдары Алматы қаласы маңында күшті жерсілкінулер болған. Қазақстан жеріндегі жоғарыда айтылған күшті және жойқын жерсілкінулердің көпшілігі осы Солтүстік Тянь-Шань аймағында болып өткен. Олардың ішінде 1887 жылы 9 маусымда болған күші 10-11 балл **Верный** жерсілкінуі, 1889 жылы 12 шілдеде болған (күші 10 балл) **Шелек** жерсілкінуі, 1911 жылы 4 қаңтардағы (күші 10-11 балл) **Кемін** жерсілкінулерінің орны айрықша (бұл жерсілкінулер жайлы арнайы кітаптан оқуға болады (Ә.Нұрмағамбетов «Сейсмическая история Алматы», 1999).

Кейінгі кезде бұл аймақта бірнеше күшті жерсілкінулер болып өтті: 1978 жылы 25 наурызда 8-балдық Жаланап-Түп жер сілкінуі, 1979 жылы 25 қыркүйекте 6-7 балдық Бақанас жерсілкінуі, 1990 жылы қарашаның 12-інде Байсорын жерсілкінуі және т.б.

Енді, жоғарыдағы 6.9-суретте, келтірілген эпицентрлер картасына біразырақ көз жіберсек, Солтүстік Тянь-Шаньдағы жерсілкіну эпицентрлері белгілі бір белдемге шоғырланғандығын байқаймыз. Бұл, жоғарыда айтып өткен, батыстан шығысқа қарай ендік бағытта созылып жатқан Солтүстік Тянь-Шань белдемі. Жерсілкіну эпицентрлері белдеудің орталығында шоғырланып, олар Қырғыз, Күнгей, Іле Алатауларын алып жатыр.

Қаратау-Талас сейсмикалық ауданы. Жерсілкіну туралы негізгі мәліметтер бұл аймақта тек қана ХІХ ғасырдың екінші жартысынан бастап белгілі болған. Жоғарыда айтылған И.В.Мушкетов пен А.П.Орловтың каталогіндегі деректер бойынша, ең алғашқы күшті жерсілкіну 1865 жылы Қырғыз жотасының етегінде болып, Жамбыл облысының Мерке селосында 7-8 балл күшпен сезілген. 1868 және 1886 жылдарда Шымкент облысында бірнеше күшті жерсілкінулері болып өткен. Олардың ошақтары Ташкент қаласы маңында орналасып, ол жерде күші 7-8 балға жеткені мәлім.

1908 жылғы 31 қаңтарда Жамбыл қаласының оңтүстігінде, одан 20-30 км қашықтықта, күшті жерсілкінуі болып, оны сол кезде жұмыс істеген Ташкент сейсмикалық станциясы жазып алған. 1971 жылы 10 мамырдағы және 1984 жылы 2 ақпандағы Жамбыл жерсілкінуі, 1987 жылы 26 наурызда Алтынтөбе жерсілкінуі жайлы толық деректер бар.

Міне, Қаратау-Талас сейсмикалық ауданының қысқаша сипаттамасы осындай. Қазіргі сейсмикалық қауіптілік деңгейі Солтүстік Тянь-Шань ауданынан немесе Жоңғар Алатауынан төмен болғанымен, бұл ауданда келешек күшті жерсілкінудің болуы өте ықтимал екенін айта кеткен жөн.

Қызылқұм сейсмикалық ауданы. Бұл аймақтағы жерсілкінулер туралы ертеректегі деректер өте аз. Атап айтқанда, 1917 және 1929 жылдары болған жерсілкінулер туралы аз ғана деректер кездеседі. Біріншісі 6 балл күшпен Арыс қаласында сезілсе, екіншісі осындай күшпен эпицентрден 130 км қашықтықта орналасқан Шиелі станциясында сезілген. Осы екі жерсілкінуден кейін 4-5 ай бойы бұл ауданда ірілі-ұсақты көптеген кейінгі жерасты дүмпулері болғаны, ал олардың кейбіреулері Арыс, Шиелі, Шымкент, Ташкент қалаларында сезілгені анықталып отыр.

1968 жылы наурыздың 13 күні таң алдында және келесі 14 күні ертемен (арасы 3 сағат 40 минут уақыт) бұл ауданда екі рет жерсілкінулері болды. Олардың ошақтары Шымкент қаласынан батысқа қарай 250 км қашықтықтағы шөл далада орналасқан. Халық шаруашылығына

айтарлықтай зияны болмағанымен, бұл жерсілкінулер жергілікті халық арасында үрей туғызып, көп уақытқа дейін ел аузынан түспеген.

Өкінішке орай, бұл ауданда әлі күнге дейін сейсмикалық бақылау жүйесі жоқ. Сондықтан әлсіз жерсілкінулердің деңгейі және олардың таралу ерекшеліктерін анықтау бүгінгі таңда мүмкін болмай отыр. Дегенмен, Ташкент қаласы аумағындағы бақылау жүйесінің мәліметтеріне қарағанда, бұл ауданда әлсіз жерсілкінулерінің болып тұратыны және де олардың арасында кейбіреулерінің күші 4-5 балға жететіні белгілі болып отыр. Айта кететін бір жәйт, бұл аймақта көршілес Газли сейсмикалық ауданында (Өзбекстан) болып тұратын күшті жерсілкінулер едәуір күшпен (4-5 балл) сезіледі.

Маңғыстау сейсмикалық ауданы. Бұл аймақ ресми карталар мен құжаттарда жерсілкіну қауіптілігі жоқ аудандар қатарына жатады. Дегенмен, кейінгі кездерде Каспий теңізі деңгейінің күрт көтерілуі осы аймақтағы жерасты тектоникалық процестерінің әсерінен болуы ықтимал деген болжамдар бар. Осыған орай, жақын арада бірқатар зерттеулер жүргізіліп, бұл аймақта да жерсілкіну қауіптілігі бар екендігі анықталып отыр.

Сонымен, біз Қазақстан жерін бірнеше сейсмикалық аудандарға бөле отырып, оларға жалпылама сипаттама бердік. Айтылған мағлұматтарды қорыта келе байқағанымыз, Қазақстан жерінде жалпы ауданы 450 мың км² болатын 8 облыстың территориясында жерсілкіну қауіптілігі бар. Бұл аймақта еліміздің 40 %-ға жуық өнеркәсіп орындары орналасқан, 6 миллиондай халық тұрады, 27 қала және 400-ден астам елді мекендер бар. Әрине, әр бір сейсмикалық ауданның өздеріне тән ерекшеліктері бар және де олардың қауіптілік деңгейлері де әр түрлі. Бір ауданда ықтимал жерсілкіну күші жоғары болса, басқа бір ауданда азырақ болуы мүмкін. Бірақ бұл аудандарда ерте ме, әлде кеш пе әйтеуір күшті жерсілкінуі болатындығы айқын. Сондықтан мұндай қауіпті аудандарда алдын-ала сақтану шараларын жүргізу – баршамыздың міндетіміз.

6.7. Сейсмикалық аудандау

Жерсілкінудің жойқын күші, оның әсерінен болатын алапат апаттар көпшілік қауымға мәлім. Табиғаттың бұл дүлей апатын болдырмауға адамзат бүгінгі таңда дәрменсіз. Олай болса, бұл апаттың адам өмірі мен халық байлығына келтіретін зардабын мүмкіндігінше қалай азайтуға болады? Қазіргі ғылым мен техника жетістіктері бұл сауалдың шешімі төмендегі шарттардың орындалуына тікелей байланысты екендігін айтады:

1 – болашақ жерсілкінудің қай ауданда қандай күшпен болатынын анықтап (сейсмикалық аудандау саласындағы зерттеулер), құрылыс

жұмыстарының осы алынған қорытындыларға сәйкес жүргізілуін қатан бақылауға алу;

2 – келешекте болуы ықтимал әрбір күшті жерсілкінудің күшін, орнын және дәл уақытын күні бұрын болжау мәселесін шешу.

Міне, осы аталған екі мәселе: сейсмикалық аудандау және жер сілкінуін алдын-ала қысқа мерзімде болжау – қазіргі сейсмология ғылымының ең негізгі екі саласы.

Сейсмикалық аудандау мәселесі қаншама күрделі болғанымен, оның шешімі жерсілкінуді алдын-ала қысқа мерзімде болжауға қарағанда әлдеқайда жеңіл. Бұл зерттеулердің күрделілігі, ең алдымен, болашақ жерсілкінуі болатын аймақтар мен оларда болатын жерсілкінулердің ең жоғарғы күшін анықтау жолында қателік жібермеуді қамтамасыз етуде. Егер болашақ жерсілкіну күші артығырақ анықталса, онда мұндай сілкініске төзімді құрылыс салуда қаражаттың орынсыз көп шығындалуына әкеліп соқтырады, ал кемірек есептелсе, сілкініс кезінде адам өмірі мен құрылыстарға тиетін зиян еселей артады. Сондықтан келешекте ықтимал жерсілкінулер күшінің ең жоғарғы шегін және олардың болатын орнын дәл анықтау, яки жерсілкіну болатын аймақтың қауіптілігіне қарай оларды әр түрлі бөлікшелерге бөлу – сейсмикалық аудандау жұмыстарының негізгі мақсаты.

Сейсмикалық аудандау жұмыстары зерттеу нысандарының түріне байланысты үшке бөлінеді: жалпы, толық (нақты) немесе түбегейлі және микро(мөлтек) сейсмикалық аудандаулар.

Жалпы сейсмикалық аудандау нәтижелері республика аумағында экономиканың дамуын жоспарлау мақсатында пайдаланылады. Аудандаудың бұл түрі көлемі жағынан үлкен, аса ірі аймақта жүргізіліп (бұл жерде нысан ретінде бүкіл республика аумағы алынады), жер бетінде тек қана күшті жерсілкіну тудыратын (магнитудасы $M \geq 6,1$) геологиялық құрылымдарды қарастырады. Әдетте бұл зерттеулердің нәтижесінде масштабы 1:2500000 жалпы сейсмикалық аудандау картасы жасалынады (картадағы 1 сантиметр жер бетінде 25 км-ге тең).

Толық (нақты) немесе түбегейлі сейсмикалық аудандаудың негізгі мақсаты – жобаланатын нысандарда қауіпті сейсмикалық белдемдерді (бөлшектерді) тауып, олардың сейсмикалық қарқыны деңгейін бағалау. Бұл жерде нысан деп дербес тұрған ғимаратты немесе ғимараттар тобын, тіпті елді мекен немесе болашақ экономика үшін игерілетін өнеркәсіпті ауданды түсіну керек.

Аудандаудың бұл түрі нысан орналасқан аймақта арнаулы геологиялық, сейсмологиялық, геофизикалық зерттеулер жүргізілуін қажет етеді. Қорытынды аудандау картасының масштабы 1:200000-нан (картадағы 1 см жер бетінде 2 км-ге тең) 1:1000000-ға (картадағы 1 см жер бетінде 10 км-ге тең) дейінгі аралықта болуы қажет.

Микро(мөлтек)сейсмикалық аудандау зерттеулері қауіпті аймақтарда орналасқан қала, елді мекен немесе өндіріс орындары аумағында жүргізіліп, олардың масштабы 1:25000-нан (картадағы 1 см жер бетінде 250 м-ге тең) 1:10000-ге (картадағы 1 см жер бетінде 100 м-ге тең) дейін болады. Бұл зерттеулердің нәтижесінде аталған нысандардың сейсмикалық қауіптілігі дәл түрде анықталынуы қажет. Ол үшін сол нысандар орналасқан жер бедері пішінінің және оның жоғарғы қабаты құрамының, жерасты суларының және т.б. жергілікті жағдайлардың жерсілкіну күшіне әсері бағаланады.

Сонымен, жалпы сейсмикалық аудандау нәтижесінде бүкіл республика масштабында сейсмикалық қауіптілікті анықтап, оған қарсы жұмсалатын жалпы қаржының мөлшері бағаланады. Толық немесе түбегейлі сейсмикалық аудандау нәтижесінде келешекте салынатын құрылыс нысандарының жерсілкіну қауіптілігі тұрғысынан ұтымдырақ орны анықталып, болашақ жерсілкірудің оларға тигізетін ықтимал әсерлері бағаланады. Ал микро- немесе мөлтекаудандау нәтижесінде сол нысан салынатын орынның жер беті тербелісі кезіндегі қосымша әрекеттері бағаланып, жерсілкіну қауіптілігінің деңгейі дәл түрде анықталады.

Әдетте сейсмикалық аудандау картасы күші 6-9 балл аймақтарға бөлінеді. Күші 6 балдан төмен болып келетін жерсілкінулер құрылыстарға айтарлықтай зияны болмайтындықтан, сейсмикалық аудандау картасында ондай аймақтар көрсетілмейді. Ал күші 9 балдан жоғары жерсілкінулер аймағы Қазақстан аумағында сирек кездесетін болғандықтан, олар тек қана кейбір ерекше жағдайларда ғана көрсетіледі.

Қазіргі таңда Қазақстанның сейсмикалық қауіпті аудандарында құрылыс жұмыстары Мемлекеттік құрылыс комитеті бекіткен СНиП II-7-98 атты нормативтік құжатқа сәйкес жүргізіледі. Жобалаушылар мен құрылысшылар үшін бұл құжат мемлекеттік стандарт мәртебесін иеленген. Осы құжатқа сүйене отырып, сейсмикалық аудандарда орналасқан әрбір елді мекен үшін болашақ жерсілкіну күшін (балл есебімен), оның қайталану жиілігін (жыл есебімен), құрылысқа жерсілкіну кезінде түсетін күштің мөлшерін және т.б. жобалау үшін қажетті деректер анықталынады.

Сонымен сейсмикалық аудандау жұмыстары нәтижесінде, біз тұтас үлкен территорияда келешекте болатын жерсілкінулердің ең жоғарғы күшін анықтаймыз. Мұндай жер сілкінулер күші бірдей аймақтардың көлемі аудандау картасына сәйкес едәуір болғандықтан, бұл аймақтарда жер бетінің геологиялық және гидрогеологиялық ерекшеліктері (таужыныстар құрамы, жерасты суының тереңдігі және т.б.) әр түрлі болып келеді. Сондықтан құрылыс жұмыстарын жүргізу үшін ең алдымен

осы жер беті жағдайларының әсерінен сол сейсмикалық аудандау картасы бойынша анықталған жерсілкіну күшінің өзгеру заңдылықтарын білу қажет. Міне мұндай жұмыстарды сейсмикалық микро(мөлтек)аудандау деп атайды.

Жер бетіндегі таужыныстардың сейсмикалық күшке әсері ерте кезден белгілі. Мәселен, 1887 жылы Верный қаласында болған жерсілкінудің күші қаланың әрбір бөлігінде әр түрлі болған. Егер жерсілкіну күші қалада орта есеппен 9 балл болса, борпылдақ, батпақты жерлердегі жерсілкіну күші 10 балға жеткен. Ал қатты, жартасты жерлерде оның күші біршама аз болған (8-9 балл). Көлдердің, сайлардың жағасындағы жер бетінде жарықтар, опырылымдар мен көшкіндер пайда болған. Сондықтан сейсмикалық қауіпті аудандарда орналасқан қалаларда құрылыс салу алдында міндетті түрде сейсмикалық микроаудандау жұмыстары жүргізіледі. Бұл жұмыстардың нәтижесінде сейсмикалық микроаудандау картасы жасалып, келешекте болатын жерсілкінулер күші нақты түрде анықталады.

Төменде 6.10-суретте, Алматы қаласы үшін жасалынған сейсмикалық микроаудандау картасының пұшпағы (фрагменті) келтіріліп отыр. Бұл карта Алматы қаласында үй құрылыстарын салуда қолданылатын мемлекеттік стандарттың (РСН-республиканские строительные нормы) құрамдас бөлігі болып саналады. Бұл картада Алматы қаласы сейсмикалық қауіптілігіне қарай екі ауданға бөлінген (9 және 10 балл). Микроаудандау картасы республикамыздың басқа да көптеген ірі қалалары үшін жасалып, құрылыс салу жұмыстарында қолданылып жүр.

6.8. Жерсілкінуді алдын-ала болжау

Келешекте болуы ықтимал күшті жерсілкінуді күні бұрын болжаудың - оның орнын, күшін және дәл уақытын анықтаудың маңызы айрықша. Осы орайда, жерсілкіну қауіптілігі бар аудандарда тұратын әр адамның көкейінде жерсілкінуді алдын-ала нақты болжауға бола ма, болса оның жолы қайсы және осы заманғы ғылым мен техниканың ізденістері мен табыстары қандай деген сауалдар тұратыны анық. Енді сол сауалдарға жауап іздеп көрейік.

бағдарлама дайындалып, оны жүзеге асыру үшін Тәжікстанда құрама сейсмологиялық экспедиция ұйымдастырылды.

1966 жылы Ташкент қаласында болған күшті жерсілкінуін зерттеулер нәтижесінде жерасты дүмпюінің көптеген құпияларының беті ашылып, ғылыми көпшілік болжамның жақын арада шешілу мүмкіндігіне сенгендей болды. Дегенмен, XX ғ. 60-шы жылдарының соңында 70-ші жылдарының бас кезінде болған бірсыпыра күшті жерсілкінулер бұл проблеманың шешілуі әлі ерте екенін дәлелдеп, ғалымдардың ынтасын кеміткендей болды.

1978 жылы СОКП-ының Орталық комитеті мен КСРО Министрлер Кеңесі жерсілкінуді болжау саласында арнаулы қаулы қабылдады (көп ұзамай мұндай қаулы Кеңес үкіметі құрамындағы өз республикамызда да қабылданды). Бұл қаулы жерсілкінуді зерттеу саласында бұрын-соңды болмаған аса ірі шаралардың бірі болды. Осыған орай республикамыздың Ғылым Академиясында сейсмология институты ашылып, тәжірибелік-әдістемелік экспедиция жұмыс істей бастады.

Бұрынғы Кеңес Одағында жерсілкінуді болжау саласындағы зерттеулердің соңғы кезеңі 1988 жылы Армения жерінде болған Спитак апатымен байланысты. Спитак апаты бұл саладағы көптеген кемшіліктердің бетін ашып, оған болымды өзгерістер енгізбей, болжам құпиясының беті бері қарай бұрылмайтындығын дәлелдеді.

Кеңес Одағы ыдырап, жаңа тәуелсіз мемлекеттердің дүниеге келуі, ел арасындағы экономикалық дағдарыстар, кейінгі кезде жерсілкінуді болжау жұмыстарын кейінірек ысырып тастаған сияқты.

Міне, зілзала апатын алдын-ала болжау бағытындағы зерттеулердің біздің елімізде қысқаша даму кезеңдері осындай.

6.8.2. Болжамның геологиялық және физикалық негіздері

Бүгінгі таңда зілзала апатын алдын-ала болжау табиғаттың шешімін таппай отырған құбылыстарының бірі. Дегенмен, бұл салада жүргізіліп жатқан зерттеулер белгілі бір геологиялық және физикалық тұжырымдарға (концепцияларға) негізделген. Енді осы тұжырымдарға қысқаша түсінік берелік.

Болжамның геологиялық негіздері. Бірнеше миллиард жыл бойы Жер өзінің құрылымын, заттық құрамын, физикалық қасиетін және күйін өзгертіп келеді. Оның геологиялық және тектоникалық тарихы – оның әрбір даму сатысындағы бір-бірімен тығыз байланысты құбылыстарының тізбегі. Ал жерсілкінуі, жанартау атқылауы және т.б. құбылыстар – сол біртұтас эволюциялық процестің түрлі-түрлі туындылары.

Жерсілкіну дегеніміз таужыныстар құрайтын блоктардың белгілі бір көлемде тұрақтылығын жоғалтып, жарылымдар бойымен жылжу (ығысу)

салдарынан болатын құбылыс. Олай болса, жерсілкіну энергиясы (немесе магнитудасы) сол жылжыған блоктардың мөлшеріне тікелей байланысты болады. Сондықтан, жер қыртысының құрылымын жете білу болашақ ықтимал күшті жерсілкінулердің болатын орнын және энергиясын (магнитудасын) бағалаудың бірден-бір нақты жолы.

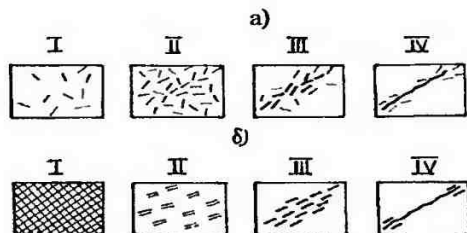
Жоғарыда жер бетін тілімдеп өтіп жатқан сейсмикалық белдеулер бар екенін көрдік. Бұл белдеулердің геологиялық және тектоникалық ерекшеліктері басқа жерлерге қарағанда тіпті өзгеше: бұл аймақтағы жер бедері өте күрделі, геофизикалық өрістердің ауытқу деңгейлері жоғары, жер қыртысының құрылымы әртекті, тектоникалық қозғалыстардың амплитудасы ерекше үлкен және т.б. Олай болса, күшті жерсілкінулер кез келген жерде болмай, тек қана белгілі бір геологиялық ерекшеліктері бар жерлерде болады, яғни жерсілкіну Жердің геологиялық ерекшелігіне тығыз байланысты. Сондықтан да "Жерсілкіну— планетамыздың тынысы", - деген бейнелі тұжырым орынды айтылған.

Сонымен геологиялық (тектоникалық) зерттеу жұмыстары болашақ жерсілкінудің орны мен күшін анықтауда міндетті түрде жүргізілуі қажет, яғни бұл зерттеулер жерсілкіну қауіптілігін анықтаудың өзекті мәселелерінің бірі.

Болжамның физикалық негіздері. Болашақ жерсілкінудің уақытын алдын-ала анықтау мынадай қағидаға негізделген. Жер қыртысын құрайтын таужыныстардың физикалық қасиеттері Жердің ішкі терең қойнауларында болып жатқан физикалық-химиялық өзгерістердің әсерінен уақыт өткен сайын өзгеріске ұшырайды. Бұл өзгерістер екі бөліктен тұрады – орташа фон және жерсілкінуге байланысты ауытқу; егер ауытқу жерсілкінуінің алдында болса, оны алғышарт деп, ал жерсілкінумен қосарлана өрбісе, оны қосалқы әсер деп білеміз. Алғышарттардың кеңістікте және уақыт өлшемінде білінуі болашақ жерсілкінуінің магнитудасына (энергиясына) байланысты. Әдетте алғышарттар бас дүмпудің алдында әр түрлі уақыт бұрын болуы мүмкін: жылдар – айлар – тәуліктер – күндер. Осыған байланысты алғышарттар ұзақ мерзімді, орташа мерзімді, қысқа мерзімді, жедел мерзімді болып бөлінеді. Кейбір ғылыми еңбектерде алғышарттарды тек қана екіге, яғни ұзақ мерзімді (жылдар) және қысқа мерзімді (айлар, тәуліктер, күндер) деп екіге бөледі.

Бүгінгі таңда алғышарттардың пайда болу себептерін түсіндіретін бірнеше теориялық (механикалық-математикалық) модельдер бар. Оның біріншісі, жерсілкінуінің пәрменді, тасқынды жарықшақтану теориясы деп аталады (6.11а-суреті). Бұл теорияның іргетасын негізінен кеңес ғалымдары В.И.Мячкин, Б.В.Костров және т.б. қалаған.

Жер қыртысын құрайтын таужыныстарда кез келген бағыттағы үлкенді-кішілі жарықшақтар өте көп кездеседі. Бұл жарықшақтардың жалпы саны мен көлемі ішкі тектоникалық күштердің әсерінен уақыт өткен сайын өсіп отырады. Ал енді осы жарықшақтардың тұрақты бір көлемдегі саны белгілі бір шамаға жеткенде, олардың бір-бірімен өзара байланысуы арқасында үлкен жарық пайда болады. Бұл процесс өте тез жүруі мүмкін. Таужыныстардың физикалық қасиеттері барлық жерде бірдей емес, сондықтан да жаңадан пайда болған жарықшақтар болашақ жерсілкіну ошағының маңында шоғырланады да, басқа іргелес аудандардағы жарықшақтар жабыла бастайды. Сөйтіп қоршаған ортаның физикалық қасиеттері де өзінің алғашқы табиғи қалпына жақындай түседі. Келесі сәтте өте тар аймаққа шоғырланған жарықшақтардың бір-бірімен қосылуы нәтижесінде негізгі жарылым (магистраль) пайда болып, Жер сілкінеді.



6.11-сурет

Жерсілкіну ошағының модельдері:

а-пәрменді (тасқынды) жарықшақтану. I – таужыныстар блоктарының біртекті жарықшақтануы; II – жарықшақтардың өзара бірігу кезеңі; III – болашақ магистраль жарылым аумағындағы жарықшақтардың ұлғаюы; IV – жарылымның бойымен блоктардың ығысып, жерсілкінуі басталуы.

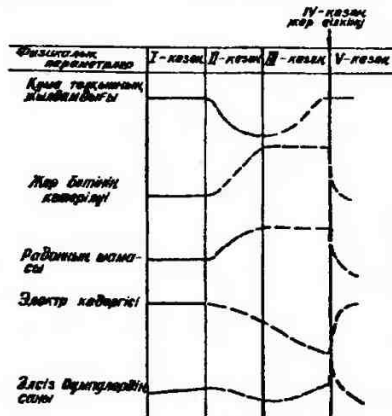
Б – дилатантты-диффузиялық модель. I – кернеулік жағдай; II – жарықшақтардың пайда болу кезеңі; III – жарықшақтардың жерасты суларына толып, таужыныстардың төзімділігі азайып, болашақ магистраль жарылымның пайда болу кезеңі; IV – блоктардың қозғалысқа келіп, жерсілкіну басталуы

Екінші теорияны жерсілкірудің дилатансиялық-диффузиялық теориясы деген атаумен негізінен Америка ғалымдары тұжырымдаған (6.126-сурет). Бұл теорияның негізі мынада: жер бетінен сәл төмен тереңдіктен кейін-ақ таужыныстар жерасты суларымен шайылып жатады. Олар таужыныстардың жарықшақтары мен үлкенді-кішілі қуыстарын әрдайым тоғытып тұрады. Осындай ылғал таужыныстарға сығу күштері әсер еткенде, олардың көлемін ұлғайтатыны белгілі. Бұл құбылыс техникада

дилатансия деп аталады. Сыртқы қысым белгілі бір шамаға жеткенде, көптеген жарықшақтар (микрожарықтар) ашылып, таужыныстар көлемі ұлғаяды. Келесі сәтте қоршаған ортада жаңадаи пайда болған жарықтар мен қуыстарға су тола бастайды. Бұл орныксыздық ішкі қысымның үлкеюіне әкеліп соқтырады да, негізгі жерсілкіну пайда болады.

Бұл екі теорияның басты айырмашылығы мынада: егер де екінші теория жерсілкінуге әкеліп соқтыратын негізгі фактор су диффузиясы, жарықтарға судың толуы деп қарайтын болса, бірінші теория ондай факторсыз-ақ жарықтардың көбейіп бір-біріне ұштасып кетуінен дейді. Ал олардың ұқсастығы — екі теория да жерсілкіну жарықшақтардың (микрожарықтардың) өсуінде деп есептейді.

Енді жоғарыда келтірілген теориялардың жерсілкінуді алдын-ала болжау үшін берер мүмкіндіктері қандай, оларды іс-тәжірибеде қалай қолдануға болады? Ол үшін 6.12-суретке көз салайық. Онда жерсілкіну процесі пайда болуы қарсаңындағы теориялық есептеулер бойынша кейбір негізгі физикалық параметрлердің өзгеру заңдылықтары бейнеленген. Бұл суретке сәйкес, жерсілкіну құбылысының бірте-бірте қалыптасуы 5 кезенді қамтиды. Бірінші кезеңде біркелкі жылдамдықпен серпімді деформациялар жинақталып отырады, алайда физикалық параметрлердің айтарлықтай өзгерісі болмайды. Екінші кезеңде таужыныстарда әр түрлі жарықшақтардың пайда болу жылдамдығы өсіп, олардың беріктігі азаяды. Міне, осы кезеңнен бастап таужыныстардың



6.12-сурет

Жер сілкінуі қарсаңындағы кейбір негізгі физикалық параметрлердің өзгеру заңдылығы

физикалық қасиеттері өзгереді. Үшінші кезеңде болашақ жерсілкіну ошағына іргелес аудандарда жарықшақтардың жабылуына байланысты (бірінші теория бойынша) таужыныстардың физикалық қасиеттері бастапқы калпына келеді. Бұл процесс жерсілкінуге әкеліп соқтырады да (4-інші кезең), 5-інші кезеңде бүкіл параметрлер өздерінің бастапқы калпына қайта келеді.

Міне, жерсілкінулі алдын ала болжаудың негізгі физикалық негізі осындай.

6.8.3 Жерсілкіну алғышарттарының негізгі түрлері

Қазіргі таңда ғылыми ізденістер нәтижесінде ашылған күшті жерсілкінулер алдында кездесетін әр түрлі алғышарттардың жалпы саны жүзден астам. Өкінішке орай, олардың жерсілкіну уақыты алдын ала болжаудағы табыстары айтарлықтай емес. Анығырақ айтқанда, дәл бүгінде осы алғышарттар арқасында нақты болжанған жерсілкіну дүние жүзі бойынша біреу-ақ. Керісінше, жалған болжамдар мен жіберілген қателер іс жүзінде көптеп кездеседі. Мұның себебіне кейінірек тоқталармыз. Алдымен осы алғышарттардың негізгі түрлеріне түсінік берелік.

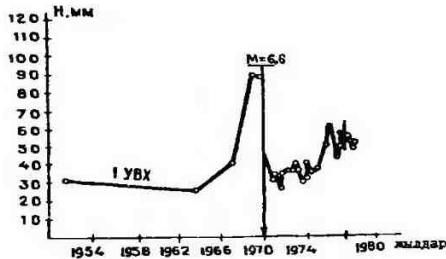
1. **Деформациялық алғышарттар тобы.** Бұл құбылыс жер беті деңгейінің өзгеруіне тікелей байланысты. Жерсілкіну алдында болашақ ошақтың аумағында жарықшақтар саны күрт көбейетінін айттық. Бұл құбылыс Жер қойнауындағы таужыныстар көлемінің ұлғаюына, ал мұндай өзгерістер жер деңгейінің аз да болса өзгеруіне әкеліп соқтырады. Осындай өзгерістерді арнаулы геофизикалық аспаптармен, атап айтқанда, енісөлшеуіш (наклономер) (жер бетінің еңіс бағыттағы қозғалысын тіркейтін аспап), нивелир (жер бетінің тік бағытта қозғалысын өлшейтін аспап), триангуляция торабы, деформограф (екі пункттің ара қашықтығын өлшейтін аспап) және т.б. аспаптармен тіркеуге болады. Жер беті деңгейінің көтерілуі өте айқын түрде Жапонияда 1964 жылы болған магнитудасы М-7,5 Ниигата жерсілкінуінің алдында байқалған. Жерсілкіну эпицентрінен 0-50 км аралықта орналасқан геодезиялық реперлер 1940-ыншы жылдардан бастап өте зор жылдамдықпен жоғары көтеріліп, 1960 жылы оның шегі 12 см-ге жеткен. Онан кейін біраз уақыт бойы бір қалыпта тұрып, 1960 жылғы жерсілкінуден кейін 12-20 см-ге қайтадан төмен түскен.

2. Тағы бір мысал ретінде 1970 жылғы Қырғызстанда болған магнитудасы М-6,6 Сарықамыс жерсілкінуінің алдындағы Алматы маңындағы геодезия торабынан алынған мағлұматтарды келтіруге болады. Бұл деректер бойынша, кейбір геодезиялық реперлер 1964-1970 жылдары 60 миллиметрге дейін жоғары көтеріліп, жерсілкінуден кейін өздерінің бастапқы қалпына келген (6.13-сурет).

Жер беті деңгейінің мұндай өзгерістері кей кезде жерсілкінусіз де болатынын айта кеткен жөн. Сондықтан да бұл параметрді болжау саласында толық қолдану үшін қазіргі қолда бар мәліметтер өлі де аз.

2. **Сейсмикалық алғышарттар тобы.** Бұл топтың ішінде ең алдымен күшті жерсілкінулер алдында сол болашақ жерсілкіну аймағында әлсіз

және күші орташа дүмпулер санының күрт өзгеруін айта кеткен жөн. Бұл параметрдің өзгеру заңдылықтары туралы дүниежүзілік іс-тәжірибеде мәліметтер жетерлік. Әдетте күшті жерсілкінуі алдында, яғни біраз уақыттар



6.13-сурет

1970-жылы 5-маусымдағы Сарыкамьш жерсілкінуі алдында Алматы маңындағы геология торабының өзгерісі (I УВХ ренері)

бұрын форшоқтардың (алғы дүмпулердің) саны өсіп, олар болашақ жерсілкіну ауданына шоғырлана бастайтыны байқалса, кей кезде олар тек қана жерсілкіну алдында ғана пайда болады. Форшоқтардың пайда болуы Қытай провинциясы Ляонинде 1975 жылы болған жерсілкінуі алдын ала болжауға мүмкіншілік туғызды.

Тағы бір мысал. 1976 жылы 6 мамырдағы Фриули (Италия) жерсілкінуінен кейін мамандар қыркүйек айының басында кейінгі дүмпулер (афтершоқтар) санының керісінше күрт өскенін байқаған. Осыған байланысты үкімет орындары жақын күндерде тағы бір күшті сілкініс болу мүмкіндігі жайлы халықты хабарландырған. Шынында да магнитудасы $M=6,0$ бұл сілкініс көп ұзамай, яғни 1976 жылдың 15 қыркүйегінде болды. Ескертуге сәйкес тұрғындардың берік үйлерге және шатырларға көшіп үлгіргеніне байланысты бұл жерсілкіну кезінде адам өлімі болмаған.

Көп жағдайда болашақ жерсілкінуі ошағы маңында күші орташа жерасты дүмпулер саны күрт азаяды. Ондай аудандар сейсмикалық тыныштық аймағы деп аталады. 1978 жылы болған магнитудасы $M=7,5$ Мексика жерсілкінуінің ықтималдығы осы алғышарт бойынша алдын ала болжанған.

Бұл топтағы маңызды алғышарттардың екінші бір түрі — сейсмикалық толқындар жылдамдығының күшті жерсілкінуі алдында өзгеруі. Мұндай өзгерістер, бір жағынан, лабораториялық тәжірибе жүзінде анықталса, екінші жағынан табиғи эксперименттер арқылы дәлелденіп отыр. Шынында да егер жерсілкіну алдында радиусы 20 км аймақта қума

толқындардың таралу жылдамдығы 10 %-ға өзгерсе, онда олардың бұл аудан арқылы таралып өту уақыты 0,4 секундке өзгереді. Ал бұл өзгерісті қазіргі сейсмографтар арқылы жазып алу қиынға түспейді.

Аталған заңдылықты бірінші рет 1962 жылы Тәжікстан территориясында белгілі сейсмолог-ғалым И.Л.Нересов ашқан. Бұдан кейін бұл алғышарттар Америка, Жапония және т.б. елдердің ғалымдарының жан-жақты тексерістерінен өтіп, көптеген жағдайда қума толқын жылдамдығы жерсілкінуі алдында 6.14-суретте көрсетілгендей түрде өзгеретіні анықталды. Осы алғышарт негізінде АҚШ-тың Ламонт геологиялық обсерваториясының ғылыми қызметкерлері 1973 жылдың 1 тамызында Блю-Маунтин (Нью-Йорк штаты) ауданында жақын күндері күші орташа жерсілкінуі болатыны туралы болжау жасаған. Магнитудасы 2,5-ға тең жерсілкінуі екі күннен кейін айтылған ауданды дүр еткізген.

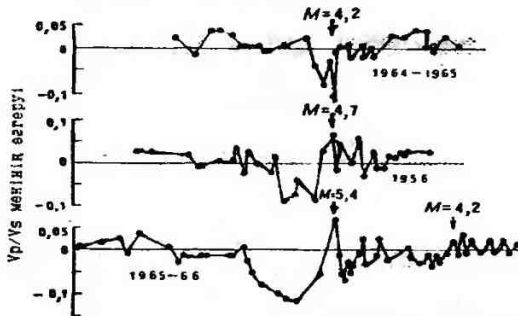
Калифорния технология институтының сейсмолог мамандары 1971 жылғы Сан-Фернандо (Оңтүстік Калифорния) жерсілкінуінің алдында 30 ай бойы қума толқын жылдамдығының кеміп, тек жерсілкіну алдында ғана өзінің қалыпты күйіне келгенін анықтаған. Мұндай өзгерістер Қазақстанда 1978 жылы 25 наурыздағы (магнитудасы М-6,6) Жалаңаш-Түп жерсілкінуі алдында да байқалды.

Өкінішке орай, кейінгі жылдары жүргізілген тәжірибелер нәтижелері (Ресейдің Қиыр Шығысында, Тәжікстанның Ғарм аймағында, Қазақстанның Алматы маңында) қума толқын жылдамдығының мұндай өзгерістері табиғатта өте аз мөлшерде болатынын анықтап отыр. Ғалымдар мұның себебі таужыныстар физикалық қасиеттерінің өзгеруі өте аз ғана аймақты қамтуына байланысты екендігін, сондықтан оны тіркеу өте қиынға түсетінін айтады. Дегенмен де сейсмикалық алғышарттар тобының ішінде бұл параметр жерсілкінуді болжау саясатында кең қолданылып жүр.

3. Тектономагниттік алғышарттар тобы болашақ жерсілкіну ошағының аумағында магнит өрісінің өзгеруіне байланысты болады. Бұл белгі (жаршы) тектоникалық қозғалыстар салдарынан физикадан белгілі пьезомагниттік эффектін пайда болуынан туындайды.

4. Электрлік алғышарттар тобы таужыныстардың электр өткізгіштік қабілетінің өзгеруінен туындайды. Ылғал таужыныстардың үлкен қысыммен сығылуы нәтижесінде сынуы немесе жарықшақтануы алдында олардың электр өткізгіштік қабілетінің өзгеретіні лабораториялық тәжірибелер арқылы дәлелденген. Соңғы кезде бұл заңдылық ТМД елдеріне кіретін сейсмикалық қауіпті мемлекеттерде, Америкада, Жапонияда, Қытайда тағы да басқа елдерде табиғи эксперименттер арқылы жан-жақты тексерістен өтуде. Әсіресе мұндай зерттеулер Ресей ғылым академиясы Жер физикасы институтының мамандарының

басшылығымен кейбір аудандарда кеңінен жүргізілуде. Осы ізденістердің арқасында кейбір күшті жерсілкінулер алдында таужыныстардың электр өткізгіштік қасиеттерінің азаятыны мәлім болды.



6.14-сурет

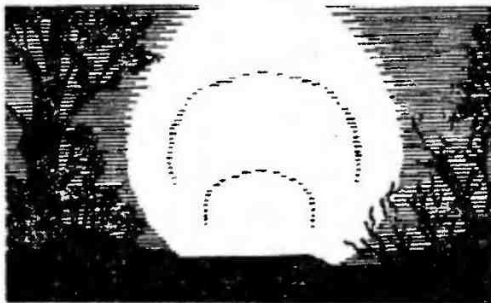
Қума толқын жылдамдығының жерсілкіну алдында өзгеруі (Тәжікстанның Гарм ауданы)

5. **Электромагниттік алғышарттар тобына** атмосферадағы жарқылдау, атмосфералық электр потенциалының ауытқуы, таужыныстардың электромагниттік сәуле шығаруы және т.б. құбылыстар жатады. Мұндай құбылыстар жерсілкіну алдында тек қана болашақ жерсілкіну ошағының аумағында емес, сонымен қатар, атмосфераның жоғарғы қабаттарында кездесетіні мәлім болып отыр.

Жерсілкіну алдында атмосферада пайда болатын электр жарқылдары туралы мәліметтер өте ерте кезден-ақ белгілі. 1911 жылғы Германияда болған жерсілкінуі алдында бұлтсыз аспанда отты шарлар ойнаған. 1940 жылы күші 9 балл Карпат жерсілкінуі кезінде аспанда электр оттары жарқылдаған. 1960 жылғы Чили апаты кезінде эпицентр маңындағы тау бастарында от жалыны байқалған. 1966 жылғы Ташкент жерсілкінуі алдында қала үйлері үстінде өте үлкен шырақ жанып тұрғандай болып (6.15-сурет), жерасты дүмпуіне бірнеше сағат уақыт қалғанда эпицентр маңындағы кейбір үйлерде күндізгі жарық беретін электр шамдары өзінен-өзі жарық бере бастаған.

Айта берсек мұндай деректер өте көп кездеседі. Кейбір жерсілкінулері алдында атмосферадағы электр өрісінің кернеуі өсіп, электр құйынының пайда болуы арнаулы приборлар арқылы жазылып алынған. Ғалымдар бұл құбылыстарды жер қойнауына жиналған сейсмикалық энергияның пьезоэлектрлік эффект күшінің ауаның электр өрісіне айналуынан деп болжайды.

6. Гидродинамикалық алғышарттар тобына жерасты суының деңгейі мен температурасының және су қабаты қысымының жерсілкіну алдындағы өзгерістері жатады. Құдықтар мен ұңғымалардағы су деңгейінің өзгеруін кейінгі кезде жер беті деңгейінің өзгеруімен де ұштастыруға болатыны дәлелденіп отыр. Мұндай құбылыстар Ресейдің Қиыр Шығысы мен Орта Азияда болған бірсыпыра күшті жерсілкінулер алдында кездесіп жүр.



