

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ
ҒЫЛЫМ МИНИСТРАЛІГІ**

**Қ.И.СӘТБАЕВ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ
ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

Ә.Нұрмағамбетов

СЕЙСМОЛОГИЯ НЕГІЗДЕРІ

**Республикалық оқу-әдістемелік бірлестігі
оқу құралы ретінде ұсынған**

Алматы 2002

УДК 550.348
ББК 26.21я73
Н83

Нұрмағамбетов Ә. Сейсмология негіздері: Оқу құралы. - Алматы: "Lem", 2002. -170 бет. ISBN 9965-585-19-9

Оқу құралы табиғаттың сұрапыл апаттарының бірі жер сілкінуі құпияларын – оның себеп-салдары мен географиялық таралу ерекшеліктерін, сейсмикалық аударғау және болжам мәселелерін мемлекеттік тілімізде оқып үйренуге арналған. Кітап сейсмология ғылымының негізгі түсініктері мен қағидаларын ашып көрсете отырып, зіл-сала апаты жайлы оқырмандарға терең де жүйелі білім беру мақсатын көздейді.

Кітап геофизикалық және геологиялық мамандықтарды меңгеретін жоғары оқу орындары студенттеріне, аспиранттар мен магистранттарға оқу құралы ретінде ұсынылады.

ББК 26.21я73

Сурет - 81. Кесте - 9. Әдебиеттер тізімі — 10 атау.

Пікір жазғандар: *Н. Сейітов* - геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор;

А. Сыдықов, физика-математика ғылымдарының кандидаты.

Университеттің Ғылыми-әдістемелік кеңесінде оқу құралы ретінде бекітілген (ГЭК хаттамасы 4 11.2002 ж.)

Н $\frac{1803020000}{00(05)-02}$

ISBN 9965-585-19-9

© "Lem" баспасы, 2002

АЛҒЫ СӨЗ

Еліміздің 30 процентке жуық аймағында (онда 6 миллионнан астам халық тұрады) күшті жер сілкіну қауіптілігі бар болғанына қарамастан, бүгінгі таңда осы апат туралы мемлекеттік тілімізде басылымдар жоқтың қасы. Бұл салада кейінгі кезде бар болғаны екі-ақ кітапша жарық көрген (Ө.Нұрмағамбетов, А.Сыдықов "Жер сілкіну және болжам", Ғылым баспасы, 1979 жыл, 48 бет және Ө.Нұрмағамбетов, А.Сыдықов "Жер сілкінуі: сипаты, ошағы, болжау", Қазақстан баспасы, 1985 жыл, 96 бет). Ал жоғары және орта арнаулы оқу орындары мен мектептердің жоғары сыныптарында оқу құралы есебінде қолданылатын, оқырман қауымға түсінікті кітап атымен жоқ. Сондықтан автор өз алдына осы олқылықты жетістіру мақсатын қойып отыр.

Кітап автордың Қазақтың Ұлттық техникалық университетінде 1993-1996 жылдар аралығында берген дәрістері мен тәжірибе сабақтарына, сейсмология саласындағы отыз жылдан астам тәжірибесі мен жүзден астам жарық көрген ғылыми еңбектеріне негізделіп жазылған. Сонымен қатар, жұмыс барысында, орыс тілінде сейсмология саласында көпшілік қауымға арналып шыққан бірнеше еңбектер де пайдаланылды.

Кітап "Күшті және жойқын сілкіністер" тарауынан басталады. Мұның өзінше мәні бар. Өйткені жер сілкінуінің жойқын күшін және оның әсерінен болатын алапат апаттармен таныспай жер сілкінуді алдын-ала болжау және онан сақтану шараларын түсіну өте қиынға соғады. Демек, күшті және жойқын сілкіністер туралы деректер мен мағұлматтар оқырман қауымға өте қажет.

Кітаптың тек қана студент қауымға емес, көпшілік оқырмандарға және мектеп оқушыларына да түсінікті болуы көзделіп отыр. Сол мақсатпен кітапта күрделі математикалық формулалар келтірілмеген, оларды оқырман қауым арнаулы кітаптардан табуына болады.

Сейсмологияда пайдалыналатын терминдер өлі де болса қазақ тілінде қалыптасқан жоқ. Міне, осы жағдайды ескере отырып, автор кітаптың соңында "тілге жеңіл, жүрекке жылы" етіп аударуға тырысқан өзінің қысқаша орысша-қазақша терминдер сөздігін ұсынып отыр. Бұл сөздікке сүйене отырып, оқырман бұрын-соңды кездеспеген, кездесе де тыянақты меңгерілмеген терминдермен танысуға мүмкіндік алады.

Тұңғыш рет шығып отырғандықтан, бұл кітапта азды-көпті кемістіктер болар. Осы жөнінде пікірлер мен талап-тілектерді авторға жазып жіберулеріңізді сұраймыз.

Автор

КІРІСПЕ

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

Жер сілкінуі Бар болғаны бірнеше секундқа созылатын табиғаттың осы бір сұрапыл апатын еш нәрсемен теңеуге болмайды.

Ия, жер сілкінуі - табиғаттың әлі толық ауыздықталмаған қатал құбылыстарының бірі. Дүние жүзі ғалымдары табиғаттың осы бір құпиясын ғылыми тұрғыдан шешу жолында жан-жақты зерттеулер жүргізуде. Бұл проблеманы шешу үшін ең алдымен бірнеше маңызды-маңызды сұрақтарға толық те тұжырымды жауап алуды қажет етеді, олар:

- Жер сілкінісі қай жерлерде және қандай күшпен болады?
- Жер бетінің тербелісі жан-жаққа қалай таралады?
- Күшті және жойқын сілкіністердің қайталану заңдылығы бар ма?
- Сілкініс ошағында қандай құбылыстар болады?
- Күшті сілкіністер алдында геофизикалық өрістерде қандай өзгерістер болуы мүмкін?
- Жер сілкінісінің тұрғын үй құрылысына және басқа ғимараттарға тигізетін әсері қандай? және басқа да сұрақтарға толық жауап алу қажет. Тек, осы сұрақтар шешімі табылғанда ғана табиғаттың бұл сұрапыл апатының зардабын азайтуға мүмкіндік бар.

Жер сілкінуі кезіндегі негізгі қауіп сол сілкініс кезінде пайда болатын жарықтар, опырылған немесе ойылған жерлер ғана емес, ең алдымен сол сілкініс өңірі бетіне тән апаттар. Егер жер бетіндегі үйлер мен өртүрлі құрылыстар күшті сілкініске шыдайтын болса, онда жер асты дүмпуінің қауіптілігі мейлінше азайып жер сілкінуі біз үшін соншалық сұрапыл апат болмас еді.

Жер сілкінісінің қауіпті салдарынан құтылудың үш түрлі жолы бар: біріншісі және ең оңай тәсілі - жер беті әрдайым және күшті сілкінетін аймақты халық шаруашылығына пайдаланбау. Дегенмен мұндай сейсмикалық қауіпті аймақтар қазіргі кезде белгілі болғанымен, бірақ олар бұдан бірнеше мыңдаған жылдар бұрын игеріліп қойылған. Сонымен бірге ол жерлердің халық шаруашылығы үшін маңызы да өте зор. Сондықтан бұл тәсілді пайдалану мүмкін емес. Ендігі қалған екі тәсіл: жер сілкінісін

алдын-ала болжау және оның зардабын азайту үшін оған қарсы төзімді, берік құрылыс салу.

Жер сілкінуін болжау дегеніміз - оның күшін, орнын және дәл болатын уақытын алдын-ала анықтау. Сілкіністің болатын уақытын алдын-ала білдік делік. Бұл жағдайда халықты алдын-ала хабарландырып, қауіп-қатерден сақтап, олардың кейбір бағалы заттарын қауіпсіз жерге алып кетуіне мүмкіндік туғызуға болар еді. Бірақ үй және түрлі құрылыстар ше? Оларды ешқайда әкетуге болмайды ғой. Олай болса жер сілкіну құпиясын жан-жақты зерттеумен қатар жоғары сапалы, жер сілкінуіне төзімді, берік құрылыс салудың халық шаруашылығы үшін маңызы зор. Бұл саланы арнайы зерттейтін ғылым - берік сейсмикалық құрылыс салу ғылымы деп аталады.

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

Біріншіден, келешекте болуы ықтимал күшті сілкіністің 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 жоғарғы дәрежеде болуы шарт. Тек осы шарттар орындалған жағдайда ғана зілзала апаты адам өмірі мен халық байлығына айтарлықтай шығын келтірмейді.

Көпшілік қауым жер сілкінісінің күшті апат екенін жақсы біледі, бірақ оған бекерден-бекерге үрейленіп, даурығудың керегі 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. Бұл тұрғыда ғалымдар мен сейсмолог-мамандардың халық алдында қарыздар екендігін тағы да айта кеткен жөн. Өйткені газет-журналдар бетінде немесе радиотеледидарда мемлекеттік тілде осы тақырыпқа арналған мағұлматтар тіпті аз кездеседі.

Оқырмандар назарына ұсынылып отырған бұл кітапта жоғарыда аталған мәселелер ғылыми тұрғыдан және жалпыға түсінікті етіп баяндалған. Оқырман қауым бұл кітаптан бұрын қазақша басылымдарда кездеспеген жаңа ұғымдармен танысады. Әрине жер сілкінуі туралы мағұлматтарды бір кітапта толығымен қамту мүмкін емес. Сондықтан да кітапта кейбір тараулар

қысқартылған түрде беріліп, ал кейбір арнаулы тақырыптар алынып тасталған. Олармен оқырман қауым арнаулы кітаптар мен оқулықтардан танысуына болады.

1. КҮШТІ ЖӘНЕ ЖОЙҚЫН СІЛКІНІСТЕР ТУРАЛЫ ДЕРЕКТЕР

Күшті және жойқын сілкіністердің қаншалықты алапат апат екендігін оқырман қауым анығырақ ұғу үшін бірнеше тарихи деректер келтірейік.

1755 жылғы қарашаның 1-і күні Португалияның астанасы Лиссабон қаласының тұрғындары ертемен Гуливер күнін тойлау қамына кірісті. Қала халқы түгел дерлік мерекелік киімдерін киіп, соборларға, храмдарға, мешіттерге жиналды. Сағат 9-дан 40 минут өткенде Лиссабонның оңтүстік-батысынан күн күркірегендей дыбыс естіліп, іле-шала күшті сілкініс басталды. Көптеген үйлер, храмдар, сарайлар құлап, ішіндегі адамдарды басып қалды. Қираған құрылыстардан шыққан шаң аспанға көтеріліп, қаланы қалың тұман басты. Жанып жатқан пештер мен майшамдардың ұшқынынан өрттер басталды.

Бірінші дүмпуден аман қалған адамдар өзен жағасындағы портты паналады. Бірақ осы кезде, бірінші сілкіністен кейін 20 минуттай уақыт өткенде, екінші дүмпу басталып, жұртқа мызғымастай болып көрінген порт үйі ішіндегі толған адамдарымен бірге қас-қағым сәтте су астына батып жоқ болды. Бұл аз болғандай, жер сілкіну әсерінен мұхитта пайда болған алып толқындар (цунами) 6 метрдей биіктікке көтеріліп, мөрмәрмен шегенделген жағалауды онда тұрған адамдарымен қоса шайып кетті. Бұл толқын тек Португалия жағалауы ғана емес, бүкіл Атлантика аумағын қамтыды.

Дүние жүзіндегі ең жойқын сілкіністердің бірі деп саналатын бұл апатта Лиссабон қаласындағы ғимараттардың 75 проценті құлап, қаланың 200 мыңға жуық тұрғындарынан 50 мың адам мерт болды. Жер сілкіну ауданы 2,5 миллион шаршы километр аумақты қамтыды. Жер сілкінісінің күштілігі сондай Италия, Германия, Скандинавия аймақтарындағы көлдерде теңселмелі толқындар (сейш) пайда болып, кемелерді көшкілерінен жұлып әкетті.

XX ғасырдың басында оңтүстік Италиядағы Пелор тауының етегінде орналасқан Мессина қаласы дүние жүзіндегі ең көрікті теңіз порттарының бірі болып саналатын. Ол өзінің сәнді сарайларымен, архитектуралық сымбатымен, жасыл желек жамылған бульварларымен ерекше көз тартатын.

1908 жылғы 29 желтоқсанда бүкіл дүние жүзі газеттері 125 мың халқы бар Мессина мен 56 мың тұрғыны бар Реджо-ди-Калабрия қалаларының және олармен іргелес орналасқан

көптеген елді мекендердің жермен жексен болып, 100 мыңға тарта адамның опат болғанын хабарлады.