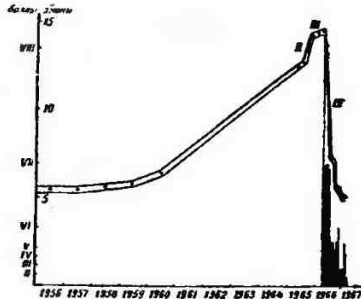
6.15-сурет

1966- жылы 26-сәуірдегі Ташкент жер сілкінісі алдында кейбір қала тұрғындары көрген шырақтың көрінісі

7. Геохимиялық алғышарттар тобына судың химиялық құрамының және су құрамындағы салғырт (инертті) газдар (радон, аргон, гелий) мөлшерінің жерсілкіну алдында өзгеруі жатады. Бұл құбылысқа 1966 жылғы Ташкент жерсілкінуінен кейін арнайы көңіл бөлінді. Зерттеушілер Ташкент маңындағы бұлақтарда радон газы мөлшерінің 1961 жылдан бастап көбейе бастағанын көрсетеді (6.16-сурет). 1965 жылдың ортасында радон мөлшері өзінің қалыпты шамасынан екі еседен астам көбейді. Одан жерсілкінуге дейін бір шамада тұрды да, жерасты дүмпуінен соң өзінің көп жылдық қалпына қайтадан келді. Тап осындай заңдылық 1968 жылғы Дағыстан, 1970 жылғы Сарықамыс (Қырғызстан) т.б. жерсілкінулер алдында да қайталанды.

Мамандар бұл заңдылықты жерсілкіну алдында көптеп пайда болатын жарықшақтармен ұштастырып отыр. Өйткені жарықшақтардың көбеюіне сәйкес жерасты суларының жан-жаққа тарауына жол ашылып, олар таужыныстардың көптеген қуыстарында жиналған әр түрлі газдарды ерітеді. Міне, осының әсерінен жерасты суларындағы газдардың қалыпты мөлшері өзгереді. Әрине, бұл өзгерістер болашақ жерсілкіну ошағы аумағының геологиялық құрамына, жерасты сулы беттерінің орналасу

заңдылықтарына байланыссыз болуы мүмкін емес. Сондықтан да мұндай зерттеулер қазір ТМД елдерінің көптеген сейсмикалық қауіпті аудандарында жүргізілуде. Тек қана Алматы облысының өзінде ғана оннан астам терең ұңғымаларда жерасты суларының құрамын анықтайтын арнаулы станциялар жұмыс істейді.



6.16-сурет

Ташкент жерасты суының құрамындағы радон газының жерсілкіну алдындағы өзгерісі

8. Метеорологиялық алғышарттар тобына жерсілкіну алдында ауа райының ауытқуы және сирек кездесетін метеорологиялық құбылыстар жатады.

9. Биологиялық алғышарттар жан-жануарлардың жерсілкіну алдында мазасыздануына байланысты.

Жерсілкінуі алдында жәндіктер мен жануарлардың мазасызданып, ерекше күйге түсуі көптен-ақ белгілі. Адамдар талай рет жерасты дүмпулері алдында иттердің шабалана үріп, тауықтардың ағаш басына ұшып шығуы немесе үй жануарларының тұрақты өз орындарынан үркіп қашуы сияқты оқиғалардың куәсі болған. Тіптен көптеген адамдар өздерінің төрт аяқты достарының арқасында ғана жерсілкіну зардабынан аман қалғандарын жазып қалдырып кеткен. Мәселен, Ашхабад қаласының тұрғыны Любовь Гриц былай деп жазады: "Сол кеште мен террасада ұйқыға ерте жатып қалдым. Жерсілкінуден бір сағат бұрын итімнің мазасызданып үрген, қыңсылаған дауысынан оянып кеттім. Ол мені киімімнен тістеп далаға қарай сүйреді. Мен есік алдында біреу жүр ме екен деген қауіппен есікті ашуым-ақ мұң екен, ол далаға атып шықты. Бірақ дереу қайта келіп менің халатымнан тістеп тағы да көшеге сүйреді. Мен тротуарға шыққан кезде жер дүр ете қалды".

1948 жылғы Ашхабад жерсілкінуі алдында бірнеше қариялар қала басшыларына келіп жақын арада жер сілкінуі болу ықтималдығын

хабарлаған. Мұны қайдан білгендері туралы сұраққа олар жыландар мен кесірткелер індерінен шығып, босып жатқанын айтқан.

Әрине, бұл әңгімелерді осындай апатты бастарынан кешірген адамдардың ойдан шығарғаны деп те ойлауға болар еді. Бірақ мұны осы зілзала апатының себеп-салдарын жан-жақты зерттеуге қатысқан профессор Г.П.Горшков қала басшыларының өз аузынан есітіп, бізге жеткізді.

1963 жылы өте күшті жерсілкінуді басынан кешірген Скопле (Югославия) қаласының зоология паркінің қарауылы, жерсілкіну алдындағы түнде хайуанат бағындағы аңдардың үрейлі әрекетін өмірде бұрын-соңды естіп-көрмегенін айтады.

1887 жылғы Верный (Алматы) жерсілкінуі алдында құстардың (торғай, қарлығаш, кептер) ашық тұрған терезеден үйге ұшып кіруі көптеп байқалғаны туралы мәліметтерді сол кездегі жергілікті газет беттерінен табуға болады.

1975 жылы Қытай сейсмология мамандарының Хайчен жерсілкінуі болатындығы жайлы алдын-ала болжам жасауына үй жануарларының мазасыздануы мен жыландардың қар бетіне қаптап шығуы сияқты белгілер көп көмек көрсетті.

Мұндай деректер, тізіп-тіркеп келтіре берсе, көп-ақ. Бірақ осы мәліметтер ұзақ уақыт бойы мамандардың назарынан тыс қалып келеді. Кей мамандар бұл кездейсоқтық деп қараса, енді біреулері бұл құбылыс жерсілкіну алдында емес, жерасты дүмпуі кезінде пайда болуы мүмкін деп ойлайды. Өйткені, осы алғышарт жерсілкіну алдында өте қысқа уақытта ғана (бірнеше сағат) пайда болады екен.

Дегенмен, бұл мәселеге соңғы кезде көп көңіл бөлініп отыр. Мысалы, Жапон ғалымы Суэхиро көп жылдарғы ізденістің арқасында балықтар мен суда өмір сүретін көптеген бақа-шаяндардың қам-қаракетінің жерсілкіну алдында өзгеру заңдылықтарын тапқан. Бұл мағлұматтарды ол өзінің "Балықтар және жерсілкінуі" деген кітабында келтірген. Осы мағлұматтарға сүйене отырып, ғалым судың ең төменгі қабатын мекендейтін балықтар табиғаттың бұл апатын алдын ала сезеді деп тұжырым жасаған. Тағы да бір жапон ғалымы Ц.Рикитаке балықтардың, жәндіктердің, құстардың және басқа жануарлардың жерсілкінуі алдындағы қам-қаракетінің өзгеруі нағыз ақиқат екендігін дәлелдейтін 157 деректі жазып қалдырған.

Ресей ғалымы профессор А.А.Никонов соңғы 200 жыл ішінде Орта Азияда кем дегенде 20 күшті жерсілкінуі алдында биологиялық алғышарттардың пайда болғанын нақты түрде дәлелдеді. Бұл деректер бойынша жерасты дүмпулерін ең жақсы сезетіндер – иттер, онан кейін жылқылар мен сиырлар екені белгілі болып отыр.

Міне, осындай көптеген нақты деректердің арқасында ғалымдар жерсілкінуді алдын ала болжаудың бионикалық әдісін жоққа шығарып отырған жоқ. Әрине, бұл ізденіске тек қана сейсмологтар ғана емес, басқа да, атап айтқанда биология, биофизика, экология, ихтиология сияқты т.б. ғылымдардың өкілдері де ат салысуда.

Америка ғалымдары жоғарыда айтылған Палмдейл (Калифорния штаты) маңындағы болашақ жерсілкінуді болжау мақсатымен әр түрлі тышқандармен табиғи тәжірибелер жүргізуде. Осындай мақсатпен Жапон қаласы Шибада ерекше зоологиялық бақ құрылған. Онда ғалымдар жерсілкінуді алдын-ала сезеді-ау деген көптеген жан-жануарларды бақылауға алған.

Қазақстан жерінде де Ғылым академиясына қарасты Іле Алатауында орналасқан сейсмикалық станциялар маңынан биологиялық полигон құрылып, онда әр түрлі жан-жануарлар күнделікті бақылауға алынып отыр. Бұл зерттеулер кейінгі кезде ғана қолға алынып, әзірге айтарлықтай нәтижелер бере қойған жоқ.

Биологиялық алғышарттардың болашақ жерсілкіну ошағында жүріп жатқан физикалық құбылыстармен байланысты екені даусыз. Бірақ қайсысымен? Бұл әзірше белгісіз. Тірі организмдердің жерасты дүмпуі алдындағы физикалық тітіркендіргіші ретінде мына себептер көп айтылады: жердің электрмагнит өрісінің өзгеруі, әр түрлі дыбыстардың, соның ішінде инфрадыбыстар мен ультрадыбыстардың пайда болуы, газдардың жер бетіне шығуы және тағы басқалар. Жануарлардың сезім мүшелерінің өте жетік болуына байланысты олар айтылған құбылыстардың өте аз шамада болса да өзгеруін сезуі мүмкін.

6.8.4 Алғышарттарды зерттеу әдістемесі

Жоғарыда келтірілген алғышарттардың бас дүмпу алдында біліну уақыты және білінетін ара қашықтықтары әр түрлі. Төменде, 6.2- кестеде, осы алғышарт топтарының жерсілкіну алдында біліну уақыттары мен олардың кеңістікте таралу шамалары беріліп отыр.

Кестеде алғышарттар саны мен олардың хабарламалық деңгейі бас жерсілкінудің болатын уақыты жақындаған сайын өсе беретіні, яғни жерсілкіну болатын аумақтан шығатын алғышарттар ағынының тығыздығы мен саны бас дүмпу уақыты жақындаған сайын көбейетіні көрініп отыр. Сондықтан, күшті жерсілкінулер уақытын алдын ала болжауда осы аймақтағы сейсмикалық байқау жүйелерінің тиянақты жұмыс істеуіне және алынған мәліметтерді бір жерде жинап, оларды шұғыл түрде (жедел деңгейде) өңдеуге көп көңіл бөлінуі қажет.

**Алғышарттардың жерсілкіну алдында біліну уақыттары
мен кеңістікте таралуы**

Алғышарттар тобы	Біліну уақыты				Кеңістікте таралуы			
	Ұзақ мерзімді, жылдар	Орта мерзімді, айлар	Қысқа мерзімді, күндер	Жедел (сағаттар)	Кең өрісті	Орта өрісті	Кіші өрісті	Жергілікті
Деформация	-	+	+	+	+	+	+	+
Сейсмикалық	+	+	+	+	-	-	+	+
Геомагниттік	-	-	+	+	-	-	+	+
Гравитациялық	-	-	+	+	-	-	+	+
Электрмагниттік	-	-	-	+	-	-	-	+
Гидрогеохимиялық	-	+	+	+	+	+	+	+
Метеорология	-	+	+	+	-	+	+	+
Биология	-	-	+	+	-	-	+	+

Белгілі жапон ғалымы Ц.Рикитаке ұзақ жылдар бойы зерттеулер нәтижесінде алғышарттардың біліну (пайда болу) уақыты мен бас дүмпудің магнитудасы арасындағы жалпы байланысты тауып, оны төмендегідей формула арқылы өрнектеген

$$\text{Lg}T = 0,76 M - 1,83, \quad (6.11)$$

мұнда T – алғышарттың пайда болу уақыты (күн есебімен), M – болашақ жерсілкінудің магнитудасы. Бұл формула бойынша, магнитудасы $M-6,6$ жерсілкінуі үшін алғышарттардың пайда болу уақыты шамамен 1500 күн болса, магнитудасы $M-8$ жерсілкінуі үшін ол ондаған жылға тең.

Жерасты дүмпулерінің өте қысқа мерзімді алғышарттары болуы мүмкін. Жедел, яғни шұғыл деп аталатын бұл алғышарттардың пайда болу уақыты бірнеше сағатпен ғана өлшенеді.

Тағы бір айтатын заңдылық – болашақ жерсілкіну магнитудасы өскен сайын алғышарттар байқалатын аймақтың көлемі де өсе беретіндігі (6.2-кестеге назар аударыңыз). Мысалы, магнитудасы $M-5,0$ жерсілкінуі үшін алғышарттар пайда болатын аймақтың ұзындығы шамамен 10 км-ден аспайтын болса, магнитудасы $M-8,0$ жерсілкінуі үшін мұндай аймақтың ұзындығы жүздеген км-ге жетеді.

Болжау проблемасын шешу жолындағы жан-жақты, түбегейлі зерттеулер негізінен ұзақ және қысқа мерзімді болжаулар деген атаулармен екі бағытта жүргізіледі (орта мерзімді және шұғыл болжаулар осы екі бағыттың ішіне кіреді).

Ұзақ мерзімді болжау дегеніміз – күшті жерсілкінудің жуырда, 3-5 жыл ішінде болуы неғұрлым ықтимал деген орындарды бөліп көрсету. Бұл бағытта егемен Қазақстан ғалымдары бірталай жетістіктерге жетіп, үміттендірерліктей нәтижелер алып отырғандығын айтқан жөн. Ғылыми зерттеулердің нәтижесінде арнаулы карталар жасалынып, алдағы 3-5 жыл шамасында сейсмикалық процестің қауіптілігі жоғары деген аудандар (бөлікшелер) белгіленіп отыр.

Ал енді қысқа мерзімді болжау дегеніміз – әрбір күшті жерсілкінудің күшін, орнын және уақытын алдын-ала аса дәлдікпен анықтау. Бұл салада АҚШ, Жапония, Қытай, ТМД елдерінде арнаулы бағдарламалар қабылданып, жан-жақты зерттеулер жүргізіліп келеді. Осы зерттеулер нәтижесінде жерасты дүмпуінің көптеген құпияларының беті ашылды. Сонымен қатар бұл зерттеулердің қорытындылары қысқа мерзімді және шұғыл болжамның қазіргі таңдағы іс-тәжірибеде шешілімін таппай отырғандығын дәлелдеп отыр. Өйткені, жерсілкінуді қысқа мерзімде немесе шұғыл түрде болжаудың ең басты қиындығы оған өте қатаң талаптар қойылуынан туындайды. Болашақ жерсілкінудің болатын орны, күші және басталу уақыты аса дәлдікпен анықталуы қажет. Олай болмаған жағдайда жерсілкіну мүмкін деген аудан үшін мұндай болжамның қыруар экономикалық шығын әкелуі сөзсіз. Бұл аудандарда өте үлкен әлеуметтік және экономикалық дағдарыстар орын алып, жұмыс қарқыны төмендейді, сөйтіп экономикалық тоқырау пайда болады, ел арасын үрей жайлап, жаппай дүрлігуге жол беріледі.

Әрине, қысқа мерзімді болжамның ең басты міндеті – адам шығынын болдырмау. Ол үшін жерсілкінудің дәл уақыты өте жоғары дәлдікпен анықталуы қажет. Бұл дер кезінде өндіріс орындарын тоқтатып, халықты қауіпсіз аудандарға көшіруге және т.б. сақтық шараларын қолдануға мүмкіндік берер еді. Өкінішке орай, жерасты дүмпуін болжаудың мұндай әдісінің әлі де болса жоқ екенін айқын түрде айтқан жөн. Қазіргі таңда жерасты дүмпуін қысқа мерзімге немесе шұғыл болжаудың қолда бар әдістерінің дұрыс болжам беру ықтималдығы 10-20 %-дан аспай отыр.

Айтылған әдістерді іс жүзінде қолдануға дүние жүзіндегі ең бай деген мемлекеттердің де қаражат мүмкіндігі көтермейтіні даусыз. Жер шарының сейсмикалық қауіпті аудандарына орналасқан елдердің (АҚШ, Жапония т.б.) қысқа мерзімді немесе шұғыл болжауды іс жүзінде қолданудан бас тарту себебі де осыған байланысты. Сондықтан да бұл мәселе қазіргі таңда ғылыми ізденістер дәрежесінде қалып отыр. Бұл салаға болымды

өзгерістер енгізу үшін терең теориялық ізденістер, көп салалы тәжірибелік жұмыстар жүргізілуі және де жаңа принциптерге негізделіп жасалынған түгелдей автоматтандырылған қондырғылар қолданылуы қажет.

Жерсілкінудің орнын, күшін, дәл уақытын білдік делік. Бірақ экономикаға келетін зиянды қалай болдырмауға болады? Қаншама берік құрылыс салғанымызбен, күші 8-9 балл жерасты дүмпулері құрылыстарға аз болса да зақым келтірмей қоймайды. Ал күші 10 балл және онан жоғары жерсілкінуі болатын жерлерге құрылыс салуға болмайтындықтан, олар игерусіз босқа жатыр. Сондықтан сейсмология ғылымының алдында тұрған үлкен міндет - жерсілкінуі болдырмау.

Бұл мәселенің шешімі бүгінгі таңда ғылыми жорамал дәрежесінде ғана қалуда. Ол үшін жерсілкіну болады деген аймақта терең ұңғымалар бұрғыланып, оған үлкен қысыммен су айдауға немесе сол ұңғымаларға комақты зарядтар салып жаруға болар еді. Қопарылыстан немесе су әсерінен пайда болған қосымша қысым жер қойнауында жиналған энергияның көптеген әлсіз сілкіністер түрінде босап шығуына мүмкіндік жасар еді. Бұл әзірге тек жорамал ғана. Дегенмен, тарихта адамзаттың алғыр ойының, ұшқыр қиялы мен тынымсыз еңбегінің арқасында сан ғасыр бойы бүркіліп жатқан талай құпиялардың беті ашылғаны белгілі. Сондықтан да болашақта жерсілкіну апатының өзіміз талай бақылаған ай немесе күн тұтылу сияқты онша зиянсыз құбылысқа айналу мүмкіндігін жоққа шығаруға болмайды.

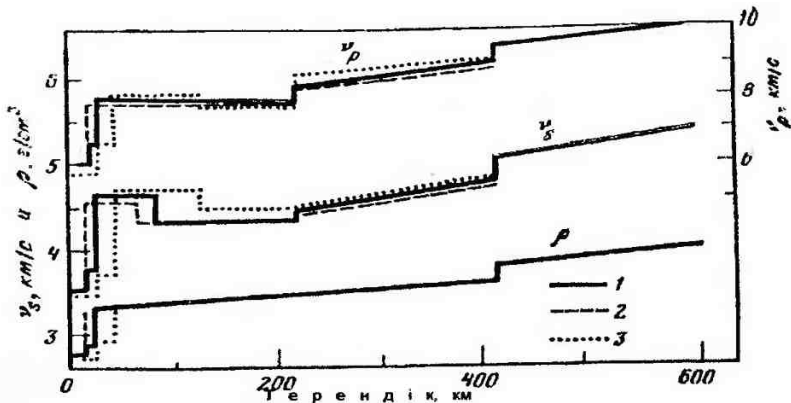
7. ЖЕРДІҢ ІШКІ (ТЕРЕҢ) ҚОЙНАУЛАРЫНЫҢ ҚҰРАМЫ, ҚҰРЫЛЫСЫ ЖӘНЕ ҚАСИЕТТЕРІ

7.1 Кіріспе

Жердің әр түрлі қабаттардан тұратыны жайлы алғашқы ой-пікірді ХІХ ғасырда профессор Э.Вихерт айтқан. Қазіргі геологиялық және геофизикалық мағлұматтар бұл пікірді толығымен растап отыр.

Жер қойнауының басты ерекшеліктерін түсіну үшін алдымен оның арнайы моделі тұрғызылады. Ол үшін қажетті геофизикалық параметрлер континенттер мен мұхит түбі үшін әр түрлі, сондықтан алдымен екі түрлі стандарт модельдер жасалынып (мұхиттық және континенттік жер қыртыстары үшін), содан кейін ғана ортақ модель жасау қажет болды.

Осындай жолмен АҚШ, Австралия және Англия сейсмолог мамандары жердің қарапайым параметрлік моделін жасаған. Бұл модельде тығыздық (ρ) пен жылдамдық (V_p және V_s) Жер радиусына (R) тәуелді кесінді-үздіксіз (кусочно-непрерывный) аналитикалық функция түрінде берілген (7.1-сурет).



7.1-сурет

Жоғары мантияның моделі (Гаврилов, 1988):
 1- РЕМ-С (континенттік); 2- РЕМ-О (мұхиттық);
 3- РЕМ-А (орташа)

Суреттен әр түрлі модельдердің айырмашылығы тек 420 км тереңдікке дейін ғана, төмен қарай барлық модельдер бірдей екені көрінеді.

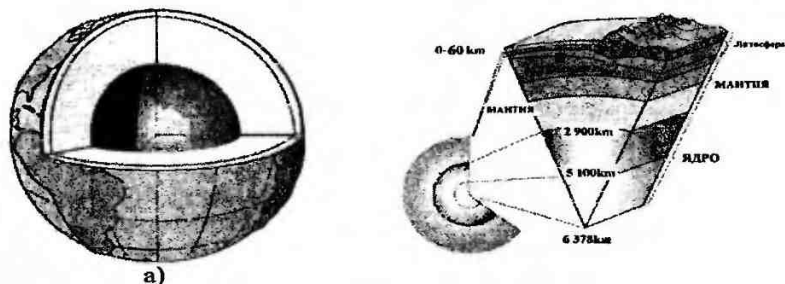
Қазіргі зерттеулер Жер қойнауында 10-ға жуық мұндай шекаралардың, олардың арасында екі басты шекараның (35-70 км тереңдіктегі Мохоровичич шекарасы және 2900 км тереңдіктегі Вихерт-Гутенберг шекарасы) бар екені анықталып отыр. Бұл анық білінетін шекаралар жерді басты үш сфераға (жер қыртысы, мантия және ядро) бөліп тұр.

7.2. Жердің ішкі құрылысы

Дегенмен, Жердің ішкі құрылысы туралы не білеміз? Ол үшін Жерді қак бөліп, ішіне көз жібердік делік. Ең алдымен, бірінің ішіне бірі орналасқан бірнеше сфералық қабаттарды көреміз. Олардың ішінде көзге жоғарыда айтылған, басты үш қабат анық көрінеді: жер қыртысы, мантия және ядро. Олар бір-бірінен химиялық және минералдық құрамдарымен, сол ортаны құрайтын таужыныстардың физикалық қасиеттерімен жіктеледі.

Енді осы қабаттарға сипаттама беру үшін жер бетінен оның орталығына (кіндігіне) сапар шегелік.

Жер бетінен 60-70 км тереңдікке дейін ең жоғары қатты бөлігі – жер қыртысы алып жатыр (7.2-сурет). Ол жер массасының 0,8 %-ын құрайды. Жер қыртысының құрылысы жайлы 4-бөлімде толық айтылды. Бұл жерде



7.2-сурет
Жердің ішкі құрылысы

қосымша айта кететін жәйт, жер қыртысы континенттік және мұхиттық болып екіге бөлінеді. Оның қалыңдығы мұхит астында 5-15 км, құрлықта – 30-60 км. Жер қыртысы төменгі қабаттан Мохоровичич шекарасымен бөлінеді. Бұл шекараның екі жағында (үстінде және астында) орналасқан таужыныстардың химиялық құрамы мен тығыздығы әр түрлі, шекарада сейсмикалық толқындардың жылдамдығы күрт өзгереді (қума толқындар – 6,8-7,4 км/с-тен 8,1-8,4 км/с-ке дейін; көлденең толқындар – 3,7-4,1 км/с-тен 4,4-4,7 км/с-ке дейін). Жер қыртысын құрайтын таужыныстардың тығыздығы 2,5-3,3 г/см³-ке тең.

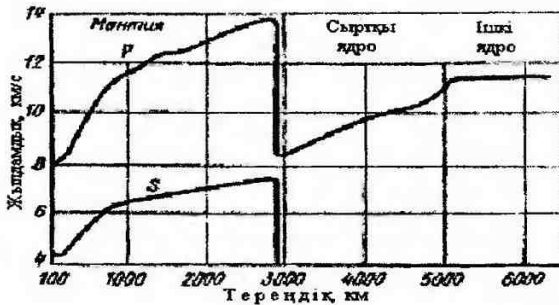
Жер қыртысынан төмен мантия орналасқан, оның үлесіне бүкіл жер көлемінің 83 %-ы және оның массасының 67 %-ы тиеді. Бұл жер қыртысы табаны мен жер ядросы аралығында орналасқан (60 км ден 2900 км-ге дейінгі аралықтағы) зат комплексі.

Сейсмикалық толқындардың таралу ерекшеліктеріне байланысты (мантия ішінде толқындар жылдамдығы тереңдеген сайын өседі) мантияны үшке бөлуге болады^{*)}: жоғарғы мантия (60-400 км), ортаңғы (400-800 км) және төменгі мантия (800-2900 км).

Жоғарғы мантия 400 км тереңдікке дейін таралады. Осы шекарадан өткенде сейсмикалық толқындардың жылдамдығы (қума толқындардың жылдамдығы 7,9-9 км/с-тен 9-11,4 км/с-ке дейін, ал көлденең толқындардың – 4,5-5 км/с-тен 5-6,4 км/с-ке дейін) және заттың

^{*)} Кейбір ғылыми еңбектерде мантияны жоғарғы (80-800 км) және төменгі (800-2900 км) деп екіге бөледі

тығыздығы ($3,5 \text{ г/см}^3$ –тен $3,8 \text{ г/см}^3$ –ке дейін) күрт өседі. Ғалымдардың пікірінше, жоғарғы мантия кара қоңыр тығыз таужыныстардан тұрады (мүмкін, перидотит, дунит, эклогит).



7.3-сурет
Жердің сейсмикалық моделі

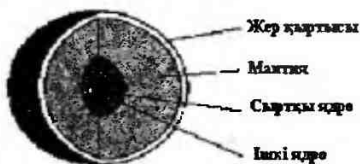
Жоғарғы мантияның құрылыс ерекшеліктерінің бірі – оның құрамында *астеносфера* (грек. «asthenes»–әлсіз, «sphira»–шар) атаулы жұмсарған қабат бар. Бұл қабатта таужыныстардың тұтқырлығы мен сейсмикалық толқындардың таралу жылдамдығы төмен болады (астеносфера жанартау атқылауының шығар көзі болып саналады). Тәжірибелік зерттеулерден қысымның өсуі заттың тығыздығы мен сейсмикалық толқындардың таралу жылдамдығын көбейтетіні белгілі. Ал температураның өсуі заттың тұтқырлығын азайтып, сейсмикалық толқындар олар арқылы баяу тарайды. Олай болса, ғалымдардың пікірінше, астеносфера заты жартылай балқыған түрде болуы ықтимал.

Астеносфера жұмсақ созылмалы болғандықтан, одан жоғары орналасқан блоктар (тақталар) оның бетімен жылжиды. Бұл жұмсақ қабатты алғашқы рет белгілі ғалым Б.Гутенберг сейсмикалық толқындардың осы қабатқа жеткенде таралу жылдамдығының күрт азаятындығына байланысты тапқан. Сондықтан да, кейбір әдебиеттерде бұл қабатты Гутенберг қабаты деп атайды. Континенттерде астеносфера 120-150 км, мұхит астында - 30-60 км тереңдікте кездеседі. Осы «төменгі жылдамдықты қабатты» литосфералық тақталардың табаны деп есептейді. Ал жер бетінен астеносфераға дейінгі тас қабатты *литосфера* деп атайды (грек. «lithos»- тас, «sphira»- шар). Литосфера өзінің тығыздығы мен қаттылығы жағынан ерекше қабат болып саналады. Бұл қатты қабат астеносфера бетінде қалқып жүрген өлшемі әр түрлі ірі тақталардан (блоктардан) тұрады. Астеносфера бетінде қалқыған ірі тақталар мұхиттардағы айсбергтерге ұқсайды.

Астеносфера қабаты таулы аймақтарда және аралдар доғасында анық білінсе, континенттік жазық аймақта (платформада) көмескі көрінеді. Белгілі геофизик-ғалым И.П.Косминская астеносфера қабатының сейсмикалық айқындалуы оның құрылысының біртұтас болмай, линза тәрізді төменгі жылдамдықты бірнеше қабатшалардан тұратынын айтады.

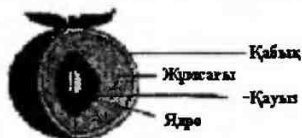
Астеносфера қабатымен геофизикада кең тараған «изостазия» атаулы ұғым (литосфераның тепе-теңдік күйі) тікелей байланысты. Бұл тұрғыдан астеносфера тығыздығы мен жасы әр түрлі литосфералық блоктарды теңестіретін пластикалық қабат болып есептеледі. Кейінгі мағлұматтарға қарағанда, шамамен 100 км тереңдікте литосфераның түсіретін қысымы барлық жерде бірдей болатын көрінеді.

ЖЕРДІҢ ІШКІ ҚҰРЫЛЫСЫ



7.4-сурет
Жер мен шабдалының ішкі құрылысын салыстыра отырып, олардың бір-бірімен өте ұқсастығын көреміз

ШАБДАЛЫНЫҢ ІШКІ ҚҰРЫЛЫСЫ



Сонымен астеносфера, біріншіден, магмалық массалар қозғалысының шығу көзі болғандықтан, литосфераның тектоникалық қарқындылығының генераторы болып саналады. Екіншіден, бұл литосфера қозғалысының баяулап басылатын орны, яғни Жер қойнауында болып жатқан процестердің литосферадағы білінуін азайтып, баяулатқыш ролін атқарады.

Орталық мантия немесе Б.Голицын қабаты 800-1000 км-ге дейінгі тереңдікке дейін таралады. Бұл қабатта толқындардың таралу жылдамдығы мен таужыныстардың электрөткізгіштігі тез өседі. 410-950 км аралығында кума толқындардың таралу жылдамдығы 2 км/с-ке өседі. Орталық мантиядағы таужыныстардың химиялық және минералдық құрамының жоғарғы мантиядан айырмашылығы аса көп емес. Қабаттың

төменгі бөлігінде сейсмикалық толқындардың жылдамдығы азайып, таужыныстар тығыздығы 4 г/см^3 -тен жоғары болады.

Кейбір әдебиеттерде орталық мантияны бөлмей, оны жоғарғы мантиямен бірге қарастырады. Орталық және жоғарғы мантия жер қыртысымен қоса тектоникалық және магмалық процестер етек алған басты аймақ немесе *тектоносфера* деп аталады.

Тіменгі мантия 2900 км тереңдікке дейін созылады. Мұнда голқындар жылдамдығының өсуі, негізінен, одан жоғары орналасқан қабаттардың түсіретін қысымына байланысты. Бұл қабаттағы таужыныстардың тығыздығы $5,6 \text{ г/см}^3$ -ке дейін өсіп, салмағы ауырлайды. Таужыныстар құрамында темір мен магний көп силикаттардан тұрады деген болжам бар.

Төменгі мантияның маңызды ерекшеліктерінің бірі – сыртқы ядромен шекаралас ортада қалыңдығы 200 км-ге жуық аралық қабаттың болуы. Бұл аралық қабатта кума толқын жылдамдығының өсуі баяулайды (градиенті тіпті 0-ге тең). Мұндағы болып жатқан процестер жер ядросының пайда болып дамуын түсіндіру үшін көмегі бар.

Сонымен, мантия негізінен қатты заттан тұратын болды, оған дәлел сейсмикалық толқындардың таралу ерекшеліктері. Ал мантияның химиялық құрамына келсек, бұл тұрғыда ғалымдардың көзқарастары әр түрлі.

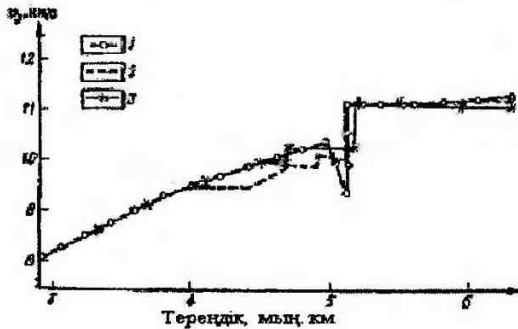
XX ғасырдың басында мантия негізінен оливин таужынысынан тұрады деген гипотеза тарады. Бұл гипотеза бойынша, Мохо бетінен өткенде жер қыртысының төменгі бөлігін құрайтын базальт таужынысы жоғарғы мантияда ультранегізгі таужыныстармен ауысады (бұл таужыныстардың құрамы негізінен оливин минералынан тұрады). К.Буллен және Д.Джекобс жоғарғы мантия құрамы перидотит, Б.Лутц – гранитперидотит, ал В.Вада – дунит таужыныстарынан тұрады деп болжайды.

1913 жылы ағылшын ғалымы Л.Фермор жоғары мантияның құрамы эклогиттен тұратыны жайлы гипотеза ұсынды. Оның пікірінше, Мохо бетінен төмен базальт таужынысы эклогитке айналады. Эклогит – химиялық құрамы жағынан базальт сияқты, бірақ тығыздығы жоғары, гранит минералымен байыған метаморфталған таужыныс. Кейінгі лабораториялық зерттеулер Фермордың болжамын растап отыр (эклогит 10-15 мың атм. қысымда және 1000°C температурада лабораториялық жолмен алынған).

Қорыта келгенде, мантия құрамы жайлы әрбір ғалымдар тобының өзінше дәлелі бар, дегенмен бұл проблеманың нақты шешімі – тек жер қыртысынан өтіп, жоғарғы мантияға жететін терең ұңғыма бұрғылау болуы керек.

2900 км тереңдіктен жердің ядросы басталады. Ол жер көлемінің 17 %-ын және массасының 33 %-ын алып жатыр. Ядро ерекшеліктерінің бірі – оның сыртқы бөлігінде кума толқындар таралып (мантия мен ядро шекарасында жылдамдық 13,6 км/с-тен 8,1 км/с-ке дейін күрт азаяды), көлденең толқындар таралмайды. Кума толқынның қатты дене мен сұйық арқылы бірдей таралатынын және көлденең толқынның сұйыққа таралмайтынын еске алсақ, ядроның сыртқы бөлігін құрайтын ортаның сұйық екеніне көз жеткіземіз. Әрине, ядроның сыртқы бөлігі су сияқты емес, бірақ қоймалжың, мантияны құрайтын заттарға қарағанда әлдеқайда сұйық болады (зат өте жоғары температура мен орасан зор қысымда болуына байланысты, оның физикалық қасиеттері жер бетіндегі сұйықтан өзгеше болады).

Әдетте ядроны сыртқы, өтпелі және ішкі деп бөледі. Сыртқы ядро 2900-5000 км тереңдіктер аралығында орналасқан. Оның құрамы балқыған сұйық заттан тұрады деген болжам бар. Жоғарыда айтылғандай, мұндай болжамды тек сейсмикалық мағлұматтар ғана емес, сонымен қатар Жер мен Айдың өзара тартылыс күштері де дәлелдейді. Егер де бүкіл Жер шары қатты болған күйде, онда тартылыс күшінен туатын жер бетіндегі шалқу толқындары (приливная волна) өлшенгенге қарағанда әлдеқайда аз болған болар еді.



Р толқынының Жердің ядросында таралу жылдамдығының моделі: 1 – Хеддон-Буллен бойынша, 2 – Рупрехтова бойынша, 3 – Болт бойынша

Сыртқы ядроның төменгі бөлігінде қалыңдығы 140 км (5000-5140 км аралығында) өткінші қабат орналасқан. Бұл қабатта кума толқынның таралу жылдамдығы 10,4 км/с-ке дейін өседі, ал көлденең толқындар бұл қабатта таралмайды.

Ішкі ядро (немесе субъядро) жердің ең кіндігінде орналасқан. Оның радиусы 1250 км, көлемі 0,7 %, массасы Жердің массасының 1,2 %-ын құрайды. Бұл қабатта кума толқындар жылдамдығы 11,4 км/с-ке дейін өсіп, көлденең толқындар қайта пайда болады. Олай болса, ішкі ядро қатты заттардан тұрады деп болжауға болады. Заттың тығыздығы шамамен 13 г/см^3 -ке тең және одан да жоғары.

Ядроның химиялық құрамы жайлы пікір-таластар осы күнге дейін жүруде. Бұл саладағы ой-пікірлер үш топқа бөлінеді: 1 – Жер ядросы негізінен темірден тұрады (бұл пікір көптен калыптасқан көне көзқарас); 2 – Жер ядросы силикаттардан тұрады; 3 – осы екі пікірдің ортасы, яғни ішкі ядро темірден, ал сыртқы ядро силикаттардан тұрады. Соңғы пікірді, қазірде, көпшілік ғалымдар қолдап жүр.

Қазіргі теориялық көзқарас бойынша, сыртқы ядро мен Жердің магнит өрісі тікелей байланысты. 2900-5000 км тереңдік аралығында сыртқы ядродағы зарядталған электрондардың күрделі қозғалысынан (шеңбер немесе шиырланған траекториямен) магнит өрісі пайда болады. Ал Айға ұшырылған серіктер Айда магнит өрісі жоқ екендігін анықтады. Олай болса, Айдың Жер сияқты ядросы жоқ деген ұғым бар.

Сонымен, Жер – өте күрделі жүйе. Ол өз осін және Күнді айнала қозғалатын, сұйықпен толтырылған ішкі қуысында шар тәрізді қатты дене орналасқан, қабырғасы қалың шар. Кіндігіндегі шар тәрізді қатты дене бүкіләлемдік тартылыс заңына сәйкес ұсталып тұр, ал оның айналымы мантиядан басқаша болуы ықтимал. Қазіргі болжамдар бойынша, мантия мен ішкі ядроның әр түрлі айналымы (динамо-механизм эффектісі) Жер магнит өрісінің пайда болуының түп негізі болуы ықтимал. Осы болжамдарға сәйкес, Жердің сыртқы ядросы балқыған сұйық күйде, ал ішкі ядро – қатты немесе балқыған күйге жуық жағдайда болады деген болжам бар.

Сейсмикалық толқындардың таралуына негізделіп анықталған Жер қойнауындағы таужыныстар құрамы қаншалықты нақты деген сұрақ тууы мүмкін. Бұл сұраққа үзілді-кесілді жауап беру мүмкін емес. Әрине, Жер қойнауындағы таужыныстардың нақты құрамын білу үшін жер қыртысын терең бұрғылап, қажетті мағлұматтарды алуға болады. Жоғарыда Жер шарының кейбір аудандарында (мұхит астымен қатар құрлықтың да кейбір жерлерінде) жер қыртысының жұқа аудандары (5-10 км) кездесетіні жайлы айттық. Олай болса, осындай жерлерді тауып, терең бұрғылау жұмыстары арқылы жоғарғы мантияға дейін жетіп, таужыныстардың құрамын нақты анықтауға болады. Осындай күрделі мәселені (қаражат жағынан және де техникалық мүмкіндіктер) мақсат қылып алдына қойған геолог мамандар бұрынғы Кеңес Одағы аумағында жер қыртысының қалыңдығы шамамен 7-10 км Кола түбегіне тоқтады.

Кола аса терең ұңғымасы сыртынан қарағанда жәй ұңғымалардан бөлек, адамға ұмыттырмайтындай әсер етеді. Ұңғыма үстіндегі құрылыс ірі зауытқа ұқсайды. Шындығында да бұл болаттың арнайы түрінен жасалған ұзындығы бірнеше км-ге тең құбырларды ұңғыманың бойымен жоғары-төмен көтеріп-түсіруге арналған және басқа да көптеген қосымша қондырғылары бар ірі зауыт болатын. Бұрғылау және бұрғылаушы аспаптарды ауыстыру процесі электроника көмегімен жүргізіледі. 1990 жылы 1 қаңтарда ұңғыма 12066 м тереңдікке жетті, жоспар бойынша ол 15 км тереңдікке 1993 жылы жету керек болатын.

Бұрғылау нәтижесінде күтпеген ғылыми жаңалықтар ашылды. Мәселен, геофизикалық мағлұматтар (сейсмикалық толқындардың таралу жылдамдығы) бойынша базальтты қабат басталатын тереңдікте, жасы архейлік метаморфтық өзгерістерге ұшыраған гранитті қабатқа тән гнейс таужыныстар кездескен. 12 км тереңдікте де базальтты қабатқа тән таужыныстар кездеспеді. Шынымен, жер қойнауы туралы геофизика мамандарының болжамдары дұрыс болмағаны ма деген сауалдар туды.

Жоқ, бұлай ойлау дұрыс емес еді. Терең ұңғыма Жер қойнауы құрылысының аса күрделі екендігін тағы да дәлелдеді. Бұл тереңдікте сейсмикалық толқындар жылдамдығының күрт өзгерісі гранит-базальтты қабаттардың шекарасына байланысты емес болды. Осы тереңдікке тән жоғары температура мен қысымға байланысты минералдардың кристалдық торынан су босанып шығып, соның салдарынан жарықшақтардың көбеюі мен таужыныстардың тығыздығының күрт кемуіне байланысты болатыны анықталды.

Дегенмен, бұрғылау нәтижелері геофизикалық мағлұматтарды талдау барысында аса сақтық болуы қажеттігін білдірді. Сейсмикалық толқындардың Жер қойнауында таралу жылдамдықтарының өзгерісі әр түрлі құбылыстармен байланысты: таужыныстар тығыздығының өзгерісі ғана емес, сонымен қатар әр түрлі тектоникалық жарылымдардың әсеріне де байланысты екендігі анықталды. Кола ұңғымасы аймағында ірі көлбеу тектоникалық жарықшақтанудың болуы таужыныстар тығыздығына өз әсерін тигізген.