Орыстың ұлы жазушысы А.М.Горький бұл жер сілкінісін - өзінің естеліктерінде былай деп суреттеген: "Ертеңгі сағат 5-тен 20 минут өткенде жер дір ете қалды; оның бірінші қозғалысы он секундқа дейін созылды; терезе мен есік жақтауларының сықыры, сынған өйнектердің шартылы мен құлаған баспалдақтардың гүрсілі шырт ұйқыда жатқан адамдарды оятып жіберді. Үй төбелері қағаздай жыртылып, сылақтар құлады. Барлық жерде сынған ағаштың, құлаған тастардың дүрсілі мен жылаған балалардың, қиналып ыңырсыған адамдардың үні естіліп тұрды... Жер күніренді, ышқынды, аяқ асты өркештеніп, терең жарықтар пайда болды, тереңде ғасырлар бойы мүлгіп жатқан бір зор құрт оянып, аударылғандай болды. Оның бұлшық еттері жиырылып, бетіндегі үйлерді, адамдар мен жануарларды лақтыра жер қыртысын қақ айырды...".

Бірінші дүмпуден соң 5-10 минут өткеннен кейін биіктіктері 3-6 метрге дейін жететін су толқыны (цунами) шамамен 15-20 минуттай уақыт аралығында бірінен соң бірі қаланы үш рет соғып өтті.

Қазіргі есептеулер бойынша Мессина жер сілкінісін ең күшті сілкіністердің қатарына жатқызуға болмайды. Бірақ жер сілкіну ошағының қаланың дәл астына келуі және құрылыстардың мұндай апаттарға лайықтанып салынбағаны осыншамалық қыруар зиян мен адам қазасына әкеліп соқтырған (1.1-сурет).

1920 жылдың 16 желтоқсанында кешкі сағат 8 шамасында Қытайдың және онымен іргелес жатқан елдердің кейбір қалаларында кенеттен қабырға сағаттары тоқтап, адамдардың басы айналып, жүректері лоблыды. Көптеген адамдар электр шамдарының және іліп қойылған заттардың тербеліп тұрғанын байқады. Мұндай жағдайлар бірінен-бірі 2 мың километрдей қашықтықта жатқан Хайфон, Шанхай, Пекин т.б. қалаларында да сезілді. Осыншама үлкен алқапты бесікше тербеткен бұл неткен ғаламат күш? Ол қайдан пайда болды?

Оны білу үшін біз Қытайдың орталық аймақтары Ганьсу мен Шэнсиге сапар шегейік. Егер біз картаға көз жіберсек, бұл аймақтардың бастарын қар жапқан тау белдеулері мен тіп-тік жыралармен айғыздалған төбел үстірттен тұратындығын көреміз. Ал, осы жазықтар мен қыраттардың беткі қабаты түп-түгел дерлік құнарлы сазды топырақтың қалың қабатымен жабылған. Бұл аймақты мекендеген халық түгелдей дерлік өзендердің тік жағалары мен қыраттардың беткейлерін жапқан осы қара топырақты үнгіп қазған үңгірлерде тұратын. Араның үйіндей жыбырлаған осындай үңгірлерден көптеген елді мекендер, тіптен қалалар да салынған.



1.1-сурет

1908 жылғы Мессина (Италия) апатынан кейінгі көрініс. Мессина қаласы, Викторя Эммануила көшесі апаттан кейін.

200 мыңнан астам адам өмірін жұтқан, қазіргі уақытта адамзат есін білгелі болған сілкіністердің ішіндегі ең күштілерінің бірі деп саналатын бұл алапат апат осы арадан басталды.

Жер сілкіну кешкі 7 сағат 30 минутта адам шошынарлық гүрілдеген дыбыспен басталды. Іле-шала бірінші, ең күшті дүмпу соғып өтті. Ол екі минутқа дейін созылып, онан кейін көз ілеспейтін шапшаңдықпен келесі 5-6 минут ішінде бірінен соң бірі 5-6 соққы жер бетін ұрып өтті. Тынымсыз шыққан жер асты гүрілі, құлаған үйлер гүрсілі, шынғырған мал, жанұшырған адамдар дауысы - бәрі қосылып айнала әлем топырақ болып кетті. Жердің беткі шөгінді қабаттары қыздырған майдай орындарынан жылжи отырып, үңгірдегі елді мекендерді, қалаларды адамдарымен қоса басып қалды. Қыраттар, таулар үлкен-үлкен көшкіндер өзен арналарын бөгеді, жаңадан көлдер пайда болды. Жер бедері адам танымастай өзгерді.

Бұл жер сілкінуден он үлкен қала, көптеген елді мекендер орналасқан ұзындығы 450 км ені 150 км ауданда қирамаған бірде-бір құрылыс қалмады.

1923 жылдың 1 қыркүйегі. Талтүс. 2 миллионнан астам халқы бар мұхит қойнауын жағалай салынған шығыс қаласын көзімізге елестетейік. Біріне-бірі іргелес салынған құмырсқаның илеуіндей жеңіл үйлер, тек әр жерде ғана көгалды төбешіктерді қуалай салынған зәулім сарайлар мен храмдар бой көрсетеді. Тар көшелерде құжынаған халық, рикша арбалар, әр түрлі машиналар мен трамвайлар. Бастарына төнген қаратүнек қауіптен бейқам қала халқы өздерінің күнделікті тіршілік қамына кіріскен ... Кенеттен, 11 сағат 58 минутта, жердің қозғалысы сезілді. Бірақ мұндайды күнде сезіп жүрген халық оған көп онша мән бере қойған жоқ. Алайда жер қозғалысы бірте-бірте үдей бастады. 10-12 секунд өткеннен кейін ол орасан күшейіп, жерді сілкінте бастады. Гүрілден құлақ тұнды, бейне бір терең қойнауларда зор снарядтар жарылып жатқандай еді. Бұған құлаған үйлердің сатыры мен олардың астында қалған және жараланған адамдардың жанұшырған дауысы қосылып, қала азан-қазан болды.

Небәрі бір минутке жетпейтін уақыт арасында қала құрылыстарының бәрі дерлік құлап, қоқыстар үйіндісіне айналды (1.2- сурет). Бірақ апат әлі де біткен жоқ еді. Енді бірер минутке де жетпейтін уақыттан кейін қираған газ плиталары мен үзілген электр желілерінен от ұшқындап, өрттер басталды. Ондаған жерден қарақошқыл түтін бағаналары көкке көтерілді. Газ, мұнай, әр түрлі химиялық заттар қоймалары бірінен соң бірі жарылып, қала өрт теңізіне айналды да кетті. Тірі қалған қала халқы ашық жерлерге, саябақтарға, бақшаларға, қала ішіндегі төбешіктерге қарай жан ұшыра жүгірді. Қырсыққанда дауыл тұрып өрт одан әрі өрши түсті. Қала ішіндегі температура 46 градусқа дейін көтерілді. Он мыңдаған адам тірідей жанып, күлге айналды. Бір жағынан тынымсыз бұлқынған жер, ал екінші жағынан өрт қуған бұл бақытсыз жандардың енді бір бөлігі мұхит жағасына қарай қашып, ондағы портта тұрған жүздеген кемелерге жармаса бастады. Бірақ осы мезгілде бұл адам айтқысыз трагедияның үшінші актісі басталған еді.

Жер сілкінісі әсерінен жер қыртысы бірнеше жерден қақ айрылып, құрлықтың бір жері 4 метрге дейін жоғары көтерілсе, екінші бір жері керісінше төмен түсті. Әсіресе қойнаудағы су табанының бедері өте үлкен өзгеріске ұшырады. Осының салдарынан мұхиттағы таудай толқындар қаланың теңіз жағасындағы бөлігін шайып кетті. Өлген адам денесі мен қираған үйлер, кемелер қалдығынан су беті көрінбей кетті. Тарихта Токио жер сілкінісі деген атпен белгілі болған бұл апаттан 700 мыңдай үйлер қирап, 143 мың адам апат болды, тағы 100 мыңдай адам ауыр жараланды. Айта кететін бір жәйт, бұл шығындардың



1.2 - сурет.
1923 жыл 1 қыркүйек. Апаттан кейінгі Токио
қаласы көшелерінің бірі.

үштен екісі өрттің кесірінен болды. Жапонияның астанасы Токио мен оған іргелес жатқан ондаған елді мекендерді жермен жексен еткен бұл жер сілкінісі жайлы дүние жүзі халқы тек келесі күні ғана естіді.

Жойқын жер сілкіністерін сипаттайтын әңгімені осымен доғарса да болар еді. Бірақ дүние жүзіндегі ең жойқын екі жер сілкінісінің бірі деп есептелетін 1960 жылғы Чили жер сілкінісіне және де кейінгі кездегі ең апатты сілкіністер қатарындағы 1988 жылғы Арменияда болған Спитак сілкінісіне қысқаша болса да тоқтала кетуді жөн көрдік.

Чили - Оңтүстік Америка құрлығында орналасқан мемлекет. Оның батыс жағы Тынық мұхитпен, ал шығысы Анд тауларымен шектескен, ұзындығы 4500 км, ені 200 км, шалғының басындай имиген аймақты алып жатыр.

Жер сілкінуі 1960 жылы 21 мамыр күні ертеңгі сағат 6 шамасында басталды. Алғашқы дүмпуден кейін жартылай қирап, әр жерден от жалыны көріне бастаған қалаларды, суық жанбыр астында босып жүрген адамдарды көзімізге елестетсек те жетіп жатыр.

Бірақ ең күшті соққы әлі алда еді. Ол мамырдың 22 күні күндізгі сағат 3-те адам айтқысыз күшпен басталды. Бақыттарына қарай, бұдан 15 минут бұрын болған өлсіздеу сілкіністен жұрттың бәрі далаға қашып шыққан еді. Ал, көпшілік

қала тұрғындары демалыс күні болғандықтан қала сыртына шығып кеткен болатын. Тек осы екі себептің арқасында ғана бұл керемет апаттан адам шығыны көп болған жоқ.

Консепсьон, Вальдевия, Юмбель, Пуэрто-Моатр тағы да басқа қалалар толық қирап, он мыңға жақын адам апат болды (1.3 - сурет). Жер сілкінісі әсерінен ұзындығы 500 км, ені 20-30 км болатын мұхит жағалаулары 2 метрге дейін төмен түсіп, су астында қалды. Ол тек Америка жағалауын ғана қамтып қоймай, сонау алыста жатқан Австралияға, Жапонияға және тағы басқа көптеген аралдарға зор шығын келтірді. Сөнген деп есептелінетін жанартаулар (вулкандар) қайтадан жанданып, олардың кратерлерінен оттай қызған сұйық лавалар төмен жосылды, сөйтіп өз жолындағылардың бәрін дерлік өртеп кетті. Үлкен-үлкен тау көшкіндері мен жаңадан көлдер пайда болды.

1988 жылының қыс басында Арменияда болған жан тебіренерлік оқиғаны көпшілік қауым әлі де ұмытпаған шығар. Желтоқсанның 7-сінде, ауа райы күншуақ, халық күнделікті тіршілік қамында, зауыт-фабрикалар жұмыс істеп, мектептерде сабақтар жүріп жатты. Ертеңгі сағат 10-да Спитак қала тұрғындары жеңіл жер асты дүмпуін сезді, бірақ мұндай құбылысқа үйренген халық оған көп мән бермеген болатын. Кенеттен 11 сағат 40 минутта құлақ жарылатындай гүріл шығып, іле-шала жер беті теңселіп кетті. Бірнеше секунд уақыт арасында тұрғын үйлер, өндіріс орындары, мектептер мен ауруханалар толық қирады. Бұл апаттың әсерінен Спитак қаласы түгел қирап, Ленинанан және Кировакан қалаларындағы көптеген тұрғын



1.3- сурет
1960 жылғы Чили (Оңтүстік Америка) сілкінісі

үйлер жапырыла құлады.Эпицентрге жақын орналасқан 40 елді мекендер жоқ болды. Әр жерде өрттер шығып, 25 мың адам қаза болды, ондаған мың адам баспанасыз қалды. Әсіресе бұл апаттың зардабын (қираған үйлер, әр жерде адам мәйіті, көше жағалай үйілген табыттар) өз көзімен көрмегендерге оның адам сезіміне тигізген әсерін сөзбен айтып жеткізу өте қиынға соққан болар еді (1.4 а,б - суреттер).

Сілкіністің жер бетіндегі күші 10 баллға жетіп, магнитудасы 7,0-ге тең болды. Бұл XX ғасырда Кавказ жерінде болған ең апатты сілкініс еді, ал бұрынғы ССРО аумағында мұндай апатты сілкіністің ошағы халық тығыз қоныстанған жерге тұңғыш рет тура келіп отыр.

Тізіп-тіркеп айта берсек сан мыңдаған адам өмірлерін жалмап, халық шаруашылығына қыруар шығын келтірген мұндай апаттар тіпті көп-ақ: 1948 жылғы Ашхабад жер сілкінісі (1.5 - сурет), 1960 жылғы Ағадір жер сілкінісі (1.6 - сурет), 1990 жылғы Нефтегорск апаты (1.7 - сурет), 1992 жылғы Суусамыр жер сілкінісі және т.б. Статистикалық мәліметтерге сәйкес жер бетінде орта есеппен жылына 9 балдық 10-15 жер сілкінісі, 8 балдық 50-100 жер сілкінісі, 7 балдық 300-500-ге тарта жер сілкіністері болып тұрады екен.