Бұрғылау нәтижелері ғылыми тұрғыда қалыптасқан жер бетінен төмен қарай температураның өзгерісінің де ерекшеліктерін ашты. Балтық қалқанында (Кола түбегі орналасқан) және де оған ұқсас құрылымдарда температуралық градиент аз деп болжанған: 7 км тереңдікте температура шамамен 50°C, ал 10 км тереңдікте – 100°C. Бұрғылау барысында 3 км тереңдікке дейін температура әрбір 100 м-ге 1°C-қа өсіп отырса, одан төмен 2,5°C-қа өскен. Осының нәтижесінде 10 км тереңдікте температура 180°C-қа тең болып шықты.

6,5-9,5 км тереңдік аралығында төменгі температуралы гидротермалдық рудалану (мыс, қорғасын, мырыш, никель) бар екендігі

анықталды. Ғылыми болжам бойынша, мұндай рудалану жер бетіне жақын аралықта болуы керек. Сонымен қатар, жер қыртысының терең бөліктерінде құрамында ауыр металдар, бром және йод бар газдар, жоғары мөлшерде минералданған су бар екендігі анықталды. Олардың көпшілігі ірі тектоникалық жарылымдарды қуалай таралған. Олай болса, рудалану процесі жердің терең қабагтарында да жүруі ықтимал.

Сонымен, Жердің терең қойнауының құрылысын зерттеуде геологиялық барлау жұмыстарында терең ұңғыма бұрғылау әр түрлі геофизикалық әдістермен қоса жүргізілуі қажет. Бұрынғы Кеңес Одағы аумағында Кола аса терең ұңғымасы сияқты ұңғымалардың бірнеше жерде бұрғылануы жоспарланған. Өкінішке орай, Одақтың тарауына байланысты бұл жоспар іске аспай қалды.

7.3. Жердің тығыздығы

Жердің тығыздығын, дәлірек айтқанда, оның ішкі бөлігін құрайтын органың тығыздығын, жете білу көптеген құпиялардың бетін ашуға мүмкіндік берер еді. Мәселен, Жердің планета есебінде қалыптасып даму заңдылықтарын, қазір жер бетіндегі болып жатқан кейбір құбылыстардың себеп-салдарын түсіндіруге болар еді. Дегенмен, бұл әлі де толық шешімін таппай отырған проблемалардың бірі. Өйткені, Жердің терең қойнауларында орналасқан таужыныстар тығыздығын тікелей өлшеу мүмкін емес.

Алдымен заттың тығыздығы жайлы сөз болғанда, сейсмикалық толқындардың таралу жылдамдығының таужыныстар тығыздығына тікелей байланысты екенін айтқан жөн. Толқындар жылдамдығы ($V_p = \sqrt{(k + 4\mu/3)/\rho}$; $V_s = \sqrt{\mu/\rho}$) ығысу модулінің тығыздыққа қатынасын (μ/ρ) және сығылу модулінің тығыздыққа қатынасын (k/ρ) анықтайды. Өкінішке орай, Жердің ішкі қойнауындағы модульдер (ығысу және сығылу) мәндері белгісіз, сондықтан толқындар жылдамдығы арқылы тікелей тығыздықты анықтауға болмайды. Дегенмен, толқындардың таралу жылдамдығының өзгерісі – ортадағы зат тығыздығының өзгерісінің бірде-бір дәлелі.

Қазірде сейсмологиялық зерттеулер нәтижесінде серпімді толқындардың жер қойнауында таралу заңдылықтарын талдай отырып, оның қай тереңдікте күрт өзгертіндігін анықтауға болады. Бірақ, серпімді сейсмикалық толқындардың таралу жылдамдығы тек сол ортаның тығыздығына ғана байланысты емес, сонымен қатар, заттың қаттылығына, сығылу қабілеттілігіне және т.б. физикалық қасиеттеріне байланысты. Олай болса, сейсмикалық толқындардың таралу заңдылықтарын жете білу

бұл проблеманы шеше алмайды. Бірақ жоғарыда айтылғандай, Жер қойнауының қандай тереңдіктерде зат құрамының тығыздығы күрт өзгеруі ықтималдығын көрсетеді.

Екіншіден, тығыздық жайлы жалпы мағлұматты Жердің терең қойнауынан шағылған сейсмикалық толқындардың амплитудасы (амплитудаларды өзара салыстыру) арқылы алуға болады. Мұндай зерттеулерді Б.Болт жүргізіп, ішкі ядро жабыны үшін тығыздық мәні $14,0 \text{ г/см}^3$ екенін анықтады.

Үшіншіден, Жердің меншікті тербелісінің сипатын зерттеу арқылы, оның қойнауын құрайтын заттардың физикалық қасиеттерін анықтауға болады. Әдетте, шіркеудегі соғылған қоңырау дыбысының биіктігі қоңырау жасалған материалдың серпімді қасиеттері мен тығыздығына байланысты болады. Дәл осылай күшті жерсілкінуден кейін Жер де қоңырауша толқын түрінде дыбыс береді. Осы дыбыстар арқылы жердің ішкі тығыздығын анықтауға болады. Ол үшін қажетті әдістемелер қазір белгілі.

Қазір біз Жердің жоғарғы қабатын құрайтын таужыныстар тығыздығы мен Жер шарының орташа тығыздығын нақты білеміз деп айтуға болады.

Жердің жоғарғы қабаты атқылама (гранит, базальт, диабаз және т.б.), шөгінді (құмтас, доломит, әктас және т.б.) және де метаморфтық (гнейс, мәрмәр, кварцит және т.б.) таужыныстардан тұрады. Олардың орташа тығыздығы $1,5-1,7 \text{ г/см}^3$ -тен (антрацит) $2,7-3,3 \text{ г/см}^3$ -ке (базальт) дейінгі аралықта, яғни барлық жер қыртысының жоғарғы бөлігін құрайтын таужыныстардың орташа тығыздығы $2,7-2,8 \text{ г/см}^3$ -ке тең (әр түрлі континенттерде олардың мәні аздап өзгеруі мүмкін; мәселен, Еуропада – $2,76$, Азияда – $2,73$, Африка – $2,75$ және с.с.).

Енді бүкіл Жер шарын құрайтын заттардың орташа тығыздығына (ρ_{op}) келсек, оны планетамамыздың массасы мен көлемі арқылы төмендегідей формуламен анықтауға болады:

$$\rho_{op} = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^2} \quad (7.1)$$

Бұл формуланы шар тәрізді денеге ғана қолдануға болады. Ал Жердің пішіні шардан бөлек, сондықтан R -ді $a'(1-\alpha)$ арқылы алмастырып, орташа тығыздықтың мәнін табамыз

$$\rho_{op} = 5,5174 \text{ г/см}^3.$$

Сонымен, Жер шарының беткі қабатының тығыздығы және оның жалпы орташа тығыздығы бізге белгілі.

Ал енді Жер қойнауындағы таужыныстардың тығыздығына келсек, оны алғаш рет математик А.М.Лежандр 1752-1833 жылдары есептеген.

Есептеу бойынша, егер де жер бетінен төмендеген сайын таужыныстар тығыздығы гура сызык бойынша өзгереді болса, Жер кіндігінде тығыздық $11,34 \text{ г/см}^3$ -ке тең болады деп жорамал жасаған.

Қазір біз жердің бірнеше қабаттардан тұратынын білеміз. Олай болса, тығыздықтың Жер қойнауында өзгерісін білу үшін алдымен Жердің арнайы тығыздық моделін жасау керек.

Жердің нақты моделін жасау жолында алдымен америкалық геофизиктер Адамс пен Вильямсонды айтқан жөн. Олар 1923 жылы жер бетінен төмен қарай тығыздықтың өзгерісін анықтау үшін сейсмикалық Φ параметрін енгізді:

$$\Phi = K/\rho, \quad (7.2)$$

мұнда K -сығылу модулі, ρ - тығыздық.

Φ параметрі сейсмикалық толқындардың жылдамдығы V_p және V_s арқылы анықталады:

$$V_p = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}\mu}{\rho}}; \quad V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}};$$

$$\Phi = \frac{K}{\rho} = V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2. \quad (7.3)$$

Сонымен, егер бізге Φ -параметрі белгілі болса, онда тығыздықтың өзгерісін (қысымның аз өзгереді мөлшерінде) төмендегі формула арқылы табуға болады:

$$\Delta\rho = \frac{1}{\Phi} \Delta\Phi, \quad (7.4)$$

мұнда $\Delta\rho$ – тығыздықтың өзгерісі; $\Delta\Phi$ – қысымның өзгерісі.

Енді қысымның Жер қойнауында өзгерісін білуіміз қажет. Бұл өзгеріс физикадан белгілі гидростатикалық заңмен анықталады: қысымның өзгерісі (ΔP) Δh тереңдікте аудан бірлігіне сай қабаттың салмағына тең, яғни

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta h. \quad (7.5)$$

Енді (7.4) формуласындағы ΔP мәнін (7.5) формуласына қойып, төмендегі белгілі Адамс-Вильямсон теңдеуін табамыз:

$$\Delta\rho = \frac{\rho g}{\Phi} \Delta h. \quad (7.6)$$

Бұл формула арқылы Жер қойнауындағы тығыздықтың таралуын анықтауға болады.

(7.6) формуласында ауырлық күшінің үдеуі $g(h)$ – белгісіз шама. Дегенмен, теңдеуді шешу барысында $g(h)$ және $\rho(h)$ функциялары бірдей анықталады.

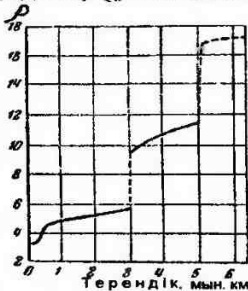
Жер бетінен төмен қарай тығыздық үздіксіз өспейді. Сейсмологиялық деректер жер қыртысы мен мантия шекарасында және мантия мен ядро шекарасында тығыздық күрт өзгеретінін көрсетеді (7.6 сурет). Жер қойнауында кездесетін басқа да шекараларда тығыздықтың күрт өзгеруі мүмкін.

7.4. Жер қойнауының қысымы

Жер бетінен тереңдеген сайын қысымның өзгерісін тығыздықтың және ауырлық күшінің мәндері арқылы есептеуге болады. Егер h арқылы зерттелетін беткейдің тереңдігін өрнектесек, онда сол беткейдегі P қысымы

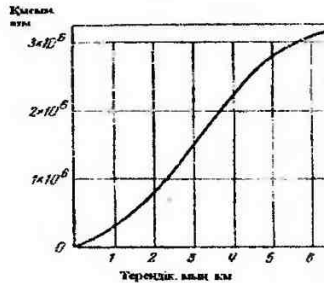
$$P = h \cdot L \cdot \rho_h \cdot Q_h, \quad (7.7)$$

мұнда ρ_h -жер бетінен h тереңдікке дейінгі бағана бойымен орташа зат тығыздығы, Q_h - осы бағана бойымен орташа ауырлық күшінің үдеуі.



7.6-сурет
Тығыздықтың жер бетінен
төмен қарай өзгеруі

Әрине, қысымды есептеу барысында ауырлық күші үдеуінің және тығыздықтың жер бетінен төмен қарай өзгерісін еске алу керек. Олардың өзгеріс заңдылығына байланысты есептелетін қысым мәндері де біршама өзгереді. Төменде, 7.7-суретте, қысымның жер бетінен төмен қарай өзгеруі график түрінде келтірілген. Графиктен Жер қойнауындағы қысым миллион атмосфераға жететінін көреміз. Егер құрлықта қысым өзгерісі 270Н атм/км болса, мұхит су астында 100Н атм/км-ге тең. Бұл деген шамамен бірдей тереңдікте су астында қысым құрлыққа қарағанда 170Н атм-ға, ал таулы аудандарда 270Н атм-ға кем болатынын көрсетеді (7.1, 7.2 кестелер).



7.7-сурет
Қысымның жер бетінен төмен қарай өзгеруі

7.1-кесте

Жердің ішкі қысымдары

Тереңдік, км	Қысым, атм	Тереңдік, км	Қысым, атм
800	296 100	4000	2 260 100
1600	592 200	4800	2 763 600
2400	1 085 700	5600	2 961 100
3200	1 677 900	6370	3 059 700

7.2-кесте

Жер қыртысындағы қысым мөлшері (континентте және мұхит түбінде)

Тереңдік, км	Қысым, атм		Тереңдік, км	Қысым, атм	
	Континентте	Мұхит түбінде		Континентте	Мұхит түбінде
1	270	100	5	1350	500
2	540	200	10	2700	-
3	810	300	20	5400	-
4	1080	400	50	13 500	-

7.5 Жер қойнауын құрайтын заттардың пластикалығы (пластичность), аққыштығы (текучесть), қаттылығы (твердость), сығылғыштығы (сжимаемость) және беріктігі (прочность)

Табиғатта заттар үш күйде кездесетіні жайлы жоғарыда айттық: қатты, сұйық және газ тәрізді.

Заттың қаттылығы деп оған түсірілген сыртқы күш әсерінен сыртқы пішінінің өзгерісіне кедергі көрсету қабілеттілігін айтады.

Қатты дене пластикалығымен сипатталады. *Пластикалық* деп қатты дененің сыртқы күш жойылғаннан кейін алынған деформацияны сақтап қалу қасиетін айтады, яғни сыртқы күш әсерінен өзгерген пішінін сақтап қалады. Егер дене сыртқы күш әсері жойылғаннан кейін бастапқы қалпына қайта оралса (пішіні мен көлемі), онда мұндай дене *серпімді* деп аталады.

Сыртқы қысым әсерінің көбеюіне байланысты қатты серпімді денеледе пластикалық қасиет пайда болады. Қатты дененің бұл қасиеті, яғни оның серпімділіктен пластикалық деңгейге өтуі, демек оның ығысуға (ауысуға) қабілеттілігі (яғни *аққыштығы*), жер қойнауының құрылысы мен ондағы заттардың қозғалысын зерттеуде маңызы зор ұғым.

Қатты және пластикалы денелер үшін тұтқырлық коэффициент

$$\nu = \mu\tau, \quad (7.8)$$

мұнда μ – ығысу модулі, τ – босаңсу (релаксация) уақыты, яғни сол заттың пластикалық деформация әсерінен өзгеру уақыты.

Сыртқы күш пен заттың деформациясы арасындағы байланыс жалпы түрде

$$S = \frac{F}{\mu} + \frac{1}{\nu} F_1, \quad (7.9)$$

яғни қатты дененің тұтқырлық коэффициенті азайса, оның созылмалық қабілеті жоғарылай түседі (ν – тұтқырлық коэффициенті).

Қатты дененің қысымға байланысты аққыштық қасиетінің мысалы ретінде мұздың еруін айтуға болады. Мұздың кішігірім дөңгелек тесік арқылы еру жылдамдығы бірқалыпты температурада қысым жоғарылаған сайын өседі, ал бірқалыпты сыртқы қысымда температура жоғарылаған сайын өседі.

Тағы бір мысал ретінде қалайыны алайық: 1000 кг/см^2 сыртқы қысымда (мұндай қысым жер бетінен 4 км тереңдікте болады) температура жоғарылаған сайын қалайының аққыштық қасиеті тез өседі.

Сығылғыштық деп сыртқы қысымның өзгерісіне байланысты дене көлемінің салыстырмалы өзгерісін айтады. Көпшілік заттардың сығылғыштық қасиеті сыртқы қысым өскен сайын азаяды, яғни қысым өскен сайын өз көлемін азайтуға заттың қарсылылығы көбейеді. Демек, табиғи жағдайда (Жер қойнауында) заттың сығылғыштық қасиеті қысым көбейген сайын азая береді.

Жердің ішкі құрылысын зерттеуде зат құрамының жоғарғы қысымға байланысты өзгерісі туралы деректердің маңызы зор, яғни заттың *полиморфтық айналуы* (заттың бір жағдайдан басқа бір жағдайға айналуы). Көптеген тәжірибелік зерттеулерге сүйене отырып, ғалымдар Жер қойнауының қат-қабатты құрылысы зат құрамының химиялық

өзгерісіне емес, оның жоғары қысымға байланысты физикалық қасиеттерінің өзгерісіне байланысты деп (химиялық құрамы өзгеріссіз) жорамалдайды.

Таужыныстың *беріктігі* деп оның ыдыраусыз (бұзылусыз) ең жоғары кернеуге төзу шегін айтады. Табиғатта кейбір жыныстардың беріктігі сыртқы күштің түсу уақытына тікелей байланысты: кейбір жыныстар жоғары кернеуге аз уақыт аралығында ғана төзімділік білдіреді. Егер сыртқы күштің әсері ұзақ уақыт болса, олар аз кернеуде де ыдырайды (бұзылады).

Заттың беріктік шегі жан-жақты қысым көбейген сайын өзгереді. Олай болса, жер қойнауындағы заттың беріктігі өте жоғары, ал бұл қағиданың сейсмология және геотектоника салаларында зор маңызы бар. Мәселен, тереңфокусты жер сілкіністері өте жоғары кернеулі ортада болуы ықтимал.

7.6. Жердің ішкі бөліктерінің серпімділік қасиеттері

Жердің ішкі бөліктерінің серпімділік қасиеттерін сипаттау үшін басты бірнеше коэффициенттер немесе модульдер (*modulus* – өлшем, маңызды коэффициенттер аты) пайдаланылады: ығысу (жылжыма) модулі μ , жан-жақты сығылу модулі κ , Пуассон коэффициенті және Юнг модулі.

Ығысу модулі μ дегеніміз әрбір дененің немесе таужыныстың сыртқы күштер әсерінен көлемін өз қалпында сақтай отырып, пішінін өзгертуге қарсылық көрсету қабілетін айтады. Басқаша айтқанда, ығысу модулі сол денеде жылжымалық деформация туғызатын кернеудің мөлшерін сипаттайды. Модульдің өлшем бірлігі $\text{дин}/\text{см}^2$.

Коэффициент μ Жердің ішкі бөліктерін құрайтын таужыныстарды сипаттайтын маңызды шама. Өйткені, ол сол ортаның тығыздығы мен онда таралатын көлденең толқындардың жылдамдығы арасындағы байланысты өрнектейді

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}, \quad \text{яғни} \quad \mu = \rho V_s^2, \quad (7.10)$$

мұнда ρ – заттың тығыздығы, V_s – көлденең толқындардың таралу жылдамдығы.

Сұйық дене, жалпы физикадан белгілідей, өз пішінін өзгертуге қарсыласпайды, яғни олар үшін $\mu=0$. Олай болса, 7.10-формула бойынша $V_s=0$. Бұл деген сұйық дене арқылы көлденең толқын таралмайды деген ұғымды дәлелдейді.

Келтірілген формула (7.10) бойынша, Жердің ішкі қабаттарындағы μ -дің мөлшерін анықтау үшін, ең алдымен, сол ортаның тығыздығы (ρ) мен

көлденең толқындардың таралу жылдамдығын (V_s) білу қажет. Қазір V_s -ты нақты анықтауға мүмкіндік бар, ал ρ болса, ол әзірше шамамен ғана анықталады. Сондықтан да μ -дің мәні әзірше шамамен ғана есептелінеді.

Ығысу коэффициентінің мәнін 2900 км тереңдікке дейін ғана есептеуге болады, өйткені одан ары қарай S-толқындары таралмайды. Сондықтан да Жердің ядросы үшін біз $\mu=0$ деп алуға мәжбүрміз.

Ығысу модулінің мәні нақты түрде Жердің беткі қабаттары үшін ғана белгілі. Өйткені, бұл ортадағы тығыздық пен жылдамдық мәндері нақты анықталады (7.3-кесте). Жердің терең қабаттары үшін μ -дің есептелінген мәндерінің өзгерісі төмендегі графикте көрсетілген (7.8-сурет).

Ығысу модулінің мәндерін басқа да әдістермен, атап айтқанда, жер бетінің көтерілуі (прилив) мен төмендеуін (отлив) бақылау арқылы табуға болады.

7.3-кесте

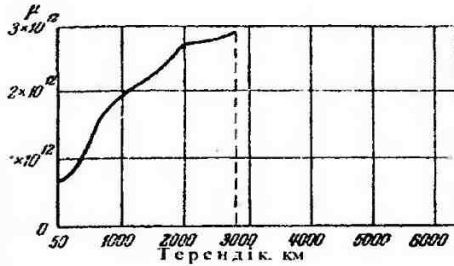
Кейбір таужыныстардың ығысу модулі

Материал	μ , $дин/см^2$
Жер бетіндегі борпылдақ таужыныстар	$0,1 \cdot 10^{11}$
2 км тереңдіктегі таужыныстар	$1 \cdot 10^{11}$
Гранитті қабат	$3 \cdot 10^{11}$
50-100 км тереңдікте	$6,5 \cdot 10^{11}$
200 км тереңдікте	$7 \cdot 10^{11}$

Жер бетінің көтерілуі мен төмендеуі Ай мен Күннің тартылыс күшіне байланысты екені белгілі. Олар мұхиттарда, атмосферада, жер бетінде де байқалады. Міне осы Ай мен Күннің тартылыс күшінің әсерінен Жердің гравитация өрісі мен Жер беті деңгейі үнемі өзгерісте болады. Олардың өзгеріс шамалары жоғарыда аталған модульдердің Жер ішінде таралуына тікелей байланысты.

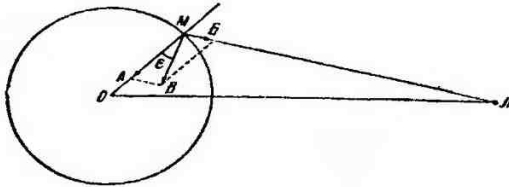
Енді Айдың тартылыс күші әсерінің сұлбасына көз жіберейік (7.9-сурет).

Айдың қосымша тартылыс күшіне байланысты Жер бетіндегі М нүктесі өзінің бастапқы МА бағытын өзгертіп, МВ бойымен бағытталады. Мұндай өзгеріс Жер бетіндегі барлық нүктелерде болады. Сонымен, Айдың тартылыс күші жер бетінде 7.7 суреттегідей өрнектеледі, яғни Жер беті біркелкі болған жағдайда онда екі дөңесті және де екі ойысты көруге болар еді.



7.8-сурет

Ығысу модулінің жердің төменгі қабаттарындағы өзгерісі



7.9-сурет

Айдың тартылыс күші әсерін көрсететін сұлба

Ашық мұхитта бұл құбылыс (судың тасуы мен қайтуы) өте айқын көрінеді. Жер шары тәулігіне өз осін бір рет айналуына байланысты су беті тәулігіне екі рет тасып, екі рет қайтады. Ай мен Күннің тартылыс күшіне байланысты Жер бетінің көтерілуі мен төмендеуін тіркейтін арнайы станциялар бар. Олар ірі қалаларда орналасқан.

Төмендегі кестеде Жердің орташа ығысу модулі шамамен $\mu = 12 \cdot 10^{11}$ дин/см²-қа тең, яғни Жердің ішкі қаттылығы болатын қаттылығымен бірдей (7.4-кесте).

7.4-кесте

Кейбір қалаларда орналасқан арнайы станциялардың деректері

Станциялар аты	$\mu_{м2}$ дин/см ²	$\mu_{п1}$ дин/см ²
Алматы	$7,8 \cdot 10^{11}$	$16,710^{11}$
Страсбург	$9,4 \cdot 10^{11}$	-
Париж	$9,7 \cdot 10^{11}$	$20,4 \cdot 10^{11}$

Орташа мәні: $10,0 \cdot 10^{11}$ $13,5 \cdot 10^{11}$

Мұндағы $\mu_{м}$ – бойлық бойынша, $\mu_{п}$ – ендік бойынша.

Жоғарыда біз Жердің ядросы үшін $\mu=0$ тең деп алдық. Бұл солай ма? Кейінгі теориялық зерттеулер Жер мантиясы мен ядросы шекарасында μ күрт азаятындығын дәлелдеп отыр, бірақ ол 0-ге тең емес болуы керек. Ал Жер ядросында көлденең толқындардың таралмауы ядроны құрайтын заттар тұқырлығының жоғары екендігіне байланысты болуы мүмкін деген жорамал бар.

Жан-жақты сығылу модулі κ дегеніміз сыртқы күштің әсерінен дененің өз көлемін белгілі бір мөлшерге азайтуын айтады. Яғни бұл коэффициент дененің V көлемін ΔV -ға кеміту үшін түсірілетін ΔP қысымның мөлшеріне сәйкес.

$$\Delta V = -\frac{1}{\kappa} V \Delta P. \quad (7.11)$$

Бұл модуль көбейген сайын жан-жақты түсірілген күштің әсерінен дененің сығылуы азая түседі. Сұйық денелер сығылмайды, сондықтан олар үшін κ -ның мәні өте үлкен шама.

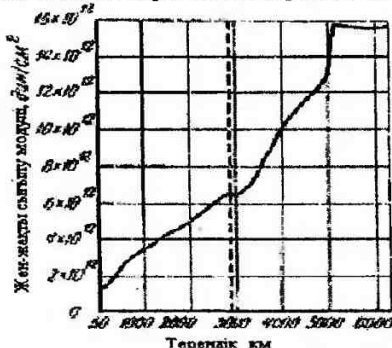
Жан-жақты сығылу модулі сейсмикалық толқындардың жылдамдықтары мен таужыныстардың тығыздығы арқылы бейнеленеді.

$$\kappa = \delta \left(V_P^2 - \frac{4}{3} V_S^2 \right), \quad (7.12)$$

мұнда δ - тығыздық, V_P , V_S – толқындардың таралу жылдамдықтары.

Сонымен, κ модулінің жер қойнауында таралуын анықтау үшін таужыныстардың тығыздығы мен сейсмикалық толқындардың таралу жылдамдығын білу қажет. Бүгінгі тәжірибелік зерттеулер нәтижесінде бұл коэффициенттің Жер қойнауында таралуы график бойынша төмендегідей өрнектеледі (7.10-сурет).

Сонымен қортындылай келе айтарымыз, Жер бетінен тереңдеген сайын дененің сығылу қабілеті азая түседі. Бұл дегеніміз, жер қойнауында қаншама қысым деңгейі зор болғанымен (1 м^2 ауданға миллиондаған кг) заттың көлемі Жер бетінен тереңдеген сайын аз өзгереді.



7.10- сурет
Жан-жақты сығылу
модулінің жер қойнауында
таралуы

Пуассон коэффициенті σ деп цилиндрдің екі басына күш түсіргенде оның диаметрінің өзгеруінің (d) ұзындығының өзгеруіне (L) қатынасын атайды, яғни

$$\sigma = - \frac{(\Delta d / d)}{(\Delta L / L)} . \quad (7.13)$$

Жердің ішкі бөліктері үшін Пуассон коэффициентін сейсмикалық кума және көлденең толқындар жылдамдықтары арқылы анықтауға болады.

σ	0	0,1	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
V_p/V_s	1,414	1,500	1,633	1,732	1,871	2,449	∞

Қазақстанның таулы аудандарында V_p/V_s -тың мәндері 1,66-дан 1,78-ге дейін өзгереді, ал бұл Пуассон коэффициентінің мәні 0,217-ден 0,235-ке дейін өзгеруіне сәйкес болады.

Юнг модулі E (бойлық серпімділік модулі) деп денеге түсірілген кернеу σ мен оның эсерінен болған бойлық деформация ($\Delta l/l$) арасындағы пропорционал коэффициентті айтады, яғни

$$\sigma = E \frac{\Delta l}{l} . \quad (7.14)$$

Егер материалдар үшін Пуассон коэффициенті белгілі болса, Юнг модулін есептеп табуға болады:

$\sigma = 0,1$	$E = 2,4$	$k = 2,2 \mu$
	0,2	1,8
	0,25	1,5
	0,3	1,2
	0,4	0,6

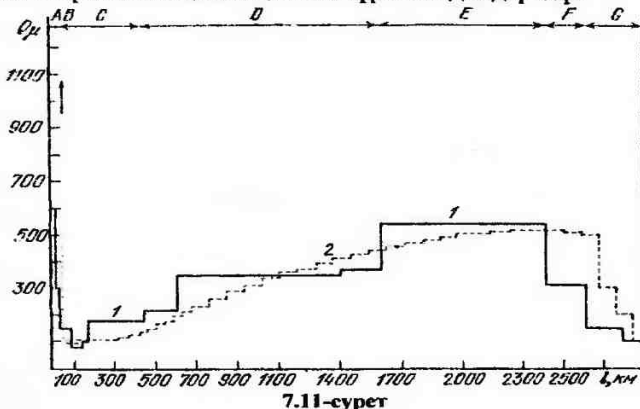
Есептеулер бойынша, E шамамен жоғарғы мантияда 2,5 μ -ге, төменгі мантияда шамамен 2,6 μ , сыртқы ядрода $\approx 3\mu$ және ішкі ядрода 2,75 μ -ге тең.

7.7. Жер қойнауының диссипатиялық қасиеттері (dissipatio – рассеяние, шашырау)

Кейінгі кезде анықталған жер қойнауының жаңа физикалық қасиеттерінің бірі – оның диссипатиялық функциясы Q . Ол механикалық энергияның Жердің әр түрлі қабаттарында таралу барысында шашырау мөлшерін сипаттайды. Электротехникада Q электр контурының мықтылығын сипаттайды. Ал механикада Q диссипатиялық функциясы жүйенің механикалық мықтылығын сипаттайды деп айтуға болады: ол жүйедегі бір цикл кезінде жинақталған жалпы энергияның, энергияның шашыраған бөлігіне қатынасына тең.

Q коэффициентінің серпімді ортаның біркелкілігін сипаттайтын параметр деп қарауға болады. Q көбейген сайын тербеліс кезінде механикалық энергияның неғұрлым аз бөлігі шашырап, жылуға айналады. Мұндай ортаның серпімділік қасиеті жоғары болады.

Q параметрінің жер қыртысы мен мантиядағы өзгерісі 7.11-суретте көрсетілген. Бұл параметрдің Жер қойнауында таралуы әлі де жан-жақты зерттелмегеніне қарамастан, суреттен жер қыртысы мен мантияның кейбір ерекшеліктерін көруге болады. Мәселен, Жердің сыртқы қатты қабаты үш белдемге бөлінеді: жоғары (0-19 км, $Q \approx 600$), орташа (19-38 км, $Q \approx 300$) және төмен мықтылықты (38-90 км, $Q \approx 150$). Мантияда да жоғары және орташа мықтылықты екі түрлі белдемдер бар.



7.11-сурет
Механикалық төзімділіктің жер қыртысында және мантияда таралуы

Q параметрінің Жер ядросында таралуы туралы деректер әзірше белгісіз. Дегенмен, болжам бойынша, сыртқы сұйық ядродағы Q -дың мәні мантияға қарағанда әлдеқайда көп болуы мүмкін. Ал Жердің қатты ішкі ядросында (5100-6371 км) оның мәні шамамен 100-300-ге тең болуы ықтимал.

7.8. Жердің электрөткізгіштік қасиеті

Жердің электрөткізгіштік қасиеті Күн сәулесі әсерінен атмосфераның жоғарғы қабаттарында пайда болатын электрмагниттік толқындардың Жер қабаттарында таралу барысында басылуы арқылы анықталады. Айнымалы электрмагниттік толқындар әрекетінен Жерде айнымалы ток пайда болады. Оның Жер қойнауына енуі толқынның жиілігіне тікелей

байланысты. Токтың тығыздығы жоғарылаған сайын ол Жердің бетіне жақын таралады. Бұл құбылыс физикада «скин-эффект» деп аталады. Скин-эффект теориясы бойынша, электромагниттік сигналдың Жер қойнауына ену тереңдігінің δ , Жер қабатының орташа электрөткізгіштік қабілетімен (σ), бұрыштық жиілікпен (ω) және жарықтың ортада таралу жылдамдығымен (c) байланысы төмендегідей өрнектеледі:

$$\delta = c(2\pi\sigma\omega)^{-1/2}, \quad (7.15)$$

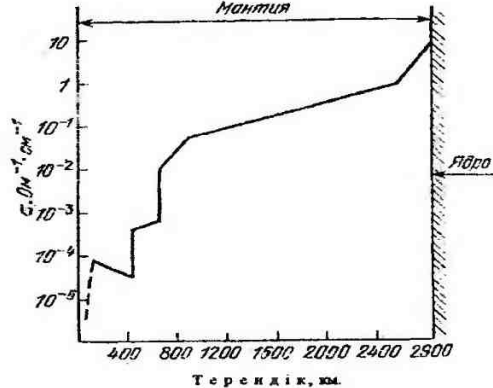
мұнда δ – Жер қойнауына ену тереңдігі, σ – электрөткізгіштіктің орташа мәні, ω – бұрыштық жиілік, c – жарық жылдамдығы.

Жердің электрөткізгіштік қасиетінің тереңдеген сайын өзгерісін $\sigma(h)$ анықтау осы скин-эффект құбылысына негізделген. Ол үшін арнайы электромагниттік зондылау жұмыстары жүргізіледі. Практикада бұл әдісті қолданудың өзіне тән қиыншылықтары бар: мұхит суы мен жердің су сіңген жоғарғы қабаттарының өткізгіштік қабілеті қатты таужыныстарға қарағанда әлдеқайда жоғары. Сонымен қатар, жер қыртысы мен жоғарғы мантияда кездесетін көлденең әртектіліктер де қиыншылықтар тудырады. Дегенмен, геофизикалық әдістер көмегімен қазір жердің электрөткізгіштік қасиеті 1000 км тереңдікке дейін анықталып отыр.

Ал Жердің терең қабаттарының (төменгі мантия, ядро) электрөткізгіштік қасиеттерін анықтау әзірге қиынға түсуде. Өйткені, терең қабаттардағы температура мен қысымды лаборатория тәжірибелерінде жасау мүмкін емес. Бұл тереңдіктегі таужыныстардың химиялық құрамын да анықтау мүмкін емес. Сондықтан жердің төменгі мантиясы мен ядросының электрөткізгіштік қасиеттері шамамен анықталады. Бұл үшін лабораториялық тәжірибеде анықталған Жердің жоғарғы қабаттарындағы электрөткізгіштік мәндері белгілі бір заңдылыққа сүйеніп отырып төменгі қабаттарға тасымалданады.

Төменде, 7.12-суретте, Жердің 1000 км тереңдікке дейінгі анықталған электрөткізгіштік қасиеті график түрінде келтіріліп отыр. Енді осы графикке көз салайық.

Жер бетінен төмен тереңдеген сайын температура артады. Осыған сәйкес, физикадан белгілі, жердің электрөткізгіштік қасиеті де өседі (7.12-суретте пунктир сызық). Одан әрі төмендеген сайын қысым көбейсе түседі, мантияны құрайтын таужыныстардың балқу температурасы да өсе түседі. Таужыныстардың балқу температурасы мен жер қойнауының температурасы айырмашылығы көбейген сайын, таужыныстардың электрөткізгіштік қасиеті азая түседі. Мұндай құбылыс 150-420 км тереңдік аралығында байқалады. Одан төмен өтпелі қабатта (400 км тереңдікте) электрөткізгіштік қасиет қайтадан көбейеді. Өйткені бұл арала фазалық алмасу процестері болады.



Тереңдік, км.

7.12- сурет

Жер қойнауының электрөткізгіштік қасиеті

Жорамалдар бойынша, төменгі мантияны құрайтын тау жыныстардың электрөткізгіштік қасиеті температура мен қысымның көбеюіне байланысты күрт өсуі мүмкін. Ал төменгі мантияның жоғарғы және төменгі бөліктеріндегі бұл көрсеткіштің айырмашылығы 1000 еседей болуы мүмкін.

Ядро балқыған металдан тұратынын жоғарыда айттық. Ондағы электрөткізгіштік шамамен $3 \cdot 10^3$ $1/\text{Ом} \cdot \text{см}$ -ге тең.

8. ЖЕРДІҢ МАГНИТ ӨРІСІ

8.1. Кіріспе

Магнит өрісі — әлемде кең таралған құбылыстардың бірі. Ол аспандағы жұлдыздарда, ғарыштық кеңістікте, Күн, Меркурий, Шолпан, Марс, Юпитер, Сатурн планеталарында да бар. Кейінгі кезде алынған мәліметтерге қарағанда, өзіндік магнит өрісі Уран және Нептун планеталарында да бар екендігі анықталып отыр.

Жердің өзіне тән магнит өрісі бар екендігі бұдан мыңдаған жылдар бұрын қытайлықтарға белгілі болған. Бірақ геомагнетизм ғылыми сала болып тек қана 1600 жылдан бастап қалыптасты. Бұған себеп — сол 1600 жылы ағылшын ғалымы В.Гильберттің геомагнетизм туралы іргелі ғылыми еңбегінің жарық көруі. В.Гильберт өз еңбегінде Жердің магнит өрісі магниттік дипольдың^{*)} өрісіне ұқсас, ал Жер болса шар тәрізді алып магнит стрелкасы деп жорамалдаған.

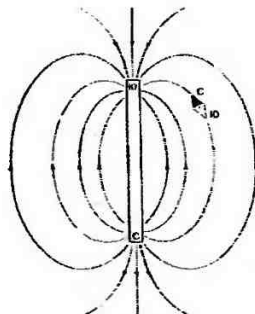
^{*)} di — двойной, екі мәрте, екі есе, polos — полюс

Жердің магнит өрісін дәлелдеу үшін Гильберт магниттелген темір рудасынан (басқа бір деректер бойынша, ол темір шарды магниттеген) шар дайындады. «Терелла», яғни кішкентай Жер деп аталған бұл шардың бетінде орналасқан магнит стрелкасының қозғалысы, Жердің бетіндегідей құбылысқа ұқсас екендігі анықталды: стрелканың екі басы «терелланың» полюстеріне бағытталып, стрелка полюстерге жақындаған сайын оның еңістігі көбейетіндігі байқалды. Бұл тәжірибеден Жердің магнит стрелкасына қос полюсті магнит сияқты әсер ететіні анықталды.

Магнит полюсі туралы түсінікті лабораториялық тәжірибе арқылы да көрсетуге болады. Ол үшін жұқа әйнектің астына стержень тәрізді магнит орналастырып, үстіне темір үгіндісін төгейік. Темір үгіндісі магниттің екі басына қысық сызық бойымен бағытталады, оны магниттік күш сызықтары деп атайды. Осы сызықтардың магниттің екі басында тоғысқан нүктелерін магнит полюстері деп атайды. Бұл нүктелер, әдетте, магнит ішінде, оның екі басына жақын орналасқан (8.1-сурет). Шартты түрде магниттің солтүстікке қараған басы оң таңбалы полюс деп, ал оңтүстікке қараған басы теріс таңбалы деп аталады. Әдетте магниттік сызықтар оң таңбалы полюстен (солтүстік) шығып, магнитке теріс таңбалы (оңтүстік) полюс арқылы кіреді.

Полюстер табиғатта тек қана қос түрде кездеседі. Егер магнит соншалық ұзын болса, онда полюстердің бір-біріне әсері азайып, оларды жеке қарастыруға болады.

Жерді айнала магнит өрісі бар, оны магнит стрелкасына әсерінен білуге болады. Жер бетінде магнит өрісінің таралуын жоғарыда айтылған темір үгіндісімен салыстыруға болады. Бұл факт (ғылыми жаңалық) XVII ғасырда ашылып, содан бері Жердің өзіндік магнит өрісі бар, ол үлкен магнитке ұқсас деген ұғым қалыптасты.



8.1-сурет

Ұзынша (стержендік) магниттің күш сызықтары

Жердің магнит өрісінің мөлшері таға тәрізді магниттің полюстері арасындағы өрістен жүздеген есе аз. Дегенмен, ол аса үлкен кеңістікті алып жатыр. Магнит өрісінің энергиясы оның алып жатқан кеңістігінің көлеміне тура пропорционал екендігін еске алсақ, онда Жер магнит өрісінің оның айналасындағы болып жатқан процестерге әсері зор екендігін түсінеміз.

Адамзат магнит өрісінің бар-жоғын тікелей сезбейді. Дегенмен, егер ол жок болып кеткен жағдайда, оның біз үшін айтарлықтай теріс әсері сезілген болар еді. Мәселен, Жер Күннен тарайтын зарядталған бөлшектерден қорғаныссыз қалып, планетамыздың бетіне энергиясы зор ғарыш бөлшектері тынымсыз жауған болар еді. Көзге әдемі көрінетін полюстік шұғыла жойылып, жер бетінде басқа да өзгерістер болуы ықтимал.

Жердің бірнеше полюстері бар екені мәлім. Олар географиялық, геомагниттік және магниттік полюстер болып бөлінеді. Егер Жерді диполь деп қарасақ, онда оның осі Жер бетінде екі нүкте арқылы өтеді. Бұл нүктелер *геомагниттік полюстер* деп аталады. Жер бетінде олар Гренландияның солтүстік-шығысында (координаталары $78,8^{\circ}$ с.е., $71,3^{\circ}$ б.б.) және Антарктикада (координаталары $78,8^{\circ}$ о.е., 109° ш.б.) орналасқан.

Сонымен қатар, Жер бетінде магнит өрісі тік төмен бағытталған екі нүкте бар. Оларды *магниттік полюстер* деп атайды (координаталары 76° с.е., $101,3^{\circ}$ б.б. және 66° о.е., 141° ш.б.).

Жер бетінде бұл аталған полюстер бір-біріне сәйкес келмейді: географиялық Солтүстік полюстің жанында Оңтүстік магниттік полюсі орналасқан, сондықтан да ол компас стрелкасының солтүстікке қараған тілін тартады. Ғалымдар арасындағы келісім бойынша, өзара шатастыру болмас үшін Солтүстік географиялық полюстің жанына орналасқан магнит полюсін Солтүстік магнит полюсі, ал Оңтүстік географиялық полюстің жанында орналасқан магнит полюсын Оңтүстік магнит полюсі деп атаған.

Кейіннен магнитолог мамандар магнит стрелкасының Жер бетінде әрбір нүктеде магниттік сызықтың бойымен орналасуын бақылай отырып, Жердің магнит осі (дипольдық) географиялық осьтен шамамен $11,5^{\circ}$ -қа еңкістігін анықтаған. Сондықтан да Жердің магниттік полюстері (магниттік осьтің Жер бетімен қиылысқан нүктелері) географиялық полюстермен сәйкес келмейді (8.2-сурет).

Жер бетінде ғана емес, Жер бетінен планетааралық кеңістікке дейінгі аралықта магнит өрісін жан-жақты зерттеудің ғылыми және практикалық тұрғыдан маңызы зор. Біздің планета магнит өрісімен қоса планетааралық кеңістікте қалай көрінеді? Оның магнит өрісі қандай биіктікте және қалай

бітеді? Бұл сауалдардың маңызы зор, өйткені магнит өрісі, жоғарыда айтылғандай, тек қана зарядталған ғарыш бөлшектерінен қорғаныс ролін атқарып қоймайды. Полюс аудандарында зарядталған бөлшектердің атмосфераның жоғары қабатына енуі магниттік күш сызықтары бойымен таралады. Сонымен қатар, магнит өрісі атмосферадағы электр тогының таралуына да үлкен әсер етеді.



8.2-сурет
Магниттік, геомагниттік және географиялық полюстердің орналасуы

Жерді айнала қоршаған магнит өрісі туралы деректер қазіргі күндері төмендегідей сипатталады. Жер бетінен 44 мың км биіктікке дейін магнит өрісі біртіндеп азаяды, одан әрі қарай 80 мың км биіктікке дейін өріс тұрақсыз өзгерісте және тербелісте болады. Негізінде, периоды 10 с шамасында тербелістер басым болғанымен, одан төмен немесе жоғары периодты тербелістер де кездеседі (1 с-тен 300 с-ке дейінгі аралықта).

Осындай тұрақсыз қабаттан өткеннен кейін, әрі қарай өріс қарқындылығы белгілі бір мөлшерге дейін тез азаяды. Өрістің осы аз мөлшерге ауысқан биіктігін, Жердің магнит өрісінің шекарасы деп атайды. Бұрын бұл шекара Жер бетінен 38-50 мың км биіктікте орналасқан деп болжанатын, ал қазірде оның 80-93 мың км биіктікте орналасатыны анықталып отыр.

Магнитосферадан жоғары орналасқан ғарыш кеңістігі те бос емес, ол Күннің магнит өрісімен бірге таралатын плазмаға толған. Плазма және онымен бірге таралатын Күннің магнит өрісі туралы 1-тарауда толығырақ айтылған. Жалпы алғанда, Күннің магнит өрісі және оның плазмамен бірге таралуы жайлы әр түрлі көзқарастар бар. Солардың бірі (Гильд, 1961) бойынша, Күнде жарқыл болған кезде бөлінетін плазма жергілікті (Күннің) магниттік өрісі арқылы таралу барысында магнит өрісінің күш

сызықтарын өзімен бірге іліп әкетеді, яғни плазма магниттік өрістен шығып кете алмай, сонымен бірге таралады.

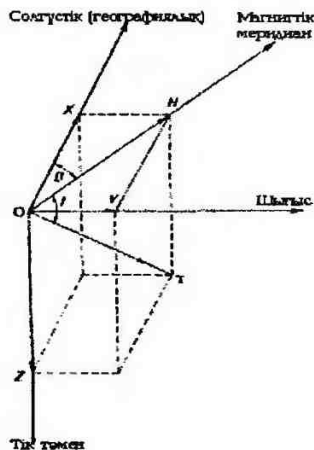
8.2. Жер магнит өрісінің элементтері

Жер бетінде кез келген нүктеде болмасын магнит тілі Жердің магнит өрісінің бағытына сәйкес орналасады. Жердің магнит өрісі F – ол векторлық шама, сондықтан да оның модулін анықтау үшін осы магнит өрісінің үш түрлі құрастырушысын немесе элементін білу қажет. Олар тік немесе вертикаль құрастырушысы Z , көлбеу немесе горизонталь құрастырушысы H және магниттік ауытқу D (солтүстік магнит полюсі мен географиялық полюстің арасындағы бұрыш). Кей кездерде бұл векторлық шама географиялық координаталар, яғни X , Y , Z үш құрастырушы арқылы да анықталады.

8.3-суреттегі X , Y , Z , D , I және F шамалары Жер магнит өрісінің элементтері деп аталады. Олардың өзара бір-бірімен қатынастары төмендегі формулалар арқылы бейнеленеді:

$$F = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} = \sqrt{H^2 + Z^2}; \quad \operatorname{tg} I = Z/H;$$

$$X = H \cos D; \quad Y = H \sin D; \quad Z = F \sin I.$$



8.3-сурет
Жердің магнит өрісінің элементтері.
 D және I толық вектордың (F)
ауытқуы (склонение) және
еңістігі (наклонение)

F және H векторларын құрайтын тік (вертикаль) жазықтық магниттік меридиан деп, ал XZ жазықтығын географиялық меридиан деп атайды.

Магнит өрісі кернеулігінің өлшем бірлігі эрстед (Э); $1 \text{ Э} = \text{с м}^{-1/2} \cdot \text{э}^{1/2} \cdot \text{с}^{-1}$, немесе онын туындысы (гамма): $1 \text{ э} = 10^5 \text{ Э}$. Кейінгі кезде кернеулікті сипаттау үшін тесла (Тс) атаулы бірлік пайдаланып жүр: $1 \text{ Тс} = 10^4 \text{ Э}$; $1 \text{ э} = 1 \cdot 10^9 \text{ Тс} = 1 \text{ нТс}$. СИ жүйесінде кернеуліктің өлшем бірлігі ампер/метр (А/м), $1 \text{ А/м} = 4\pi \cdot 10^3 \text{ Э}$.

Магнит өрісінің элементтері әр түрлі жүйесмен жабдықталған магнитометр атаулы аспаппен өлшенеді. Өрісті өлшеудің негізгі принциптері сол өрістің төмендегідей әсеріне негізделген:

1. Айналмалы электр катушқасына (индукциялық магнитометр).
2. Тоғы бар жақтауға (флюксметр).
3. Қозғалыстағы электр зарядтарына (Холл эффектсіне негізделген магнитометр).
4. Тұрақты магнитке (магнитмеханикалық магнитометр).
5. Магнитті материалдардың магниттелу барысында спиндік магнит моменттеріне (феррозондты магнитометр).
6. Атом ядросының магниттік моменттеріне (ядролық магнитометр).
7. Электрондық спин магниттік моменттеріне (электронды-спиндік магнитометр).
8. Атомдардың магниттік моменттеріне (атомдық магнитометр).
9. Аса төменгі температурадағы жоғарыөткізгіш жүйеге (криогендік магнитометр).

Ядролық, электрондық спиндік және атомдық магнитометрлер ғылыми әдебиеттерде *кванттық* магнитометрлер деп аталады. Өйткені, бұл аспаптарда пайдаланылатын құбылыстар мен процестерді тек қана кванттық физика арқылы түсіндіруге болады.

Жер бетінде магнитометрлермен магнит өрісінің ауытқуы D, еңістігі I, тік Z және көлденең H құрастырушылары өлшенеді. Оларды картаға түсіріп (өлшенген пункттерін), мөлшері бірдей нүктелерді қосып-изосызықтар жүргізіледі: ауытқуы бірдей сызықтар *изогона* деп, еңістігі бірдей – *изоклина* деп, ал толық вектор F, тік Z және көлденең H құрастырушыларын қосудан пайда болған изосызықтарды *изодинама* деп атайды.

8.3. Жер магнит өрісінің өзгерістері мен инверсиясы

Жердің магниттік өрісін жүйелі түрде бақылау 1580 жылдан басталған. Көп жылдар бойы магниттік обсерваторияларда жүргізілген байқау (Лондон маңындағы орналасқан обсерваторияда бақылау 1622 жылдан басталған) Жер магнит өрісінің кернеулігі мен бағытының уақыт өткен сайын өзгеріп отыратынын көрсетеді.

Магнит өрісінің элементтерін әрбір геологиялық заманға сәйкес изосызықтар арқылы өрнектеу (*изопора* картасы) және оларды (әрбір

заманда) бір-бірімен салыстыру арқасында, бұл салада 1950 жылы маңызы зор магнит өрісінің *ғасырлық өзгерісі* деп аталатын жаңалық ашылды. Жан-жақты талдау нәтижелері арқылы басқа элементтерге қарағанда магнит өрісі (D) ауытқуының ғасырлық өзгерісі жоғары деңгейде болатыны анықталып отыр.

Сонымен қатар, карталарды талдау барысында магнит өрісі кернеулігінің тәулік ішіндегі өзгерісі кейбір кезде үлкен мөлшерде болатыны да анықталды. Бұл құбылыс Күн жүйесі планетасында болып жатқан процестерге тікелей байланысты және оны *магниттік дауыл* деп атайды.

Магнит өрісінің кейбір элементтері уақыт өткен сайын батысқа қарай жылына 0,2 градусқа жылжып (ауытқып) отыратыны анықталды. Бұл өзгеріс *батыстық ығу* (западный дрейф) деп аталады. Егер магнит өрісінің негізгі пайда болу себебі жер ядросына байланысты екенін еске алсақ, онда батыстық ығу ядрода уақыт өткен сайын айтарлықтай өзгерістер болып тұруы ықтимал екендігін көрсетеді.

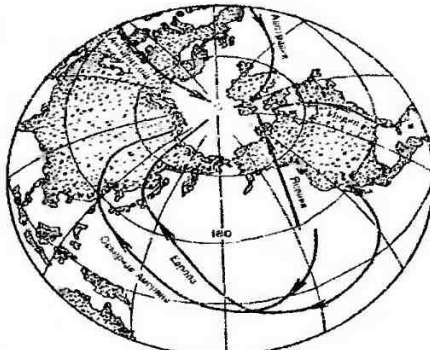
Магнит өрісі аз уақыт аралығында да (бірнеше күннен секундтың бірнеше бөлігіне дейінгі аралықта) өзгеруі мүмкін. Мұндай қысқа мерзімді өзгерістер арнайы магниттік обсерваторияларда өлшенген деректер нәтижесінде ғана белгілі болады. Өрістің мұндай өзгерісі *petmi* (мерзімді) және *petcisiz* (беймерзімді) болып бөлінеді. Ретті тәулік өзгерістері Күндегі болып жатқан процестердің белсенділігіне байланысты. Ал өрістің ретсіз өзгерістері арасындағы ең белсендісі— магниттік дауыл. Магниттік дауыл кезінде өрістің көлденең H құрастырушысының амплитудасы 1000-1500 нТс-ға жетуі мүмкін. Мұндай құбылыс жылына орта есеппен 1 рет болып тұрады. Қарқындылығы аздау магнит дауылдары жиі болып тұрады, олар әдетте Күнде болып жатқан өзгерістермен тікелей байланысты.

Магнит дауылынан басқа да, бірнеше сағат аралығында амплитудасы 100 нТс-ға жететін *жергілікті* өзгерістер де болады.

Магнитолог мамандар магнит өрісінің қазірдегі параметрлерін өлшеумен қатар оның өткен замандардағы жалпы күйін де бағалай алады. Егер таужынысты Кюри нүктесінен жоғары температураға дейін қыздырып суындырсақ, оның құрамындағы темір тотығы қазіргі магнит өрісімен магниттеліп, оны өмір бойы өз бойында сақтайды. Осындай құбылыс Жер қойнауында да болады. Шөгінді таужыныстар қалыптасу барысында сол кезеңде болған магнит өрісін өз бойына сіңіріп сақтайды. Қазір оның жасын анықтағаниан кейін таужыныс болып қалыптасуы кезінде сол дәуірде қандай магнит өрісі болғанын бағалауға болады. Археолог мамандар осындай әдіспен қазба кезінде табылған әр түрлі ыдыс-аяқтың және күйдірілген кірпіштің сынықтары арқылы магнит

өрісінің сол табылған заттарды жасаған кездегі күйін анықтайды (жүздеген жылдардан бастап біздің эрамызға 3-4, тіпті 10 мың жылға дейін). Мұндай әдіс ғылыми әдебиетте *археомагниттік әдіс* деп аталады. Ал геологиялық практикада шөгінді және жанартаулық жыныстардың үлгілері арқылы жүргізілетін мұндай әдісті *палеомагниттік әдіс* деп атайды.

Әр түрлі континенттерде жүргізілген палеомагниттік зертеулер көмегімен 700 млн жыл арасында солтүстік магниттік полюстің ығу бағыты анықталып отыр. Зерттеулер нәтижесін глобусқа салып талдау арқылы жаңа ғылыми мағлұматтар алынады (8.4-сурет). Мәселен, әр континентте анықталған магниттік полюстердің жылжуы Жер бетінде бір нүктеге бағытталатыны анықталды. Мұндай құбылысты континенттердің ығуы арқылы ғана түсіндіруге болады.



8.4-сурет

Әр түрлі континенттерде тау жыныстардың үлгілері арқылы анықталған геомагниттік полюстердің ығысу траекториялары

Палеомагниттік зерттеулер нәтижесінде Жердің магнит өрісі инверсияға (инверсия – кері айналу) ұшырайтыны анықталды. Жердің геологиялық даму тарихында мұндай құбылыстың қайталану заңдылығы әлі де зерттелуде. Дегенмен, тарихтың кейбір кезеңдері үшін бұл құбылыстың қайталануы анықталып отыр.

Өріс инверсиясы кезінде Жердің магниттік қалқаны жоғалады, Күннен және ғарыштан таралған зарядталған бөлшектер Жер бетіне жаңбырдай жауып, тірі организмдерге тікелей әсер етеді. Бұл кезеңде Жердің озон қорғаныс қабаты да жойылады. Радиация (сәуле тарату) және ультракүлгін сәулеленудің әсерінен жер бетіндегі тірі организмде мутация

процесі жүріп, бүкіл биосферада ағаулы өзгерістер болады. Кейбір ғалымдардың ойынша, магнит өрісінің инверсия кезеңі адамзаттың арғы ата-тегінің даму барысындағы болған өзгерістерге сәйкес келетін көрінеді.

8.4. Магниттік аномалиялар (ауытқулар)

Жердің магнит өрісі туралы деректердің планетамыздың ішкі құрылысын зерттеуде және пайдалы қазбалар кенорындарын барлауда маңызы аса зор. Сонымен қатар, бұл деректердің көмегінсіз теңіз-мұхиттарда кемелердің жүзуі және әуедегі ұшақтардың ұшуы мүмкін емес.

Жерді біркелкі магниттелген магнит осі Жердің айналу осіне параллель дене деп қарастырсақ, оның «қалыпты» магнит өрісін Жер бетіндегі әрбір нүкте үшін есептеп шығаруға болады. Жер бетінде арнайы аспаптармен өлшенетін магнит өрісінің элементтері осы есептеп табылған шамамен тең болмайды. Міне, осы есептелген («қалыпты») және өлшенген шамалар арасындағы айырымды *магниттік аномалия* деп атайды.

Сонымен, Жердің жалпы магнит өрісінен (өлшенген) дипольдық өрісті (есептелген) алып тастасақ, картада аномалия (ауытқу) өрісі қалады. Бұл аномалия өрісі *элементтік, аймақтық және жергілікті* болып үшке бөлінеді.

Элементтік аномалия Жер бетінде ірі аймақты алып жатады, оның өлшемі бірнеше мың км-ге жетеді. Ол жердің бас магнит өрісі болып саналады. Аймақтық және жергілікті аномалиялардың өлшемі де ондаған және жүздеген км-ге жетеді.

Математикалық формула түрінде бұл байланыс төмендегідей болып өрнектеледі:

$$T = T_0 + T_1 + T_2 + T_3, \quad (8.1)$$

мұнда T_0 – жер шарын біркелкі магниттелген дене деп қарастырғандағы өрістің векторы (дипольдық өріске эквивалент), T_1 – элементтік аномалия өрістің векторы, T_2 – аймақтық аномалия өрістің векторы, T_3 – жергілікті аномалия өрістің векторы.

8.5. Жер магнит өрісінің пайда болуы

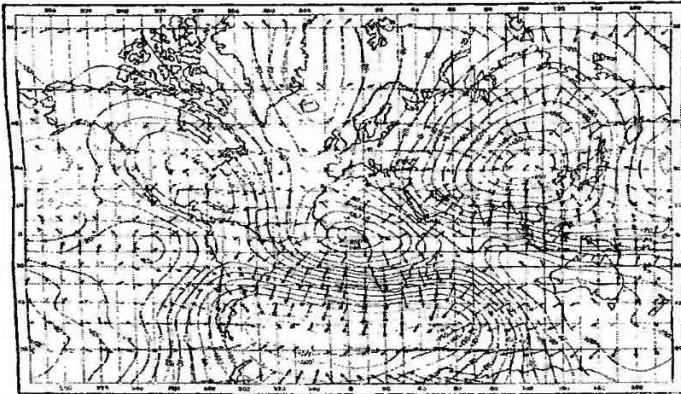
Бұл сұрақ көп жылдар бойы ғалымдарды ойлаңдыруда. Көптеген болжамдар да айтылуда. Мәселенің күрделілігі Жердің магнит өрісінің пайда болуын немесе шығу тегін ғана анықтап қоймай, оның Жер бетінде неліктен уақыт өткен сайын тез өзгеруін дәлелдеуде болып отыр. Сондықтан да бүгінгі таңда геомагнетизм теориясын жасау – геофизика ғылымның түйінді мәселелерінің бірі.

Көптеген жылдар бойы геофизика ғылым саласында Жер магнетизмі оның құрылысына қатысы жоқ деген ұғым қалыптасты. Сондықтан да Жердің магнит өрісін зерттеу тек физика ғылымы саласынан ғана қарастырылып, магнит өрісінің жаралуы зертханалық зерттеулерде байқалатын физикалық құбылыстармен ғана байланыстырылды.

Жер магнетизмін зерттеу көптеген жылдар бұрын басталып, қазір оның үш бөліктен тұратыны нақты анықталып отыр:

- дипольдық бөлік: диполь жер кіндігінде орналасқан, оның осі Жердің айналу осіне қарағанда $11,5^\circ$ бұрышқа еніс орналасқан;
- дипольдық емес бөлік: Жер шарында сан шамасы 8-ден аспайтын құрылықтық аномалиялар;
- жер қыртысының жоғарғы қабаттарының әртектілігімен байланысты жаратылысы қазірде белгілі аномалиялар өрісі (аймақтық және жергілікті).

8.5-суретте құрлық аномалияның тік құрастырушысы көрсетілген әлемдік изолиниялар картасы немесе көлденең құрастырушының векторлары көрсетілген магнит өрісінің дипольдық емес бөлігі келтірілген. Суреттен ірі аномалиялар Азия құрлығының шығыс бөлігін және бүкіл Еуропаны алып жатқанын көреміз. Осындай аномалиялар Африка құрлығында да орналасқан, ал қалған жерлерде аномалиялар қарқыны азырақ болғанымен, олар да құрлықтың платформалық облыстарына сәйкес келеді.



8.5-сурет

1942 жылға келтірілген құрлықтық өрістің тік құрастырушысы (Вестни бойынша). Стрелкамен көлденең құрастырушы көрсетілген, изолиния мәндері миллиэстедпен берілген

Магнит өрісі теориясы өрістің дипольдық бөлігімен қатар, 8.5-суретте көрсетілген құрлық аномалияларының да жаратылысын түсіндіруі қажет. Ол үшін алдымен Жер бетінде магнит өрісінің таралуы арқылы, магнитостатика заңдылығын қолдана отырып, құрлықтық аномалия көзін, яғни оның ерекшеліктері мен қандай тереңдікте орналасуын математикалық жолмен анықтау қажет. Мұндай есепті қосымша деректерсіз математикалық жолмен шешу қиынға соғады. Өйткені, белгілі бір өрістің Жер бетінде таралуына көлемі және тереңдігі әр түрлі өріс көздері сәйкес келеді. Сондықтан өлшенген өріс параметрінің дұрыстығын түсіндіру үшін алдымен белгілі бір гипотезаны қабылдау қажет.

Көптеген уақыт бойы Жердің магнит өрісі оның қойнауындағы таужыныстардың магниттелу деңгейімен анықталады деген ұғым болды. Дегенмен, оның дипольдық бөлігін бүкіл Жер шарының магниттелуімен түсіндіруге болмайды. Өйткені, Жер қойнауында температура Кюри нүктесінен жоғары.

Өрістің дипольдық емес бөлігіне келсек, мүмкін ол Жер шарының жоғарғы бөлігінің магниттелуіне байланысты болар деген ой туады. Өйткені мұндай аномалиялар (8.5-суреттегідей) тек құрлықтарға сәйкес келеді екен. Егер осылай болған жағдайда, қарапайым есептеулер 100 км тереңдікке дейінгі таужыныстардың магниттелу деңгейі 0,1 СГС болу керек. Ал тәжірибелік өлшеулер тіпті жоғары магниттік аномалиялар тудыратын таужыныстардың магниттелу деңгейі бұл шамадан екі есе аз болатынын және мұндай таужыныстар барлық жерде таралмағанын көрсетеді.

Егер қалыңдығы 100 км Сібір платформасының магниттелу деңгейі іс жүзінде кездесетін өте күшті магниттелген таужыныстардан жоғары болды десек, онда математикалық есептеулер мұндай қабат 8.5-суретіндегідей құрлықтық аномалияға сай болатынын көрсетеді.

Сонымен, келтірілген мысалдар Жер бетінде белгілі магнит өрістің шығу тегіне дұрыс жауап бере алмайды. Олай болса, бұл мәселені шешу үшін, жоғарыда айтылғандай, қосымша деректерді пайдалану керек.

Қазіргі кезде магнит өрісінің дипольдық және дипольдық емес бөліктерін түсіндіруде Жер радиусының жартысына тең тереңдікте орналасқан «құйын токтары» гипотезасы пайдаланылып жүр. Алғашқы рет бұл идеяны 1939 жылы А.Эльзассер айтқан. Оның ойынша, ядроның ішінде температуралық градиент әсерінен болатын құйынды қозғалыстан ток пайда болады, ал бұл ток өз кезегінде магнит өрісін тудырады.

1947 жылы шыққан Я.И.Френкельдің теориясы бойынша, ядродағы ток ондағы металл массалардың магнит өрісінде қозғалысы кезіндегі индукциядан пайда болады. Жердің магнит өрісі осы токтың әсерінен пайда болып, ол динамо-машинадағы сияқты үнемі регенерациялану (толықтырылу) арқылы үзбей қуаттанып отырады.

Регенерациялау процесінің жүруі әлі күнге дейін түсініксіз – өйткені ядродағы сұйық массаның құйынды қозғалыстары белгісіз.

1964 жылы Э.П.Кропачев ядродағы құйынды қозғалысты түсіндіретін қаранайым модель ұсынды. Оның пікірінше, ядроның сұйық бөлігінің айналым жылдамдығы мантия мен ішкі ядро айналым жылдамдығынан өзгеше болады. Құйынды қозғалыстар болса, тұрақты бұрыштық жылдамдықпен дөңгеленіп (шар бойымен) айнала қозғалады. Оның айналу осі меридиан бойымен бағытталған. Осылай ядрода болатын белгілі бір жағдайда динамо-эффект әсерінен тоқтың регенерациясы пайда болып, ол Жер магнит өрісінің дипольдық бөлігін тудырады. Осы динамо-эффект теориясы магнит өрісінің дипольдық бөлігімен қатар, дипольдық емес бөлігінің де жаратылысын және өрістің ғасырлық өзгерісін де түсіндіре алады.

Жоғарыда палеомагниттік зерттеулер нәтижесінде Жердің магниттік осінің өздігінен өзгеретіні (инверсия) жайлы айтылды. Жердің магнит өрісі жайлы теория осы инверсияны да түсіндіруі қажет. Бұл мәселені түсіндіруде алғаш рет Е.Булларт зерттеулер жүргізді. Ол унифилярлық машинадағы динамо-эффект құбылысын талдай келе, қозғалыстың кайбір жағдайында болмасын мұндай машина өзі тудырған өрістің бағытын өздігінен кері өзгерте алмайды деп қорытынды жасайды.

Магнит өрісінің динамо-эффект теориясын жасауда С.И.Брагинскийдің еңбегі зор. Ол магнит өрісінің ядродағы қозғалысқа байланыссыз өздігінен қозғалу мүмкіндігін магнитгидродинамикалық теорияның негізгі қағидаларын сақтай отырып түсіндіре алды. Оның ойынша, ядродағы қозғалыс Жердің айналу осімен симметриялы болмаған жағдайда ғана өрістің регенерациялануы ықтимал. Жер магнит осінің оның айналу осімен сәйкес келмейтіні осыған байланысты.

Сонымен қатар С.И.Брагинский теориясы магнит өрісінің инверсияға ұшырау себептерін де түсіндіреді. Магниттік гидродинамика теңдеуін өтімді сұйық қабат моделіне пайдалану арқылы магнит өрісінің өздігінен кері айналу мүмкіндігін теориялық жолмен көрсете білді.

Сонымен, қазіргі қалыптасқан геомагнетизм теориясы бойынша, Жердің магнит өрісі Жер бетінен 2900 км тереңдікте орналасқан ядрода болып жатқан процестерге байланысты. Бұл процестер ірі мөлшерде электр тогын тудырады. Жер бетіндегі магнит өрісі осы электр тогының әсерінен пайда болады.

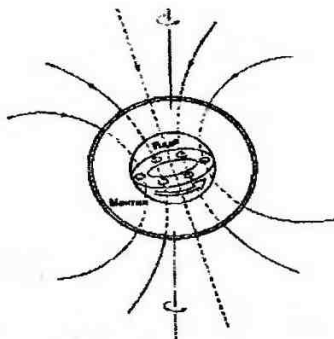
Егер де электр тогын тудыратын ішкі процестер тоқталып қалса, ядроны құрайтын таужыныстардың электр кедергісі әсерінен ток басылып, Жердің магнит өрісі де жойылып кеткен болар еді. Бақылаулар нәтижесі магнит өрісі әр уақытта болғанын және болатынын дәлелдейді. Олай болса, электр тогын қолдап тұрған арнайы процестер ядрода тоқтаусыз жүріп жатады.

Жоғарыда Жер ядросында өздігінен қозатын динамо-машина принципіне ұқсас процестің жүріп жатқаны айтылды. Ал динамо-машина механизмінің жұмыс істеу принципі төмендегідей қағидаға негізделген.

Сыммен толтырылған катушканы сыртқы магнит өрісінде айналдырсақ, онда электрмагниттік индукция әсерінен электр тогы пайда болады. Бұл электр тогы өз айналасында магнит өрісін туғызып, ол сыртқы магнит өрісімен қосылып катушкадағы электр тогының ағынын көбейтеді. Сөйтіп, бұл процесс осылай жалғаса береді, яғни динамо-машинада электр тогы оның жылжымалы бөлігінің сол токтың әсерінен туатын магнит өрісінде айналуынан пайда болады.

Әрине, жердің ядросы динамо-машина емес. Дегенмен, осы сыртқы сұйық, өткізгіш ядрода да осындай құбылыстар болуы ықтимал деген жорамал бар. Мәселен, сұйық ядрода кейбір себептерге байланысты жылу немесе гравитациялық конвекция болған жағдайда гидродинамикалық ағын пайда болады. Ал мұндай ағынның әсерінен ядроның ішкі бөлігінде қарқынды айналма ток (круговой ток) пайда болады (8.6-суретте жуан стрелкамен көрсетілген). Ғалымдардың ойынша, Жер өз осімен айналу барысында сұйық ядрода үйкеліс күші әсерінен құйын ток пайда болып, ол айналма токты тудыруы ықтимал.

Жер бетіндегі магнит өрісінің баяу өзгерісі ядродағы ағынның күйіне байланысты болуы ықтимал. Бұл баяу өзгеріс ғасырлық өзгеріс деп аталатынын жоғарыда айттық. Егер Жер бетіндегі үлкен бір аймақта магнит өрісінің айтарлықтай өзгерісі байқалса, бұл Жердің сол аумақтағы қойнауында өзгерістер болып жатқанын білдіреді.



8.6-сурет

Жердің магнит өрісін ядрода таралатын қарқынды айналма токпен байланыстыру

Сонымен, егер магнит өрісінің пайда болуы ғарыштық дененің (Жер немесе басқа планеталар) ядросында болатын ағынға байланысты десек, онда өрістің мөлшері сол дененің сұйық ядросының бар-жоғына және ғарыштық дененің жалпы өлшемінің қандай бөлігін ядро құрайтынына байланысты болады. Кейінгі ғарыштық зерттеулер Айда магнит өрісінің жоқ екендігін дәлелдеді. Олай болса, Айда сұйық ядро жоқ немесе оның мөлшері болмашы деген ғалымдардың болжамы дұрыс болып шықты.

8.6. Магнит өрісін пайдаланудың кейбір салалары

1. Жер магнит өрісінің тез өзгеруі – бұл табиғатта кездесетін геофизикалық процестердің арасындағы бірден-бір айрықша құбылыс. Тек қана осы өрістің өзгерісін зерттей отырып, Жердің ядросы туралы қажетті мағлұматтар жинауға болады. Бүгінде Жер ядросы туралы мағлұматтар осы әдіспен ғана алынады.

2. Жердің магнит өрісін зерттеу арқылы мұхит табандарын құрайтын қыртыстардың тарихын және геологиялық уақыт аралығындағы өзгерістерін анықтауға болады. Мұндай мағлұматтар кейінгі кезде пайда болған археомагниттік (тарихи) және палеомагниттік (ежелгі) әдістер арқылы Жер магнит өрісінің сонау тарихи кездердегі шамасын бағалау арқылы болады. Мәселен, жанартау атқылағанда пайда болатын сұйық балқымалар (лава тасқыны) суыну барысында сол кезеңдегі Жердің магнит өрісі мөлшерін өз бойына сіңіреді. Сол балқыманы осы кезде зерттей келе, оның таужыныс болып қалыптасқан кезеңдегі магнит өрісінің мөлшерін бағалауға болады.

3. Таужыныстардағы қалдық магнит өрісті зерттеу – магниттік барлау әдісінің негізі. Осы әдіс көмегімен рудалық пайдалы қазбаларды барлау қазір геофизикалық әдістердің негізгі бір түрі.

9. ЖЕРДІҢ ЭЛЕКТР ӨРІСІ

9.1. Кіріспе

Жердің электр өрісін алғаш рет зерттеген М.В.Ломоносов пен Г.В.Рихман (1711-1753 жж.) болатын. Олар негізінен атмосферадағы электр өрісін зерттеген, өйткені бұл құбылыс жайлы ол кезде ешбір мәлімет болмаған. Негізгі мақсат – алынған нәтижелерді найзағайдан сақтану шаралары үшін пайдалану.

Тәжірибе барысында нөсер жаңбыр кезінде үшкірлеген темір сырықтан шығатын электр ұшқынын зерттеуге көңіл бөлінді. Осындай бір тәжірибе кезінде 1753 жылы сырықтан бөлінген домалақ найзағай әсерінен Рихман қайтыс болды.

XIX ғасыр ортасында телефон және телеграф байланыстарының дамуы жер қойнауындағы электр өрісін жан-жақты зерттеуді талап етті. 1859 жылы дүние жүзі обсерваториялары тіркеген электрмагниттік дауыл әсерінен солтүстік аймақтарда қарқынды полюстік шұғылалар мен жер қыртысында қуатты электр тогы пайда болып, байланыс жүйелеріне қыруар зиян келді. Міне осы құбылыстан кейін электр өрісін зерттеуге аса көңіл бөлінді.

9.2. Атмосферадағы электр құбылыстары

XIX ғасырда жүргізілген байқаулар нәтижесінде Жер электр өрісінің кернеулігі Жер бетінен жоғарылаған сайын тез азаятыны белгілі болды. Мұның себебі атмосферадағы оң таңбалы зарядтар негізінен оның төменгі қабатында болатынына байланысты. Сонымен қатар, атмосфераның өткізгіштік қабілеті янтарь немесе кварц атаулы өтімді минералдардан 200 есе көп. Жер бетінен 100 км биіктікте ауаның өткізгіштік қабілеті өте жоғары мөлшерде болады.

Атмосфераның жоғарғы қабаттарында өткізгіш ауа қабатының болуы туралы деректер XIX ғасырда Жердің магнит өрісінің тәулік ішінде өзгеруін түсіндіру үшін айтылған. Кейін әр түрлі сәулеберлік жұмыстар нәтижесінде бұл болжам расталды. Күн мен ғарыш сәулелерінің және Жер беті топырағының радиоактивті сәулеленуі әсерінен бұл қабаттағы иондар жоғары мөлшерде қанығып, өткізгіш қабатқа айналады.

Жер бетіне жақын ауаның төменгі қабатының иондануы негізінен топырақтың радиоактивтік сәулеленуіне байланысты. Ал 5 км биіктікте ауаның иондануы негізінен Күн мен ғарыш сәулелері әсеріне, ал одан да жоғары биіктікте – тек қана Күн сәулесінің энергиясына байланысты.

Нәсер бұлттарда зарядтар бөлініп, олардың өз ішінде және бұлттар мен жер беті арасында жоғары мөлшерде электр өрісі пайда болады. Бұл өрістің кернеулігі өте жоғары, бір метр аумақта жүздеген киловольтқа жетеді. Бұлттар мен жер беті арасында және де бұлттардың өз ішінде *найзағай* деп аталатын ұшқын разрядтар пайда болады.

9.3. Жер қойнауындағы электр тогы

Жер қойнауында әр түрлі факторлар әсерінен табиғи токтар, яғни аймақтық және жергілікті өрістерден тұратын табиғи өріс пайда болады. Аймақтық электр өрісі (немесе теллурылық токтар өрісі) Күн радиациясы әсерінен атмосфераның иондалған жоғарғы қабатында болатын электрмагниттік құбылыстардан пайда болады. Мұндай өрістер жер бетінде ірі аумақты қамтиды. Жергілікті токтар болса, жер қыртысында

кездесетін әртектілік немесе атмосферадағы нөсер бұлттарға байланысты пайда болады.

Жер қойнауын зерттеуде Жердің стационар табиғи тогының яғни теллурлық токтың маңызы зор. Табиғи теллурлық токтың (ТТ) пайда болуы Күннің ультракүлгін және корпускулдық*) сәулелері әсерінен ионосфера қасиеттерінің өзгерісіне байланысты болады. Жер бетінен 220-280 км биіктікте немесе одан төменірек 80-100 км биіктікте орналасқан ионосфера қабатында Жердің магнит өрісі таралатын жолмен ионосфераға енген Күннің корпускулдары бұл қабатта біркелкі емес иондау процесін жүргізеді. Ионосфераның электрлік әртектілігі Күн желімен бірігіп, атмосфераның жоғары қабатында айнаымалы электр өрісін коздырып, ал ол өз кезегінде жер қыртысында айнаымалы өріс тудырады.

Айта кететін жәйт, теллурлық токтар Жер бетіне жақын арада таралады. Токтың тығыздығы өскен сайын ол Жер бетіне жақындай таралады. Электромагнетизм теориясында бұл құбылыс *скин-эффект* деп аталады.

Магниттеллурлық өріс теллур (электр) \bar{E} және магнит \bar{H} өрістерінен тұрады. Өрістің уақыт өткен сайын өзгеруін магниттеллурлық вариация деп атайды, оның қарқындылығы Күннің белсенділігіне, жыл мен тәулік мерзіміне, бақылау пунктiнiң ендiгi мен геоэлектрлік қимаға байланысты. Жер бетiнiң орталық ендiктерiнде вариация амплитудасы төменгi ендiктерге қарағанда көбірек болады. Әрбір 10-15° ендікке магниттік вариация амплитудасы 1,5-2 есе көбейеді. Жазды күндері магниттік вариация мөлшері қыс күндеріне қарағанда жоғарырақ, ең жоғары қарқындылық Күннің белсенді жылдарына сәйкес келеді.

Жер бетіндегі әрбір нүктеде теллурикалық токтың электр E және магнит H кернеулігі векторларының мөлшері мен бағыты үнемі өзгеріп отырады. Бұл екі өрістің таралу мерзімдері бірдей, сондықтан да Жер қойнауын зерттеуде олар бірге пайдаланылады. Өрістің өзара перпендикуляр құрастырушыларының қатынасы $\eta = E_x/H_y$ — *импеданс* деп аталады. Бұл шама өзін тудыратын сыртқы электромагниттік өріс мөлшеріне тәуелді емес.

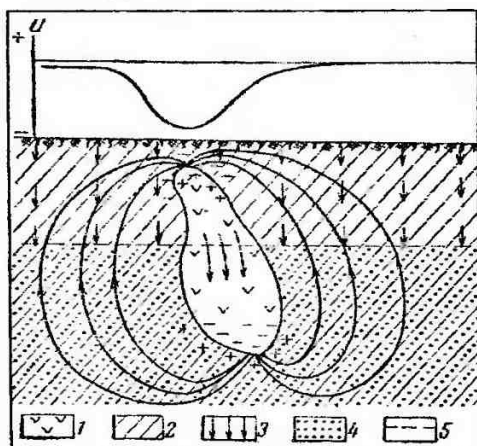
Геологиялық мақсаттар үшін жергілікті электр өрісті зерттеудің маңызы зор. Жергілікті өрістер негізінен таужыныстарда жүретін тотығу-тотықсыздану, диффузиялық-адсорбциялық және сүзілу-сіңу құбылыстарынан пайда болады.

Тотығу-тотықсыздану процесі, әдетте, электрондық және иондық өткізгіштік қасиеттермен сипатталатын таужыныстар жапсарында белгілі бір гидрохимиялық жағдайларда жүреді.

*) Корпускулдар — 1000 км/с жылдамдықпен Күннен таралатын зарядталған бөлшектер ағыны

Электрондық өткізгіштігімен сипатталатын руда денесінің (руда шоғыры немесе антрацит қабаты) жоғарғы бөлігі азрация^{*)} белдемінде, ал төменгі бөлігі – қаныққан белдемде орналасқан делік (9.1 сурет). Руда денесінің жерасты суы деңгейінен жоғары жатқан бөлігі жер бетінен сіңген су құрамындағы оттегі әсерінен тотығады. Су төмен сіңген сайын оттегі мөлшері азайып, жерасты су деңгейінен төменгі ерітінді сілтіге айналып, тотықсыздану реакциясы жүреді.

Тотығу реакциясы тотыққан элементтер атомдарының сыртқы электрондарын босатады, ал тотықсыздану реакциясы, керісінше, сыртқы электрондарды өзіне қосады. Сөйтіп, руда денесінің жоғарғы бөлігі оң зарядтармен, ал төменгі бөлігі теріс зарядтармен зарядталады. Ал сыйыстырушы таужыныстар иондық өткізгіштік қасиеттерімен сипатталып, оларда зарядтардың таралуы керісінше болады. Руда денесінің жоғарғы бөлігіне шекаралас орналасқан сыйыстырушы таужыныстар теріс (катиондар) зарядталып, төмендегісі – оң (аниондар) зарядталады. Осының нәтижесінде жер бетінде руда денесі теріс таңбалы аномалия тудырады (9.1-сурет).



9.1-сурет

Сульфидті руда кен шоғырында табиғи электр өрісінің пайда болуы: 1— руда денесі; 2 — сыйыстырушы таужыныстар; 3 — азрация белдемі; 4 — қаныққан белдем; 5—жерасты суының деңгейі

^{*)} Азрация белдемі – жер беті мен жер асты суы деңгейі арасындағы жер қыртысының жоғарғы бөлігі, мұнда су капиллярлықылғал түрінде болады

Табиғи электр өрісінің екінші бір таралу себебі таужыныстардың *диффузиялық-адсорбциялық* қарқындылығына байланысты. Егер бір тұздың концентрациясы әр түрлі екі ерітінді бір-бірімен жанасқан жапсарын қарастырсақ, олардың арасында потенциалдар айырмасы пайда болады. Потенциалдар айырмасының мөлшері катиондар мен аниондардың қозғалыстарына және ерітінділердің концентрациялары айырмашылығына тікелей байланысты. Мұндай электр өрісі әдетте бұрғылау ұңғымаларының қимасын зерттеуде пайдаланылады.

Табиғи өріс пайда болуының үшінші жолы *сүзілу процесі*. Таужыныстар қуыстарында сұйықтың қозғалысы кезінде қатты және сұйық фазалар шекарасында пайда болатын қос электрлік кабат ығысады, яғни судың қозғалыс бағыты бойымен зарядтар шығарылады. Осылай ығысқан зарядтар әсерінен пайда болған электр өрісі зарядтардың шығуына кедергі жасайды.

Әдетте сүзілу процесі кезіндегі электр өрісін пайда болған жерінен біршама қашықтықта байқауға болады (бұрғылау ұңғымасында, жер бетінде).