1.4 а – сурет.

1988 жылғы 8 желтоқсандағы Спитак (Армения) апаты.
Спитак поселкасындағы үй апаттан кейін



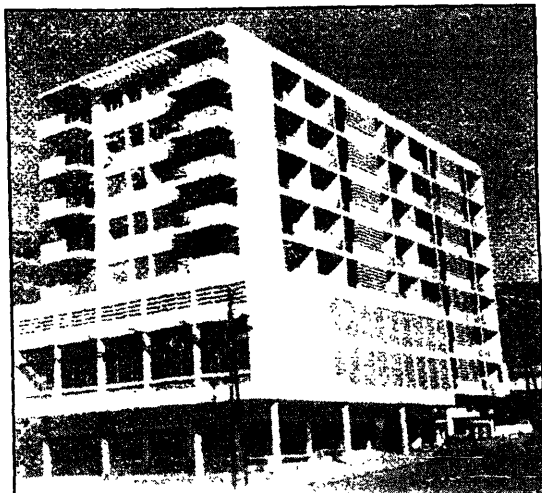
1.4 6 –сурет.

Ленинакан қаласындағы 9 - қабатты тұрғын
үй апаттан кейін

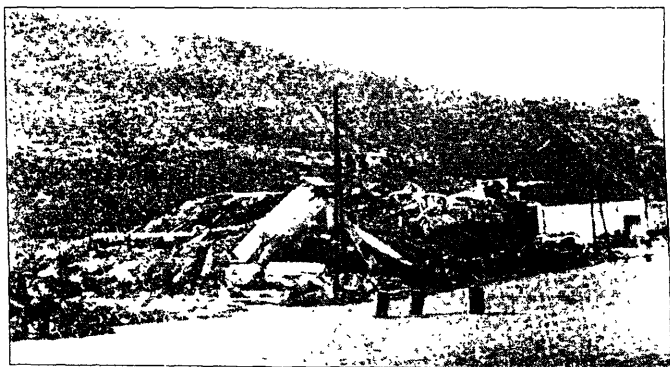


1.5-сурет

1948 жылғы Ашхабад (Түркменстан) апаты.
Қираған теміржол бекеті



а)

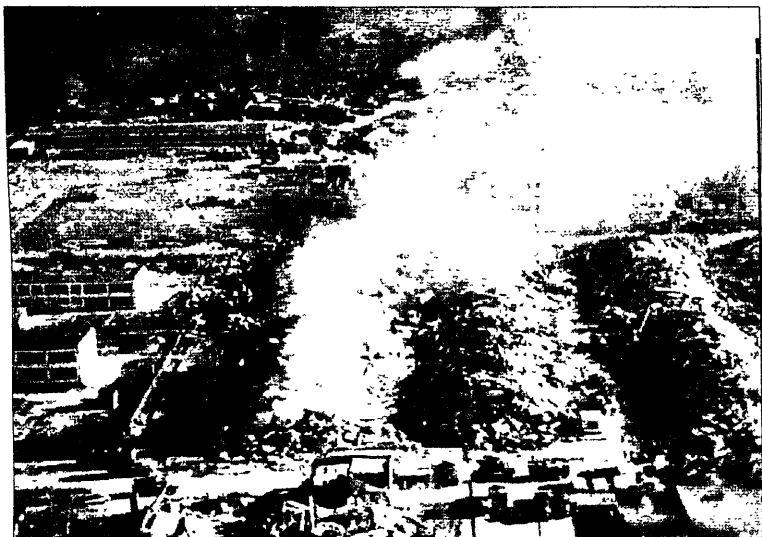


б)

1.6 – сурет

1960 жылғы Ағадір (Морокко) апатына дейінгі (а) және онан кейінгі (б) көріністер. Сауда палатасы үйі. Суреттер бір орыннан түсірілген.

Халықаралық ЮНЕСКО ұйымының мәліметі бойынша, егер бұдан оншақты жыл бұрын 8-баллдық сілкініс әрбір тұрғынға орташа есеппен 1500 американдық долларға жуық шығын әкелсе, қазірде бұл шығын 3000 долларға жетіп отыр.



1.7 – сурет
1990 жылғы Нефтегорск (Ресей, Оңтүстік Сахалин)
апатынан кейінгі көрініс

Төменде, 1.1-кестеде кейінгі жылдары экономикалық және әлеуметтік жағдайлары әртүрлі мемлекеттерде болып өткен күшті сілкіністер нәтижесінде сол елдер шеккен зардаптар туралы кейбір деректер және жалпылама шығын мөлшерлері беріліп отыр.

1.1-кесте

Күші 7,8 және 9-баллдық сілкіністер
салдарынан болған шығындар (Американың
USGS қызыметінің мағұлматтары бойынша)

Сілкіністің болған жері	Күні, айы, жылы	M	N _c	N _D	N _c +N _D	Шығын млн. доллар
	7- баллдық сілкіністер (M≥5,5)					

Калифорния	13.08.1978	5,6	-	-		15,0
Айдахо, АҚШ	28.10.1983	7,3	50	200		15,0
Калифорния	24.04.1984	6,1	-	-		10,0
Түркия	13.05.1986	5,6	1500	-		120,0
Перу	5.04.1986	5,5	2000	-		-
Перу	30.05.1990	5,5	6000	-		-
Болгария	7.12.1986	5,7	-	-	1300	-
Чили	8.08.1987	7,0	>1000	-		-
	8 – балдық сілкіністер (M≥6,0)					
Тәжікстан	13.10.1985	6,0	-	-	≥900	-
Йемен	13.12.1982	6,1	-	300 елді мекен		90
Қырғыз жері	15.05.1992	6,3	-	-	5500	22,4
Греция	20.06.1978	6,4	8287	13918	22205	190,0
Греция	9.07.1980	6,4	1085	4605	5690	-
Калифорния	2.05.1983	6,5	500	-	-	31,0
Греция	24.02.1982	6,7	≥150	-	-	900,0
Румыния	30.08.1986	6,9	12500	42500	55000	-
Грузия	29.04.1991	6,9	-	-	95%	-
Үндістан	20.10.1991	6,9	201800	74714	275514	-
Албания	15.04.1979	7,0	-	-	-	70,7
Чили	3.03.1985	7,6	45000	76000	121000	1800,0
Жапония	12.06.1978	7,6	1383	5524	6907	800,0
Жапония	26.05.1983	7,9	943	-	-	600,0
	9 – балдық сілкіністер (M≥6,0)					
Ливан	16.03.1956	6,0	6000	-	-	-
Югославия	26.07.1963	6,1	700	1800	2500	500,0
Никарагуа	28.12.1972	6,2	-	-	50000	2000,0
Греция	4.03.1981	6,3	250	-	-	500,0
Италия	6.05.1976	6,5	-	-	11000	3600,0
Жана Зеландия	2.03.1987	6,5	-	-	-	200,0
Түркия	19.08.1966	6,7	19000	-	-	35,0
Армения	7.12.1988	6,7	100%	-	-	17000
Пәкістан	1.02.1991	6,8	5187	79900	85087	-
Иран	10.04.1972	6,8	100%	-	-	5,0
Үндістан	19.10.1991	6,9	20186	74714	94900	-
Қытай	16.03.1925	7,0	700000	-	-	-
Қытай	1.08.1937	7,0	≥30000	-	-	-
Югославия	15.04.1979	7,0	70%	-	-	2200,0

Мексика	24.10.1980	7,0	90%	-	-	-
Иран	21.06.1990	7,1	100%	-	-	7200,0
Гуам аралы, АҚШ	8.07.1993	7,1	-	-	-	115,0
Түркия	28.03.1970	7,2	13795	5586	19386	97,0
Иран	1.09.1963	7,2	-	-	199500	30,0
Түркия	24.11.1976	7,2	-	-	9282	25,0
Румыния	4.03.1977	7,2	32900кв	-	-	≥2000
Калифорния	18.10.1989	7,2	1300	20881	22181	8000,0
Өзбекстан	19.03.1984	7,2	-	50 %	-	-
Жапония	16.01.1995	7,2	-	-	98960	200000
Сахалин аралы	28.05.1995	7,2	-	-	-	52,2
Иран	31.08.1968	7,4	12000	-	-	40,0
Алжир	10.10.1980	7,5	80%	-	-	3000,0
Қырғыз жері	19.08.1993	7,5	8200	-	-	-
Гватемала	4.02.1976	7,5	-	-	254750	1100,0
Түркия	1.02.1944	7,5	50000	-	-	-

М - жер сілкіну магнитудасы; Nc - қираған үйлер саны;
Nd - зақымдалған үйлер саны.

Бұл кестені саралар болсақ мынандай қорытындылар шығаруға болады: біріншіден, сілкініс күші өскен сайын шығын да көбейе түспек; екіншіден, экономикалық және әлеуметтік даму деңгейі төмен елдерде сілкініс салдарынан болған шығын әрдайым жоғары.

2. ЖЕР СІЛКІНУІНІҢ СЕБЕПТЕРІ МЕН ТҮРЛЕРІ

Жер сілкінуінің 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 сыяқты, оны төнкере жауып тұр деп ойлаған. Бірақ көпшілік жұрт бұған қаншама күдіктенгенімен, ол кезде әлемнің пайда болуын, оның құрылымы мен құрылысын және де әртүрлі табиғи құбылыстарды басқа түрде дәлелдеуге мүмкіншілік болмады. Бертін келе жер сілкіну себебін ауа райымен, аспандағы жұлдыздармен т.б. табиғи құбылыстармен байланысты деп түсіндіруге тырысқан әрекеттер бел алған.

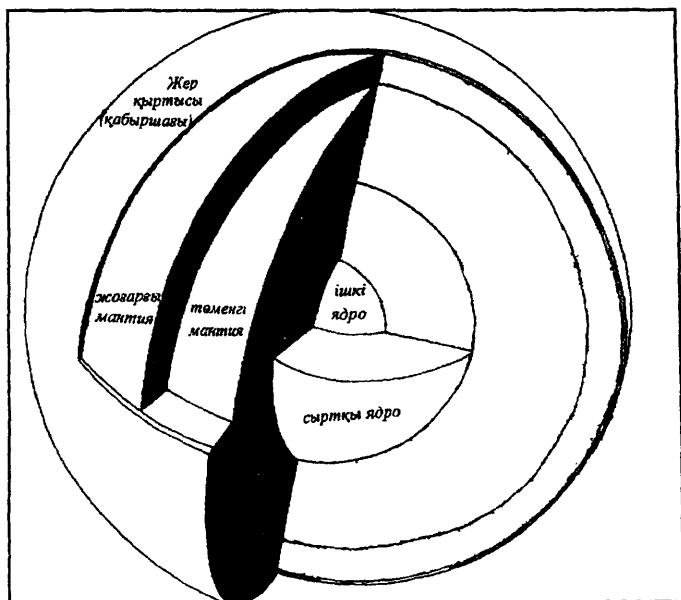
Атақты "Фаустын" авторы, белгілі жаратылыстанушы Гете "Жер сілкінуі - таласуға болмайтын табиғи құбылыс" деп тұжырым жасаған. Бертін келе табиғаттың осынау қатал құбылысын, оның себеп-салдарын тек қана ғылыми тұрғыдадан түсіндіруге болатынына көпшіліктің көзі жетті. Енді біз осы мәселелерге қазіргі кездегі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

Сонымен жер сілкіну дегеніміз не? Жер қыртысын тілгілеп, қалаларды қиратып, өзендерді бөгеп, жер бедерін өзгертетін осыншама қауіпті және орасан зор күш қайдан пайда болады? Осы сауалдарға жауапты алдымен жердің ішкі құрылысы жайлы ғалымдардың болжамдарынан бастайық.

2.1 Жер шарының ішкі құрылысы

Қзірге біз жердің терең қойнауы жөнінде өте аз білеміз. Шын мәнінде, ең терең бұрғылау ұңғымасының тереңдігі 12 км шамасында. Жер радиусының 6371 км екенін еске алсақ бұл, әрине, өте тайыз. Егер жерді үлкен алма ретінде көз алдымызға елестетсек, онда ең терең ұңғыма дегеніміздің өзі бұл алманың қабығын ғана тесіп өткені.

Дегенмен жердің ішкі құрылысы туралы не білеміз? Ең алдымен, біздің білетініміз - жердің бірнеше қабаттардан тұратындығы (2.1-сурет). Бұл мағұлматтар түгелдей дерлік геофизикалық әдістердің, атап айтқанда, жердің электромагниттік өрісі мен сейсмикалық толқындардың таралу жылдамдықтарын зерттеудің нәтижесінде алынған. Олардың ішінде, әсіресе, сейсмикалық толқындардың жердің ішкі қабаттарында таралу ерекшеліктерін зерттеу арқылы алынған мағұлматтардың маңызы өте зор. Мәселен, 1909 жылы Югославия ғалымы Андрей Мохоровичич жер сілкіну кезінде пайда болатын серпінді сейсмикалық толқындар жылдамдықтарының жер бетінен 30-35 км тереңдікте күрт өсетінін байқаған. Бұл табылған "шекара" кейіннен жер жүзінің басқа да аудандарында анықталып, ол Махроровичич шегі деп аталды. Ал одан жоғары жатқан қабат жер қыртысы деген атауға ие болды. Жер қыртысының қалыңдығы барлық жерде бірдей емес. Мұхиттар түбіндегі жер қыртысының қалыңдығы 5-10 км-ге, ашық жазықтықтарда бұл көрсеткіш 30-40 км-ге, ал таулы алқаптар өңірінде 50-80 км-ге жетеді. Жер қыртысын құрайтын жыныстар да біркелкі емес: континенттер аймағында олар шартты түрде гранитті және базальтты қабаттар деп аталатын тау жынысы қабаттарынан құралса, мұхиттар астында тек қана базальтты қабаттан тұратыны белгілі болып отыр.



2.1-сурет
Жердің ішкі құрылысы

Мохоровичи шегінен жердің ядросына дейінгі, яғни 2900 километр тереңдікке дейінгі аралықты мантия қабаты алып жатыр. Ол орасан зор қысыммен сығылған (қысымы 4×10^5 барға, ал температурасы 1500-2000 градусқа жететін) өртүрлі силикаттардан тұратын қатты заттардан тұрады деп есептеледі. Мантия, жоғарғы (900 километр тереңдікке дейін) және төменгі (900 километрден 2900 километр тереңдікке дейін) мантия деп аталатын екі қабатқа бөлінеді. Егер төменгі мантияның ішкі құрылысы мен оны құрайтын тау жыныстарының физикалық және химиялық қасиеттері біркелкі болса, жоғарғы мантияда бұл көрсеткіштер әр деңгейде әр түрлі болуы мүмкін деген болжам бар.

1910 жылы белгілі ғалым-сейсмолог Бено Гутенберг жер бетінен 2900 км тереңдікте сейсмикалық кума толқындардың жылдамдықтары 13,6 км/с-тен 8,1 км/с-ке дейін күрт баяулайтынын және осы тереңдіктен төмен қарай көлденең толқындардың өтпейтінін ашқан. Бұл ғылыми жаңалық жер бетінен 2900 км тереңдікте жер ядросы басталады, ал ол балқыған түрдегі темір сыяқты металдардан тұрады деген болжамдар жасауға мүмкіншілік берді. Қазіргі ғылыми көзқарастарға сәйкес, жер ядросы мантия сыяқты ішкі және сыртқы қабаттардан тұрады, ішкі ядро жер бетінен 5100

километрдей тереңдіктен басталады, ал оның құрамы қатты ауыр металдан тұрады деген жорамал бар.

Міне, бүгінгі таңдағы ғылыми жетістіктерге сүйенсек, жердің ішкі құрылысының осындай ерекшеліктері бар.

Былай қарағанда жер беті бізге мызғымас, еш уақытта қозғалмайтын, бірқалыпты тыныш тұратындай көрінеді. Ол пынында да солай ма? Егер біз жердің адамзат баласы пайда болғанынан бергі тарихына үңілсек, онда жер бетінің үнемі қозғалыста болғанына көзіміз жетер еді. Ондай қозғалыстырдың 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 жері түгелдей дерлік жылына бір миллиметрдей төмен ылықсиды. Егер мұхит суын бөгеп тұрған көптеген көтермелер жүйесі болмаса, оның көп жері су астында қалған болар еді. Ал, Скандинавия болса 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 үңілсек, ол пайда болған 4,5 миллиард жыл ішінде талай ұлы өзгерістердің болғаны мәлім. Қазір бастарын бұлт жапқан заңғар таулар тұрған аймақтарды бір кезде мұхит суы басып жатқан. Ал, Кавказ, Орал, Альпі, Гималаи сыяқты тау тізбектері мұнан 25-30 миллион жылдар бұрын ғана пайда болған. Өрине адам өмірімен салыстырғанда бұл өте ұзақ уақыт, ал бірақ жалпы жер тарихымен салыстырсақ оның бұл қас-қағым сәт, яғни жер тарихының 1/150 бөлігі, тіпті кеше ғана болған оқиға сыяқты.

Келтірген деректер мызғымас деп ойлайтын жер-анамыз 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 ылықсып, жер бетіне жақын жатқан тау жыныстарының қабаттары орасан зор қысымға ұшырайды. Жер қабаттары сағыздай созылып иіледі, өртүрлі қатпарлар пайда болады.

Жер бетінің 70 процентін мұхит, ал 30 процентін құрлық алып жатырғандығы оқырман қауымға белгілі. Құрлықтағы жер бедеріне көз салсақ, оның алып жазықтар мен заңғар таулардан тұратынын білеміз. Мұхит түбі де құрлықтың беті сыяқты, бір жерде жазық болса, екінші бір өңірде төбешікті, тіпті биік-биік таулы-жоталы болып келеді. Соңғы зерттеулер нәтижелеріне

сәйкес, дүние жүзіндегі ең ірі тау жотасы мұхит астында екені анықталды. Жалпы ұзындығы 60000 километрден астам, ең 1000 километрге дейін жететін бұл тау жоталары мұхиттар астымен бүкіл жер шарын орап жатыр. Оның Орталық Атлант жотасы деп аталатын жан-жақты зерттелген бөлігі Атлант мұхитын екіге бөліп тұр. Мұхиттар түбіндегі тағы бір адам таң қаларлық ерекшелік - мұхиттық шұңғыма. Тереңдігі 10 километрге жететін бұл шұңғымалар Тынық мұхитты түгел дерлік қоршап жатыр. Олар Үнді мұхитында да кездеседі.

Сонымен, бүгінгі жер бедерін жасаған, жер қойнауында қабаттар құрып, ұзындығы жүздеген, тіпті мыңдаған километрге, ал биіктігі 7-8 километрге жететін тау тізбектерін тұрғызып, тереңдігі 10 километрге жететін шұңғымалар соққан бұл неткен күш, ол қайдан пайда болады?

Бұл күштің шығар көзін ғалымдар әртүрлі болжамдарға сүйене отырып түсіндіруде. Солардың бірі контракция теориясы, басқаша айтқанда, жер шарының бастапқы ыстық күйінен уақыт өткен сайын суынуына байланысты оның сығылуы туралы теория. Бұл теория бойынша, жер ең алғашқы жаралу кезінде оттай қызған сұйық дене болған да, уақыт өте суып бастаған. Көптеген тау жыныстарының (тау жыныстары - қатты денелер) суыған кезде көлемдері азайып, сығылатыны белгілі. Олай болса жер бетіндегі тау жыныстары, кәдімгі кепкен алма қабығының қыртыстанатыны сыяқты, қатпарларға айналып, таулар пайда болған. Ал, суу процесі жер шарының әр түкпірінде әртүрлі болуына байланысты, жер бедері бір жерде жазық, ал басқа бір жерде таулы аймақтар болуы сонан деп есептелінеді.

Алайда, кейінгі кездегі ғылыми зерттеулер нәтижелері бұл теориялық болжамды жокқа шығарып отыр. Ғылыми есептеулер бойынша, тек қана Альпі тау тізбегі пайда болуы үшін жер шары 2400 градусқа дейін сууы қажет екен. Ал, мұндай заңғар тау тізбектері жер бетінде әлденеше. Олай болса, жердің бастапқы температурасы ойға жетпестей жоғары болуы керек қой. Әрине бұл мүмкін емес.

Ғалымдар арасында көп қолдау тапқан академик О.Ю.Шмидтің теориясы бойынша, Жер планетасы бастапқыда Галлактика кеңістігіндегі формалары мен көлемдері әртүрлі қатты денелер мен шаң-тозандардың жинағынан құрылған. Демек бұл теория бойынша алғашқы жаралу кезінде жер біршама суық күйде болған. Ол өзінің бойындағы қазіргі температурасын өз қойнауындағы тау жыныстары құрамындағы радиоактивті элементтердің ыдырауы кезінде пайда болған жылу көмегімен осы уақыттағы қалпына дейін көтерген деп шамаланады.

Соңғы жылдардағы ғылыми зерттеулер нәтижесінде жер бетінен 150-200 километр тереңдікте тұтқырлығы өте төмен

іілгіш қабат бар екені анықталды. Астеносфера деп аталатын бұл қабаттың кейбір жерлерде тіпті қоймалжың сұйық болуы да мүмкін. Қандай да зат болмасын балқығанда оның тығыздығы төмендеп, тұтқырлығы азаяды және көлемі өседі. Міне, осының әсерінен жоғарғы қатты қабаттар төмен шөгіп, төменгі қоймалжың қабаттар жоғары шығуға тырысады да, астеносферадан жер бетіне дейінгі қалыңдығы 150-200 км болатын қабат (литосфера) қозғалысқа келеді.

Бұл процесті суы бар кострюлді отқа қойып қыздырғанда пайда болатын су ағынына теңеуге болар еді. Отқа жақын судың төменгі қабаттары сәл ертерек қызады да, ұлғайып, жеңілденіп, жоғары көтеріледі, ал судың беткі қабаттары болса төмен шөгеді. Осының арқасында жылуды төменнен жоғары көтеретін конвекциялық ағын пайда болады.

Ғалымдар мұндай ағындар жер қойнауында өте ерте кезден бастап болған деп топшылауда. Тіпті жердің ішкі құрылысының қабат-қабат болып орналасуы алғашқы кезде жер шарын құраған тау жыныстарының конвекциялық ағындар әсерінен кейін өздерінің тығыздығына байланысты жекелене даралануынан болуы ықтимал.

2.2 Литосфералық плиталар қозғалысы

Сонымен конвекциялық ағындардың әсерінен қалыңдығы 150-200 км жердің жоғарғы қабаты (литосфера) қозғалысқа келеді дедік. Ал, сонда ол қандай бағытта қозғалады: тік бағытта ма, әлде жазық бағытта ма? Бұл туралы қазіргі кезде ғалымдардың пікірі екіге бөлінеді.

Белгілі геолог В.В.Белюсов бастаған бір топ бұрынғы Кеңес Одағы ғалымдарының ойынша литосфера қабаты негізінен тік бағытта ғана қозғалады деп есептеледі (төмен шөгеді немесе жоғары көтеріледі). Бұл пікір бойынша жердің төменгі қойнауларынан көтерілген өте қызған массалар мен радиоактивті элементтердің ыдырауының арқасында пайда болған жылу әсерінен, астеносфера қабатының кейбір жерлері балқып, тығыздығы азаяды да, жоғары көтеріледі. Ал, оның үстінде жатқан литосфера қабатының тығыздығы астеносфераның тығыздығынан жоғары болғандықтан ол төмен түсуге тырысады. Бұл жер қабығының тік бағытта қозғалуына әкеліп соғады. Жер бетінің бір бөлігі жоғары көтеріліп, екінші бір бөлігі керісінше төмен ығысады. Таулар мен ойпаттар міне осылай пайда болады. Мындаған, миллиондаған жылдардан кейін жоғары көтерілген массалардың суымен бірге литосфера қозғалысы де бөсеңсіп тағы бір мындаған, миллиондаған жылдардан кейін біржолата тоқтайды. Мұндай процесстер қазіргі кейбір тау тізбектері аймақтарында қарқынды түрде жүріп жатса, басқа бір аймақта жаңа басталып келеді. Бұған мысал ретінде Жерорта, Беринг,

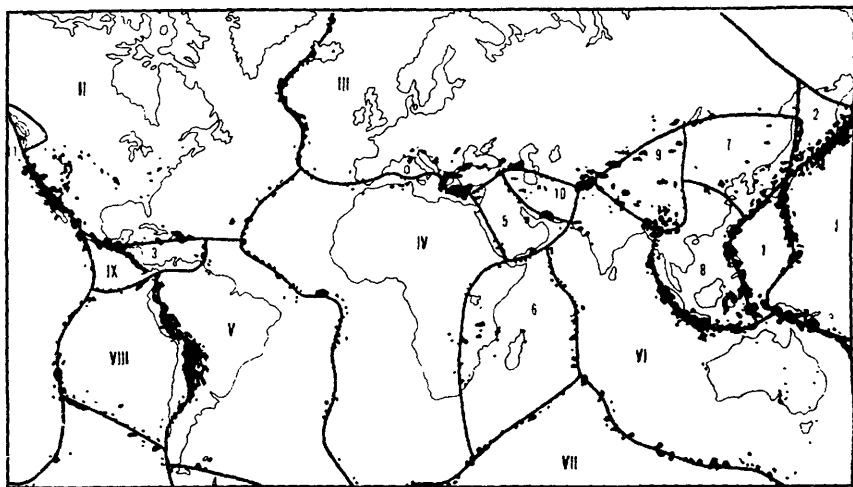
Жапон теңіздері мен Кариб бассейндерінің аймақтарын келтіруге болады.