9.4. Таужыныстардың электрлік қасиеттері

Әрбір таужыныс өзіне тән электр кедергісімен (ρ) сипатталады. Таужыныстардың минералдық құрамына, бітіміне (текстурасына), құрылымдық ерекшеліктеріне, құрамындағы су мөлшеріне байланысты кедергі мөлшері де әр түрлі болады. Сонымен қатар, температура өскен сайын таужыныстың электрлік кедергісі азаяды.

Таужыныстың меншікті электрлік кедергісі жақтары 1 м-ге тең кубтың қарама-қарсы қырлары арасында таралатын тұрақты токқа кедергісі ретінде анықталып, $0,01\text{ м-мен}$ өлшенеді. Ал меншікті электр өткізгіштік $0,01\text{ м}^{-1}\text{ м}^{-1}$ -мен өлшенеді.

Айнымалы электрмагнит өрісінің ерекшелігі тек сол ортаның меншікті электр кедергісімен ғана емес, сонымен қатар диэлектрлік тұрақтысымен $\epsilon\text{ (см}^2\text{ с}^{-2}\text{)}$ және магниттік өтімділігімен μ анықталады.

Электрлік барлау жұмыстарында меншікті электр кедергінің маңызы зор. Минералдардың басым көпшілігі, әсіресе егер олар таза кристалдардан құралса, изолятор болып саналады. Құрғақ таужыныстар жоғары, ал ылғал таужыныстар – төмен кедергімен сипатталады.

Ылғал таужыныстардың өткізгіштігі иондық болады. Кейбір таужыныстар құрғақ жағдайда да жоғары өткізгіштігімен сипатталады. Мұндай рудалардың және таужыныстардың өткізгіштігі металдық немесе электрондық болып саналады.

Таужыныстарды құрайтын минералдардың басым көпшілігінің электр кедергісі сол таужыныстың қатты қаңқасын құрайтын минералдар мен рудалардың кедергісімен және флюидтердің электрөткізгіштігімен

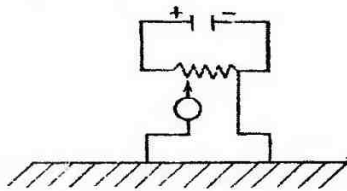
байланысты. Осы факторларға байланысты таужыныстардың меншікті электр кедергісі, *ом-м*-дің үлесінен миллиондаған *ом-м*-ге дейін өзгереді.

9.5. Электр өрісін өлшеу

Жер қойнауындағы тоқты өлшеу айтарлықтай қиыншылыққа түспейді. Егер екі темір стерженді (қазықты) аралығы 100 метрдей жерге қағып, олардан тартылған сымдарды электрөлшеуіш аспапқа қоссақ, аспап стрелкасы бұл тізбекте электр тогы барлығын көрсетеді.

Іс жүзінде, электр өрісі күшін және потенциалдар айырмасын өлшеу үшін потенциометр атаулы арнайы электрөлшеуші аспап қолданылады. Оның құрамында ток көзі – батарея, электр кедергі және гальванометр бар.

Теллурлық ток өрісін өлшеу үшін арнайы әдістер және күрделі қондырғылар керек. Қазір бұл салада үш түрлі тәсіл қолданылады: магниттеллурлық зондылау, магниттеллурлық профильдеу және магниттеллурлық ток тәсілдері. Бірінші тәсілде өрісті өлшеу барлық жиілікте жүргізіледі. Олардың нәтижесінде әр тереңдіктегі Жер қойнауы қабаттарының қимасын зерттеуге болады.



9.2-сурет

Потенциометрдің қарапайым сұлбасы

Магниттеллурлық профильдеу тәсілінде белгілі бір жиілікте өрістің өзгерісі зерттеледі. Бұл тәсілмен зерттеу нәтижесінде аудан ортасының белгілі бір қабатқа дейінгі ерекшелігі анықталады. Ал теллурлық ток тәсілінде магниттеллурлық токтың тек электр құрастырушысы ғана өлшеніп, қиманың ерекшелігі анықталады.

Қазіргі кезде магниттеллурлық зондылау тәсілімен Жердің терең қойнауының электрөткізгіштік қасиеттері 2900 км тереңдікке дейін зерттеліп отыр.

9.6. Геоэлектрлік зондылау

1970 жылдан бастап Жердің терең қойнауын зерттеуде бұрынғы Кеңес үкіметі аумағында қуатты магнитгидродинамикалық генераторлар

(МГД генераторы) пайдалана бастады. Олардың көмегімен Жердің сыйымдылығы (емкость), электрөткізгіштігі және магниттік қасиеттері жайлы деректер алуға болады. Осы деректерді сейсмикалық терең зондылау әдісімен қоса талдау арқасында Жер қойнауының құрылымын, заттық құрамын және тереңде орналасқан руда, мұнай-газ және т.б. пайдалы қазбалар орындарын зерттеуге мүмкіндік туды.

Қазір бұл мақсат үшін әр түрлі жағдайда жұмыс істейтін (тұрақты-стационар, уақытша-далалық) МГД-генераторлары іс жүзінде қолданылып жүр. Айта кететін жәйт, Жердің ішкі құрылысын зерттеу үшін МГД-генераторымен қоса жоғары кернеулі ток желілері және атмосферадағы табиғи нөсер бұлттарын да пайдалануға болады. Бұл тәсілдер жайлы арнайы әдебиеттерден оқуға болады.

10. ЖЕРДІҢ ГРАВИТАЦИЯ ӨРІСІ

Гравитация (gravitas) грек тілінен аударғанда ауырлық деген мағынаны білдіреді. Қазір гравитация деп жер бетінде, басқа планеталарда немесе ғарыш денелерінде, сонымен қатар ғарыш кеңістігінің өзінде ауырлық күшінің таралуын айтады. Бұл құбылысты зерттейтін ғылым саласы *гравиметрия* деп аталады.

Жердің гравитация өрісін зерттеу жаратылыстану ғылымының маңызды салаларының бірі. Өйткені, табиғатта болып жатқан барлық процестер Жер гравитация өрісінің заңдылығына сәйкес жүреді. Сондықтан да гравитация өрісін зерттеу аспан механикасының, физиканың, геодезияның, гравиметриялық техниканың және геофизикалық әдістердің дамуына тікелей байланысты.

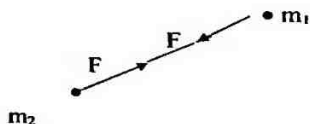
10.1. Бүкіләлемдік тартылыс заңы

Бұдан үш ғасырдай бұрын (1643-1727 жж.) И.Ньютон бүкіләлемдік тартылыс заңын ашты. Бұл заң бойынша, екі масса арасындағы тартылыс күші сол массалар көбейтіндісіне тура және олардың арақашықтығының квадратына кері пропорционал, яғни

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad (10.1)$$

мұнда G — гравитациялық тұрақты, m_1 және m_2 — ара қашықтығы r -ге тең бос кеңістікте орналасқан екі дененің массасы.

Бүкіләлемдік тартылыс заңымен анықталатын массалардың өзара тартылыс күші байқалатын кеңістікті *гравитация өрісі* деп атайды.



10.1-сурет
Ньютон заңына сәйкес массалардың
өзара қатынасы

$$m_1 = v_1 \sigma_1; \quad m_2 = v_2 \sigma_2, \quad (10.2)$$

мұнда v_1 және v_2 , σ_1 және σ_2 - бос кеністікте орналасқан ($\sigma_0=0$) денелердің көлемі мен тығыздығы.

Жер бетіндегі денелердің тығыздығы 0-ге тең емес. Олай болса, m_1 және m_2 :

$$m_1 = v_1 (\sigma_1 - \sigma_0); \quad m_2 = v_2 (\sigma_2 - \sigma_0), \quad (10.3)$$

мұнда σ_0 - қоршаған ортаның тығыздығы, v_1 және v_2 , σ_1 және σ_2 - қоршаған ортада орналасқан денелердің тығыздығы мен көлемі. $\sigma_1 - \sigma_0$ және $\sigma_2 - \sigma_0$ айырмаларын дененің *артық тығыздығы* деп атайды. Әдетте артық тығыздықтың таңбасы қоршаған орта тығыздығына (σ_0) байланысты оң немесе теріс таңбалы болуы мүмкін. Ньютон заңында (10.1-формула) артық массалардың көбейтіндісі қаралғандықтан екі массаның таңбалары бірдей болғанда F күшінің таңбасы оң болады, бұл тартылыс күшін білдіреді. Ал артық массалар таңбалары әр түрлі болған жағдайда, F күшінің таңбасы теріс болады, бұл екі дененің бір-бірінен тебу күшін білдіреді.

Енді (10.1) формуласындағы G - гравитациялық тұрақты дегеніміз не? Бұл әрбір геологиялық дененің гравитациялық әсерін білу үшін өте қажетті параметр. Егер 10.1-формуласындағы $m=m_1=1$ г және $r=1$ см деп алсақ, онда $F=G$. Мұнда m_1 , m_2 және r CGS жүйесінде өлшенетін болса, онда F күшінің өлшем бірлігі *дина* болады. Олай болса, гравитациялық тұрақтының (G) сандық мәні бір-бірінен 1 см қашықтықта орналасқан, салмақтары 1 г екі массаның өзара тартылыс күшіне тең (*дина*).

Егер әлдебір әдіспен m_1 және m_2 екі массалардың тартылыс күшін және арақашықтығын өлшеуге мүмкіндік болса, онда 10.1-формуласы бойынша гравитациялық тұрақтының мәнін табуға болады

$$G = \frac{Fr^2}{m_1 m_2}. \quad (10.4)$$

Қазір G мәнін анықтау үшін әр түрлі аспаптық әдістер қолданылады, оның орташа сандық мәні

$$G = 66,7 \cdot 10^{-9}.$$

10.2. Ауырлық күші

Ауырлық күші туралы деректер адамзатты ежелден ойландыруда. Ежелгі грек ойшылы Аристотельдің (біздің эрамызға дейінгі 384-322 жж.) пікірінше, дененің салмағы ауырлаған сайын, ол жерге тезірек түседі. Бұл пікірдің бұрыстығын алғаш рет Италияның ұлы ғалымы Пизан университетінің профессоры Галилео Галилей (1564-1642) дәлелдеген. Ол үшін Галилей өзінше тәжірибе жасап көзі жеткеннен кейін, университет профессорлары мен студенттер алдында тәжірибені көрсеткен. Галилей биіктігі 56 м Пизан мұнарасына шығып, үлкен зеңбіректің ядросы мен кішкентай бытыраны төмен қарай бір уақытта тастаған. Салмағының әр түрлігіне қарамастан, екі дене де бір уақытта жерге түскен. Сөйтіп көрермен халық алдында Аристотельдің пікірінің дұрыс еместігін Галилей бірінші болып дәлелдеген.

Галилей бірінші болып ауырлық күшінің өлшемі оның еркін түскен денеге беретін үдеуі екендігін дәлелдеп, оның мәнін анықтады ($\sim 980 \text{ см/с}^2$). Оның бұл салада сіңірген еңбегін бағалап, ауырлық күші үдеуінің өлшем бірлігін Галилей (*Гал*) деп атайды ($1 \text{ Гал} = 1 \text{ см/с}^2$).

Бүкіләлемдік тартылыс заңына байланысты, Жер бетіндегі әрбір денені Жер F күшімен тартады. Сонымен қатар, әрбір денеге орталықтан тепкіш P күші де әсер етеді (бұл күш Жердің өз осімен айналуы әсерінен пайда болып, Жердің радиусы бойымен бағытталады). Осы екі күштің векторлық қосындысы *ауырлық күші* деп аталады.

Ауырлық күші Жер бетіндегі әрбір денеге әсер етеді, оның мөлшері дененің массасына тура пропорционал. Бұл күштің адамға деген әсерін біз салмағымыз ретінде сеземіз.

Жалпы алғанда, ауырлық күшінің үдеуі

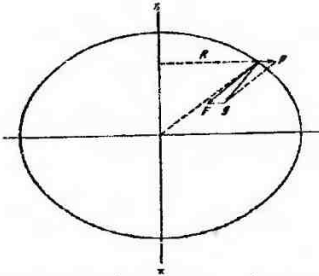
$$g = F + P + F_2, \quad (10.5)$$

$$P = \omega^2 \cdot r \cdot \cos \varphi, \quad (10.6)$$

мұнда P – орталықтан тепкіш күш, $\omega = 2\pi/T = 7,292 \cdot 10^{-2} \text{ рад/с}$ – Жердің өз осін айналуының бұрыштық жылдамдығы ($T = 86164 \text{ с}$ – Жердің тәулік ішінде өз осін айнала қозғалуының сидерикалық периоды), φ — ендік, F_2 – аспан денелерінің тартылыс күші (мөлшері аз, тек қана жоғары дәлдікпен жүргізілетін гравиметриялық түсірулерде анықталады).

Орталықтан тепкіш күш Жердің экваторлық көтерілуін (вздутие) тудырады. Бұл құбылыс туралы И.Ньютон өз еңбектерінде былай деген: Жердің сыртқы пішінін анықтау үшін оны сфероидпен (айналым эллипсоидпен) теңестірген жөн. Оның полюстік қабысуы (экваторлық көтерілуі)

$$\varepsilon = \frac{a - c}{a}, \quad (10.7)$$



10.2-сурет
Ауырлық күші g тартылыс F және орталықтан тепкіш R күштерінің векторлық қосындысына тен

мұнда a – үлкен (экваторлық) жартылай ось; c – кіші (полюстік) жартылай ось. Қазіргі деректер бойынша олардың айырмасы 21 км-ге тең, ал полюстік кабысудың мөлшері $\epsilon=1/298,25$.

10.3. Ауырлық күшін өлшеу

Ауырлық күші біздің планета және басқа да ғарыш денелері үшін өте маңызды параметр. Жыл сайын Жер бетінде, теңізде, ұңғымада және т.б. ортада ауырлық күшінің жүз мыңдаған мәні өлшенеді. Мұндай көптеген деректердің анықталуы оның ғылым мен техника саласында жан-жақты пайдалануына байланысты. Жылдан-жылға оның пайдаланылатын салалары да артуда. Осы өлшенген ауырлық күші мәндерінің басым көпшілігі белгілі бір аймақтың геологиялық құрылысын зерттеу және пайдалы қазбалар кенорындарын барлау барысында алынады.

Ауырлық күшінің үдеуін өлшеу үшін әр түрлі физикалық құбылыстарды пайдалануға болады: дененің жерге түсуі, маятниктің тербелісі, ауыр гироскоптың прецессиясы, ауыр зат әсерінен ішектің тербелісі, сұйықтың капилляр қуыспен көтерілуі және т.б. Дегенмен, бұл процестерге негізделген өлшемдердің нақтылығы әр түрлі. Сондықтан, іс жүзінде қазіргі аспаптарда бұл принциптердің аз ғана бөлігі іске асқан.

Ауырлық күші үдеуінің абсолют мәнін анықтау, ертеде Х.Гюгенс ұсынған маятник әдісімен жүргізіледі. Ауырлық күшінің үдеуі g , маятник тербелісінің периоды T және ілгіштің ұзындығы l арасындағы байланыс төмендегідей өрнектеледі:

$$g = 4\pi^2 l / T^2. \quad (10.8)$$

Ауырлық күшінің үдеуін 1 мГал-ға дейінгі (немесе ауырлық күшінің мәнін 10^{-6}) дәлдікпен өлшеу үшін секундтық маятник ілгішінің ұзындығы 0,001 мм (1 мк), оның периоды $5 \cdot 10^{-7}$ с дәлдікпен өлшенуі қажет. Мұндай дәлдікке жету үшін аспап сыртқы температурадан және басқа да

әсерлерден толық қорғануы керек. Бұл іс жүзінде қосымша қиындықтар тудырады.

Қазір ауырлық күші үдеуінің абсолют мәнін өлшеу үшін арнайы баллистикалық гравиметрлер жасалынған. Бұл аспапта төмендегідей принцип пайдаланылады. Дене биіктіктен төмен түскенде (құлағанда) t уақыты аралығында z жолын өтеді. Олардың арасындағы байланыс

$$z = \frac{gt^2}{2} + y_f, \quad (10.9)$$

мұнда v_0 – дененің бастапқы жылдамдығы. Егер $v_0=0$ болса, онда (10.9) формуласы төмендегідей болып өрнектеледі:

$$z = \frac{gt^2}{2}. \quad (10.10)$$

Бұл әдіспен ауырлық күші үдеуін анықтау үшін дененің t_1 және t_2 уақыттарындағы z_1 және z_2 деңгейлерін ғана өлшеу қажет. Олай болса,

$$g = \frac{2}{t_2 - t_1} \left(\frac{z_2}{t_2} - \frac{z_1}{t_1} \right). \quad (10.11)$$

Ауырлық күші үдеуінің абсолют мәнін жалпылыма өлшеу қиынға соғады, сондықтан іс жүзінде көбінесе салыстырмалы өлшем жүргізіледі. Ол үшін тірек жүйелері (опорная сеть) қолданылады.

Ауырлық күшінің мәнін өлшеу динамикалық және статикалық болып екі тәсілмен жүргізіледі.

Динамикалық тәсілмен дененің ауырлық күші әсерінен оның жағдайы байқалады, ал өлшенетін шама – дененің бір жағдайдан екінші жағдайға өту уақыты болып табылады.

Статикалық тәсілмен дененің ауырлық күші әсерінен оның жағдайының өзгерісін теңестіретін күш өлшенеді, ал өлшенетін шама – тұрақты массасы бар дененің сызықтық немесе бұрыштық қыжжуының сан мәні.

Динамикалық тәсілмен ауырлық күші үдеуінің абсолют және салыстырмалы мәндері, ал статикалық тәсілмен – тек салыстырмалы мәні ғана өлшенеді.

Ауырлық күшін өлшейтін аспапты гравиметр (латын., *gravitas* – салмақ, ауырлық, ал *metro* – өлшеймін) деп атайды.

10.4. Ауырлық күшінің жер бетінде таралуы

Ауырлық күшінің Жер бетінде таралуы Жер фигурасын зерттейтін геодезия ғылым саласы үшін маңызды зор. Гравиметриялық өлшеулер геодезиялық зерттеудің құрамдас бөлігі болып саналады. Мәселен, градустық өлшемдерге қарағанда гравиметриялық мағлұматтар бойынша Жердің қабысуын табу оңайға түседі.

Гравиметриялық деректер серіктер мен ғарыш кемелерін ұшырғанда міндетті түрде пайдаланылады. Өйткені, олардың орбитасын нақты есептеу үшін ауырлық күшінің жер бетіндегі таралу заңдылығын білу қажет.

Ауырлық күшінің абсолют мәні метрология саласында да аса қажет, өйткені экватордағы ауырлық күшінің мәні тұрақты шама, соған карап әр түрлі стандарттар, сонымен қатар механикалық, магниттік және электрлік күштердің өлшем бірліктері анықталады. Мәселен, электр тогының өлшем бірлігі *ампер* белгілі бір кескінді екі өткізгіш арқылы ток жібергенде олардың өзара қатынас (әрекеттесу) күшімен анықталады. Өткізгіштердің әрекеттесу күші *m* массасы белгілі *mg* салмағымен теңестіріледі.

Жер бетінде ауырлық күшінің таралуы Жердің сыртқы пішініне (формасына) және оның қойнауындағы массалардың таралуына байланысты. Егер Жер шары біркелкі қабағтардан тұратын сфера болса, онда Жер бетіндегі денелердің тартылыс күші барлық жерде бірдей болып, ауырлық күшінің үдеуі тұрақты болар еді. Бұл жағдайда ауырлық күшінің мәнін теориялық есептеулер арқылы табуға болады. Шындығында, Жер шары біркелкі дене емес, сондықтан өлшенген гравитация өрісінің мәні есептеулерден өзгеше болады. Бұл өзгешелік төмендегідей себептерге байланысты:

- бақылау пунктiнiң ендiгi φ мен биіктігі H ;
- бақылау пунктi аумағындағы жер бедері;
- жер қыртысы жоғары бөлігінің әртектілігі, яғни геологиялық аномалия.

Ауырлық күшінің бақылау пунктiнiң ендiгiмен және де Жердiң кабысуымен (сығылуымен) байланысын алғашқы рет Клеро тапқан (Клеро теоремасы). 1743 жылы Клеро көпшілікке белгілі Жер фигурасының теоремасын жасады. Өз жұмысында Клеро бүкіләлемдік тартылыс заңына сәйкес, Жердiң сыртқы формасы мен ондағы ауырлық күшінің таралуы арасындағы заңдылықты төмендегі теңдеулермен өрнектеді:

$$g = g_e (1 + \beta \sin^2 \varphi), \quad (10.12)$$

$$\beta = \frac{5}{2}q - \alpha, \quad (10.13)$$

мұнда g_e – экваторлық тұрақты; φ – бақылау пунктiнiң ендiгi; $\alpha = \frac{a-b}{a}$ -

кабысу; a, b – эллипсоидтың үлкен және кіші жартылай осьтері; $q = \frac{\omega^2 a}{g_e}$ -

орталықтан тепкіш күштің ауырлық күшіне қатынасы.

(10.12) және (10.13) формулалары Клеро теоремасының негізін құрайды. Бірінші (10.12) формула деңгейлік сфероид (геоид) беткейіндегі ауырлық күшінің қалыпты таралуын сипаттайды. Екінші (10.13) формула

φ және β шамалары арқылы сфероидтың қабысуын (сығылуын) сипаттайды.

Егер (10.12) формуласындағы ендікті $\varphi = \pm 90^\circ$ деп алсақ, онда полустегі ауырлық күшінің мәнін табамыз

$$g_p = g_e (1 + \beta),$$

яғни

$$\beta = (g_p - g_e) / g_e.$$

Сонымен, β полустегі ауырлық күшінің экватордағы ауырлық күшіне қарағандағы салыстырмалы артықтығын сипаттайды.

Ауырлық күшінің Жер бетіндегі қалыпты таралу заңдылығын көптеген авторлар зерттеген. Дегенмен іс жүзінде тек екі формула ғана кеңінен пайдаланылады: халықаралық формула есебінде қабылданған Гельмерт формуласы (1901-1909 жылдары айналым эллипсоидына есептелген) және 1930 жылғы Кассинис формуласы. ТМД аумағында гравиметриялық өлшемдер Гельмерт формуласымен өңделсе, Еуропа және Америка елдерінің көпшілігінде – Кассинис формуласы қолданылады.

Кейінгі кездерде ауырлық күшінің қалыпты таралуы аумағында бірнеше жаңа формулалар пайда болды: 1952 жылы И.Д.Жонголович, 1957 жылы Гайсканен және т.б.

1. 1901-1909 жылдардағы Гельмерттің қалыпты ауырлық күші формуласы тоғыз ендік белдемге бөлінген. Ол 1603 гравиметриялық станцияларда алынған деректерге негізделген:

$$\gamma^*) = 978,030 (1 + 0,005302 \sin^2\varphi - 0,000007 \sin^2 2\varphi). \quad (10.14)$$

Бұл формулада Жердің қабысу мәні $\alpha = 1 : 298,2$ –ге тең.

2. 1915 жылы үш осьті жер үшін есептелген Гельмерт формуласы барынша аномалиялық деңгейі төмен облыстарда орналасқан 410 гравиметриялық станциялар (таңдалып алынған) мәліметтеріне негізделген:

$$\gamma = 978,052 [1 + 0,005285 \sin^2\varphi - 0,000007 \sin^2 2\varphi + 0,000018 \cos^2\varphi \cos 2(\lambda + 17^\circ)]. \quad (10.15)$$

Бұл формулаға қабысу мәні $\alpha_1 = \frac{1}{295,1}$, $\alpha_2 = \frac{1}{298,3}$, $\alpha_1 - \alpha_2 = 230 \text{ м}$ –ге тең үш осьті эллипсоид сәйкес келеді.

Экватордың үлкен осінің бойлығы Гринвич меридианынан 17° батысқа қарай орналасқан.

3. 1930 жылы Стокгольмде болған халықаралық геодезиялық конгресте халықаралық формула есебінде қабылданған Кассинис формуласы:

* Өдетте, ауырлық күшінің қалыпты мәні γ арқылы белгіленеді

$$\gamma = 978\,049 (1 + 0,0052884 \sin^2\varphi - 0,0000059 \sin^22\varphi) . \quad (10.16)$$

4. Жонголович формуласы 1952 жылы 26000 гравиметриялық пункттерде алынған деректер негізінде жасалған. Жер шары 410 кішігірім аудандарға бөлініп, оның 229-ында ауырлық күшінің мәндері белгілі болған:

$$\begin{aligned} &\text{айналым эллипсоиды үшін} \\ \gamma &= 978\,0573 (1 + 0,0052837 \sin^2\varphi - 0,0000059 \sin^22\varphi), \quad (10.17) \\ \alpha &= 1 : 296,6; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{үш осьті эллипсоид үшін} \\ \gamma &= 978\,0573 [1 + 0,005268 \sin^2\varphi - 0,0000059 \sin^22\varphi + \\ &\quad + 0,0000155 \cos^2\varphi \cos 2(\lambda + 6^\circ)], \quad (10.18) \\ &\text{ең кіші қабысу мәні } \alpha = 1 : 298,0. \end{aligned}$$

5. 1957 жылы қалыпты ауырлық күші формуласын Гайсканен ұсынды. Барлық гравиметриялық деректер жақтары $1^\circ \times 1^\circ$ 6679 кішігірім аудандарға бөлінген:

$$\begin{aligned} \gamma &= 978\,0497 (1 + 0,0052902 \sin^2\varphi - 0,0000059 \sin^22\varphi), \quad (10.19) \\ \alpha &= 1 : 297,2. \end{aligned}$$

Жоғарыда келтірілген қалыпты ауырлық күші формулаларын талдай келе, соңғы Гайсканен формуласы халықаралық формулаға сәйкестігін көреміз. Гельмерттің 1901-1909 жылдардағы формуласы g_c және α мәндерін азайтса, Жонголович формуласы, керісінше, g_c және α мәндерін арттырады.

10.5. Ауырлық күшінің аномалиясы

Шынымен де, Жер қойнауы құрылысы жағынан біркелкі емес, оның пішіні сфера емес және де ол үнемі айналымда болады. Міне, осы аталған фактілер Жер бетіндегі ауырлық күшінің тұрақты болмауының басты себептері.

Сондықтан жер бетінде бір нүктеде өлшенген ауырлық күші үдеуі g_0 оның қалыпты γ (теориялық жолмен есептелген) мәнінен өзгеше болады. Міне, Жердің ішкі әртектілігіне байланысты өлшенген үдеу мәнінің есептелген қалыпты мәнінен айырмасын *гравитациялық аномалия* (грек, a – теріске шығару; *номос* – заң) деп атайды, яғни

$$\Delta g = g_0 - \gamma. \quad (10.20)$$

Ауырлық күшінің аномалиясы өлшенген нүктедегі оның нақты мәнінің қалыпты формула және редукциялар арқылы есептелген теориялық мәнінен ауытқуын сипаттайды. Тиісті редукциялар Жер

бетінде белгілі бір нүктеде өлшенген ауырлық күшін салыстыру үшін пайдаланатын бір беткейге келтіруге мүмкіндік береді.

Егер ауырлық күшінің қалыпты мәні айналу эллипсоиды сияқты Жердің дұрыс фигурасына сәйкес келіп, оның қабысуын сипаттайтын болса, ауырлық күшінің аномалиясы нақты жерді сипаттайтын деңгейлік беткейдің, мәселен геоид беткейінің, қалыпты эллипсоидтан ауытқуын көрсетеді.

Сонымен, ауырлық күшінің аномалиясы Жер қойнауындағы, дәлірек айтқанда оның жоғарғы бөлігі – жер қыртысындағы таужыныстар тығыздығының әртекті таралуына байланысты пайда болады. Сондықтан ауырлық күшінің аномалиясы жер қыртысының құрылысының ерекшеліктерін және оның құрамында әр түрлі тығыздықты таужыныстардың орналасуына байланысты геологиялық құрылымдарды сипаттайды. Әдетте ауыр таужыныстардан құралған бөлікшелер үстінде ауырлық күшінің үдеуі қалыпты жағдайдан жоғары (оң таңбалы аномалия), керісінше, жеңіл таужыныстар құрайтын бөлікшелерде ауырлық күші төмен немесе аз (теріс таңбалы аномалия) болады.

Орталықтан тепкіш күштің үдеуі, (10.6) формуласына сәйкес, Жердің тұрақты бұрыштық жылдамдығы мен Жер бетіндегі масса орналасқан параллель бойына және Жердің радиусына байланысты болады. Егер біз Жер бетінде бір нүктеде ауырлық күші үдеуін анықтаған болсақ, онда орталықтан тепкіш күштің үдеуін еске ала отырып, тартылыс күші үдеуін есептеуге болады. Бұл үдеудің шамасы Жер қойнауындағы массалардың таралуына тікелей байланысты. Сондықтан Жер бетінде олардың мәндерін анықтау аркасында Жер қойнауында орналасқан массалардың таралу заңдылығын болжауға болады.

Орталықтан тепкіш күш үдеуінің ең жоғары мәні экваторда болады (экваторда $g=6378$ км және $\varphi=0$, олай болса, 10.6 формула бойынша, орталықтан тепкіш күш $3,39$ Гал-ға тең). Дегенмен, мұнда оның мәні тартылыс күші үдеуінің $1/289$ бөлігін ғана құрайды. Полюсте орталықтан тепкіш күш үдеуі 0-ге тең. Олай болса, ауырлық күшінің үдеуі полюсте экваторға карағанда $0,53$ %-ға көбірек. Бұл дегеніміз, полюстегі 1 кг салмағы бар зат экваторда $5,3$ г-ға азаяды. Қазіргі деректер бойынша, экватордағы ауырлық күшінің мәні $978,032$, ал полюстегі – $983,218$ Гал.

Гравиметриялық түсіру арқылы Жердің нақты пішінін (геоид беткейін) зерттеу өте ыңғайлы. Жер бетінде жүргізілген және серіктір арқылы ғарыштық гравиметриялық түсірулер нәтижесінде геоидтың бетінің картасы тұрғызылды. Жалпы алғанда, геоидтың пішіні алмұрт тәрізді. Картадан оңтүстік полюс маңында мөлшері 15 м-ге шамалас ойпат, ал солтүстік полюс маңында мөлшері осындай керісінше көмпиме бар екендігі анықталды.

Жер бетінде жүргізілген гравиметриялық зерттеулер әдістемесін пайдалана отырып, Айды және басқа да планеталарды зерттеуге болады. Мәселен, АҚШ-та ауырлық күшін Айда өлшеуге арналған гравиметр құрастырылып, „Аполлон” атаулы ғарыш кемесімен Айға жеткізілген. Айды зерттеу арқылы ондағы ауырлық күшінің шамасы 162 653 *мГал*-дан 162 852 *мГал*-ға дейін өзгеретіні жайлы мағлұматтар алынды.

Жоғарыда айтылғандай, зат тығыздығының Жер бетінен тереңдеген сайын өзгерісін сипаттайтын заңдылықты пайдаланып, жер қойнауындағы ауырлық күші мәнін есептеуге болады. Бұл есептеулер төмендегідей қағидаларға иегізделген.

Жер бетіндегі тартылыс күші үдеуін (g_1) Жердің ауырлық центрінде орналасқан бірлік массамен тартылыс күші арқылы өрнектеуге болады. Ньютон заңына сәйкес

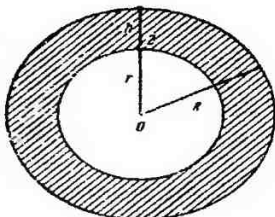
$$g_1 = k \frac{M}{R^2} = k \frac{\frac{4}{3} \pi R^3 \rho_{op}}{R^2} = \frac{4}{3} k \pi R \rho_{op}, \quad (10.21)$$

мұнда M – Жер массасы; R – Жер радиусы; ρ_{op} – Жердің орташа тығыздығы.

Егер біз бақылау пунктін h тереңдікте орналастырсақ (10.3-суретте 2 санымен көрсетілген нүкте), онда тартылыс күші үдеуін анықтау үшін суретте көрсетілгендей сфералық қабатты алып тастауымыз керек. Олай болса, h тереңдікте орналасқан нүктедегі немесе радиусы r -ге тең сферадағы тартылыс күшінің үдеуі (g_r)

$$g_r = k \frac{M}{r^2} = k \frac{\frac{4}{3} \pi r^3 \rho_r}{r^2} = \frac{4}{3} k \pi r \rho_r, \quad (10.22)$$

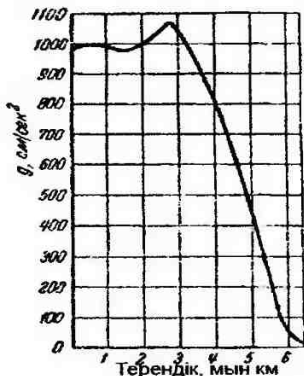
мұнда ρ_r – Жер қойнауындағы радиусы r -ге тең сфераның орташа тығыздығы.



10.3-сурет
Әр түрлі тереңдікте ауырлық күші үдеуін есептеу үшін пайдаланылатын сұлба

Осындай тәсілмен тартылыс күшінің үдеуін анықтауға болады. Ал ауырлық күшінің үдеуін анықтау үшін орталықтан тепкіш күші үдеуін еске алу керек. Осындай есептеулер арқылы анықталған ауырлық күші

үдеуінің өзгерісі 10.4-суретте келтірілген. Бұл суретке сәйкес, ауырлық күшінің ең жоғары мәні сыртқы ядро бетінде болса ($H=2900$ км), әрі қарай (тереңдеген сайын) ол тез азаяды, яғни Жердің ішкі қойнауында зат өз салмағын азайтады немесе жояды. Олай болса, Жер қойнауында көлденен және тік бағытталған қозғалыстар болатын жағдайда, олар тек Жердің беткі қабаттарында болуы мүмкін. Ал Жер ядросында, әсіресе Жердің орталық бөліктерінде, мұндай қозғалыстар бола қойған жағдайда, олардың мөлшері аз болуы ықтимал.



10.4-сурет
Ауырлық күші үдеуінің жер бетінен тереңдеген сайын

10.6. Ауырлық күшінің өзгерісі

Жер бетіндегі ауырлық күші уақыт өткен сайын тұрақты қалпында қалмайды. Ол Жер қойнауындағы геологиялық және геофизикалық процестерге, солардың әсерінен жердің ішкі массаларының Күн мен Айға және де басқа аспан денелеріне қарағанда қайта бөлінуіне (ығысуына) байланысты.

Ауырлық күшінің Жер бетіндегі өзгерісі екі түрге бөлінеді:

- *мерзімдік*, Жердің өз осін айналуына байланысты Жер бетіндегі нүктелердің орналасуы Айға, Күнге және басқа аспан денелеріне қарағанда өзгерісте болуы;

- *ғасырлық* (беймерзімдік), ішкі геологиялық және геофизикалық процестерге байланысты.

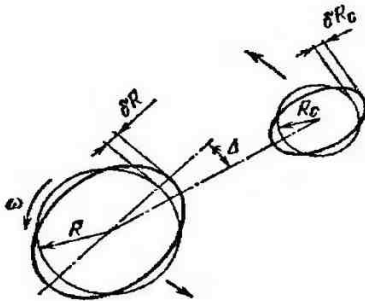
Ауырлық күшінің ғасырлық немесе баяу өзгерісі қазіргі гравиметрия саласындағы маңызды мәселелердің бірі. Бұл өзгерістің түп негізін (жаратылысын) тек қана теориялық тұрғыдан болжауға болады,

тәжірибелік жолдармен бұл әлі дәлелденбеген құбылыс. Кейінгі 40-50 жылдар бойы бұл салада көптеген тәжірибелік жұмыстар жүргізіліп, баяу өзгерістер аймақтық немесе жергілікті деңгейде әлі де болса нақты анықталмай отыр. Осы тұрғыда кейбір байқау пункттерінде алынған ықтимал өзгерістер туралы деректер өлшеу дәлдігінен аспай отыр.

Ауырлық күшінің мерзімдік өзгеруі негізінен Жердің Айға (кейде Күнге) қарағандағы кеңістікте орналасуының өзгеруіне байланысты. Ауырлық күшінің бұл өзгеруі *айлық-күндік* толқу деп аталады. Аспан шырағының тартылыс күші Жердің әрбір масса элементіне әсер етеді. Жердің Айға қараған бетіндегі нүктелердің тартылысы оның қарсы бетіне қарағанда көбірек. Жердің айналу барысында Жер бетіндегі әрбір нүкте тәулік ішінде екі рет ауырлық күші аз жағдайда болады. Айдың немесе Күннің айналымы эллиптикалық (шеңбер емес) орбитасына байланысты, ауырлық күші өзгерісіне, сонымен қатар, Жерден әр түрлі қашықтығы да әсерін тигізеді.

Есептеулерге қарағанда, Айдың әсерінен болатын ауырлық күшінің өзгерісі шамамен $0,25 \cdot 10^{-5}$, Күннің – $0,1 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$, яғни олардың біріккен әсері $0,3 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$.

Шындығында, Жер абсолют қатты дене емес, сондықтан тартылыс күшінің өзгерісіне байланысты ол деформацияланады (10.5-сурет), яғни Жер бетіндегі барлық нүктелер Айға қарай ығысады, Айға жақын жатқан нүктелер көбірек ығысып, ал қарсы бетінде жатқан нүктелер аз ығысып, жер бетінде дөңестік



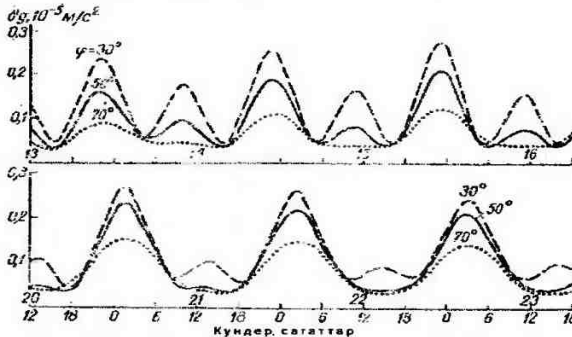
10.5-сурет
Жер және Ай беттерінің көтерілу сұлбасы

яғни көтерілу (тасу) толқыны пайда болады. Жердің Күнге қараған беті созылып, оған перпендикуляр беті сығылады, яғни Жерде үздіксіз көтерілу толқыны таралады. Әсіресе мұндай процестер мұхиттарда айқын көрінеді: олар мұхит суының тасуына әкеліп соғады.

Төменде, 10.6-суретінде, ауырлық күшінің Айдың фазасына байланысты әр түрлі ендікте орналасқан күндердегі өзгерісі бейнеленген. Айдың бұл тәуліктік өзгерісіне арнайы түзетулер енгізу үшін арнайы кестелерді қолданады.

10.7. Изостазия принципі

XX-ғасырдың ортасында алғаш рет жер қыртысының тепе-теңдік жағдайы туралы болжам айтылған. Болжам бойынша, жер қыртысына қосымша жүктеме түсіретін аймақтарда, мәселен таулы жерлерде, Жер қойнауында оған зат тығыздығының азаятын жерлері сәйкес келуі ықтимал, соның арқасында белгілі бір тереңдікте Жердің барлық бөліктері үшін қысым бірдей болады. Керісінше, жер бетінде массалар жетіспейтін аудандарға жер қыртысында зат тығыздығы жоғары болатын орындар сәйкес келеді. Бұл гипотеза тәжірибелік зерттеулерге негізделіп айтылған болатын. Өйткені, ағылшын Дж. Пратт Гималай тауы маңында Димаргида пунктінде жүргізілген өлшеу нәтижесінде есептелген ауытқуы $27''$,9 орнына $5''$,2 алған. Бұл деген таудың өзіне тартылысы аз болғандықтан, тау астында массалар жетіспейтін болғаны.



10.6-сурет

Ауырлық күшінің әр түрлі ендікте орналасқан байқау пункттеріндегі (Айдың әр түрлі фазасында) тәулік ішіндегі өзгерісі

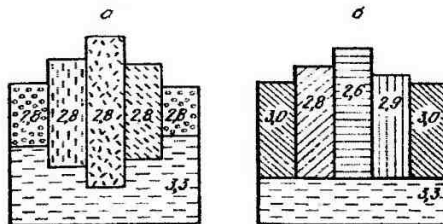
Изостазия принципі – геотектоника ғылымы саласындағы басты заңдылықтардың бірі. Бүгінгі таңда оның жалпыға танымал анықтамасы жоқ. Белгілі геофизиктер Б.Гутенберг және Ч.Рихтер XX ғасырдың 35–40 жылдарындағы еңбектерінде изостазия терминінің анықтамасын былай деп көрсеткен. *Изостазия* деп жер қыртысы массасының қайбір ауданда болмасын барлық тік колонналарда салмағының белгілі бір деңгейден жоғары (бұл деңгейді изостатикалық бет немесе изостатикалық деңгей деп

атайды) көлбеу қима бірлігіне қатынасы тұрақты болуын айтады. Қазірде изостазия геологиялық процестердің және жер қыртысы мен литосфераның дамып қалыптасуы барысындағы ауырлық күшінің ролін зерттейді деп айтылады.

Изостазия деген ұғым таулы аудандарда жүргізілген геодезиялық және гравиметриялық түсірулер нәтижелерін түсіндіру барысында пайда болған. Бұл түсірулер таулы аймақтардағы Жер қойнауында массалардың жетімсіздігін көрсетті. Оны түсіндіру үшін бұдан 100 жылдай бұрын Эри және Пратт деген ғалымдар бұл салаға арнайы болжам енгізді. Болжам бойынша, изостазия деген ұғым жер қыртысының сұйық субстрат төсенішіне қарағандағы тепе-теңдігін анықтайды.

1855 жылы ағылшын ғалымы Дж.Пратт Индияда геодезиялық жұмыстар жүргізген. Оның ойынша, тауға жақын жерде жүргізілген өлшем барысында Гималай тауының алып массасы ілінген тіктеуішті (отвес) өзіне тартып, тіктеуіш тауға қарай аутқиды. Ол тіпті алдын-ала осы ауытқу бұрышын да есептеп шығарды. Іс жүзінде (түсіру нәтижесінде) өлшенген ауытқу бұрышы, жоғарыда айтылғандай, теориялық есептелген бұрыштан 5 есе кем болып шықты.

Дж.Эридің ойынша, мұндай айырмашылық (үйлесімсіздік) төмендегідей жағдайға байланысты болуы ықтимал еді. Гималай тауының түбірін тығыздығы төмен таужыныстар құрайды. Ал одан төмен мантия болса, оның созылымдығы мен тығыздығы жер қыртысынан жоғары. Сондықтан жер қыртысының бөліктері мұз тауы (айсберг) сияқты төменгі созылымды мантияда жартылай қалқып жүреді. Олай болса, жер бетіндегі биік жерлерге жер қыртысының қалың бөлігі сәйкес келеді (10.7-сурет). Басқа сөзбен айтқанда, таулардың мантияға енетін түбірлері болады. Мұндай гидростатикалық тепе-теңдік *изостазия* (грек., *тепе-теңдік*) деп аталады.



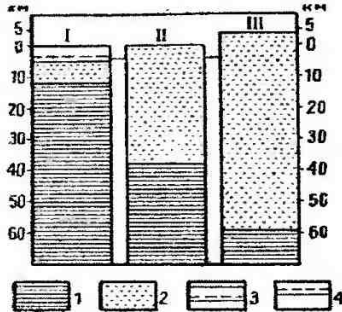
10.7-сурет

Жер қыртысының изостазиялық тепе-теңдігі:

А – Дж.Эри бойынша; Б – Дж.Пратт бойынша

Изостазия принципін келесі мысалдан толық түсінуге болады. Көп жылдар бойы континенттер мен мұхиттарды зерттеу нәтижесінде,

континенттер су бетінде жүзіп жүрген мұзға ұқсас, ауыр мантия қабатының үстінде жатқан жердің жеңіл бөлігі деп қарастырылған. Үстіңгі беті жайпақ мұздың қалыңдығы көбейген сайын, оның су бетіндегі бөлігі де жоғарылай береді (10.7 және 10.8- суреттер). Бұл көпшілікке Архимед заңынан белгілі қағида. Өйткені, мұздың жайпақ бетіндегі қысым (P) оның төменгі бетіндегі қысыммен тура келіп, судың және мұздың астында бірдей болады.



10.8-сурет

Изостазия принципін мұхитта (I), биіктігі кішігірім құрлықта (II) және таулы аймақта (III) түсіндіретін тағы да бір сұлба.

1 – субстрат (сима, тығыздығы $3,25 \text{ г/см}^3$); 2 – жер қыртысы (сиаль, орташа тығыздығы $2,8 \text{ г/см}^3$); 3 – су; 4 – тығыздығы $2,8 \text{ г/см}^3$ болғанда салмағы 5 кг теңіз суы қабатына тең қабаттың қалыңдығы

Егер H –мұздың қалыңдығы, h –мұздың төменгі бетіне дейінгі су қабатының қалыңдығы, g –ауырлық күшінің үдеуі деп белгілесек және $P=hd_1g=Hd_2g$ деп алсақ, онда $d_2 : d_1 = h : H$. Ал мұздың су бетіндегі бөлігінің қалыңдығы (A) төмендегідей формуламен анықталады:

$$A = H - b = \frac{d_1 - d_2}{d_1} H. \quad (10.24)$$

Мұздың тығыздығы (d_2) судың тығыздығының (d_1) $0,9$ бөлігін құрайтынын еске алсақ, онда қайбір мұз болмасын, оның қалыңдығының $0,1$ бөлігі су бетінде калқиды. Жер қыртысы міне осындай гидростатикалық тепе-теңдікте болады. Мұндай тепе-теңдік, жоғарыда айтылғандай, изостазия деп аталады. Жер қыртысының орташа тығыздығы $2,8 \text{ г/см}^3$, ал одан төменгі қабаттың (жоғары мантияның) тығыздығы $3,2 \text{ г/см}^3$ екенін еске алсақ, онда жер қыртысының беті су деңгейінен келесі шамаға $\frac{3,2 - 2,8}{3,2} H = 0,125H$ жоғары көтеріліп тұратын

болады (H—жер қыртысының қалыңдығы). Олай болса, жер қыртысы қалындаған сайын оның жоғарғы беті жер деңгейінен жоғарылай береді. Шыңдығында, тегіс немесе қыратты жерлерде жер қыртысының қалыңдығы 25 км-ден 40 км-ге дейін (орташа мәні 32 км) болады.

Сонымен, сейсмологиялық және гравиметриялық зерттеулер нәтижесі таулы қыраттардың мантияда түбірі барлығын, жер қыртысы мен оның субстраты арасындағы шекара бетін, жер беті бедерінің шағылған кескіні есебінде қарастыру керек екендігін дәлелдеді.

Ауырлық күшін өлшеу нәтижелеріне негізделген есептеулер изостазиялық тепе-теңдік ірі алқапты қарастырғанда орындалатынын көрсетеді. Жер қыртысының ауыр бөлшектері (таулы аймақтар), үстіне құм төккен мұздың суға батуына ұқсас, мантияға батып тұрады.

Таулы қыраттар су шайып, түйіршік материалдар (құм, құмайт) өзен суымен төмен ағуына байланысты қалқып жоғары көтеріледі. Мұндай процесс жер қыртысының қалыңдығы 32 км-ге жеткенге дейін жүруі ықтимал. Өйткені, бұл қалыңдық (жоғарыда айтылғандай жер қыртысының орташа қалыңдығы) теңіз суы деңгейімен бірдей болғанда, судың шаюы тоқталады. Сол себепті бүгін де миллион жылдар бойы шайылған ежелгі таулы қыраттар басында бастапқы пайда болған кезінде 20-25 км тереңдікте жатқан таужыныстарды көреміз (Карелия, Скандинавия, Канада жерлерінде кездеседі).

Жер бетінде жүргізілген гравиметриялық зерттеулердің нәтижелері таулы аймақтарда теріс таңбалы гравитациялық аномалиялар, ал мұхитпен шекаралас аудандарда – оң таңбалы аномалиялар болатынын көрсетеді. Бұл деректер таулы аймақтардың жеңіл таужыныстарымен (гранит), ал мұхит астының ауыр таужыныстарымен (базальт) төселетінін көрсетеді. Кейінгі зерттеулер нәтижесі жер қыртысының 90 %-нда изостазиялық тепе-теңдіктің сақталатынын дәлелдейді.

Жер серіктерінің траекториясын зерттей келе, ауырлық күшінің үдеуі g жоғары болған жерлерде серік траекториясы төмендеп, керісінше g төмендегенде, оның траекториясы жоғарылайтыны белгілі болды. Сонымен, серік траекториясы эллиптикалық траекториядан өзгеше болады. Осы мағлұматтар негізінде Жердің гравитация өрісінің ауытқуы есептеліп, геоидтың биіктігі анықталады. Бұл ауытқу Жердің басты топографиялық ерекшеліктеріне (континенттер мен мұхиттар орналасуына) байланысты емес. Олай болса, континент аймақтарда негізінен изостазиялық тепе-теңдік сақталады. Осыған байланысты ғалымдар континенттер мұхиттағы алып айсбергтер сияқты субстратта қалқып жүр деген болжам айтады.

Дегенмен, изостазиялық тепе-теңдік жер бетінің барлық аудандарында сақталмайды. Негізінен бұл тепе-теңдік жер бедері тегіс,

жер қыртысының қозғалысы баяу, ірі жерсілкінулер жоқ аудандарда ғана сақталады.

Керісінше, белсенділігі жоғары, ірі жерсілкінулер болатын, таудың өсуі мен ойпаттың төмен түсуі «тез» жылдамдықпен жүретін аймақтарда изостазиялық тепе-теңдік сақталмайды. Мұндай аймақтар шамамен жер бетінің 10 % –ын құрайды.

11. ЖЕРДІҢ ЖЫЛУ ӨРІСІ

11.1. Кіріспе

Адамзат баласы ежелден Жер қойнауындағы көзден тыс, алып күштердің жер бетінде білінуін көріп жүр. Солардың бірі – жанартау атқылауы. Жанартау атқылауы кезінде Жер қойнауынан үлкен мөлшерде жылу және механикалық энергия бөлініп шығады. Осы алып энергияны пайдалануға бола ма деген сұрақ тууы мүмкін. Өкінішке орай – жоқ, болмайды. Біріншіден, бұл уақытша құбылыс, екіншіден – жанартау атқылауы кезінде бөлініп шыққан энергияны сақтау мүмкін емес, оған ешбір адамға белгілі материал төтеп бере алмайды.

Әрине, жанартау атқылауы Жер қойнауындағы алып жылу энергияның білінуінің тек қана жалғыз түрі емес. Жер бетіне терең қойнауадан ыстық су мен будың шығатын бірнеше көздері бар. Мәселен, гейзер—ыстық су мен будың жер бетіне атқылап шығу көзі. Мұндай құбылыстар жанартау атқылау аудандарында немесе жер бетіне жақын, әлі де болса суымаған, магма массалары орналасқан аймақтарда кездеседі. Мұның бәрі (гейзер, жанартаулар) Жердің жылу өрісінің қуаттылығының, Жер қойнауындағы температураның жоғарылығының дәлелі.



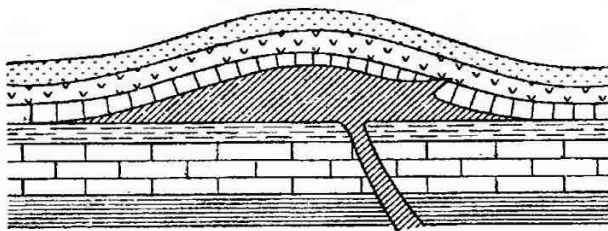
11.1-сурет

Исландиядағы үлкен гейзер

11.2. Жылу энергиясының шығар көзі

Есептеулерге карағанда, 40-50 км тереңдікте температура тастардың қалыпты қысымда балку температурасынан жоғары болуы керек, бірақ қысым тереңдеген сайын артады. (Жер ядросында қысымның мөлшері шамамен 3 млн атмосфераға тең. Мұндай жоғары қысым мен жоғары температурада заттар қатты күйде сақталатыны белгілі). Егер жер қыртысында жарықшақ болса, қысым күрт азайып, қатты күйдегі заттар тез сұйылып, зат жарық арқылы жоғары көтеріледі. Жарықшақ жердің бетіне шықпаса, магма Жер қойнауындағы қатпарларды көтеріп, сол ортада қалуы мүмкін (11.2-сурет).

Магмалық процестер екі түрлі жолмен жүреді: эффузивтік – жер қойнауынан көтерілген ыстық сұйық масса (лава) жер бетіне шығып жайылады, интрузивтік – сұйық масса жер қыртысы ішінде қалып, интрузиялық таужыныстар құрайды (11.2-сурет). Магмалық процестің екі түрі де Жердің ішкі температурасын бағалауға мүмкіндік береді.



11.2-сурет

Интрузия – магмалық таужыныстардың (қиғаш сызық) ортаға енуі нәтижесінде пайда болады

Жердің ішкі температурасын анықтауда жанартаулық лаваның температурасын тікелей өлшеу нақты тәсіл болып саналады.

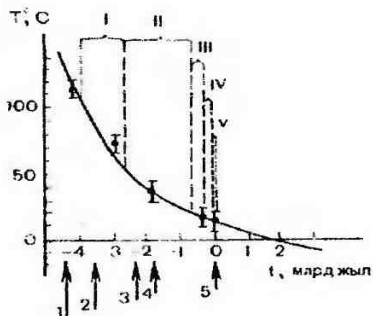
Егер магманың жер бетіне шығатын жолы болса (жарықшақ), онда жанартау атқылауы пайда болады. Жанартаудың көмейі (жерло) арқылы сыртқа қайнаған лава шығады. Лава суығаннан кейін, базальт, андезит, порфирит және т.б. таужыныстарға айналады.

11.3-суретте Жердің өткен геологиялық кезеңдердегі, қазіргі және келешектегі термикалық жағдайы келтірілген. Графикті тұрғызу үшін әр түрлі жастарымен сипатталатын таужыныстардың изотоптық құрамын зерттеу барысында алынған деректер пайдаланылған. Суреттен бұдан 4 млрд жыл бұрын жер бетіндегі температура 100°C -тан жоғары болғаны көрінеді.

Жер бетінде өмір бұдан 3,5 млрд жыл бұрын, температура 80°C -ка төмендеген кезде ғана пайда бола бастаған. Жер бетінде температура

50⁰С-қа жеткенде, қарқынды фотосинтез басталып, ал 25⁰С-қа жеткенде – атмосферадағы оттегінің мөлшері 0,3 %-ға жеткен. Олай болса, бұдан 2 млрд жыл бұрын тірі организмдер оттегімен дем алуға бейімделген (Пастер эффектісі - нүктесі).

Температура жер бетінен тереңдеген сайын өсетіні белгілі. Бұл процесс әр жерде әр түрлі заңдылықпен жүреді. Кейбір ауданда температура тез өсетін болса, басқа бір жерде бұл процесс өте баяу жүреді. Ғалымдар температура өзгерісін анықтау үшін шахтада, ұңғымада, тоннельдерде көптеген өлшеулер жүргізген. Температураның тереңдеген сайын өзгеруін анықтау үшін геотермиялық саты және геотермиялық градиент ұғымдары пайдаланылады. *Геотермиялық саты* деп температураның (Цельсий бойынша) бір градусқа көбеюін көрсететін тереңдік деңгейін (*m*) айтады. Ал *геотермиялық градиент* 100 *m* тереңдікте температураның өсуін көрсетеді.



II.3-сурет

Жер беті температурасының уақыт өткен сайын өзгеруі

(Г.Н.Скоробогаттың мағлұматтары бойынша):

I – архей; II – протерозой; III – палеозой; IV – мезозой; V – кайнозой.

1 – мұхиттардың пайда болуы; 2 – жер бетінде өмірдің пайда болуы;

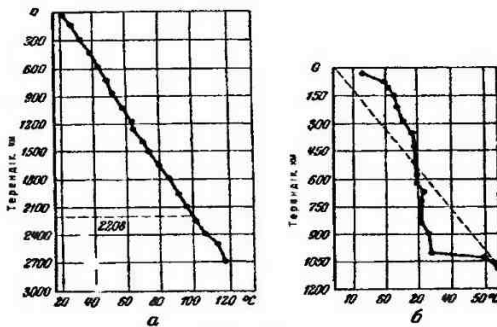
3 – фотосинтез жүргізетін организмдердің пайда болуы; 4 – Пастер нүктесі (0,3 % O₂); 5 – адамзаттың пайда болуы

Жан-жақты зерттеулер нәтижесінде, орташа есеппен, әрбір 33 *m* тереңдікке температура 1⁰С-қа өсетіні анықталды. Міне, температураның 1⁰С-қа көбейетін 33 *m* тереңдікті ғалымдар *геотермиялық саты* деп атаған. Дегенмен, тереңдігі әр түрлі ұңғымалардан (әр жерде) алынған мағлұматтар бұл заңдылықтың тұрақты еместігін көрсетеді. Жанартаулы аудандарда оның мөлшері аз. Ал платформаларда (жер қыртысы тұрақты, оның қозғалысы баяу, тыныш) геотермиялық саты 80-100 *m*-ге жетеді.

Мәңгі тоң аудандарында бұдан да көп. Мәселен, Сібірде мәңгі тоңның қалыңдығы 1,5 км-ге жетеді, яғни бұл тереңдікке дейін температура өспейді. Бұрғылау нәтижесінде мұндай аудандарда 1800 м тереңдікке жеткенде ғана температура 3,6 градусқа көтерілетіні анықталды.

Сонымен, орташа есеппен, геотермиялық саты 33 м-ге тең, ал геотермиялық градиент (температураның әрбір 1 м-ге өзгерісі) 1/33-ке тең. Олай болса, 1 км тереңдікке температура 30⁰-қа тең болуы керек.

11.4-суретте Лонг-Бич төңірегіндегі (Калифорния) бұрғылау ұңғымасындағы (а) және қатқан лава ағынындағы (б) температураның өзгерулері келтірілген. Екінші (б) суреттегі температураның күрделі өзгеруі жер бетіне жайылған лаваның біркелкі суынбауының нәтижесіне байланысты.



11.4-сурет
Ұңғымадағы (Калифорния) мен шахтадағы (Ореон)
температураның өзгеруі

Айта кететін жәйт, жоғарыда айтылған температураның өзгеруі – жер қыртысының жоғарғы қабатында ғана анықталған заңдылық. Ал Жер қойнауының терең бөліктеріне келсек, температура туралы нақты мағлұматтар жоқ. Оны шамамен анықтау үшін қазір жанама әдістер қолданылады. Жер қойнауының терең бөліктеріндегі температураны анықтаудың ең басты қиындығы – радиоактивті заттардың әр түрлі тереңдіктегі мөлшерінің белгісіздігі. Бұған қоса, радиоактивті заттар мөлшері уақыт өткен сайын өзгеріп отыратынын еске алу керек.

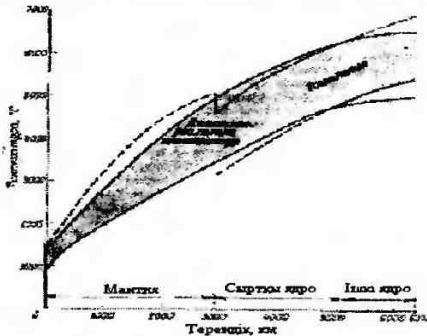
Жер қойнауындағы температураны анықтау үшін ұңғымалардан алынған деректер пайдаланылады (температуралық градиент). Егер аса терең емес ұңғымалардан алынған мағлұматтар бойынша орташа температуралық градиент 33⁰С деп алсақ, онда есептеулер бойынша Жер ядросында температура 200 000⁰С-тан жоғары болуы керек. Әрине, мұндай температура жер кіндігінде болуы мүмкін емес. Өйткені, мұндай

температурада зат газға айналады, ал Жердің ядросы болса қатты дене деп жоғарыда айтқанбыз. Олай болса, қабылданған температуралық градиент (33°C) дұрыс емес, яғни бұл градиент Жер қойнауында басқа заңдылықпен өзгереді.

Кейінгі кезде алынған ғылыми (теориялық) мағлұматтарға қарағанда, белгілі бір тереңдіктен бастап температуралық градиенттің өсуі тоқталады. 400 км тереңдікте температура шамамен 1600°C -қа тең, ал 2900 км тереңдікте шамамен 2500°C . Көптеген ғалымдардың айтуынша, жер кіндігіндегі температура шамамен 5000°C -қа тең болу керек.

Қазіргі ғылыми көзқарас бойынша, Жер қойнауындағы жоғары температура радиоактивті элементтердің ыдырауы нәтижесінде бөлінген жылу әсерінен және жер бетінен тереңдеген сайын көбейетін (жоғары орналасқан қабаттардың салмағы әсерінен) гравитациялық сығылуға байланысты. Жер қойнауының жылу режимі оның Күн сәулесі әсерінен қызуына байланысты. Ол әр климаттық белдемдерде әр түрлі болады. Көптеген тәжірибелік зерттеулер нәтижесі Күн сәулесі жер бетінен 20-25 м тереңдікке ғана жететінін көрсетеді. Бұл тереңдікте температура шамамен жер бетіндегі орташа жылдық температураға тең және осы мөлшерде жыл бойы сақталады. Орталық ендіктерде Күн сәулесінің әсері тіпті 1,5 м тереңдікте білінбейді. Жер бетінен төмен температураның жылдық өзгерісі білінбейтін қабатты бейтарап немесе тұрақты температуралық қабат деп атайды.

11.5-суретте әр түрлі теориялық есептеулер бойынша жер бетінен оның кіндігіне дейінгі температураның өзгерісі келтірілген. Графиктен жер бетінен тереңдеген сайын температура мәнінің нақтылығы төмендей түсетінін көреміз. Мәселен, 1000 км тереңдікте температура мәні әр түрлі деректер бойынша 1000°C -тан 1600°C -қа дейін өзгеруі ықтимал.



11.5-сурет
Жер қойнауындағы температураның өзгеруі

Қазіргі есептеулерге қарағанда, мантиядағы температураны анықтау нақтылығы шамамен

$\pm 500^{\circ}\text{C}$ –қа тең, ал ядродағы $\pm 1000^{\circ}\text{C}$. Олай болса, жер қойнауындағы таужыныстардың химиялық құрамы туралы нақты айту өте қиын.

11.3. Жердің альбедосы^{*)} және оның жылушағылу қабілеттілігі

Жердің альбедосы 0,29-ға тең. Бұл Күннен жер бетіне түсетін жылудың 29 пайызы кейін жұлдызаралық кеңістікке шағылады, ал қалған 71 пайызы жерге сіңеді дегенді білдіреді. Айдың альбедосы 0,07-ге тең, яғни ай күндерінде (14 күн) Күннен алатын жылудың баршасы сіңеді, ал шамасы осындай ай түндерінде жиналған жылу кейін жұлдызаралық кеңістікке тарайды.

Жердің альбедосы және оның жылушағылу қабілеттілігі бір орыннан екінші орынға өзгеріп отырады. Орман мен өсімдіктер жылуды жоғары деңгейде шағылдырса, өсімдік пен ағаш жапырақтары өсу барысында орасан зор жылуды сіңіреді. Ашық жер беті де жылуды жақсы сіңіреді. Орташа жылдық температура орманды жерде өсімдігі аз жерлерге қарағанда төмен болады. Қар жер бетінің температурасын ауаның температурасына қарағанда жоғарылатады.

Сонымен, жер бетінің жылуды сіңіру қабілеті оның альбедосына, ал шығыны – шағылу қабілетіне байланысты. Жылудың шағылу арқылы шығыны жылу өткізгіштік коэффициентінің (κ) температуралық градиентке (dv/dx) көбейтіндісіне тең.

11.4. Жер қойнауының жылу ағыны

Жер өзінің даму барысында әлемдік кеңістікке жылуының бір бөлігін таратып отырады. Осы шығынның мөлшерін анықтау үшін Жер қойнауынан бөлінетін жылу ағынын есептеу қажет. Әдетте жылу үш түрлі жолмен тарайды: *жылу өткізгіштік* жолмен, *конвекция* және *сәулелену* арқылы. Осы айтылған процестердің барлығы да Жер қойнауында бір-біріне тәуелсіз немесе бір-біріне байланысты жүруі мүмкін.

Жылуөткізгіштік – жылу таралу процесінің табиғатта кең тараған бір түрі. Бұл процесс бойынша жылу энергиясы молекулалардың кинетикалық энергиясының өзгеруіне байланысты қызған дененің ыстық бөлігінен суық бөлігіне тарайды. Жер құрамындағы әрбір материал өзіне тән меншікті жылу өткізгіштік қасиеттерімен сипатталады. Мәселен, металдар өте жоғары жылу өткізгіш дене болып саналса, басқа бір дене изолятор – нашар жылу өткізгіш қасиеттерімен сипатталады. Жылу

^{*)} Альбедо (*lat.albus* - ақ) – дене бетінің шағылу қабілетін сипаттайды: беттен шағылған жарық ағынының сол беткейге түскен жылу ағынына қатынасы

өткізгіштік – өте баяу процесс, сондықтан Жер сияқты алып денелер арқылы жылудың таралуы бірнеше миллиард жылға созылады.

Кейінгі кезде Жер шарының көптеген бөліктерінде (құрлықта, мұхит түбінде) жер астынан бөлініп шығатын жылудың мөлшерін анықтау үшін жан-жақты геофизикалық зерттеулер жүргізілуде. Жер бетіне шығатын жылу ағыны тікелей өлшенбейді, ол жылулық градиент және таужыныстардың жылу өткізгіштігі арқылы есептеледі, яғни алдымен температуралық градиент өлшенеді, сосын таужыныстың жылу өткізгіштік коэффициенті анықталады. Содан кейін барып жылу ағынының мөлшері табылады.

Жер беті арқылы таралған жылу энергиясы ағынының тығыздығы

$$q = -\lambda \frac{\partial T}{\partial z}, \quad (11.1)$$

мұнда λ – жылу өткізгіштік коэффициенті; $\frac{\partial T}{\partial z}$ – геотермиялық градиент, минус таңбасы жылу ағынының Жер қойнауынан жоғары көтерілуін сипаттайды.

Бұл теңдеу бойынша, жылу ағынын анықтау үшін жылу өткізгіштік коэффициенті мен температуралық градиентті білу қажет.

Жылу өткізгіштік коэффициент дала жұмыстарын жүргізу барысында алынған таужыныс үлгісі арқылы лабораторияда анықталады немесе арнайы аспаппен сол жату орнында өлшенеді. Ал геотермиялық градиент болса, сол аудандағы шахтада немесе ұңғымада жүргізілген температуралық өлшеулер арқылы есептеледі.

Қазіргі деректерге қарағанда, жер бетіне түсетін Күннің жылу ағынының орташа мөлшері 10^{-2} кал/(см²·с)-ке тең, ал Жер қойнауынан шығатын жылу ағыны 10^{-6} кал/(см²·с)-ке тең. Олай болса, жер қойнауынынан бөлінетін жылу ағыны әлдеқайда төмен. Күннің жылуы Жер бетіндегі бүкіл органикалық өмірге әсер ететінін еске алсақ, Жер қойнауынан шыққан жылу онда болып жатқан процестер туралы мағлұматтар береді.

Жылу таралудың тиімді жолы – *конвекция*. Бұл процесте қызған материалдың көлемі механикалық жолмен ауысады. Конвекция процесі әсіресе сұйық ортада тез тараған. Мәселен, отқа қойған кастрюльдегі сорпаның түп жағы тезірек қызып ұлғаяды, тығыздығы азайып жоғары көтеріледі, осының әсерінен жоғары бағытталған ағын пайда болады. Жоғары көтерілген сорпа ауамен шектесіп, оның тығыздығы артады да, ол ауырлық күші әсерінен төмен бағытталады. Осылай конвекциялық ағын пайда болады. Егер сорпа қою болса, онда оның тұтқырлығы сорпаның жоғары көтерілуіне кедергі жасайды, кастрюльдің түбі көбірек қызып, күйеді.

Жылу таралудың үшінші түрі – *сәулелену*. Бұл процесте жылу энергиясы адам денесін күйдіретін Күннің инфрақызыл жылуы сияқты сәулелену жолымен тарайды. Жердің терең қойнауында температура өте жоғары. Осы жоғары температура Жердің суық (жоғарғы) бөлігіне қарай таралады. Дегенмен, бұл тәсілмен жылудың таралуы басқа түрлермен салыстырғанда (жылу өткізгіштік, конвекция) өте аз.

11.5. Жер шарының геотермиялық зерттелуі

Планеталық жылу ағыны дегеніміз Жердің ішкі энергиясының жер бетіндегі білінуі. Қазіргі есептеулерге қарағанда Жерден жылудың бөліну мөлшері шамамен (3-4)·10¹³ Вт. Бұл геологиялық және тектоникалық процестерге байланысты энергетикалық жылу шығынына қарағанда бірнеше рет көп. Мәселен, жерсілкіну кезінде бөлінетін энергия шамамен 3·10¹¹ Вт, ал жанартау атқылау кезінде шамамен 8·10¹¹ Вт – қа тең энергия бөлінеді. Сонымен қатар, жылу ағыны Жердің ішкі терең қойнауының энергетикасы жайлы мағлұматтар беретін, Жер бетінде тікелей өлшенетін шама. Бұл деректерді жинаудың негізгі мақсаты - жер қыртысының, мантияның, жалпы Жер планетасының эволюциясын және олардың басқа да геофизикалық өрістермен байланысын зерттеу.

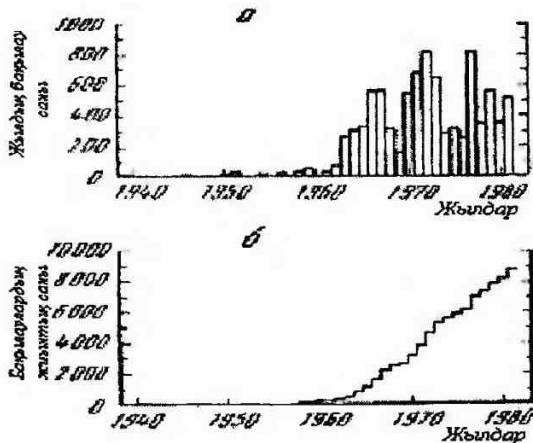
Құрлықтағы жылу ағыны туралы алғашқы деректер 1939 жылы, ал теңіздегі – 1952 жылдан басталған. 1985 жылға дейінгі аралықта 12 мыңнан астам жылу ағыны жайлы деректер алынды (11.6-сурет). Континенттер мен мұхиттарда алынған бұл деректер Жердің жалпы жылулық ағынының шығынына олардың қандай үлесі бар екендігі туралы жан-жақты мағлұматтар берді.

Қазіргі деректер бойынша, континенттерден таралатын жылу ағынының орташа мөлшері 56 мВт/м², ал мұхиттардан – 78 мВт/м².

Континенттерде жүргізілген геотермиялық өлшеулер сол аймақтың қалыптасуы неғұрлым ерте болса (орогенез, магмалық процестер), қазіргі жылу ағыны мөлшері соғұрлым аз болатынын көрсетеді, яғни соңғы тектоникалық-магмалық құбылыстан кейінгі уақыт көбейген сайын жылу ағынының азаятынын көрсетеді.

Кейінгі жылдары температура мен жылу ағынын өлшеу және оның аймақтық өрісінің таралу заңдылықтарын жан-жақты зерттеу қарқынды жүргізілуде. Бұл зерттеулер нәтижесінде жылу ағынының әр түрлі тектоникалық құрылымдарда таралуы, олардың кеністік пен уақыт өлшемінде гидрогеологиялық, климатологиялық және де басқа факторлармен байланысты өзгеруі анықталды. Негізгі мақсат – аномал жылу өрісінің таралуына негізделген геодинамикалық модельдер жасау және әр түрлі практикалық мәселелерді шешу.

Пайдалы қазбаларды геотермиялық тәсілмен іздеу геологиялық барлау әдістерінің құрамдас бір бөлігі болып саналады. Өйткені, руда денесі мен оны қоршаған ортаның жылу өткізгіштік қасиеттері өзгеше болып, жер бетінде жергілікті аномалия тудырады. Сонымен қатар, көмірсутектер өзіне тән термикалық жағдайда болса, олардың шоғыры белгілі бір жылу өрісімен сипатталады.



11.6-сурет

Жылу ағыны жайлы әлемдік деректердің жиналуы
[Комплексные ...,1989]:

- а – жылу ағыны жайлы жарық көрген басылымдар саны;
б – жылу ағынының жалпы анықталған саны (әрбір жылда)

Термокаротаждан алынған мағлұматтарды пайдалана отырып, ұңғымадағы сулы қабаттар белдемін ажыратуға болады. Кейінгі кезде табиғи сульфидті рудалар шоғыры рифт белдемдеріндегі гидротермалық қарқындылықпен байланысты екендігі анықталып отыр. Ал жоғары температуралы гидротермалық қарқындылық (температурасы 350°C-тан жоғары ыстық су көздері) әдетте балқыған мантия затының көтерілуіне байланысты.

Сонымен, геотермиялық зерттеулер Жер қойнауының құрылысы, құрамы және құрылымы жайлы маңызды мағлұматтар береді.

12. РАДИОАКТИВТІЛІК ЖӘНЕ ЖЕРДІҢ ЖАСЫ

12.1. Кіріспе

Жердің жасы деп оның дербес планета түрінде қалыптасуынан бергі аралықта өткен уақыт мөлшерін айтады. Жердің жасы оның ішкі температурасын, онда болып жатқан әр түрлі физикалық және физикалы-химиялық процестерді жете білуге тікелей қатысы бар. Қазір көп жылдар бойы жан-жақты жүргізілген зерттеулер нәтижесінде жасалған салыстырмалы жержылнама шкаласы (относительная геохронологическая шкала, *гео-жер, хронос-уақыт, логос-ұғым*) бар. Осы шкала бойынша Жердің бүкіл геологиялық тарихы бірнеше кезеңдерден тұрады. Осы кезеңдердің әрбіреуіне сәйкес таужыныстар және де қазба таснұсқалар табылған.

Салыстырмалы жержылнама шкаласын Жердің физикасын, оның қойнауында болып жатқан әр түрлі физикалық процестерді жан-жақты зерттеу үшін тікелей пайдалану мүмкін емес. Өйткені, шкалада жердің даму тарихында болған құбылыстардың нақты уақыты анықталмаған, онда тек қана Жердің геологиялық тарихында болған оқиғалардың бірінен соң бірінің тізбектілігі туралы деректер бар. Басқа сөзбен айтқанда, бұл шкала Жердің геологиялық тарихында кездесетін әрбір кезеңнің ұзақтығын нақты түрде (мәселен, жылмен) көрсетпейді. Сондықтан ғалымдар Жердің нақты (абсолют) жержылнама шкаласын жасаудың жолдарын іздестіруге мәжбүр болды. Мұндай шкала Жердің даму тарихында болған айтарлықтай құбылыстардың уақытын анықтауға мүмкіндік беруі керек.

XX-ғасырдың басында кейбір элементтердің атом ядросының өздігінен ыдырауы туралы ғылыми жаңалық ашылды. Бұл жаңалық Жердің нақты жасын анықтау үшін ғана емес, сонымен қатар оның ішкі термикалық режимін бағалауға да өз көмегін тигізді.

12.2 Табиғи радиоактивтілік

Радиоактивтілік құбылысты ашуда (1896) француз физигі А.Беккерель (1852-1908), ал оның құпияларын жан-жақты зерттеуде П.Кюри (1859-1906), М.Склодовская-Кюри (1867-1934), Э.Резерфорд (1871-1937) және олардың оқушылары мен әріптестерінің еңбегі орасан зор.

Радиоактивтілік құбылыстың ашылуы көптеген ғылым салаларының (радиометрия, ядролық геофизика, ядролық геохронология, геотермия және т.б.) дамуына себеп болды. 1906 жылы Дж.Релей (1842-1919) алғаш рет радиоактивтіліктің Жердің энергетикасына тікелей қатысы барын,

яғни жер қойнауындағы жылудың шығар көзі екендігін дәлелдеді. 1910 жылы бұл пікірді радиогеология, геохимия және басқа да геологиялық салалардың негізін салушылардың бірі, академик В.И.Вернадский (1863-1945) толығымен қолдап, 1913 жылы Ресейде осы кісінің басшылығымен табиғи радиоактивтілікті жан-жақты зерттеу басталды.

Радиоактивтілік құбылысының негізгі құпиясы мынада. Кейбір элементтердің атом ядролары (әсіресе, Менделеев таблицасының соңында орналасқан ауыр элементтер) өздігінен ыдырай отырып, титтей бөлшектер бөліп шығарады. Ыдырау біткеннен кейін пайда болған жаңа атом әрі қарай өзінше ыдырап, жаңа атом пайда болады. Осылай элементтердің ыдырауы барысында тұтас әулет пайда болады.

Ядролардың ыдырауы кезінде үш түрлі, α -, β - және γ - сәулелері таралады. Осы бөлшектердің ыдырауы кезінде пайда болатын жылу сол ортаны құрайтын тау жыныстарға сіңеді, ал сәулелену энергиясы жылу энергиясына ауысып, сол ортаны жылытуға жұмсалады.

Радиоактивтік ыдырау процесі сыртқы ортаның әсеріне (мәселен, температура, қысым және т.б.) немесе радиоактивті элементтің мөлшеріне тікелей байланысты емес. Радиоактивті ыдырау процесі – бұл сол элемент атом ядросының ішкі жағдайына тәуелді, оның өзіне тән қасиет.

Егер мөлшері белгілі радиоактивті заттың құрамында бастапқы саны N_0 -ге тең атомдар болса, t уақыттан кейін оның құрамында ыдырамай қалған атомдардың саны N -ге тең болады (N_0 – түпнұсқа атомдардың бастапқы мөлшері, N - t уақыты арасында сақталып қалған атомдар мөлшері). Осы екі шама (N_0 және N) арасындағы байланысты төмендегідей теңдеумен өрнектеуге болады:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}, \quad (12.1)$$

мұнда e – натурал логарифмнің негізі ($e \approx 2,7183$), λ —ыдырау процесінің жылдамдығын сипаттайтын коэффициент, ол әрбір радиоактивті элемент үшін тәжірибе барысында анықталады.

Әдетте ыдырау жылдамдығы радиоактивті заттың бастапқы күйден жартылай ыдырағанға дейінгі уақыт аралығымен сипатталады. Бұл уақыт аралығы *жартылай ыдырау мерзімі* деп аталады. Егер T -жартылай ыдырау мерзімі десек, онда $N = N_0/2$.

Олай болса, (12.1) формуласы былай жазылады:

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T}. \quad (12.2)$$

Теңдеудің екі жағын N_0 -ге қысқарту арқылы $-\lg 2 = -\lambda T \lg e$

$$\lambda T = \frac{1}{0,4343} \cdot \lg 2 = 0,693, \quad \lambda = \frac{0,693}{T} \quad (12.3)$$

Радиоактивті элемент өмірінің орташа ұзақтығы $\frac{1}{\lambda}$ -ге тең, ал элементтердің жартылай ыдырау мерзімі болса әр түрлі. Уран жартылай $45,1 \cdot 10^8$ жылда ыдырайды, ал торийдің жартылай ыдырау периоды $138,6 \cdot 10^8$ жылға тең.

Уранның ыдырауының соңғы өнімі – атомдық салмағы 206-ға тең қорғасын, ал торийдің – атомдық салмағы 208-ге тең қорғасын. Қорғасын әрі қарай өзінше ыдырамайды, ол құрамында уран немесе торий бар минералда жиналады. Егер салмағы 1 граммға тең осы элементтерден қанша қорғасын пайда болатынын білсек және зерттелетін минерал құрамында қанша уран, торий және урандық пен торийлік қорғасындар барын анықтасақ, сол минералдың пайда болған кезінен осы күнге дейінгі уақыт аралығын есептеп шығаруға болады.

Есептеулер бойынша, 1 г уран жылына $1,32 \cdot 10^{-10}$ г урандық қорғасын шығарады. Егер минерал құрамында a грамм уран және b грамм урандық қорғасын (атомдық салмағы 206) болса, онда бұл минералдың жасын шамамен төмендегі формула арқылы анықтауға болады:

$$t = \frac{b}{a \cdot 1,32 \cdot 10^{-10}},$$

мұнда t – минералдың пайда болған кезінен бері өткен уақыт.

Нақты есептеулер жүргізу үшін уран мөлшерінің уақыт өткен сайын азаюын және де торийдің үлесін білу қажет. Іс жүзінде мұндай есептеулер ағылшын геологы Холмстың формуласы арқылы жүргізіледі:

$$t = \frac{RaG}{U + 0,58 RaG} 7220 \cdot 10^6 \text{ жыл},$$

мұнда RaG – урандық қорғасынның мөлшері, U – минерал құрамындағы анықталған уран мөлшері, t – минералдың жасы. Егер минерал құрамында уранмен қатар торий болса (әдетте, практикада осылай кездеседі), онда есептеу Холмстың басқа бір формуласы арқылы жүргізіледі:

$$t = \frac{Pb}{U + 0,58Pb + 0,25Th} 7220 \cdot 10^6 \text{ жыл},$$

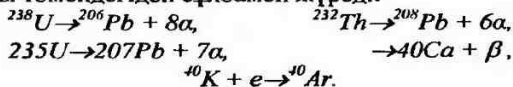
мұнда Pb , U , Th – минерал құрамындағы қорғасынның, уранның және торийдің мөлшері.

12.3. Жердің радиоактивтілігі

Жер қыртысындағы радиоактивті элементтердің мөлшері, жалпы алғанда, мынандай (%): уран – $2,5 \cdot 10^{-4}$; торий – $13 \cdot 10^{-4}$; калий – 40 – 1,26; радий – $5 \cdot 10^{-11}$. Жердің терең қойнауындағы қабаттардың радиоактивтілігі жайлы деректер жанартау атқылау өнімдерін, Жердің ішкі температуралық режиміне негізделген есептеулерге және де ірі астероидтар бөліктері болып саналатын метеориттердің құрамын зерттеу

нәтижелері арқылы анықталады. Осы есептеулер нәтижесінде мантияда $U \sim 0,012 \cdot 10^{-1}$, $Th \sim 0,05 \cdot 10^{-4}$, $K \sim 0,016$; ядрода: $U \sim 0,003 \cdot 10^{-4}$, $Th \sim 0,01 \cdot 10^{-4}$ екені көрінеді.

Жердің қазіргі радиоактивтілігі, негізінен, оның құрамында мынадай радиоактивті изотоптардың қатысуына байланысты: ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{40}K , олардың ыдырауы төмендегідей сұлбамен жүреді:



Радиоактивтік ыдырау барысында жылу энергиясы бөлінетіні белгілі. Олай болса, құрамында радиоактивті элементтер бар денеде ұдайы жылу бөлініп, дененің температурасын көтереді. Жерді және оның кабаттарын осындай дене деп қарастыруға болады.