XX ғасырдың басында неміс ғалымы А.Вегенер литосфера қабатының қозғалысы негізінен көлденең (жазық) бағытта болады деп болжам жасаған. Көптеген ғалымдар қазір бұл пікірді қолдап отыр. Егер біз кәдімгі мектептерде қолданылатын глобустағы Африка мен Оңтүстік Америка құрлықтарының нұсқасын қиып алып, онан кейін бір-бірімен түйістірсек, онда олар бір жұмбақ суреттің бөліктері сыяқты, дәл келеді. Палентологиялық (жер қойнауындағы бұрынғы өткен замандарда өмір сүрген әртүрлі жәндіктердің тас болып қалған қанқасын зерттейтін геология ғылымының бір тарауы) мағұлматтар бойынша да араларын мындаған километрге созылатын мұхит суы бөліп жатқан бұл екі материкте көптеген ұқсастықтар бар.

Міне, осындай деректерге сүйеніп, А.Вегенер жер тарихының бір кезеңінде бүкіл материктер тұтас бір алып массив болып, кейіннен ішкі тектоникалық күштердің әсерінен бірінен-бірі ажыраған деп болжам жасаған. Бұл болжам бойынша жердің литосфера қабаты бірімен-бірі астеносфера қабатына дейін жететін терең жарықтармен шектелген үлкен-үлкен плиталардан тұрады (2.2-сурет). Біз жоғарыда айтып кеткен мұхитаралық жоталар, Тынық мұхиттық шұңғымалар мен аралдар иіні және қазіргі кездегі тектоникалық қарқынды аудандар осы литосфералық плиталардың бірімен-бірі қосылған шекарасы болып табылады. Плиталарды шектеп жатқан терең жарықтар арқылы астеносфера қабатынан көтерілетін массалар бірімен-бірі шектесіп тұрған екі плитаны екі жаққа итеріп, оларды көлденең бағытта қозғалысқа келтіреді. Ал, плиталардың екінші жағы болатын болса, олар мұхит шұңғымаларында қайтадан мантияға батып жоқ болады.

Сонымен, литосфералық плиталар астеносфера қабатында қалқып, тоқтаусыз көлденең бағытта жылжуда болады. Бұл процесс, яғни үлкен бір материктің бірнеше плиталарға бөлініп, бірінен-бірі ажырауы шамамен 200 миллион жылдар бұрын басталған.

Ғалымдардың көпшілігі литосфералық плиталардың қозғалысы көлденең бағытта болатынын қолдайды. Солай болған күнде бұл қозғалыстар үш түрлі жағдайда болуы мүмкін. Біріншісі - плиталар қарама-қарсы бағытта жылжып, бір-бірінен ажыраудың әсерінен рифті белдемдер пайда болады (Байкал көліндегі, Қызыл теңіздегі және т.б.). Әдетте, бұл рифті белдемдер тектоникалық тұрғыдан белсенді алқаптар қатарына кіреді. Егер жер шарының арнаулы карталарына көз салсақ, онда жер сілкіну ошақтары мен жанартау орындары осы белдемдерге шоғырланған.



2.2-сурет

Литосфералық плиталардың жер бетіндегі орналасуы.

Бас плиталар: 1-Тынықмұхиттық II-Солтүстік Америка; III-Евразия; IV-Африка; V-Оңтүстік Америка; VI-Үндістан (Үндістан-Австралия); VII-Антарктика; VIII-Наска; IX-Кокос. Кішігірім плиталар: 1-Филиппин; 2-Охот; 3-Кариб; 4-Скоша; 5-Аравия; 6-Сомалий; 7-Амур; 8-Қытай; 9-Тибет; 10-Иран; 11-Хуан-де-Фука. Нүктелер – 1961-1974 жылдар арасындағы күшті сілкіністер эпицентрлері.

Екіншісі - литосфералық плиталар бір-біріне жақындай жылжып соқтығысқан күнде, бірі екіншісінің жоғарғы бөлігін жұла төмен қарай сүңгіп, су асты белдеулерін құрайды. Бұл белдеулерді зілзала апаттарының нағыз орталығы деп айтуға болады. Осындай белдеудің бойында жатқан Тынық мұхиттың бүткіл шығыс бөлігі және оған көршілес Филиппин, Жапон, Алеут аралдары алапат апаттардың орталығы болуда. Осы орайда айта кетеін жәйт, жер бетіндегі ең үлкен тау жүйелері - Гималай, Альпі, Карпат және Анд - бұл теория бойынша плиталардың алдыңғы шегінің майысып қатпарларға айналуынан немесе олардың бір-бірімен соқтығысу салдарынан пайда болған.

Үшіншісі - литосфералық плиталар бірін-бірі бойлай жылжытын жағдайлар болады. Мұндайда плиталардың жиектері тегіс болмағандықтан, олардың жылжуы да бірқалыпты болмай, кідіrmелі-үзікті болады. Плиталардың бір-біріне ілініп жылжуы бұл аймақта белгілі бір мөлшерде энергияның жиылып-

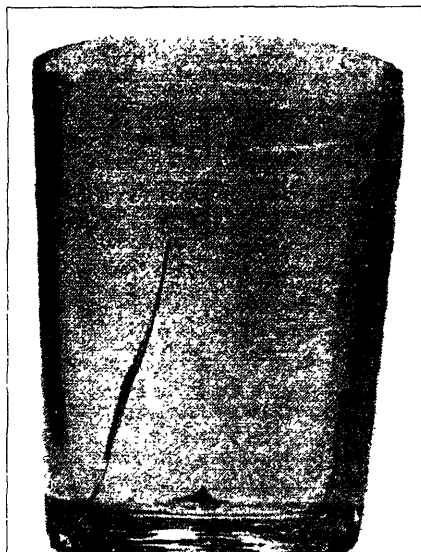
босануына, сөйтіп кезекті әрекет сайын жер асты дүмпуінің болуына әкеліп соғады. Жапония, Иран, Түркия, Орта Азия мемлекеттері, Гватемала, Перу, Сицилия, Греция - бұл мемлекеттер литосфералық плиталардың шекарасына жақын орналасқан (Жапония - Тынық мұхит пен Евразия плиталарының, Иран мен Түркия - Үндістан мен Евразия плиталарының, Гватемала - Кариб пен Оңтүстік Америка плиталарының, Сицилия мен Греция - Африка мен Евразия плиталарының шекарасында). Сондықтан да зілзала апаттары туралы газет-журналдар мен радио-теледидар хабарларынан осы мемлекеттердің атын жиі есітеміз.

2.3 Жер сілкінуі түрлері

Жоғарыда литосфера плиталарының қозғалысына ұзағырақ тоқталдық. Өйткені күшті және жойқын сілкіністер осы плиталардың өзара қозғалысына тікелей байланысты. Ал, бұл қозғалыстар тік немесе көлденең бағыттарда бола ма, мұны екі теория өздерінше дәлелдеп, олардың арасындағы бітімсіз қызу айтыс әлі де тоқталар емес. Оның қайсысының шындыққа жақын екенін болашақ ғана көрсетеді. Қалай дегенмен де жер бетінің сілкінісі, негізінен, ішкі тектоникалық күштердің әсерінен болатыны айдан анық. Осы ішкі күштердің әсерінен жер қыртысын құрайтын тау жыныстарының 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 жер сілкінулері деп аталады (2.3-сурет).

Бір мысал келтірейік. 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 сынығуымен тау жыныстары құрайтын блоктардың жарылуы әртүрлі болғанымен, сызғыштың сынған екі бөлігінің біршама уақыт дірілін жер беті сілкінісіне шамамен теңеуге болады.

Сонымен тектоникалық жер сілкіністері мен жер қойнауындағы жарылымдар арасында тікелей байланыс барына көзіміз жеткен сияқты. Ал, жарылымдар болса, олар жер қойнауында әртүрлі жағдайда кездеседі: жер бетіне қарағанда тік, еңкіш, тіпті көлденең де болуы мүмкін. Олар литосфера плиталарын бірнеше блоктарға бөліп, ал блоктар болса жары-



2.3-сурет

Шыны стакандағы жарық (ернегіне жетпеген),
жер қойнауындағы (жер бетіне шықпаған)
сілкініс ошағына ұқсайды

лымдар бойымен жоғары, төмен, көлденен бағыттарда қозғалыста болады. Егер арнаулы сейсмологиялық карталарға көз жіберсек, күшті жер сілкіністер ошақтарының ірі жарылымдарды бойлай орналасқанын көреміз. Көп жылдар бойы жүргізілген зерттеулер нәтижесінде жарылым мөлшері (ұзындығы, ені) мен онда болатын сілкініс магнитудасы арасында тікелей байланыс бар екендігі анықталып отыр. Бұл байланыс Орта Азия сейсмикалық қауіпті аймағы үшін төмендегідей математикалық формуламен өрнектеледі:

$$\begin{aligned} \text{Lg}L &= 0,6 M - 2,5 \\ \text{Lg}W &= 0,15 M - 0,42 \end{aligned}$$

Бұл формулада M - жер сілкіну магнитудасы, L және W - жарылымның ұзындығы мен ені (км есебімен).

Жер қойнауында кездесетін жарылымдардың бәрі бірдей қауіпті ме? Әрине жоқ. Олай болған жағдайда, жер бетінде сілкінбейтін орын болмас еді ғой. Сейсмикалық қауіпті жарылымдар қатарына бойымен жылжыйтын блоктардың өзара қозғалыс шамасы жоғары, яғни сейсмогендік жарылымдар ғана

кіреді. Сондықтан да жер беті жарық тарелка сыяқты жарылымдардың жинағы болғанымен, жер сілкіністері белгілі аймақтарда ғана болады.

Жер сілкінуінің басым көпшілігі (99 %), әсіресе өте күшті және жойқын дүмпулер, жоғарыда айтылған, тектоникалық себептерге байланысты. Орта Азияда, соның ішінде Қазақстанда кездесетін жер сілкінулердің бәрі дерлік тектоникалық қозғалыстардың салдарынан болады.

Тектоникалық жер сілкіністері өзінің ошақтарының тереңдігіне байланысты үш түрге бөлінеді:

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

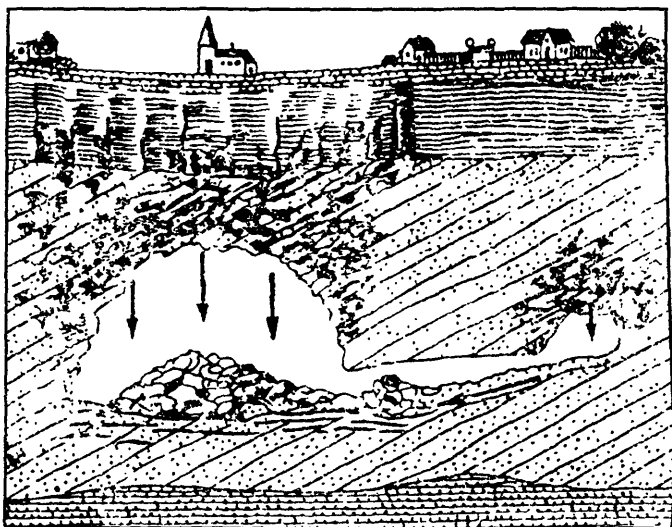
Сонымен қатар, сілкініс эпицентрінің ара қашықтығына байланысты да жер асты дүмпулері бірнеше түрлерге бөлінеді, олар:

- 1 - "жергілікті" дүмпулер, ара қашықтығы 200 км-ге дейін;
- 2 - "жақынаралық" дүмпулер, ара қашықтығы 200 км-ден 1000 км-ге дейін;
- 3 - "қашықаралық" дүмпулер, ара қашықтығы 1000 км-ден астам. Орта Азия мен Қазақстан аймағында негізінен "қалыпты" тектоникалық жер сілкіністері кездессе, Памир мен Гиндукуш таулы аудандарында (Ауғанстан мен Тәжікстан шекарасында) "аралық" фокусты сілкіністер, ал Куриль және Камчатка аралдарында "қалыпты" және "аралық" сілкіністерімен қатар, "тереңфокусты" жер сілкінулері 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.

Жер шарының кейбір аудандарында жер асты қуыстары - үңгірлер кездеседі. Олардың кейбіреулерінің ұзындығы біршама зор болуы ықтимал. Мәселен, АҚШ-тың Кентуки штатында Мамонтова үңгірінің жалпы ұзындығы 430 км-ге жетеді. Міне осындай жерасты үңгірлерінің төбесінен кенет опырылып құлаған тау жыныстарының салдарынан жер бетінде сілкініс пайда болады (2.4-сурет). Әдетте мұндай сілкіністердің күші сол болған жерде сезіледі де, қашықтаған сайын тез басылады.