Жердің, планеталардың радиоактивтілігін бағалау әр түрлі ықтимал жорамалдарға негізделген. Жердің радиоактивтілігін есептегенде, оны метеориттердің орташа радиоактивтілігіне тең деп аламыз. Әр түрлі топтардағы метеориттер құрамындағы уран, торий және калий мөлшерін біле отырып, Жерді құрайтын материалдардың радиоактивтілігін есептеп, Жердің белгілі бір радиоактивті моделі тұрғызылады.

Қазіргі геотермиялық деректер бойынша, жыл сайын Жердің $1,9 \pm 0,1 \cdot 10^{20}$ *Kal* жылуы жойылады. Бұл Жердің радиоактивтілік моделіне сәйкес таралатын жылу шамасынан (жылына $2,3 \cdot 10^{20}$ *Kal*) әлдеқайда аз. Бұл есептеулер радиоактивтілік құбылыстың Жердің жылулық теплетендігінде атқаратын ролінің жоғары екендігін, Жер қойнауы температурасының жоғары болуының қуатты энергетикалық факторы екендігін көрсетеді.

Жердің радиоактивтілігі өткен геологиялық кезеңде қазірге қарағанда жоғары болғаны белгілі. Әрбір радиоактивті изотоптың өзіне тән ыдырау жылдамдығын (жартылай ыдырау мерзімі арқылы) біле отырып, бүгінгі күнге қарағанда өткен кезеңде бұл изотоптың мөлшері қанша болғанын анықтауға болады. Осындай есептеулер нәтижесінде U^{238} изотопы 4,5 млрд жыл бұрын Жер қойнауында екі есе көп болғаны, яғни одан таралған энергия да екі есе көп болғаны анықталды. Олай болса, өткен геологиялық кезеңде радиоактивтілік Жердің жылу режимінде қазірге қарағанда айтарлықтай роль атқарған.

Сонымен, радиоактивті құбылысты жан-жақты зерттеу нәтижесінде төмендегідей қорытындыға келуге болады:

1. Жердің радиоактивтілігі – оның ішкі жылу өрісінің шығар көзі.
2. Жердің бастапқы кезеңдегі жоғары радиоактивтілігі - оның температурасының жоғары болуының дәлелі және де планетамыздың химиялық дифференциациясының негізгі себептерінің бірі болған.

3. Қазір белгілі көп жылдық радиоактивті элементтер изотоптары, оның ішінде трансурандық (^{244}Pu , ^{247}Cm , $Z=112-116$) ертеде Күн жүйесі құрамында болған деген жорамал бар.

4. Қазіргі Жердің және Күн жүйесіне кіретін басқа денелердің радиоактивтілігі ғарыш кеңістігінде болған ядролық эволюцияның салдары болуы ықтимал.

12.4. Жердің жасы

Жердің жасы адамзатты ертеден ойландыруда. Дегенмен, бұл туралы нақты деректер тек қана XX ғасырда, радиоактивті құбылыс ашылғаннан кейін пайда болды. Таужыныстың немесе минералдың жасын анықтауда ең басты талап – сол минералдың немесе таужыныстың геологиялық тарихында оның құрамындағы бастапқы және соңғы ыдырау өнімдерінің ауысуы.

Таужыныстың нақты (абсолют) жасын радиометриялық әдіспен анықтаудың негізі t уақытын табуда, яғни радиоактивті изотоп бір сәтте минералдың кристалл немесе таужыныс үлгісі болып белгіленіп қалған уақытын табу. Сондықтан (12.1) формуласын төмендегідей жазу ыңғайлы болады:

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{N_0}{N_t}. \quad (12.4)$$

Абсолют (нақты) жасты радиометриялық әдіспен анықтауда қолданылатын изотоптар үшін тәжірибелік жолмен ыдырау константалары белгіленген. Масс-спектрометрия көмегімен минералда немесе таужыныс үлгісінде түпнұсқа (Р) және туынды (Д) изотоптар мөлшерлерінің қатынасын анықтауға болады. Ол үшін (12.4) формуласын төмендегідей түрге келтіру керек

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left(1 + \frac{D}{P}\right), \quad (12.5)$$

мұнда t – зерттелетін үлгідегі белгіленген оқиғаның нақты жасы.

Әдетте нақты жасты радиометриялық әдіспен анықтауда ыдырау реакциясының туынды изотоптары (қорғасын, стронций және аргон) пайдаланылады. Оларды алу үшін жартылай ыдырау мерзімі жоғары элементтер ($4,5 \cdot 10^9$ және $7,1 \cdot 10^8$ жылдарға тең уран-238 және уран-235) пайдаланылады. Бұл элементтердің соңғы ыдырау өнімдері – әр түрлі атомдық массалы гелий мен қорғасын. Сондықтан бұл элементтердің мөлшерін анықтайтын әдістерді *гелий* және *қорғасын* әдісі деп атайды.

Табиғатта кең тараған калий-40 изотоптары ($T=1,25 \cdot 10^9$ жыл) екі тізбекпен ыдырайды: бірінші тізбекте соңғы өнім кальций-40, ал екінші тізбекте – аргон-40 пайда болады. Осы екі элементті пайдаланатын

әдістерді *калий-кальций* немесе *кальций* және *калий-аргон* немесе *аргон* әдісі деп атайды.

Қорғасын әдісінің негізін 1911 жылы ядролық геохронология ғылым саласының атасы, ағылшын ғалымы А.Холмс (1890-1965) салған, ал аргон әдісін – 1942 жылы радиогеохимия ғылым саласының негізін салушылары, академик В.Г.Хлопин мен профессор Э.К.Герлинг болған.

Таужыныстардың жасын анықтау үшін басқа да табиғи радиоактивті изотоптар пайдаланылады: рубидий-87 ($T=5,25 \cdot 10^{10}$ жыл), самарий-147 ($T=1,06 \cdot 10^{11}$ жыл) және с.с. Рубидий-87 β -ыдырауы нәтижесінде стронций-87 пайда болып, ол *рубидий-стронций* немесе *стронций* әдісі деп аталады. Самарий-147 α -ыдырауы нәтижесінде неодим-143 пайда болып, бұл *самарий-неодим* немесе *неодим* әдісі деп аталады.

Жас таужыныстардың жасын анықтау үшін көмірсутек-14 (углерод-14) ($T=5685$ жыл) элементтерінің ыдырауының соңғы өнімі азот-14 пайдаланылады. Арнайы әдебиетте бұл *радиокөміртек* немесе *радиокарбонат* әдісі деп аталып, геология саласымен қатар археологияда да кеңінен пайдаланылады.

Жоғарыда аталған әдістер көмегімен таужыныстардың және басқа да табиғи құрылымдардың жасын анықтаудың нақтылығы 10Т-ға тең (Т-жартылай ыдырау мерзімі).

Көп уақыт бойы жер бетіндегі ең ежелгі таужыныстардың жасы 3,8-3,9 млрд жылға тең деп саналатын. 1983 жылы Австралияда жасы 4 млрд жылға тең таужыныс табылды, кейін циркон минералының жасы 4,3 млрд жылға тең екендігі белгілі болды.

1956 жылы қорғасын әдісімен Жердің және метеориттің дәл жасы анықталды ($4,55 \pm 0,07$ млрд жыл). Кейін стронций әдісімен бұл нәтиженің дұрыстығы дәлелденді. Осындай жас Айдан Жерге әкелінген таужынысқа да тән болып шықты. Олай болса, бүгінгі Күн жүйесін құрайтын планеталардың жасы біршамалас, басқа сөзбен айтқанда, олар бір уақытта пайда болған.

Әдетте, аргон әдісімен негізгі, стронций әдісімен қышқыл және орташа құрамды таужыныстардың жасы анықталады, ал неодим әдісімен — метеориттер тарихын, Жер мантиясын және Күн жүйесін зерттейді.

Жер қыртысының ең аз деген жасы өте көне таужыныстардың нақты жасының ең көп мөлшерімен анықталады. Қазір бұл жас шамамен 3,5 млрд жылға тең. Жердің жоғарыда келтірілген әдістермен анықталған ең жоғары жасы 5,5 млрд жылға тең. Сонымен, қазір Жердің ықтимал жасы 4,5 млрд жыл деп айтуға болады.

Жоғарыда аталған радиоактивтік әдістер пайда болғанға дейін таужыныстар жасы салыстырмалы геохронология шкаласы арқылы анықталғанын айттық. Бұл шкала стратиграфиялық және

палеонтологиялық мәліметтерді саралау нәтижесінде геологиялық құбылыстардың біліну ретін ғана анықтайды.

Салыстырмалы геохронология шкаласы қазір нақты геохронологиялық шкалаға айналып отыр. Оның себебі – жоғарыда аталған радиоактивті әдістер арқылы шкаланың әрбір кезеңінің жасының нақты түрде анықталуы.

Геохронология шкаласы 5 эраға бөлінген: архей (архэос–алғашқы, зөз – өмір), протерозой (протерос–ранний, ерте), палеозой (палайос–ежелгі), мезозой (мезос–орта) және кайнозой (кайнос–жана). Бұл эралардың аттары сол кездегі Жер бетінде өмір сүрген жан-жануарлардың қалдықтары сақталған таужыныстарға (тастұсқаларға) сәйкес қойылған.

Қазірде осы 5 эраның үшеуі ғана (палеозой, мезозой және кайнозой эралары) толығымен зерттелген. Бұл үш эраны қосып фанерозой (фанерос – айқын, зөз –өмір) деп атаған. Ал көне, ежелгі екі эра (архей және протерозой) өте аз зерттелген. Оларды қысқаша криптозой (криптос – скрытый, жабық, зөз- өмір) деп атау ұсынылған.

Жердің жасы және оны анықтау әдістері толығырақ арнайы әдебиеттерде сипатталған.

13. ЖЕРДІ ҒАРЫШТАН ЗЕРТТЕУ

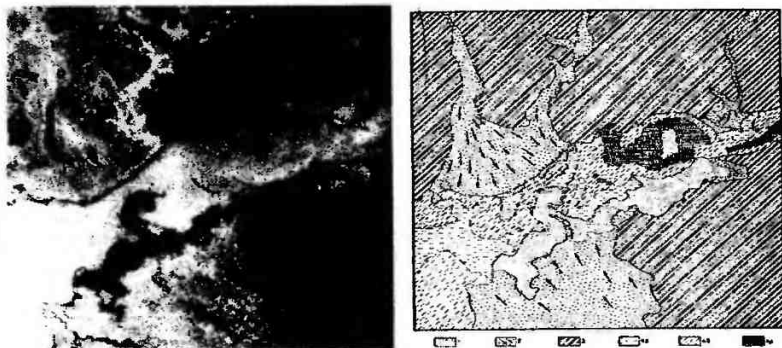
13.1. Кіріспе

Геологиялық процестердің жалпы заңдылықтарын, аймақтық және жаһандық геологиялық құрылымдар ерекшеліктерін байқаудағы және басқа геология саласындағы маңызды мәселелерді шешудегі ғарыштық түсірімнің орны айрықша. Ғарыштық түсірімдер әр түрлі геологиялық құбылыстар мен ірі құрылымдар немесе ірі аймақтағы олардың элементтері арасындағы байланысты айқындауға мүмкіндік береді. Ғарыштық түсірімдерден тектоникалық құрылысы әр түрлі аудандарды бөліп көрсетуге, жер бетіндегі көп жылдар бойы жүргізілген зерттеулер нәтижесін қорытындылауға болады. Бейнесуреттің масштабна байланысты бүкіл континентті, платформалар мен геосинклин алқаптарын, әрбір қатпарлар мен жарылымдарды зерттеуге болады.

Ғарыш биіктігінен түсірілген бейнесуреттер көмегімен кейбір қосымша құрылымдар туралы және белгілі бір аймақтың жалпы тектоникалық құрылысы жайлы мағлұматтар алуға болады. Көпшілік жағдайда беті жас геологиялық түзілімдермен жабылған құрылымдардың нақты орналасуын, оның беткі және тереңдік құрылысын бөліп көрсетуге болады. Ғарыштық түсірімдер арқылы жас тектоникалық қозғалыстың заңдылықтары мен қозғалыс бағытын және кейінгі тектоникалық процестердің ерекшеліктері мен қарқындылығын анықтауға болады.

Сонымен қатар, ғарыштық түсірімдер белгілі бір ауданның геологиялық ерекшеліктері мен жер бедері және су торабының арасындағы байланысты да байқауға мүмкіндік береді.

Ғарыштық түсірімдер планетамыз туралы, оның атмосферасы, гидросферасы, биосферасы, литосферасы және де осы қабаттарда бір уақытта стек алған құбылыстардың арасындағы байланыс жайлы бағалы мағлұматтар береді. Бүгін космонавтика көмегімен шешілетін алуан түрлі мәселелер бар, солардың ішінде Жердің ішкі құрылысын зерттеудегі ғарыштық түсірімдердің маңызы зор.



13.1-сурет

а – 1976 жылы «Салют-5» станциясынан 270 км биіктіктен түсірілген Балхаш көлінің суреті. Суретте көлдің орта шені көрінеді. Оңтүстіктен оған көптеген құрған қалған өзендер арнасы мен Іле өзенінің атырауы тірелген. Оңтүстік жағалауында қамыс қопа басқан тоғай көрінеді.

б – түсірімді бажайлау схемасы: 1 – қамыс қопа; 2 – өзендер арнасы; 3 – бейтегіс жазық; 4 – көлдің тереңдігі: а – саяз, б – орташа, в – терең

13.2. Ғарыштық түсіру материалдары

Жер бетін ғарыштан түсіру үшін әр түрлі диапазондағы электромагниттік толқындар пайдаланылады. Толқындар диапазонына байланысты ғарыштық түсіру бірнеше түрге бөлінеді.

1. Ғарыштан көзбе-көз қадағалау, фотосуретке түсіру және теледидарға түсіру.

2. Ғарыштық спектрометриялық түсіру.

3. Жердің жылу ағынын пайдаланып, ғарыш инфрақызыл спектрінде түсіру.

4. Ғарыштан микротолқын диапазонында түсірім жасау.

5. Ультракысқа толкындарды пайдаланып, ғарыштан радиолокация жасау.

Аталмыш қашықтан түсірулерден алынған нәтижелер сапалық жағынан бірдей емес. Жердің геосфералары жайлы басты деректерді ғарыштан суретке түсіру және теледидарға түсіру арқылы алуға болады. Бұл бейнесуреттерді алу әдістемесі әуебейнетүсірулер саласында көп жылдар бойы пайдаланылып келеді. Ал ғарыштан көзбе-көз қадағалаудың жаңа техникалық құралдар мен келешегі мол түсіру әдістерін тексеруге және жер бетінде нысандарды таңдауға маңызы зор.

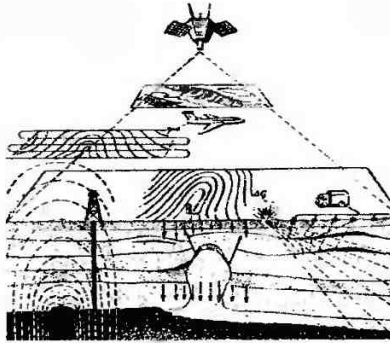
Ғарыштан түсірген бейнесуреттерді Жерге жеткізу тәсіліне қарай түсіру екі түрге бөлінеді. Біріншісі, ғарыш нысандарымен бірге Жерге жеткізілетін нұсқалық (оригинал) фотосуреттер болады. Екіншісі, ғарыштан Жердегі қабылдағыш станцияларға радиоканалдар арқылы берілетін теледидарлық түсірулер. Аталған тәсілдердің әрбіреуінің өзіне тән ерекшеліктері бар (бірінші – жоғары деңгейдегі сапалылық, екінші – Жердің бейнесуреттерін ретімен жүйелі түрде алу). Сондықтан да бұл тәсілдер бірін-бірі толықтырады. Жердің геологиялық құрылысын зерттеуде аталмыш екі тәсіл де кеңінен пайдаланылады.

Ғарыштан фотосуретке түсіру. Бейнесуреттегі мағлұматтардың сапасының жоғарылығы Жер бетіндегі ландшафтқа, бейнесуреттер жазылатын фототаспаның сапасына және түсіру масштабына тікелей байланысты. Қазіргі деректер бойынша, көпзоналық фотографиялық түсірудің келешегі мол деп есептелінеді. Өйткені, бұл түсіру әр түрлі жарықсүзгі арқылы арнайы таспаға синхронды түрде жазылады.

Теледидарға түсіруде жарық сезгіш элемент ретінде видикон атаулы аспап пайдаланылады. Видиконнан сигнал жер бетіндегі теледидарлық қабылдағышқа беріліп, оның экранындағы көрініс суретке түсіріледі.

Инфрақызыл түсіру. Дененің инфрақызыл сәулелер тарату қабілеті оның температурасы мен тарату қабілетіне байланысты. Жер бетінің қызу деңгейінің (температуралық күйінің) екі түрлі жолы бар: Күн сәулесінің әсері және Жердің ішкі жылуы. Күн сәулесі Жер бетін қоршаған орта температурасына дейін жылғытады. Жер бетіндегі нұсқалардың ылғалдығы, бітімі, жарықтылық деңгейі және т.б. параметрлерге, яғни жылу қасиеттеріне байланысты температуралық контрасттар 20⁰С-қа жетуі ықтимал. Ал Жердің ішкі жылуы Күн сәулесіне қарағанда тұрақты болғанымен, жанартаулық, гидротермалық құбылыстар етек алған аудандарда жоғары дәрежеде болады.

Атмосфера қабаты Күннің инфрақызыл сәулесін Жер бетіне бәрін бірдей өткізбейді. Толқын спектрінің кейбір бөлшектерінде сәулелер толығымен өткізілсе, кейбіреулерінде толығымен шашырайды.



13.2-сурет

Жер қойнауын зерттеу тәсілдері. Суретте геофизикалық аспаптармен жер бетінде тіркелген электромагнит, гравитация және басқа да өрістердің аномал өзгерісін тудыратын Жер қойнауының әр түрлі әртектіліктері. Бұрғыланған ұңғыма, жер бетіне шыққан түпнұсқа таужыныстар, әр түрлі геологиялық денелердің өзара орналасуы жер бетінен және ғарыштан түсірулерде білінеді. Олай болса, бұл мағлұматтар жердің әр түрлі қабаттарының заттық құрамын, құрылымын және оның даму тарихын зерттеуге мүмкіндік берелі

Инфрақызыл түсірудің артықшылығы – оның көмегімен Жер бетін тәулік бойы түсіруге болады. Дегенмен, күндізгі және түнгі түсірулер арқылы алынған жылу карталары температура өзгерісіне (күн мен түн) байланысты әр түрлі болады. Күндізгі түсіру нәтижелері Жер бетінің топографиялық және геоморфологиялық сипаттамаларын зерттеуде қолайлы болса, түнгі инфрақызыл түсірулер нәтижесінде Жердің ішкі геологиялық құрылымдарының жылулық әртектілігі жақсы білінеді. Өйткені, әр түрлі жылу ағынының мөлшері мен таужыныстардың жылу өткізгіштік қасиеттері анық білінеді.

Радиолокациялық түсіру Жерді қашықтан зерттеу саласындағы келешегі мол қосымша әдістердің бірі. Бұл әдіс әрбір таужыныстың шағылдырғыштық қасиетінің әр түрлі болуына негізделген. Бұл түсірудің негізгі артықшылығы – бейнесуретті түсіру ауа райынан тәуелсіз, тәуліктің қай уақытында болса да жүргізе беруге болады.

13.3. Жер беті бейнесуретін бажайлаудың негізгі принциптері

Бүгінде ғарыштық фотосурет және фототеледидарлық көрініс Жер бетін қашықтан зондылауда басты әдістер болып саналады. Түрлі-түсті,

кара-ак және көпзоналы бейнесуреттерді сапалы бажайлаудың негізгі принциптері бір-бірімен ұқсас. Бұл принциптер әуебейнетүсірулер нәтижелерін өңдеуде жан-жақты жете зерттелген, көптеген арнайы әдебиеттерде толығымен жазылған [Аэрометоды геологических исследований, 1971; Физические основы и технические средства аэрометодов, 1967 и др.]

Көптеген зерттеушілердің пікірінше [Вопросы методики геологического дешифрирования КС, 1973], ғарыштық бейне-суреттерді және әуебейнесуреттерін бажайлаудың негізгі басты принципі – әр түрлі геологиялық құбылыстар арасындағы өзара байланысты зерттеп, олардың жер бетінің ландшафтында білінуін табу. Дегенмен, ұсак масштабты ғарыштық фотосуреттерде геологиялық нысандар құрылымы әуебейнетүсірімдерге қарағанда өзгеше көрінеді, өйткені оған атмосфераның әртектілігі, бейнесуреттер масштабы және басқа да себептер әсер етеді.

Геологиялық мәселелерді шешуде пайдаланалатын белгілер *тікелей* (геологиялық нысандардың өзіне байланысты) және *жанана* (геологиялық нысандардың ландшафт элементтерімен байланысын білдіретін) [Аэрометоды при геологических исследованиях, 1962; Общие положения геологического дешифрирования..., 1971] болып екіге бөлінеді.

Тікелей бажайлау белгілері (пішіні, мөлшері, өзара орналасуы, түсі және нысанның фототоны) геологиялық бажайлау барысында барынша сенімді белгілер болып саналады. Бұл белгілерді іс жүзінде толық пайдалану үшін таужыныстар бейнесуретте анық көрініс беру керек.

Жанана бажайлау белгілері (жер бедері, беткі кабат – топырақ, өсімдіктер) әдетте кеңінен пайдаланылады. Бұл белгілердің, әсіресе қазіргі шөгінді жапқыштармен жамылған аудандарда, орны айрықша.

Көптеген зерттеушілердің пікірінше, бажайлау белгілері (тікелей немесе жанана) түсіру ауданының сипаттамасына, жыл және тәулік уақытына, түсіру жағдайына, фотоматериал сапасына байланысты өзгеріп отырады. Сондықтан да бейнесуреттен толық мағлұматтар алу үшін аталған белгілердің барлығын жинақтап қолдану қажет. Мұндай тәсіл бажайлаудың ландшафтық әдісі деп аталады [Общие положения геологического дешифрирования, 1971]. Бұл әдіс бір-бірімен байланысты екі бағытта жүргізіледі: ландшафт комплекстері арасындағы (геологиялық құрылысы, жер бедері, өсімдік және т.б.) және олардың элементтері немесе әр түрлі аймақтық комплекстер арасындағы (фациялар, ландшафттар).

13.4. Ғарыш бейнесуреттері көмегімен кейбір геологиялы-геофизикалық мәселелерді шешу мысалдары

Жерді ғарыш кеңістігінен зерттеу планетамыздың белгісіз құпияларын ашуда жана әдістердің бірі болып саналады. Ғарыштан жер бетін жалпы шолу барысында үлкен аймақты қамтуға болады, ірі құрылымдық элементтерді тауып, олардың орналасу ерекшеліктері мен өзара байланысын анықтауға болады. Жер бетінде жүргізілген зерттеулер нәтижесінде алынған жекелеген мағлұматтар ғарыштан біртұтас болып көрінеді. Ғарыш станцияларының ұшу биіктігіне және түсіру фототехникасына байланысты табиғи нысандарды әр түрлі масштабта түсіріп, жаһандық, континенттік, аймақтық, жергілікті мәселелерді шешуге болады. Егер де жер бетінен жүргізілген геологиялық және геофизикалық зерттеулер барысында кейбір ірі құрылымдар білінбей немесе көрінбей қалса, ғарыштық зерттеулер нәтижесінде ландшафтта білінетін жердің ішкі құрылысы жайлы мәліметтер алуға мүмкіндік береді.

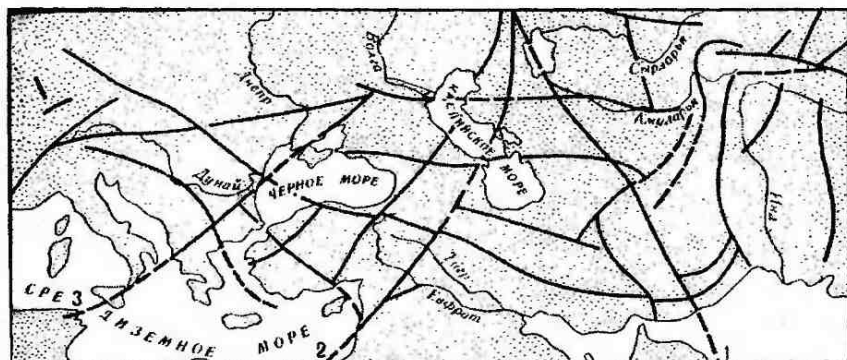
Линеаменттер – ғарыштық бейнесуреттерде жолақ фотоаномалия түрінде көрінетін жер бетіндегі әр түрлі ландшафт белдемдерінің немесе геологиялық құрылымдардың шекарасы. Литосфераның геологиялық дамуының алғашқы сәттері немесе бүкіл даму кезеңі терең жарылымдармен тығыз байланысты, яғни сол жарылымдармен шектеле дараланған. Геологияда линеамент деп ұзыннан-ұзақ созылған немесе доға тәрізді иілген өте ірі, яғни жалпыпланеталық тектоникалық құрылым элементін айтады [Сеитов, 2003]. Линеамент жайлы ұғым XX ғасыр басында қалыптасқан. Содан бері Жер бетінде геологиялық, геофизикалық және геоморфологиялық әдістермен көптеген линеаменттер анықталған. Енді мұндай құрылымдар ғарыштық бейнесуреттерден табылып отыр.

Линеаменттердің ғарыштық бейнесуреттерде көрінісінің өзінше ерекшеліктері бар. Бейнесуреттің масштабы кішірейген сайын онда линеаменттер барынша айқын көрінеді. Осы бейнесуреттерден көрінетін линеаменттердің жаратылысы қандай? Бұл сұрақтың жауабын бірнеше тұрғыдан қарастыруға болады. Біріншіден, линеаменттерді жер қыртысының козғалмалы терең жарылымдарымен теңестіруге болады. Екіншіден, олар жер қыртысының жоғары деңгейлі жарықшақтарымен сипатталатын белдемдерімен байланысты. Үшіншіден, линеаменттерді тектоникалық құрылымдар емес, бетті экзогендік факторлармен байланысты нысан есебінде қарастыруға болады.

Жаһандық және аймақтық ғарыштық бейнесуреттерде Иран еліндегі Орал-Оман линеаментінің кейбір бөлігі ұзын сызықты фотоаномалия

түрінде көрінеді (13.3-сурет). Бұл мысал ғарыштық бейнесуреттерде линеаменттер жер қыртысындағы ірі жарылымдармен теңестіруге болатынын білдіреді. 13.3-суретте осындай линеаменттер таулы аймақты қиып өтіп, жүздеген км-ге созылып жатқанын көреміз.

Линеаменттерді терең жарылымдармен теңестірудің өзінше ерекшеліктері бар. Терең жарылымдар жер бетінде әдеттегі әдістермен айқын анықталады. Ғарыштық бейнесуреттерде де мұндай линеаменттер анық көрінеді, сонымен қатар бұрын белгісіз көптеген жаңа линеаменттерді және олардың жыртылу тектоникамен байланысын анықтауға болады. Неге бұл белгісіз линеаменттер әдеттегі әдістермен анықталмаған? Өйткені, бұл линеаменттер (жарылымдар) жер қыртысында айтарлықтай тереңдікте беті жас таужыныстармен жабылған. Ғарыштық бейнесуреттерде олар кішігірім жарылым бөліктерінің жиынтығы, пішіні жолақ фотоаномалия түрінде білінеді.



13.3-сурет

Ғарыштық бейнесуретті бажайлау нәтижесінде анықталған Жерорта-мұхиттық геосинклиналь белдеуіндегі ірі жарылымдар (линеаменттер) схемасы:
1 – Орал-Оман; 2 – Пальмир-Апшерон; 3 – Сицилия.

Сонымен, ғарыштық бейнесуретте Жер қойнауының терең бөліктері рентген сәулесімен түсіруге ұқсас көрініс береді. Ғарыштық бейнесуреттің мұндай қасиеттері литосфераның терең бөліктерін, әсіресе көне платформалардың іргетасын және т.б. құрылымдарды зерттеуге кеңінен пайдаланылады.

Кейіннен алынған ғарыштық бейнесуреттерді талдау барысында жер бетінде көптеген линеаменттер мен суперлинеаменттердің бары анықталды. Олардың созылым бағыты (ендігі, бойлығы және диагональ бойынша) әр түрлі болып кездесетіні анықталды.

Сақиналық құрылымдар деп Жердің ішкі және сыртқы процестеріне байланысты дара немесе шағын түрде кездесетін дөңгелек пішінді құрылымды айтады. Жер бетіндегі сақиналық құрылымдар туралы деректер ертеден белгілі. Ғарыштық бейнесуреттер мұндай құрылымдарды зерттеуді одан әрі толықтырды. Бейнесуреттерді талдау барысында мұндай құрылымдарды әрбір аймақтан табуға болады.

Пішініне және жаратылысына байланысты сақиналық құрылымдар эндогендік, экзогендік, ғарыштық және техногендік түрлерге бөлінеді.

Эндогендік сақиналық құрылымдар Жердің ішкі күштері әсерінен пайда болады. Олардың сыртқы түрі жанартаулық конусқа, атқылама таужыныстар массивтеріне, тұзды күмбездерге, дөңгелек пішінді қатпарларға және т.б. құрылымдарға ұқсас.

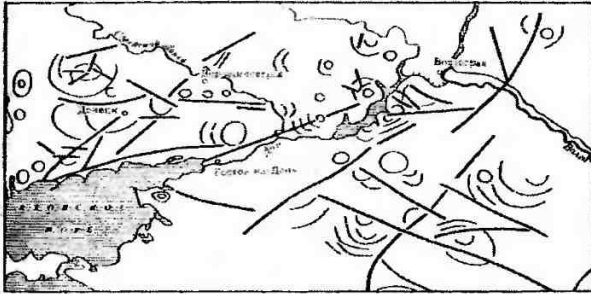
Экзогендік сақиналық құрылымдар сыртқы күштердің әсерінен пайда болады. Бұл топқа қыраттар, қазаншұңқырлар, депрессиялар және т.б. кіреді.

Техногендік сақиналық құрылымдар шаруашылық жұмыстары қарқынды жүргізілген жерлерде пайда болады. Олардың қатарына ірі ашық кеніштер (карьері), террикондар, жасанды суқоймалар және басқа да адам қолымен жасалған құрылымдар жатады.

Адамзат ғарыштан сақиналық құрылымдарды кеңінен зерттеуді кейінгі кезден бастады. Жер бетінде метеориттердің түсуінен пайда болған 100-ден астам метеорит кратерлері белгілі. Оларды арнайы әдебиеттерде «астроблемалар» (грек. – «жұлдыз жарасы») деп атайды. Мамандардың есептеуінше, кейінгі 2 млрд жыл ішінде диаметрі 1 км-дей кратер тудыратын шамамен 100 000 метеориттер түскен. Олардың 600-ге жуығы диаметрі 5 км-дей, ал 20-сы – 50 км және одан да үлкен кратер тудырады. Сондықтан да, астроблемалардың көпшілігі жер бетінде әлі де табылмаған деген пікір бар.

Сейсмикалық белсенділік. Ғарыштан түсірілетін инфрақызыл түсірім Жердің жылу әсерінен пайда болатын, жер бетіне жақын орналасқан, қалыңдығы бірнеше сантиметр ғана болатын жұқа қабатты зерттеуге мүмкіндік береді. Ғарыштық бейнесуретте пішіні таң қаларлық бұл қабат тек Жердің беті туралы ғана емес, оның құрылымы, ішкі процестері, атап айтқанда, сейсмикалық белсенділігі жайлы мағлұматтар береді.

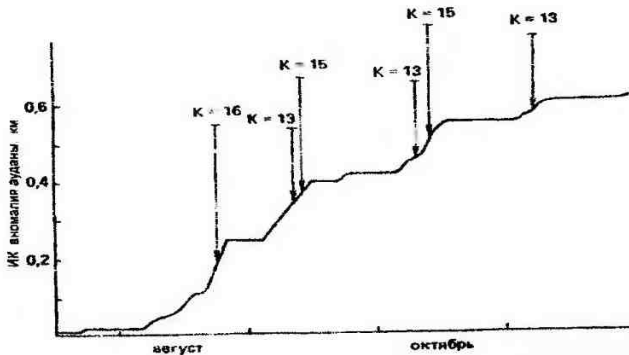
Геолог мамандар Жер бетін жақынаралық инфрақызыл диапазонда (0,5-1,7 мкм) түсірілген бейнесуретті кеңінен пайдаланады. Мұндай бейнесуреттерде жер бедері мен жер бетінің спектр ерекшеліктері айқын білінеді. Осындай бейнесуреттерді бажайлау арқылы морфоқұрылым мен жаңа тектоникалық қозғалыстар жайлы мағлұматтар алынады.



13.4-сурет

Шығыс Еуропа платформасының оңтүстік-шығыс бөлігінің бейнесуретін бажайлау нәтижесінде табылған сақиналық құрылымдар (А.Рябухин бойынша): 1 – сақиналық құрылымдар; 2 – жарылымдар

Ал қашықаралық инфрақызыл диапазондағы (8-14 мкм) түсірілген бейнесуреттерде, негізінен, жер бетінің температуралық күйі жайлы мағлұматтар алынады. Сейсмикалық қауіпті аймақтарды зерттеуде осындай бейнесуреттердің маңызы зор.



13.5-сурет

Тянь-Шань таулы аймағында және Тұраи тақтасында болған ірі жерсілкінулерді ғарыштан түсірілген инфрақызыл өрісінің қарқындылығымен салыстыру. Стрелкамен жерсілкіну болған уақыттар көрсетілген

Кейінгі жылдары жүргізілген зерттеулер нәтижесі жер бетінің температура режимі сейсмикалық белсенділік мерзімімен сәйкес екендігін көрсетеді. Жер бетінің температурасының ірі жерсілкінулер алдында көтерілуін ылғалдықтың өзгерісіне байланысты деп есептеледі. Мұның себебі, ірі жерсілкінулер алдында құдықта немесе ұңғымада жер асты су деңгейінің көтерілуі көпшілікке белгілі. Ал топырақтың ылғалдығының өзгерісі оның температуралық қасиетінің жылулық және ылғалдықпен алмасу жағдайларына байланысты.

Сейсмикалық қауіптілік пен инфрақызыл аномалиялар арасындағы байланыс 13.5-суретте көрсетілген. Суреттен энергетикалық класы 12-ден астам ($K \geq 12$) күшті жерсілкінулер жылу аномалиясы ауданы өскен кезеңге сай келеді. Керісінше, инфрақызыл аномалиялардың жоқ кезінде ірі жерсілкінулер болмайды.

Сонымен, жер бетін инфрақызыл диапазонда қашықтан зерттеу нәтижесін жерсілкіну қауіпті аудандарда оны алдан-ала болжауда қосымша тәсіл ретінде пайдалануға болады.

КЕЙБІР ТЕРМИНДЕРДІҢ ТҮСІНДІРМЕ СӨЗДІГІ

АБСОЛЮТ ТЕМПЕРАТУРА – Кельвин шкаласы бойынша абсолют нольден бастап есептелетін температура.

АЗИМУТ – географиялық меридиан мен жүргізілген бағыт арасындағы көлбеу бұрыш.

АКСЕЛЕРОМЕТР – жерсілкіну кезінде жер беті тербелісінің үдеуін тіркейтін арнайы аспап.

АЛМАСҚАН ТОЛҚЫНДАР (ОБМЕННЫЕ ВОЛНЫ) – екі ортаның шекара бетінен шағылып немесе сынып өткенде өз түрін ауыстырған толқындар.

АЛЬФА-СӘУЛЕЛЕР – радиоактивті ядролардан өте тез жылдамдық бөлініп шығатын бөлшектерден тұратын сәулелер.

АМПЛИТУДА – тербеліс мөлшерінің тепе-теңдік жағдайдан алшақтап кетуі (ауытқуы).

АНОМАЛИЯ – қалыпты жағдайдан ауытқу деген ұғымды білдіреді. Мәселен, геофизикалық А. – Жер қойнауындағы табиғи немесе жасанды шоғырлар әсерінен геофизикалық өрістің қалыпты жағдайдан ауытқуы.

АНТИКЛИН (грек., клино-еңкейтемін) – таужыныстар бірлестігіне тән қат-қабаттардың өзара жату пішіні. А. иілімдер дөңес пішінді болып, олардың өзегін құрайтын қабаттар сыртқы қабаттардағы таужыныстарға қарағанда көнелеу болуы қажет.

АСТЕНОСФЕРА (грек., asthens-әлсіз, shaira-шар) – жоғарғы мантияда орналасқан, затының қаттылығы, беріктігі, тұтқырлығы және сейсмикалық толқындардың жылдамдығы біршама төмен болатын, литосфераның төсеніші ролін атқаратын жұмсарған қабат.

АСТРОБЛЕМА – метеориттердің жерге түскен орнында пайда болған ойыстар.

АТМОСФЕРА – жер бетін айнала қоршаған ауа қабаты.

АУЫРЛЫҚ КҮШІ – Жердің тартылыс күші мен оның айналуынан пайда болатын ортадан тепкіш күшінің векторлық қосындысын құрайтын күш.

ӘЛЕМ (ВСЕЛЕННАЯ) – уақыт пен кеңістік өлшемінде шексіз, бүкіл материалдық дүниені сиғызып тұрған алып алқап.

ӘРТЕКТІ ОРТА – құрамы мен физикалық қасиеттері біркелкі емес геологиялық орта.

ӨУЕДЕН КӨЗМӨЛШЕРМЕН БАЙҚАУ (АЭРОВИЗУАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ) – ұшақтан жер бетіндегі нысандарға байқау жүргізу әдістерінің бірлестігі.

ӨУЕБЕЙНЕТҮСІРУ (АЭРОФОТОСЪЕМКА) – жер бетін ұшақтарға орнатылған арнайы аспаптармен суретке түсіру.

БАЛЛІ (БАЛЛЬНОСТЬ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ) – жерсілкіудің жер бетіндегі әсері бойынша оның күшін анықтайтын өлшемсіз шама. Ол 12 балдық шкала-кесте арқылы анықталып, сілкіністің жер бетіндегі қарқындылығын сипаттайды.

БЕЛДЕМ (ЗОНА) – *сейсмологияда*: жерсілкіну эпицентрлері шоғырланған алқап; *геофизикада*: физикалық ерекшеліктері жағынан өзін қоршаған алқаптан өзгеше дараланатын алқап.

БЕНЬОФФ БЕЛДЕМІ – жерсілкіну ошақтары шоғырланған, қалыңдығы оншақты километрге тең, Жер бетінен жер қыртысының астына қарай сұғына орналасқан тар белдем.

БЕРІКТІК (ПРОЧНОСТЬ) – таужыныстың қирамай (бұзылмай) ең жоғары кернеуге төзу шегі (қабілеті).

БЕТА-СӘУЛЕЛЕР – радиоактивті атом ыдыраған кезде, оның ядроларынан әр түрлі жылдамдықтармен бөлініп шығатын теріс зарядты электрондар мен оң зарядты позитрондар.

БЕТКІ СЕЙСМИКАЛЫҚ ТОЛҚЫНДАР – жер бетін жанай таралатын сейсмикалық толқындар. Олардың таралу жылдамдығы кума және көлденең толқындарға қарағанда аз. Әдетте беткейлік толқындар екі түрде кездеседі: Лява (Q) және Релей (R) толқындары.

БИОСФЕРА – жер шарының барша тіршілік тараған алқабы. Ол Жер атмосфера қабатының төменгі бөлігін құрайтын тропосферадан, гидросферадан және литосфераның 2-3 км-лік беткі бөлігінен тұрады.

БӨГЕУІЛ ТОЛҚЫНДАР (ВОЛНЫ-ПОМЕХИ) – пайдалы деректерсіз, сейсмикалық толқындармен қабаттасып тіркелетін толқындар.

БҰЗЫЛЫСТАР БЕЛДЕМІ (ЗОНА НАРУШЕНИЙ) – әр түрлі жарылымдар шоғырланған, картада ұзынынан созыла орналасқан аймақ.

БІРТЕКТІЛІК – заттың немесе белгілі бір ортаның физикалық қасиеттерінің барлық жерінде бірдей болуы.

ГАЛІ – Ауырлық күші үдеуінің өлшем бірлігі. Г.Галилей бірінші болып еркін түсетін дене үшін ауырлық күші үдеуінің мәнін анықтады (~ 980 см/с²). Оның бұл салада сіңірген еңбегін бағалап, ауырлық күші үдеуінің өлшем бірлігін Галилей (*Гал*) деп атайды (1 *Гал* = 1 см/с²).

ГАЛАКТИКА – Әлем деп аталатын алып та ауқымды жұлдыздар шоғырының бірегей жүйесін біріктіретін ұланғайыр кеңістік. Галактика 1180 бытыраңқы орналасқан және 1135 домалақ жұлдыздар тобынан тұрады. Осы жұлдыздар жиынтығы аспандағы Құс жолын құрайды. Жұлдыздар құрамы негізінен сутегі мен гелийден тұрады.