Терең шахталарда кездесетін бұл құбылыстың бір түрі - тау соққысы. Кен қазындысы айналасындағы қысым мөлшері кенеттен өсіп, шахта забойында қопарылыс болады. Мұндай құбылыстар халық шаруашылығына қыруар зиян келтіріп, кейбірде шахтада істейтін адам қазасы да болуы мүмкін.



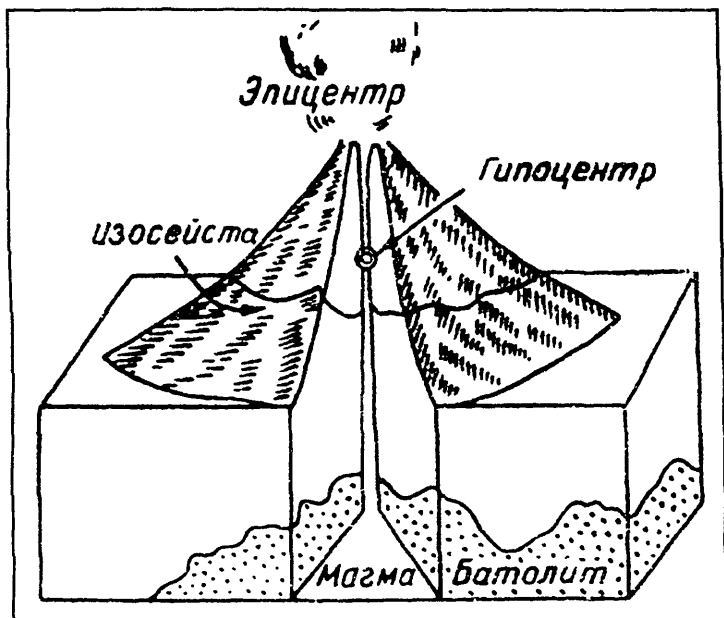
2.4-сурет

Опырмалы жер сілкінісінің пайда болу схемасы

Опырмалы сілкіністің тағы бір түрі - ірі тау көшкіндерінің әсерінен болатын жер бетіндегі сілкініс. 1911 жылы Памир тауында Усой атты тау көшкіні әсерінен болған сілкініс Тәжікстан тұрғындарының әлі де есінде. Есептеулерге қарағанда бұл көшкіннен пайда болған үйіндінің көлемі 2,5 шаршы километрге жеткен.

Жер сілкінісінің үшінші түрі - жанартаулық сілкініс деп аталады. Олардың негізгі себебі астеносферадағы сұйық магманың жер қойнауындағы жарықтармен жоғары көтерілген кезіндегі жердің тітіркенуі деп есептелінеді (2.5 - сурет). Сілкіністің бұл түрі жанартау атқылауы әрекетіне тікелей байланысты болғандықтан, белгілі бір жанартаулық белдеулерге дәл келеді. Бұл құбылыс қазірде жан-жақты зерттеліп, тіпті кейбір кезде оларды алдын ала болжауға да мүмкіндік болып отыр.

Осы күнге дейін кейбір оқырман жер беті сілкінісі тек қана жер астындағы жанартау әрекетіне байланысты деп ойлайды. Осыған орай айта кететін жәйт, жер сілкінуі мен жанартау



2.5-сурет
Вулкандық жер сілкінісінің пайда
болу схемасы

атқылау процесстерінің түпкі негіздері бір болғанымен (екеуі де ішкі тектоникалық күштерге байланысты), табиғатта бұл екі құбылыстар өзара байланыссыз да болады. Оған мысал ретінде жоғарыда айтылған тектоникалық және опырмалы сілкіністердің пайда болу себептерін айтуға болады.

2.4. Жасанды жер сілкіністері

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

Жасанды сілкіністердің пайда болуы негізінен төмендегідей себептерге біланысты:

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

Ірі су қоймаларын салу. Бүгінгі таңда жер шарының түпкір-түпкірінде жасанды жер асты дүмпулерінің көпшілігі, негізінен, ірі су қоймаларын салумен тікелей байланысты. Бұл құбылыс тек қана әлсіз сілкіністердің осы аумақтағы санының көбейуі мен ғана шектелмей, олардың арасында су қоймалары бөгеттерін бұзып, құрлыстарды қирататын күшті сілкіністер де кездеседі.

1967 жылы Үндістанның Койна өзенінде су электр станциясын салу жұмысы басталды. Бұл аймақтың сейсмикалық жағдайы тіпті тыныш болатын. Су қоймасы жартылай толысымен бұл жерде әлсіз жер асты дүмпулері басталған. Жарты жыл өтісімен күшті сілкініс болып плотина құрылыстары, тіпті 1,5 километр жердегі Койнангер қаласы үлкен зиян шеккен. Бұл оқиғаны әржақты, тереңірек зерттеу үшін Үндістан үкіметі Біріккен Ұлттар Ұйымына әр елдердің белгілі ғалымдарынан арнайы комиссия құруға өтініш білдірді. Осы өтінішке байланысты ЮНЕСКО жаңында арнайы комиссия құрылып, ол 1970 және 1971 жылдары Париж қаласында екі рет мәжіліс өткізді. Бұл мәжілістерде бүкіл әлемде сол кезге дейін кездескен осындай оқиғалар жан-жақты талқыланып, ғалымдар бұл бағытта белгілі бір тұжырымға келді. Ал, Үндістанда болған оқиғаға келсек, осы арнаулы комиссияның қорытындысы бойынша - бұл қоймадағы судың тікелей әсері екені анықталды, әсіресе оның биіктігінің 103 метрге жетуі, шешуші роль атқарған.

1963 жылы Францияның Драк өзенінде салынған Монтейнар су қоймасы (плотина биіктігі 155 метр) бітісімен, бірнеше күннен кейін жер сілкініп, көрші елді мекендерге үлкен зақым келген. Сол кезден бастап осы аймақта жылына эпицентрі су қоймасы айналасында шоғырланған 15-20 шамасында жер асты дүмпулері болып тұрады.

Жоғарыдағыдай жан-жақты зерттелген оқиғалардың бірі Қытайдың Сыңфыньзян су қоймасында болған. Оның көлемі 11500 миллион шаршы метр, ал плотина биіктігі 105 метр болатын. Бұл жерде плотина салынбай тұрған кезде ұзақ уақыт үздіксіз арнаулы приборлармен бақылау жүргізілген. Су қоймасын толтыру 1959 жылы қазан айында басталған. Көп кешікпей бұл манайда жер сілкіну жиілеп, 1962 жылы 19 наурызда 8 баллдық күшті сілкініс болды. Сол уақыттан бері осы

жерде сейсмикалық станциялар шамамен 2000 әлсіз жер асты дүмпулерін тіркеген.

Тізіп-тіркеп айта берсек мұндай жасанды жер сілкіністері жер шарында көп-ақ. Әсіресе соңғы кезде әлемнің әр түкпірінде су қоймаларының кобеюіне байланысты жасанды сілкіністердің саны да көбейіп келеді. Мұндай оқиғалар Нүрек (Тәжікстан), Шарвак (Өзбекістан), Чиркей (Дағыстан), Бартоғай (Қазақстан) және т.б. су қоймаларында кездесіп отыр.

Осы күнге дейінгі дүние жүзінде кездесетін жер сілкіністерін жан-жақты зерттеу, ғалымдарды төмендегідей қорытындыға келтіріп отыр.

1. Жасанды жер сілкіністері негізінен қоймадағы су деңгейіне тікелей байланысты. Бұл су салмағының қойма табанына түсіретін әсерінен оның бірқалыпты күйі өзгеріп, қосымша қысым пайда болуынан болады. Әдетте, су қоймасының тереңдігі 90 метрден астам болса, бұл аймақта әлсіз сілкіністер міндетті түрде болады, олардың арасында күшті сілкіністер де болуы ықтимал. Ал кейбір жағдайларда (су қоймасы аумағының геологиялық және сейсмологиялық ерекшеліктеріне орай) әлсіз сілкіністер тіпті су тереңдігі ондаған метр тереңдікте болғанының өзінде де пайда болуы ықтимал.

2. Ірі су қоймалары әсерінен болатын жасанды сілкіністердің ықтитмалдығы жер сілкіну қауіптілігі бар аймақтарда өте жоғары. Сондықтан да болашақ су қоймалары төңірегінде алдыын-ала жан-жақты зерттеулер міндетті түрде жүргізілуі қажет.

3. Су қоймасы табанының геологиялық құрылысы (жарықтар болуы, тау жыныстарының құрамы және т.б.) жасанды сілкіністердің болуына тікелей әсер етеді. Ал су қоймасы болса, химиялық реакцияны шапшандаттыратын катализатор сияқты, қойма табанындағы тау жыныстарының беріктігін төмендетіп, олардың арасындағы үйкеліс күшін азайтады. Осының салдарынан тау жыныстары блоктары беткейін майлағандай өзара тез қозғалысқа келіп, жер асты дүмпуін туғызады.

Мұнай және басқа кен орындарын пайдалану. Әлем тарихында ірі мұнай, газ және басқа да кен орындарын қарқынды түрде пайдалану әсерінен жасанды сілкіністердің пайда болатыны мамандарға мәлім. Көпшілік қауымға белгілі, Өзбекстан жеріндегі 1976, 1984 жылдарда болған 9-10 баллдық Газли сілкіністері, Сахалиндегі 1990 жылғы Нефтегорск апаты, ғалымдардың болжамынша, осы мұнай кен орнын 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.

Қазақстан жері мұнай мен газға бай өңір, оларды пайдалану да кең өріс алған (Манғыстау, Атырау, Батыс Қазақстан, Ақтөбе, Қызылорда облыстарында мұнай кен орындарын игеру қарқынды түрде жүруде). Бұл біздің мақтанышымыз. Әзірше бұл аймақтарда жағарыда айтылғандай оқиғалар кездескен жоқ. Дегенмен, ғалымдардың ойынша олардың болуы ықтимал деген болжам бар. Сондықтан бұл аудандарда жан-жақты, түбегейлі ғылыми-тәжірибелік зерттеулер жүргізілуді бүгіннен бастап қолға алған жөн.

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 сілкіністерді тіркеген.

Алдымен мұндай өзгерістер 40-ыншы жылдардың басында белгілі болды. 1962 жылы АҚШ-тың Денвер қаласы маңында (Колорадо штаты) кенеттен бірнеше сілкіністер сезіліп, кейіннен арнайы қойылған аппараттар бұл аймақта көптеген адам сезбейтін майда сілкіністер болып жатқанын анықтады. Осы кезге дейін бұл аймақтың сейсмикалық жағдайы тіпті болмашы болатын. 1962 жылдың сәуір айынан 1963 жылдың қыркүйегіне дейін жергілікті сейсмикалық приборлар осы ауданда 700-ден астам жерасты дүмпулерін тіркеді. Солардың ішінде көпшілігі осы жерде орналасқан химиялық зауыттың айналасында шоғырланған болып шықты. Бұл жағдай жергілікті ғалымдарды терең ойға қалдырып, осыншама көп жер асты дүмпулерінің қандай себептен болғанын анықтауға мәжбүр еткен. Бірсыпыра зерттеулер ғалымдарды мынандай бір қызықты жағдайға әкеліп тіреген.

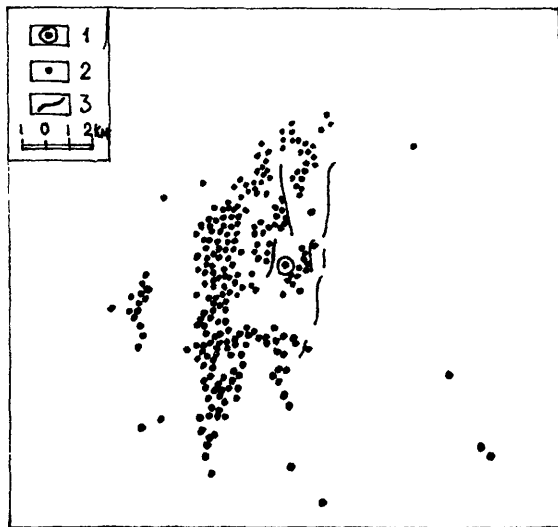
Жергілікті химия зауытының өнеркәсіп қалдықтарының бірі улы ағын су болатын. 1962 жылға дейін бұл су ашық резервуарға құйылып, біраз уақыт өткеннен кейін буланып жоқ болып кететін. 1962 жылдың наурыз айынан бастап зауыт табиғи ортаны қорғау жолында бұл улы ағын суды тереңдігі 3670 метр ұңғымаға зор қысыммен құя бастаған. Міне, осы уақыттан бастап арнаулы приборлар жер асты дүмпуін жаза бастаған. Мұндай құбылысқа қызыққан ғалымдар ұңғыма тереңдігін және құйылатын улы судың қысымын өзгертіп, тіпті уақытша улы суды тоқтатып, әртүрлі эксперименттер жасаған. Зерттеулер нәтижесінде жергілікті дүмпулер мен улы суды ұңғымаға құюдың арасында тікелей байланыс бар екендігі анықталды.

Жерасты ядролық жарылыстарының сол аймақта сілкіністер 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 сілкініс саны бір тәулікте 1000-нан асып кеткен (2.6-сурет).

Өкінішке орай, 40 жыл бойы ядролық сынақтар жүргізілген Семей полигоны туралы мұндай мағұлматтар жоқ. Өйткені, бұл аудан Кеңес заманында Қазақстан мамандары үшін жабық болып, ол жерде арнайы сейсмологиялық зерттеулер жүргізілмеген.

Тау-кен жұмыстары жүргізілетін рудниктер (көпіштер) мен шахталарда болып жүрген жерасты соққысы (горный удар) туралы деректер ертеден белгілі. Мұның себебі жер асты тау жыныстары блоктарының тепе-теңдігі бұзылып, олардың тұрақтылығының азаюына байланысты. Бұл оқиға төтеннен болып, ірі сілкіністер сияқты үлкен апатқа әкеліп соқтыруы мүмкін.



2.6-сурет

1968 жылдың 19 желтоқсанда Невада (АҚШ) штатында болған ядролық сынақтан ($Q=1,1$ Мгт, $H=1380$ м) кейінгі майда сілкіністер эпицентрлері; 1-жарылыстар эпицентрі; 2- жасанды сілкіністер эпицентрлері; 3-жарылыстан пайда болған жер бетіндегі жарықтар (Пасечник,1977).

Қазақстан - тау-кен өндірісі зор дамыған ел. Бұл аймақта жерасты соққылары да кездесіп тұрады. Оларды жан-жақты зерттеп, өндіріс орындарына арнаулы нұсқаулар беру - ғалымдардың алдында тұрған үлкен міндет.

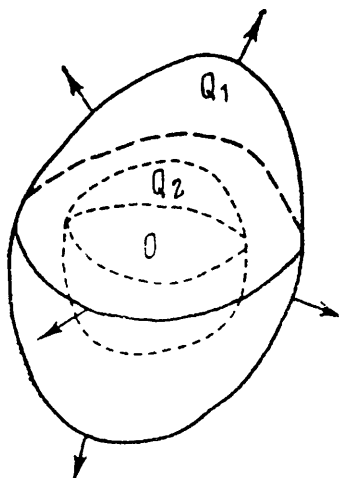
Сонымен жасанды сілкіністер туралы мағұлматтар әлем аймағында жеткілікті. Олардың пайда болуына, жоғарыда келтірілген себептер (ірі су қоймалары, мұнай кәсіпшілігі, жерасты ядролық жарылыстары және т.б.) жер астында жиналған табиғи тектоникалық қысымның уақытынан бұрын тез арада бөлініп шығуына шаппалы 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!

3. СЕЙСМИКАЛЫҚ ТОЛҚЫНДАР

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

3.1. Жалпы түсінік

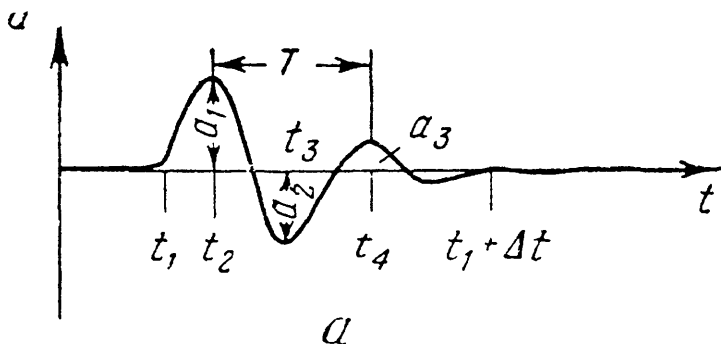
Жер сілкіну құпиясын жете түсіну үшін, алдымен, сілкініс ошағынан таралатын, жер бетін сілкіндіріп, үй мен ғимараттарды бұзатын серпінді толқындардың қасиеттерімен таныс болған жөн. Әдетте, сілкініс ошағынан таралған толқынның әсерінен тау жыныстары бөлшектерінің тербелісі сол ортаның екі беткеймен шектелген кішігірім көлемінде аз уақыт аралығында пайда болады (3.1 -сурет). Суретте Q_1 таңбасымен белгіленген сыртқы беткей зат бөлшектерінің бірқалыпты күйде тұрған бөлігін (әлі ауытқу басталмаған) қоздырылған, яғни тербеліс басталған көлемінен бөледі. Мұндай беткей толқынның алғы шебі (фронт волны) деп аталады. Ал, ішкі беткей (Q_2) тербеліс болып жатқан ортаны зат бөлшектерінің ауытқуы тоқталған бөлігінен айырады. Бұл беткей толқынның



3.1-сурет
Серпінді толқынның алғы (Q_1) және
артқы (Q_2) шебтері

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

Сонымен сілкініс ошағынан белгілі бір қашықтықта (r) жатқан тау жынысының M бөлшегінің тербелісін 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 3.2- 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.



3.2-сурет
Тау жыныстары 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 сілкіністер кезінде оның шамасы бірнеше ондаған сантиметрге жетеді. Ал қума және көлденең толқындарының периодтарына келетін болсақ, ол секундтың оннан (жүзден) бір бөлігінен (өлсіз сілкіністер) 5-10 секундқа (жойқын сілкіністер кезінде) дейін өзгереді.

3.2. Толқындардың басты түрлері

Сейсмикалық толқындардың ең басты және бірінші түрі алғашқы немесе қума толқын деп аталады (P - prima). Оның көпшілік 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 ойыстанады (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 кішірею отырып өзгеріске ұшырауына байланысты қума толқындар таралады (3.3 а-сурет).

Кейбір күшті сілкініс кезінде эпицентрге жақын аралықта гүрілдеген дыбыс естіледі. Бұл дыбыс сол қума толқынның

(жиілігі 15 Герцтен 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 ербіп, олардың формасы өзгереді (3.3 б - сурет). 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 серпінді толқындар жер сілкіну ошағынан бөлінген энергияны жан-жаққа тарату көзі болып табылады. Кейбір тау жыныстары өткізгіш ретінде толқындардың таралуына мүмкіншілік жасаса, кейбіреулері байырғы қалқа (экран) ролін атқара отырып, олардың таралуына кедергі жасайды. Сондықтан жер сілкіну 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 тау жыныстарының 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.

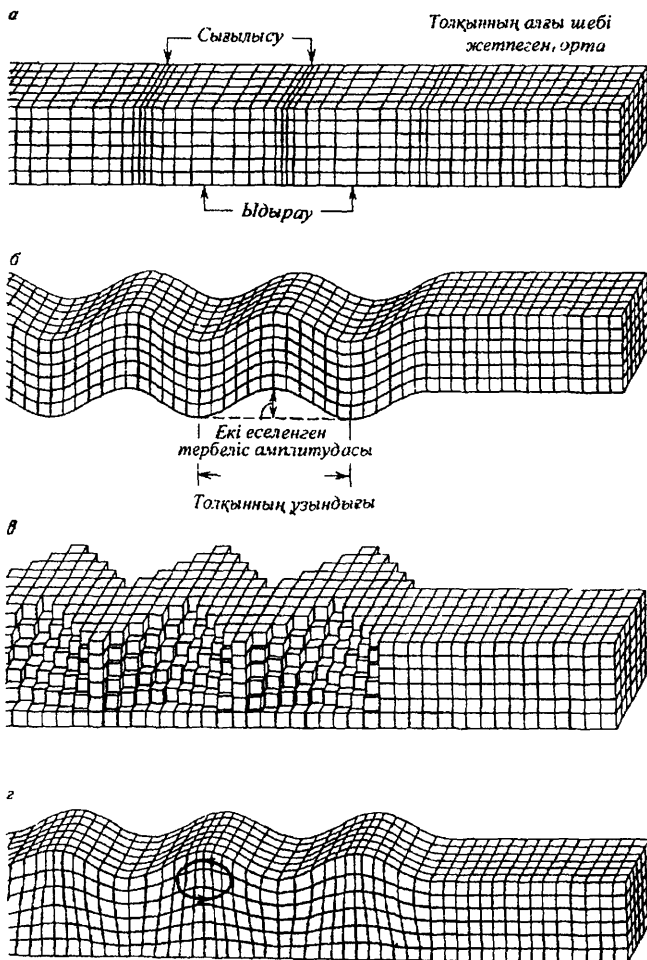
Қума толқынның таралу жылдамдығы, 3.3 а - суретте көрсетілгендей, тау жыныстары бөлшектерінің ыдырауы мен сығылуына байланысты, яғни

$$V_p = \sqrt{\frac{E(1-\delta)}{\rho(1+\delta)(1-2\delta)}} \quad (3.1)$$

мұнда ρ - тау жыныстарының тығыздығы, E - бойлық ыдырау модулі (Юнга модулі), δ - көлденең сығылу модулі (Пуассон коэффициенті).

Ал көлденең толқынының таралуы зат бөлшектерінің тек қана формасын өзгертуіне байланысты болғандықтан (3.3б - сурет), оның таралу жылдамдығы төмендегі формулаға сәйкес:

$$V_s = \sqrt{\frac{E}{\rho 2(1+\delta)}} \quad (3.2)$$



3.3-сурет
Негізгі сейсмикалық толқындардың пайда болу схемалары
(Болт, 1981). а- кума толқындар тобы; б- көлденең;
в- беткейлік Лява; г-беткейлік Релей

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

$$V_p/V_s = \sqrt{\frac{2(1-\delta)}{1-2\delta}} \quad (3.3)$$

Бұл формуладағы (3.3) Пуассон коэффициенті $\delta = 0,25$ деп алсақ (гранит тау жынысына тән), онда $V_p/V_s = \sqrt{3}$, яғни кума толқындар көлденең толқындарға қарағанда орта есеппен 1,7 есе жылдам тарайтынын көреміз.

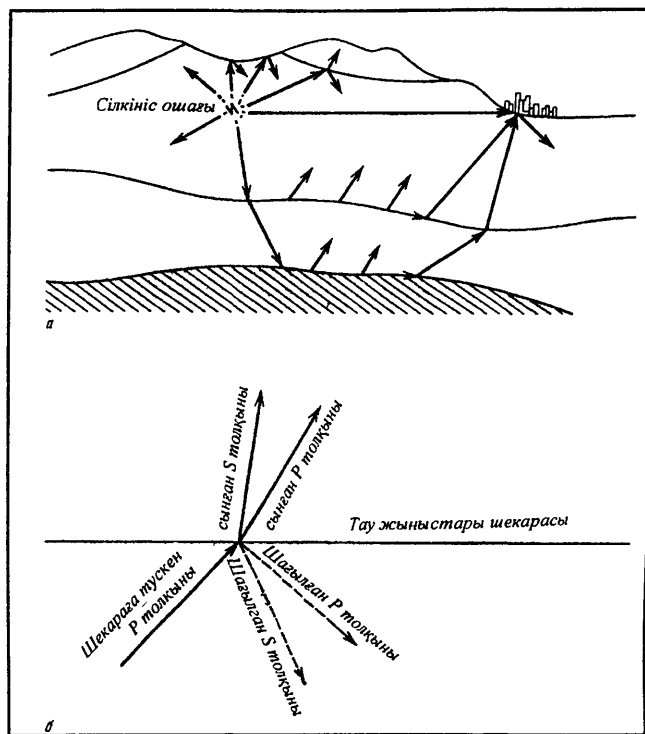
Енді сейсмикалық толқындардың таралу жылдамдықтарын табиғатта және қазіргі кездегі техника саласында кездесетін кейбір жылдамдықтармен салыстырып көрелік. Мәселен, жүрдек пойыз секундына 0,028 км, жеңіл автомашина - 0,03 км, ИЛ-62 самолёті - 0,250 км, ғарыш кемесі 7,7 км, орбитадағы жер - 30 км, радиотолқындар - 300000 км жылдамдықтармен қозғалатынын ескерсек, сейсмикалық толқындардың жылдамдықтары орташа есеппен космос кораблінің жылдамдығымен шамалас екенін көруге болады.

Серпінді толқындардың үшінші түрі - беткейлік толқын. Бұл толқын кума және көлденең толқындардың өзара күрделі әрекеттерінен пайда бола отырып, жер бетіне жақын өңірлерде таралады. Беткейлік толқынның таралу ерекшелігі жел әсерінен су бетінің шымырлануына өте ұқсас. Зат бөлшектерінің тербеліс ерекшеліктеріне байланысты беткейлік толқын Лява толқындары (L) (3.3в - сурет) және Релей толқындары (R) (3.3г - сурет) 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 беткейлік) қоса, көптеген басқа да қосалқы толқындар пайда болады. Олардың мысалы ретінде жер қойнауының әр түрлі қыртыстарынан Р және S толқындардың шағылыу және сыну нәтижесінде пайда болатын толқындарды атауға болады (3.4-сурет).

Енді сейсмикалық толқындардың жер сілкіну ошағында пайда болуына және жер қойнауында таралуына қысқаша тоқталайық. Бұл орайда үш түрлі жағдай көрініс беруі ықтимал.