ГАММА – Жердің магнит өрісі кернеулігінің өлшем бірлігі. $1 \gamma = 10^5$ Эрстед. Кейінгі кезде кернеулікті сипаттау үшін тесла (*Тс*) атаулы бірлік пайдаланып жүр: $1 \text{ Тс} = 10^4 \text{ Э}$; $1 \gamma = 1 \cdot 10^9 \text{ Тс} = 1 \text{ нТс}$. СИ жүйесінде кернеуліктің өлшем бірлігі *ампер/метр (А/м)*, $1 \text{ А/м} = 4\pi \cdot 10^{-3} \text{ Э}$.

ГАММА-СӘУЛЕЛЕР – табиғи және жасанды радиоактивті элементтер ядросынан ұшқындайтын қысқа толқынды электромагнитті сәулелер. Альфа немесе бета-сәулелерімен салыстырғанда Г.С.-інің ұшқындауы кезінде ядроның заряд көрсеткіші, атомдық нөмірі және масса саны өзгермейді.

ГЕЙЗЕР – дүркін-дүркін ыстық су мен бу атқылап тұратын қайнар.

ГЕОДИНАМИКА – Жер шарында етек алған барлық процестерді, сол процестерді тудыратын күштер өрісін зерттейтін ғылым саласы.

ГЕОИД («ге»-жер, «иода»-ұқсастық) – жер бетінде салмақ күші потенциалының теңдес мағналарын бір-бірімен ойша қосқанда пайда болатын шартты жазықтық. Қазіргі мағлұматтар бойынша, Г. беткейі Еуропа, Африка, Тынық және Атлантика мұхиттарында эллипсоидтан жоғары, ал Солтүстік Америка, Азия және Үнді мұхиттарында – төмен өтеді.

ГЕОЛОГИЯ – Жер планетасының құрылысын, құрамын, жаралуын, тіршілік әлемін және даму заңдылықтарын зерттейтін ғылым саласы.

ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖАС – геологиялық құбылыс болып өткеннен бергі уақыт мөлшері. Г.Ж. нақты және салыстырмалы болып екіге бөлінеді.

ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ҚАТПАРЛАР – шөгінді және метаморфтық таужыныстар қабаттарының өз тұтастығын бұзбай-ақ деформацияға ұшырауы нәтижесінде қалыптасатын иілімдер жүйесі. Қатпарлар табиғатта өздерінің нысанына, мөлшеріне және пайда болу механизміне байланысты әр түрлі болып келеді: антиклин (оң қатпарлар — дөңестігі жоғары қарай) және синклин (теріс қатпарлар – ойыстығы төмен қарай) иілімдер олардың басты түрлері.

ГЕОМАГНЕТИЗМ – Жердің магнит өрісі жайлы ғылым саласы.

ГЕОМАГНИТ ӨРІСІ – Жердің магнит өрісінің әсері байқалатын кеңістік.

ГЕОМАГНИТ ПОЛЮСТЕРІ – егер Жерді диполь деп қарасақ, онда оның осі жер бетінде екі нүкте арқылы өтеді. Бұл нүктелер *геомагнит полюстері* деп аталады. Жер бетінде олар Гренландияның солтүстік-шығысында (координаталары 78,8⁰с.е., 71,3⁰б.б.) және Антарктикада (координаталары 78,8⁰о.е., 109⁰ ш.б.) орналасқан.

ГЕОСИНКЛИН, ГЕОСИНКЛИН АЛҚАБЫ – жер қыртысының тектоникалық белсенділігі жоғары, шөгінді таужыныстардың қалың қабатымен сипатталатын, магматизм процесінің де қарқынды болуымен ерекшеленетін ауқымды аймақ.

ГЕОСФЕРАЛАР – Жер планетасының бірінің ішіне бірі орналасқан концентрлі қабаттар түрінде дараланатын құрылымдық қабаттары (жер қыртысы, мантия және ядро).

ГЕОТЕРМИЯ (ГЕОТЕРМИКА, грек., термос—жылу) – Жердің жылу өрісін зерттейтін ғылым саласы.

ГЕОФИЗИКА – жер геосфераларында және оның ядросында етек алған физикалық құбылыстар мен процестерді зерттейтін ғылым.

ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ӨРІС – әр түрлі физикалық параметрлермен сипатталатын жердің табиғи немесе жасанды физикалық өрісі (мәселен жердің магнит өрісі, электромагнит өрісі т.с.с.).

ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ӨРІСТІҢ ӨЗГЕРІСТЕРІ – Жердің геофизикалық өрістеріне (магнит, электр және т.б.) тән көрсеткіштердің белгілі бір уақыт аралығында өзгеріске ұшырауы.

ГЕОЭЛЕКТРЛІК ҚИМА – таужыныстарды электр қасиеттері бойынша бөліп сипаттайтын жер қимасы.

ГИПОЦЕНТР (ФОКУС) – жерсілкінуі кезінде Жер қойнауында сейсмикалық толқындардың бастау алатын нүктесі (орны). Осы нүктеден (орыниан) жерсілкіну ошағында айырылым басталады.

ГИСТОГРАММА – абцисса осіне интервалдарға бөліп топталған деректер, ал ордината осіне сол деректердің сандық көрсеткіші (пайыз мөлшерімен) салынған графикті айтады. Гистограмманың ордината осі ықтималдық тығыздыққа сәйкес келеді.

ГОДОГРАФ – сейсмограммада жазылған толқындардың гипоцентрден сейсмикалық станцияға дейінгі таралу уақытының ара қашықтығымен байланысын көрсететін график.

ГОЛИЦЫН ДЕҢГЕЙІ (ГРАНИЦА ГОЛИЦЫНА) – жер бетінен шамамен 400-500 км тереңдікте орналасқан, сейсмикалық толқындар жылдамдығының күрт өсуімен сипатталатын жоғарғы мантиядағы шартты беткей. Бұл беткейді 1916 жылы орыс ғалымы Б.Голицын ашқан.

ГРАВИМЕТР – ауырлық күші үдеуін өлшейтін геофизикалық аспап.

ГРАВИМЕТРИЯЛЫҚ БАРЛАУ, ГРАВИАРЛАУ (ГРАВИМЕТРИЧЕСКАЯ РАЗВЕДКА, ГРАВИРАЗВЕДКА) – таужыныстар тығыздығына негізделген геофизикалық барлау әдістерінің бір түрі. Пайдалы қазбалар және оларды қоршаған таужыныстары тығыздықтарының айырмашылығына байланысты гравитациялық аномалиялар айқындалады.

ГРАВИТАЦИЯ ӨРІСІ – әлемдік тартылыс заңына сәйкес (Ньютон заңына) массалардың өзара тартылыс күші байқалатын кеңістік. Жердің даму барысындағы және оның қазіргі жағдайына қатысты барлық процестер гравитация өрісіне тікелей немесе жанама түрде байланысты.

ГРАДИЕНТ – кез-келген физикалық өрістің белгілі бір бағытта өзгеру жылдамдығын өрнектейтін векторлық шама.

ГУК ЗАҢЫ – кернеу мен соған байланысты пайда болған деформация арасындағы қатынасты сипаттайды.

ҒАРЫШТЫҚ ТҮСІРІМДЕРДІ БАЖАЙЛАУ – ғарыш станциялары мен ғарыш серіктерінен түсірілген бейнесуреттер мен теледидар

суреттерін жан-жақты зерттеу арқылы сол суреттердегі көріністің өзіндік ерекшеліктері анықтау тәсілі.

ДЕФОРМАЦИЯ (лат. *deformatio* - ақаулану, бұрмалау, өзгеру) – денелердің геометриялық пішінінің немесе көлемінің өзгеруі (серпімді деформация). Геология ғылымы саласында Д. әр түрлі тектоникалық күштер әсерінен таужыныстар блоктарының немесе жекеленген жер қыртысы аймақтарының өз пішіні мен көлемін өзгерту процесі.

ДИЛАТАНСИЯ – жер қыртысындағы серпімді немесе серпімсіз өзгерістерге байланысты таужыныстар көлемінің өсуі.

ДИЭЛЕКТРЛІК ТҰРАҚТЫ (ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПОСТОЯННАЯ) – электр өрісінің әсерінен таужыныстың өзіндік электр зарядын сақтау қабілеті.

ДЫБЫС ТОЛҚЫНЫ (ЗВУКОВАЯ ВОЛНА) - қатты, сұйық және газ тәрізді ортада таралатын механикалық тербеліс. Жиілігіне байланысты шартты түрде Д.Т. үш түрге бөлінеді: *құлаққа естілетін* Д.Т. (жиілігі 16 Гц – 20 кГц), *инфрадыбыс* (жиілігі 16 Гц-тен төмен), *ультрадыбыс* (жиілігі 20 кГц – 1 ГГц).

ЖАНАРТАУ (ВУЛКАН) – жер қойнауынан жарықшақтар арқылы көтерілген магманың жер бетіне шыққан жері.

ЖАНАРТАУЛЫҚ ЖЕРСІЛКІНУ – жанартау атқылау әрекетіне байланысты болатын жерсілкінуі. Мұндай жерсілкінулер белгілі бір жанартаулық белдеулерге сәйкес келеді.

ЖАН-ЖАҚТЫ СЫҒЫЛУ МОДУЛІ – к дегеніміз сыртқы күштің әсерінен дененің өз көлемін белгілі бір мөлшерге азайтуы. $k = \rho (V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2)$, мұнда ρ – тығыздық, V_p , V_s – сейсмикалық толқындардың таралу жылдамдығы.

ЖАР (ОБРЫВ) – құлама-құзды жақтау.

ЖАРЫҚ ЖЫЛЫ (СВЕТОВОЙ ГОД) – жарықтың 300 000 км/с жылдамдықпен 1 жыл ішіндегі таралу жолын айтады, яғни 1 жарық жылы $9,4 \cdot 10^{12}$ км-ге тең.

ЖАРЫЛЫМ (РАЗЛОМ) – жер қыртысының терең қойнауларына дейін таралатын, ұзындығы мен ені айтарлықтай, көпшілік жағдайда әртекті тектоникалық құрылымдар шекарасына сәйкес бойымен тектоникалық қозғалыстар өтетін белдем.

МЕТЕОРИТ (*грек. метеоро* – атмосфера және *аспан құбылыстары*) – планетааралық кеңістіктен жерге октын-октын түсіп тұратын денелер.

ЖАРЫҚШАҒЫ (ТРЕЩИНА ЗЕМЛИ) – таужыныстар тұтастығын бұзған тектоникалық жік. Жерсілкіну кезінде жарықшақтың екі жағы өзара қарама-қарсы ығысады. Ығысу мөлшері сантиметрден (әлсіз жерсілкінулер) тіпті километрге (жойқын жерсілкінулер) дейін жетуі мүмкін.

ЖЕРСІЛКІНУ МЕХАНИЗМІ – жерсілкіну ошағында болатын механикалық процесс. Тіркелген сейсмикалық толқындарды өңдеу нәтижелеріне сүйене отырып, жерсілкіну ошағында болған кернеудің басты бағыттары мен айырылым жазықтығының кескін-кейпі анықталады.

ИЗОСЕЙСТА – сілкініс күшінің жер бетінде бірдей нүктелері өзара қосу нәтижесінде алынатын қисық сызық. Осындай сызықтарды әрбір балл көрсеткіштерін өзара жалғастыру нәтижесінде изосейсталар картасы тұрғызылады.

ИЗОСТАЗИЯ (*грек. stasis* – тепе-теңдік) – литосфера массасының астеносфера бетінде қалқи отырып гидростатикалық тепе-теңдікті сақтау жағдайы.

ИЗОСЫЗЫҚТАР (ИЗОЛИНИИ) – белгілі бір шаманың теңдес мөлшерін белгілейтін нүктелерді бір-бірімен жалғау нәтижесінде карта немесе сызба нұсқа бетінде пайда болатын сызықтар жинағы.

ИНВЕРСИЯ – бір құбылыстың керісінше айналуы. Жердің магнит өрісіне байланысты – жер өзінің магниттік өрісінің бағытын кей кездерде 180°-қа ауыстыратыны туралы жорамалда қолданылатын термин.

ИНТЕРПОЛЯЦИЯ – бірқатар өлшенген шамалар бойынша олардың аралық мәндерін табу.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ (БАЖАЙЛАУ, ПАЙЫМДАУ) – геофизикалық мағлұматтарды (өрістің әр түрлі өзгерісін) талдау арқасында геологиялық деректер (қорығындылар) алу (шығару).

ИОНОСФЕРА – жер бетінен шамамен 50 км биіктіктен басталып магнитосфера қабатына дейін (шамамен 1200 км биіктікте) таралатын атмосфераның жоғарғы қабаты.

КАРОТАЖ – ұңғыма бойымен төмендегі мақсаттар үшін жүргізілетін геофизикалық зерттеулер: 1 – ұңғыманың геологиялық қимасын зерттеу; 2 – ұңғыманың техникалық жағдайын анықтау; 3 – мұнай-газ кенорындарын пайдалануды бақылау; 4 – әр түрлі атқылау-жарылыс жұмыстарын жүргізу.

КЕЙІНГІ ДҮМПУ (АФТЕРШОК) (*ағыл. after* – кейінгі, *shok* – дүмпу) – күшті жерсілкінуден кейін осы ауданда болатын күші біршама әлсіз жерасты дүмпулері.

КОРРЕЛЯЦИЯ – сейсмикалық зерттеулерде: сейсмикалық толқындар фазаларын қатар трассалардан тауып сәйкестендіру.

КӨЛДЕНЕҢ ТОЛҚЫНДАР (ПОПЕРЕЧНЫЕ ВОЛНЫ) (S, secunda – екінші) – тек қана қатты денелер арқылы таралатын басты серпімді толқындардың бірі. Зат бөлшектері толқынның таралу бағытына перпендикуляр тербеліп, бұл бағытта заттың нысаиы өзгереді. S – толқындар сұйық ортада таралмайды.

КҮН ЖЕЛІ – Күн жиегінен сыртқа қарай бағытталған жылдамдығы дыбыстан тез плазма тасқыны. Жер орбитасына жеткенде, оның жылдамдығы шамамен 400 км/с-ке жетеді.

КЮРИ – радиоактивтілікті өлшеу бірлігі. 1г радийдің радиоактивтігіне сәйкес келеді, яғни кез-келген радиоактивті заттың бір секундта $3,7 \cdot 10^{10}$ мөлшерге ыдырауымен анықталады.

ҚАЙРАҢ (ағыл. шельф) – мұхит жағасынан 200 м тереңдікке дейінгі өте еңіс жатқан құрлықтық саяз бөлік.

ҚАЛДЫҚ МАГНИТТЕЛУ (ОСТАТОЧНАЯ НАМАГНИЧЕННОСТЬ) – жердің магниттік өрісінің әсерінен пайда болып, оның әсері басылғасын сол магниттік қасиетті сақтап қалуы.

ҚОСӨРІС (ДИПОЛЬ) – мөлшерлері бір-біріне тең, сыбайлас орналасқан, әр түрлі электрлік және магниттік зарядтар жүйесі.

ҚЫРАТ (ВОЗВЫШЕННОСТЬ) – жер бедерінің дөңес пішінді көтеріңкі орны.

ҚУМА ТОЛҚЫНДАР (ПРОДОЛЬНЫЕ ВОЛНЫ) (P, *prima* – бірінші) – катты денеде таралатын басты серпінді толқындардың бірі. Зат бөлшектері толқынның таралу бағытына сәйкес тербеліп, бұл бағытта заттың көлемі ұлғайып немесе кішірейіп, өзгеріске ұшырайды. Қума толқындар көлденең толқындарға қарағанда орта есеппен 1,7 есе жылдам таралады.

ЛИНЕАМЕНТ (латын., сызық) – терең жарылым ұғымымен тығыз байланысты, жер бетінде ұзыннан-ұзық созыла орналасқан геологиялық құрылымдар шекарасы.

ЛИТОСФЕРА (грек.-lithos-тас, shaira-шар) – жер қыртысы мен литосфералық мантиядан тұратын, яғни жер бетінен астеносфера қабаты аралығын қамтитын жер шарының сыртқы қатты қабаты. Литосфераның қалыңдығы құрлықта шамамен 150-200 км болса, мұхит астында - 50-80 км.

ЛИТОСФЕРА ТАҚТАЛАРЫ – ірі де терең жарылымдармен шектелген литосфера бөліктері. Жер шарындағы ең үлкен Тынықмұхит тақтасы, оның ауданы шамамен планетамыздың 1/3 бөлігін алып жатыр.

ЛЯВА ТОЛҚЫНЫ – беткі сейсмикалық толқындардың бір түрі. Оның таралу барысында зат бөлшектері тек қана толқынның бағытына перпендикуляр көлбеу жазықтықта тербеледі.

МАГМА (грек. магма - қамыр, қою ақпа) – жоғарғы мантия өңірінде балқымалар түрінде қалыптасқан оттай ыстық масса.

МАГНИТ ДАУЫЛДАРЫ – Жердің магнит өрісінің қалыпты жағдайынан кенеттен біріне-біріне тәулікке дейін ауытқып отыру құбылысы.

МАГНИТБАРЛАУ – пайдалы қазбалардың және оны қоршаған тау жыныстардың магниттік қасиеттерінің айырмашылығына негізделген геофизикалық барлау әдістерінің бірі.

МАГНИТОМЕТР – магнит өрісі параметрлерін өлшеуге арналған аспап.

МАГНИТОСФЕРА – дыбыстан да тез жылдамдықпен Күннен таралатын қайнаған плазманың ағыны мен Жердің магнит өрісінің өзара әрекеттесуі салдарынан пайда болған кең ғарыштық электромагниттік қуыс. Күн мен Жердің бір-біріне өзара әсері негізінен осы магнитосфера деп аталатын ортада болады.

МАГНИТТІК АУЫТҚУ (МАГНИТНОЕ СКЛОНЕНИЕ) – географиялық және магниттік меридиандар арасындағы бұрыш.

МАГНИТТІК ЕҢІСТІК (МАГНИТНОЕ НАКЛОНЕНИЕ) – көлбеу жазықтық пен Жердің магнит өрісі кернеулігінің толық векторының арасындағы бұрыш.

МАГНИТТІК ҚАБІЛЕТТІЛІК (МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ) – таужыныстың жердің сыртқы магнит өрісі әсерінен магниттелу қабілеті.

МАГНИТУДА – жерсілкіну кезінде ошақтан бөлініп шыққан сейсмикалық энергияның шартты мөлшері. Ол сейсмограммада жазылған толқындардың амплитудасы мен периоды өлшеу арқылы анықталады. Тарихтан белгілі ең күшті яғни жойқын жерсілкіну магнитудасы $M=9,0$.

МАКРО (*грек. макрос - үлкен*) - "үлкен", "ірі" деген ұғымдарды білдіретін терминнің алдына жалғанатын қосымша.

МӘҢГІ ТОҢ (ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА) – жер бетіне жақын орналасқан, температурасы 0°C -ден төмен, құрамында мұз түйіршіктері бар таужыныстар қабаты.

МЕНШІКТІ ЭЛЕКТР КЕДЕРГІСІ – мөлшері бір текше метр (жақтары 1 м-ге тең куб) таужыныс (минерал) үлгісі арқылы таралатын электр тоғына кедергілік қабілеті.

МИКРО – «кішкентай», «сұсақ», «шағын» деген ұғымдарды білдіретін, терминнің алдыңғы жағына тіркелетін қосымша.

МИКРОСЕЙСМАЛАР – сейсмикалық шу есебінде үздіксіз таралатын әлсіз сейсмикалық толқындар. Олар теңіз толқыны шарпыны, мұхиттағы толқындар, жел және адам қызметі әсерінен пайда болады.

НОМОГРАММА – бірнеше айнымалы шамалардың өзара тәуелділігін бейнелейтін график.

ОПЫРЫЛЫМ (ОБВАЛ) – тік жарлы баурайларда орналасқан құрғақ таужыныстар шоғырларының өз төсенішімен ілінісін кенет жоғалтуы нәтижесінде қопарыла құлауымен сипатталатын гравитациялық қозғалыс түрі.

ОРОГЕН (*грек. орос-тау*) – жердің тектоникалық даму барысында геосинклиндік дамуының соңғы сатысында қалыптасатын таулы қатпарлы құрылым.

ОРТАЛЫҚ-МҰХИТ ЖОТАСЫ – мұхит түбінде бірнеше жүздеген, тіпті мыңдаған километр кашықтыққа созылып жатқан мұхит асты бедерінің тау жотасына ұқсас ірі көтеріңкі нысаны.

ОШАҚ (ОЧАГ) – жерсілкіну кезінде сейсмикалық энергия бөлініп шығатын тұйықталған көлем. Оның сыртқы шекарасын әр түрлі әдістермен (кейінгі дүмпулер эпицентрлерінің орналасуы, макросейсмикалық зерттеулер арқылы және т.б.) анықтауға болады.

ӨТІМДІЛІК, ӨТКІЗГІШТІК (ПРОНИЦАЕМОСТЬ) – қысым мөлшерінің айырмашылығына сәйкес таужынысының өз бойымен сұйықты, газды өткізу қабілеттілігі.

ПАЛЕО (*грек. палеос – көне*) – көне, ескі деген ұғымдарды білдіретін терминдердің алдына жалғанатын қосымша.

ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ – таужыныстардың бастапқы пайда болған кезінде өз бойына сіңірген магниттік қасиеттерінің осы күнге дейін сақталуын зерттейтін ғылым саласы.

ПЛАЗМА – электрондардан, протондардан, атом қалдықтарынан тұратын тұтас орта. Мүлде тынымсыз, оқтын-оқтын белсенділігі жоғарылап тұрады, ұдайы өзгерісте болады.

ПЛАТФОРМА – шөгінді таужыныстардың жатысы көлбеу, енжар тектоникалық режимнен сипатталатын, тек кейбір жерлерде (өте сирек) кішігірім қатпарлар ғана кездесетін өте үлкен құрылым.

ПОЛЮСТІК ШҰҒЫЛА – полюске жақын аудандарда 100-120 км биіктікте жердің магнит өрісінде болатын электрлік разрядтар.

ПОТЕНЦИАЛ (*лат. potentia – күш*) – физикалық өрістің (электр, магнит, гравитация) немесе жалпы физикалық шамалардың векторлық өрістерін сипаттайтын шама.

РАДИОАКТИВТІЛІК – кейбір элементтердің атом ядросының өздігінен ыдырау барысында α - β - γ -сәулелерін бөліп шығарып, басқа бір элемент ядросын қалыптастыру қабілеті.

РЕЛЕЙ ТОЛҚЫНЫ – беткі сейсмикалық толқындардың бір түрі. Оның таралу барысында зат бөлшектері тек қана толқынның таралу бағытына сәйкес тік жазықтықта тербеледі.

РИФТ, РИФТ БЕЛДЕМДЕРІ (*ағылшын – шатқал, жарық сай*) – ұзындығы жүздеген, тіпті мыңдаған километрге созылып, жарылымдармен шектелген ойпат (шұңқыр). Рифт белдемдерінің ені жүздеген километрге дейін өзгереді. Әдетте, ішкі континенттік және мұхитаралық рифт түрлері бөлінеді.

СЕЙСМИКАЛЫҚ БАРЛАУ – әр түрлі таужыныстардың өзіне тән серпімділік қасиеттеріне байланысты жарылыс кезінде пайда болған сейсмикалық толқындардың таралу жылдамдықтарының бір-бірінен айырмашылығына негізделген әдіс. Бұл әдіс мұнай мен газ кенорындарын барлауда кеңінен қолданылады.

СЕЙСМИКАЛЫҚ ШЕКАРА – кума немесе көлденең толқындардың таралу барысында өздерінің жылдамдықтарын күрт (кенеттен) өзгертетін жұқа қабат.

СЕЙСМИКАЛЫҚ ТОЛҚЫН – жерсілкінісінен, копарылыстан және т.б. сыртқы әсерлерден пайда болып, жер көлемінде таралатын серпімді толқын.

СЕЙСМОГРАММА – жер беті тербелісінің сейсмикалық станция арқылы жазылып алынған түрі.

СЕЙСМОҚАБЫЛДАҒЫШ, **СЕЙСМОГРАФ** - жер беті тербелісін жазып алатын арнаулы аспап.

СЕЙСМОЛОГИЯ – жерсілкіну және онымен байланысты процестерді зерттейтін жер туралы ғылымдардың бір саласы.

СЕРПІМДІЛІК – сыртқы күштің әсері басылғаннан кейін дене пішінінің бастапқы өз қалпына қайта келу қасиеті.

СЫҒЫЛҒЫШТЫҚ (СЖИМАЕМОСТЬ) – сыртқы қысымның өзгерісіне байланысты дене көлемінің салыстырмалы өзгеруі.

ТАҚТА – платформа кимасындағы екі қабат бірдей (кристалдық іргетас және платформалық тыс) кездескендегі атауы.

ТАЈДАУ – геофизикалық мағлұматтарды жан-жақты саралау тәсілі.

ТАҚТАЛАР ТЕКТОНИКАСЫ – литосфера плиталарының қозғалысымен өзара қатынасын дәлелдейтін теория. Бұл теорияның көмегімен қазір ғалымдар күшті жерсілкінуі мен жанартау атқылауы себептерін, таулы аймақтардың пайда болуын дәлелдеуде.

ТАУЖЫНЫСТЫҢ БЕРІКТІГІ – таужыныстың сығуға, жыртуға, июге, сокқылап уатуға қарсылық көрсету қабілеті.

ТАУЖЫНЫС – жер қыртысын құрайтын табиғи материал. Таужыныстар шөгінді (кұм, саз, әктас т.б.), магмалық және метаморфтық (гнейс, мәрмәр, тақтатас) болып үш топқа бөлінеді.

ТЕКТОНИКАЛЫҚ ЖЕРСІЛКІНУЛЕР – жер қойнауындағы үлкен аумақ таужыныстарының деформациялануы әсерінен жиналған энергияның кенеттен босап шығуы салдарынан туындайтын жерсілкінулер.

ТЕКТОНИКАЛЫҚ ҚОЗҒАЛЫСТАР – жердің ішкі күштері әсерінен оның сыртқы бөлігіндегі аумақты таужыныстардың деформациялану (пішінін және түрін өзгерту) процесі.

ТОЛҚЫН АМПЛИТУДАСЫ – толқынның ең жоғарғы немесе төменгі тербеліс шегі, яғни толқын жотасының биіктігі немесе оның ойысының тереңдігі.

ТОЛҚЫН ПЕРИОДЫ – көршілес толқын жоталарының ара қашықтығы (*сек. есебімен*).

ТОЛҚЫННЫҢ АРТҚЫ ШЕБІ – тербеліс болып жатқан ортаны зат бөлшектерінің ауытқуы тоқталған бөлігінен айыратын беткей.

ТОЛҚЫННЫҢ СЫНУЫ – өзара айырмашылықтары бар ($V_2 > V_1$) екі ортаның шекаралық қабатына тірелген толқынның екінші ортаға өткен бөлігінің бастапқы бағыттан ауытқуы.

ТОЛҚЫННЫҢ ҰЗЫНДЫҒЫ – толқынның екі өркештерінің немесе екі ойықтарының ара қашықтығы.

ТЫҒЫЗДЫҚ – зат массасының осы зат көлеміне қатынасымен өлшенетін сол затты сипаттайтын өте маңызды физикалық қасиеттердің бірі.

ТҮТҚЫРЛЫҚ (ВЯЗКОСТЬ) – зат бөлшектерінің сыртқы күш әсерінен қозғалыстарға ұшырауына көрсететін қарсылығы.

ЦУНАМИ (*жапон. цу* – қойнау, *нами* – толқын) – мұхит түбіндегі тектоникалық қозғалыстардың әсерінен пайда болатын апатты толқын. Ц. толқындарының таралу жылдамдығы мұхиттағы судың тереңдігіне тікелей байланысты (әдетте 1000 км/сағаттан 400 км/сағатқа дейін).

ШАҒЫЛҒАН ТОЛҚЫН – екі ортаның шекарасына түсіп, одан шағылып үстіңгі ортада таралатын толқын. Толқынның шағылу заңы (Снеллиус заңы) былай өрнектеледі: $\frac{\sin \alpha_1}{s_1} = \frac{\sin \alpha_2}{s_2}$.

ШАҒЫЛУ ШЕКАРАСЫ – толқындық төзімділік көрсеткіштері (дененің тығыздығы мен сол дене арқылы тарайтын толқынның жылдамдығының көбейтіндісі) әр түрлі екі ортаның шартты шекарасы.

ШЫҒАНАҚ (БУХТА) – құрлыққа қарай әр түрлі пішінмен еміне енген мұхит немесе теңіз бөлігі.

ЫҒЫСУ МОДУЛІ (МОДУЛЬ СДВИГА) – әрбір дененің немесе таужыныстың сыртқы күштердің әсерінен көлемін өз қалпында сақтай отырып, пішінін өзгертуге қарсылық көрсету қабілеті. $\mu = \rho V_s^2$, мұнда ρ – заттың тығыздығы, V_s – көлденең толқындардың таралу жылдамдығы.

ЫЛҒАЛДЫҚ (ВЛАЖНОСТЬ) – таужыныс құрамындағы ылғал мөлшері, оның құрғақ күйімен салыстырғандығы пайыз мөлшерімен өрнектеледі.

ЮНГ МОДУЛІ немесе бойлық серпімділік модуль – денеге түсірілген кернеу мен оның әсерінен болған бойлық деформация арасындағы пропорционалдық коэффициент, яғни

$$\sigma = E \frac{\Delta l}{l}.$$

ЭПИЦЕНТР – гипоцентрдің жер бетіндегі проекциясы.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

Негізгі:

1. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. М.:Наука. 1983. 415 с.
2. Стейси Ф. Физика Земли. М.: Мир. 1972. 342 с.
3. Магницкий В.А. Основы физики Земли. М.:Геодезиздат.1953. 290 с.
4. Земная кора и верхняя мантия. М.:Мир. 1972. 640 с.
5. Гутенберг Б. Физика земных недр. М.:ИЛ. 1963. 263 с.
6. Магницкий В.А. Внутреннее строение и физика Земли. М.:Недра. 1965. 379 с.
7. Филиппов Е.М. Популярно о геофизике. Киев:Науково думка. 1989. 168 с.
8. Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. Глобальная эволюция Земли. М.:Из-во МГУ 1991. 446 с.
9. Фишер Д. Рождение Земли. М.: Мир. 1990. 264 с.
10. Белоусов В.В. Земля, ее строение и развитие. М.:Из-во АН СССР. 1963. 152 с.
11. Вольвовский И.С. Сейсмические исследования земной коры в СССР. М.: Недрa. 1973. 208 с.
12. Резанов И.А. Земная кора. М.:Наука. 1974. 160 с.
13. Вегенер А. Происхождение континентов и океанов. Л.:Наука. 1984. 277 с.
14. Новая глобальная тектоника (тектоника плит). М.:Мир. 1974.
15. Миронов В.С. Курс гравиразведки. М.:Недра. 1980. 543 с.
16. Кац Я.Г., Рябухин А.Г. Космическая геология. М.:1984. 80 с.
17. Цубои Т. Гравитационное поле Земли. М.:Мир.1982. 288 с.
18. Пути познания Земли. Редколлегия: Баранов В.И., Зайцев Л.П. и др.М.:Наука. 1971.343 с.
19. Рихтер Ч. Элементарная сейсмология. М.: Из-во иностранной литературы. 1963. 670 с.
20. Саваренский Е.Ф., Кириос Д.П. Основы сейсмологии и сейсмометрии. М.: Гостехиздат. 1955.
21. Шульц С.С. Земля из Космоса. М.:Недра. 1984. 115 с.

Қосымша:

1. Болт Б. В глубинах Земли. М.:Мир. 1984. 190 с.
2. Бончковский В.Ф. Внутреннее строение Земли. М.:АН СССР. 1953. 175 с.
3. Нурмагамбетов А. Основы сейсмологии и сейсмической безопасности. Алматы: Lem. 2001. 120 с.
4. Израилев В.М. Земля –планета парадоксов. М.: Наука. 1991.190 с.
5. Кропоткин П.Н. Эволюция Земли. М.:Знание. 1964. 94 с.

6. Физика земной коры и верхней мантии. Тр.нац.академии и нац.НИС США.М.:Мир.1966. 253 с.
7. Ферхуген Дж., Тернер Ф. и др. Земля. Введение в общую геологию. Т.1. М.:Мир.1974. 392 с.
8. Судо М.М. Современная геология. М.:Знание. 1981. 161 с.
9. Монин А.С. История Земли. Л.:Наука.1977. 228 с.
10. Гаврилов В.П. Загадка геотектоники. М.:Наука 1988. 188 с.
11. Силкин Б.И., Троицкая В.А., Шебалин Н.В. Наша незнакомая планета. М.:Из-во АН СССР. 1962. 295 с.
12. Шарма П. Геофизические методы в региональной геологии. М.:Мир.1989. 487 с.
13. Федынский В.В. Разведочная геофизика. М.:Недра.1967. 672 с.
14. Бончковский В.Ф., Бублейников Ф.Д. Земля, ее фигура и физические свойства. М.: Из-во техн.-теорет. литературы. 1956. 252 с.
15. Шишкин И. Из глубины пылающих недр. М.:Мысль. 1969. 95 с.
16. Глико А.О., Парфенюк О.И. Тепловое поле Земли//В сб. «Комплексные исследования по физике Земли». М.:Недра.1989. С.26-43.
17. Войткевич Г.В. Происхождение и химическая эволюция Земли. М.:Наука. 1983. 168 с.
18. Кац Я.Г., Рябухин А.Г. Космическая геология. М.:1984. 80 с.
19. Исследования природной среды космическими средствами. Сер. геология и геоморфология. т.1. М:1973.126 с.; т.2. М:1974. 110 с.; т.5. М.:1976. 292 с.
20. Сейсмологические таблицы. Тр.ИФЗ АН СССР.М.1962. 98 с.
21. Сыдыков А. Сейсмический режим территории Казахстана. Алматы: Ғылым. 2004. 270 с.
22. Каталог землетрясений Северного Тянь-Шаня. Алма-Ата: 1990. 202 с.
23. Нұрмағамбетов Ә. Сейсмология негіздері. Алматы: 2002. 170 б.
24. Нұрмағамбетов Ә., Нүсіпов Е. Геофизикалық барлау әдістерінің негіздері. Алматы: Ғылым.2003. 280 б.
25. Сейітов Н., Абдулин А. Геология терминдерінің сөздігі. Алматы: Казакстан. 1996.368 б.
26. Оразаев Б., Нүсіпов Е. Барлау геофизикасы терминдерінің орысша-ағылшынша-қазақша түсіндірме сөздігі. Алматы:1998. 267 б.
27. Сейітов Н., Кунаев М. Мұнай және газ геологиясы танымдық және кәсіптік-технологиялық терминдерінің түсіндірме сөздігі. Алматы: 2003. 456 б.
28. Байбатша Ә.Б., Бекботаев А.Т., Жүнісов А.А., Қабиев Ф., Сейітов Н., Серікбаев М. Геологиялық қазақша-орысша және орысша-қазақша терминологиялық сөздік. Алматы: Ғылым. 2004. 450 б.

АЛҒЫ СӨЗ	3
КІРІСПЕ	4
1. ЖЕРДІҢ ҒАРЫШТАҒЫ ОРНЫ	9
1.1 Жер планетасының пайда болуы.....	9
1.2 Галактика жайлы қысқаша түсінік.....	11
1.3 Күн жүйесі туралы түсінік.....	12
1.4 Күн мен Жер арасындағы байланыс	16
1.5 Ай мен Жер арасындағы байланыс.....	19
2. ЖЕРДІҢ ДАМУ ТАРИХЫ ТУРАЛЫ НЕГІЗГІ ТҮСІНІКТЕР.....	21
2.1 Кіріспе.....	21
2.2 Контракция гипотезасы	22
2.3 Конвекциялық ағындар гипотезасы	24
2.4 Құрлықтардың ығу гипотезасы	24
2.5 Жердің ұлғаю гипотезасы	28
2.6. Лүпілдеу гипотезасы (пульсационная гипотеза)	29
2.7. Жаңа жаһандық тектоника концепциясы	31
2.8. Фиксизм гипотезасы	39
3. ЖЕР ТУРАЛЫ ЖАЛПЫ ТҮСІНІК.....	40
3.1 Кіріспе	40
3.2 Жердің пішіні және өлшемдері	41
3.3 Жер беті пішінін өзгертетін геологиялық процестер	44
4. ЖЕР ҚЫРТЫСЫ, ОНЫҢ ҚҰРЫЛЫСЫ МЕН ҚҰРАМЫ	46
4.1 Кіріспе	46
4.2 Жер қыртысын зерттеу тарихынан	47
4.3 Жер қыртысының құрамы туралы	49
4.4 Жер қыртысының әркелкілігі	53
4.5 Жер қыртысының химиялық құрамы	54
5. ЖЕР ҚЫРТЫСЫНЫҢ ІРІ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕРІ	59
5.1. Кіріспе	59
5.2 Континенттер мен мұхиттар	60
5.3 Жер беті құрылысының ерекшеліктері	65
5.4 Геосинклиндер мен платформалар	67
6. ЖЕРСІЛКІНУ ЖӘНЕ ОНЫ БОЛЖАУ	71
6.1 Кіріспе	71
6.2 Жерсілкінудің себептері мен түрлері	72
6.3 Сейсмикалық толқындар	76
6.4 Жерсілкінудің шамасын анықтау	79
6.5 Жерсілкінудің жиілігі мен таралуы	83

6.6 Қазақстан жерінің сейсмикалық сипаты	89
6.7 Сейсмикалық аудандау	93
6.8 Жерсілкінуді алдын-ала болжау	96
7. ЖЕРДІҢ ІШКІ (ТЕРЕҢ) ҚОЙНАУЛАРЫНЫҢ ҚҰРАМЫ, ҚҰРЫ- ЛЫСЫ ЖӘНЕ ҚАСИЕТТЕРІ	112
7.1 Кіріспе	112
7.2 Жердің ішкі құрылысы	113
7.3 Жердің тығыздығы	121
7.4 Жер қойнауының қысымы	124
7.5 Жер қойнауын құрайтын заттардың пластикалығы, акқыш- тығы, қаттылығы, сығылғыштығы және беріктігі	125
7.6 Жердің ішкі бөліктерінің серпімділік қасиеттері	127
7.7 Жер қойнауының диссипатиялық қасиеттері	131
7.8 Жердің электрөткізгіштік қасиеті	132
8. ЖЕРДІҢ МАГНИТ ӨРІСІ	134
8.1 Кіріспе	134
8.2 Жер магнит өрісінің элементтері	138
8.3 Жер магнит өрісінің өзгерістері мен инверсиясы	139
8.4 Магниттік аномалиялар (ауытқулар)	142
8.5 Жер магнит өрісінің пайда болуы.....	142
8.6 Магнит өрісін пайдаланудың кейбір салалары	147
9. ЖЕРДІҢ ЭЛЕКТР ӨРІСІ	147
9.1 Кіріспе	147
9.2 Атмосферадағы электр құбылыстары	148
9.3 Жер қойнауындағы электр тогы	148
9.4 Таужыныстардың электрлік қасиеттері	151
9.5 Электр өрісін өлшеу	152
9.6 Геоэлектрлік зондылау	152
10. ЖЕРДІҢ ГРАВИТАЦИЯ ӨРІСІ	153
10.1 Бүкіләлемдік тартылыс заңы	153
10.2 Ауырлық күші	155
10.3 Ауырлық күшін өлшеу	156
10.4 Ауырлық күшінің жер бетінде таралуы	157
10.5 Ауырлық күшінің аномалиясы	160
10.6 Ауырлық күшінің өзгерісі	163
10.7 Изостазия принципі	165
11. ЖЕРДІҢ ЖЫЛУ ӨРІСІ	169
11.1 Кіріспе	169
11.2 Жылу энергиясының шығар көзі.....	170
11.3 Жердің альбедосы және оның жылушағылу қабілеттілігі	174
11.4 Жер қойнауының жылу ағыны	174

11.5 Жер шарының геотермиялық зерттелуі.....	176
12. РАДИОАКТИВТІЛІК ЖӘНЕ ЖЕРДІҢ ЖАСЫ	178
12.1 Кіріспе	178
12.2 Табиғи радиоактивтілік	178
12.3 Жердің радиоактивтілігі	180
12.4 Жердің жасы	182
13. ЖЕРДІ ҒАРЫШТАН ЗЕРТТЕУ.....	184
13.1 Кіріспе	184
13.2 Ғарыштық түсіру материалдары	185
13.3 Жер беті бейнесуретін бажайлаудың негізгі принциптері.....	187
13.4 Ғарыш бейнесуреттері көмегімен кейбір геологиялы- геофизикалық мәселелерді шешу мысалдары	189
ТЕРМИНДЕРДІҢ ҚЫСҚАША СӨЗДІГІ	194
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР	205
МАЗМҰНЫ	207

Оқу басылымы

Нұрмағамбетов Әлқуат, Сыдықов Алуадін

ЖЕР ФИЗИКАСЫ

Оқулық

Пікір жазушылар:

Абдрахманов Қ.А., Қазақстан Ұлттық Ғылым Академиясының академигі, геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор
Рахымбаев М.М., техника ғылымдарының докторы

Басуға қол қойылды 29.09.06.

Пішімі 60x84 1/16. Офсетті қағаз

Тығыздығы 80 гр./см. 95 % . RISO басылымы.

Шартты баспа таб. 13,25. Көлемі 212 бет.

Таралымы 500 дана

«Эверо» баспаханасында басылып шығарылды
Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы, 050058, Байтұрсынұлы к., 22.
тел. 8/3272/ 33-82-69, тел./факс 8/3272/ 33-83-43.
E-mail: evero@nursat.kz