1-жағдай. Жер сілкіну ошағы сейсмикалық станциядан 200 км-ге дейінгі қапшықтықта (арақашықтық $\Delta < 200$ км) орналасқан (жергілікті сілкіністер). Тіркелген толқындар негізінен жер қыртысының жоғарғы бөлігі аумағында таралып, станцияға бірінші болып тура Р толқыны жетеді (3.5а-сурет).



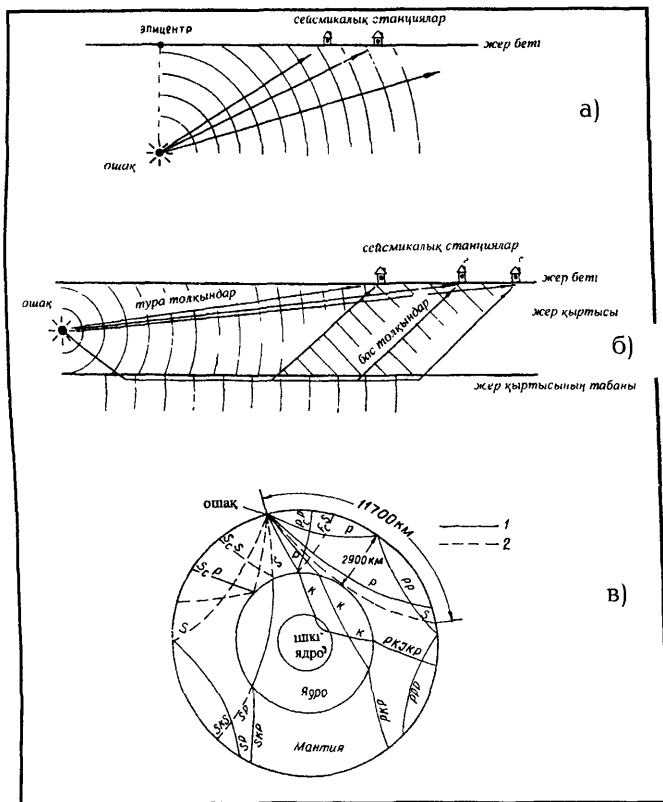
3.4-сурет

Қосалқы толқындардың пайда болу схемасы: а- жер қойнауы қыртысында толқындардың сыну және шағылуының қарапайым схемасы; б- кума толқынның (Р) тау жыныстарының өртүрлі блоктары шекарасында сыну және шағылу схемасы

2-жағдай. Жер сілкіну ошағы сейсмикалық станциядан 200 км-ден 800 км-ге дейінгі қашықтықта орналасқан (жақынаралық сілкіністер). Бас толқындар тура Р толқынынан тезірек таралып, станцияда бірінші тіркеледі (3.5 б - сурет).

Айта кететін жөйт, бұл жерде тек қана Р толқындар тобының таралу схемасы қаралып отыр. Ал, S толқындар тобына келсек, олардың таралу схемасы осы Р толқынымен бірдей.

3-жағдай. Сейсмикалық станция жер сілкіну ошағынан 800-1000 км-ден астам қашықтықта (арақашықтық $\Delta > 800-1000$ км) орналасқан



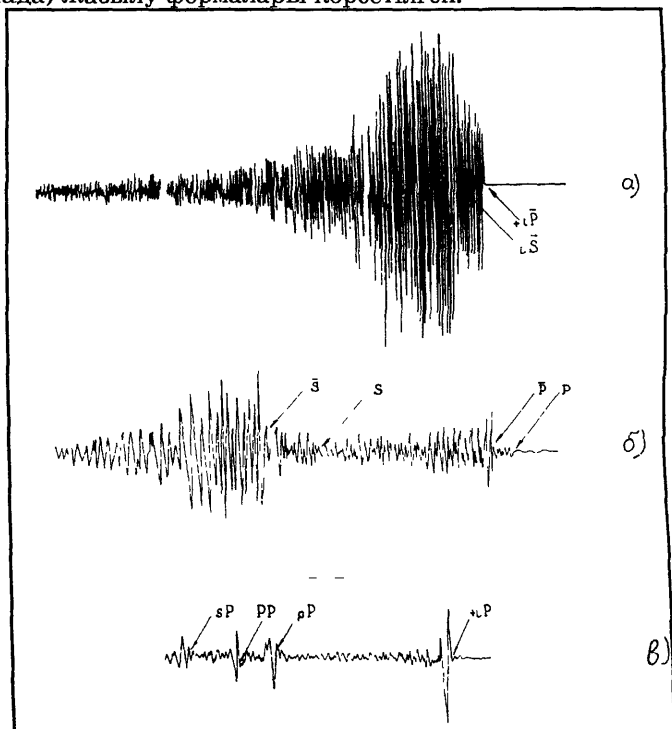
3.5-сурет

Сейсмикалық толқындардың таралу схемасы: а-жергілікті ($\Delta < 200$ км); б- жақынаралық ($\Delta = 200-800$ км); в-қашықаралық (11700 км-ге дейін және онан астам) сілкіністер. 1-Р толқындар жолы; 2- S толқындар жолы

(қашықаралық сілкіністер). Мұндай қашықтықта сейсмикалық толқындардың таралу жолы негізінен жер қойнауының терең қабаттарында болып, сейсмикалық станцияда Р және S толқындар тобынан басқа да жер бетінен және жер ядросынан шағылысқан толқындар тіркеледі (3.5 в-сурет). Мұндай

толқындарды белгілеу үшін арнаулы қағидалар қолданылады: PP, SS - жер бетінен шағылысқан толқындар, PS, SP - ауыспалы толқындар, PcP, ScS - жер ядросынан шағылысқан толқындар, PKP, SKS - жер ядросынан өткен толқындар т.с.с.

Сонымен, жер сілікну ошағында бір сәтте бөлініп шыққан энергия серпінді сейсмикалық толқындар арқылы жан-жаққа таралып, үлкен аймақты қамтиды. Төменде, 3.6-суретте сейсмикалық толқындардың сейсмикалық станцияда (сейсмограммада) жазылу формалары көрсетілген.



3.6-сурет

Сейсмикалық толқындардың сейсмограммада жазылуы:
 а- жергілікті сілкініс ($\Delta < 200$ км); б-жақынаралық сілкініс ($\Delta < 800$ км); в-қашықаралық сілкініс ($\Delta > 1000$ км)

Әлсіз дүмпу кезінде пайда болатын сейсмикалық толқындарды да соңғы кезде ғылым мен техникада көптеп қолданылып жүрген ультрадыбыс, рентген, инфрақызыл толқындар сияқты пайдалы толқындардың қатарына жатқызуға болады.

Сейсмикалық толқындар, ең алдымен, жер сілкінісінің өз табиғатын зерттеуге көмектеседі. Толқындардың әрбір сейсмикалық станцияға жету уақытын біле отырып, жер сілкінісінің эпицентрі, оның ошағының тереңдігі, басқа да көптеген параметрлері анықталынады. Жердің ішкі құрылысын зерттеуде сейсмикалық серпінді толқындардың маңызы айрықша. Бұл үшін кейбір кездерде арнайы қопарылыстар жасалынып, пайда болған сейсмикалық толқындарды зерттеу арқылы жер қыртысы қабаттарының ерекшеліктері анықталады. Бүгінгі таңда еліміздің көптеген жерлерінде осындай зерттеулер жүргізіліп, олардың нәтижесінде жер қыртысының қалыңдығы орта есеппен 40-50 км екендігі анықталып отыр. Мұндай зерттеулер әртүрлі кен байлықтарын, атап айтқанда мұнай және табиғи газ кендерін барлауда кенінен қолданылады.

Жердің терең бөліктерін зерттеу қазіргі кезде тек қана сейсмикалық әдіспен жүргізіледі. Жоғарыда (2 - тарауда) келтірілген жердің ішкі құрылысы жайлы деректер осы серпінді толқындардың жер қойнауында таралу заңдылықтарын зерттеу нәтижесінде анықталған. Сондықтан да бұл салада сейсмикалық толқындардың ғылымға тигізер пайдасы өте зор.

Сейсмикалық толқындардың динамикалық ерекшеліктерін зерттей отырып, көптеген ғылыми мәселелерді шешуге болады: олар жер бетінің бөлшектері сілкініс кезінде қай бағытта және қандай мөлшерде жылжыды, жылжу жылдамдығы мен пайда болған үдеудің мәні, сілкініс кезінде қозғалыстың қай түрі (тік немесе көлденең) басым болды, тербелістің периоды немесе жиілігі қандай, тербеліс амплитудасы шегінің қай жерде басым екені және т.б. көптеген қажетті мағұлматтар.

Арнаулы есептеулер арқылы сілкініс ошағынан бөлініп шыққан энергияны, сілкініс ошағында болған алғашқы қозғалыстың механизмін және де толқындардың таралуы кезінде олар өткен тау жыныстарының әртүрлі физикалық қасиеттерін анықтауға болады. Аталған сейсмикалық толқындардың ерекшеліктері жер бетінде орналасқан құрылыстардың сілкініс кезіндегі жай-күйлерін болжау ісіне де өте қажетті мағұлматтар бере алады.

3.3. Сейсмикалық толқындардың басылу заңдылығы

Жер сілкіну ошағында пайда болған толқындар жан-жаққа таралып қашықтаған сайын олардың деңгейі (амплитуда шегі) төмендеп, азая түседі. Мұндай өзгерісті толқындардың басылуы деп атайды. Әдетте басылу процессі үш түрлі себептерге байланысты: толқындардың жұтылуы, жайылуы және шашырауы.

Сілкініс ошағынан тараған серпінді сейсмикалық толқындар энергиясы толқындар шебінен беткейіне жайылады. Мұның

негізгі себебі ошақтан қашықтаған сайын толқындар шебінің ауданы өсіп, энергияның тығыздығы азаюында. Толқындардың әрбір түрі үшін геометриялық жайылу процессі әр түрлі болады, өйткені әрбір толқынның беткей шебінің геометриясы әр түрлі.

Егер де жердің ішкі құрылысы біртекті және нағыз серпінді болса, онда тербеліс амплитудасының басылуы тек қана толқынның геометриялық жайылынуына байланысты болар еді. Бірақ жер құрылысы біртекті емес, сондықтан оны құрайтын тау жыныстары жер сілкіну ошағынан тараған сейсмикалық толқындардың бір бөлігін жұтып, оны жылу энергиясына немесе энергияның басқа бір түріне айналдырады. Бұл өзгерісті толқынның жұтылуы деп атайды.

Толқын ұзындығы азайған сайын оның жиілігі өседі, яғни оның жұтылу мөлшері өседі. Бұл тәуелділікті төмендегідей формуламен өрнектеуге болады:

$$L = V/f$$

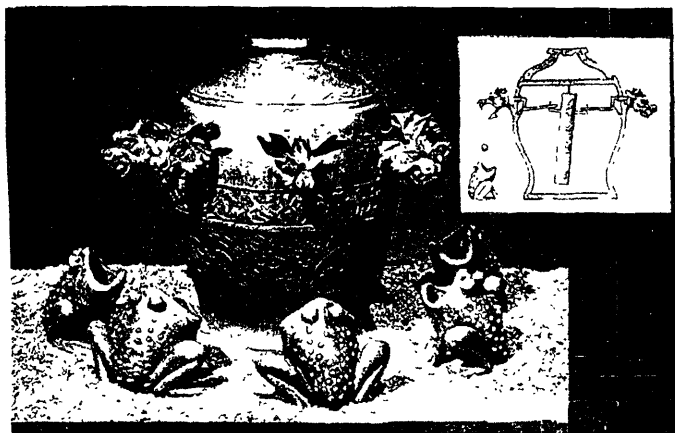
Мұнда L - толқын ұзындығы, V - толқынның таралу жылдамдығы, f - тербеліс жиілігі.

Жер қыртысы, әсіресе оның жоғарғы бөлігі әртекті, яғни физикалық қасиеттері әртүрлі тау жыныстары блоктарынан тұрады. Егер осы әртектілік мөлшері (блоктардың өлшемі - километр, метр) олар арқылы таралатын толқындардың ұзындығымен шамалас немесе онан артық болса, онда толқын энергиясының бір бөлігі шағылысуға жұмсалады. Толқынның өз энергиясын осындай әртектелікке жұмсау жолында жоғалуын толқынның пашырауы деп атайды. Егер толқынның ұзындығы әртектілік мөлшерінен жоғары болса, онда мұндай әртектілік арқылы толқындар ешбір шығынсыз өте шығады.

4. СЕЙСМИКАЛЫҚ АСПАПТАР МЕН ҚОНДЫРҒЫЛАР (қысқаша түсінік)

Жер сілкінуі кезіндегі жер бетінің тербелісі арнаулы сейсмикалық аспап арқылы тіркеледі. Алғашқы мұндай аспапты біздің дәуіріміздің 132 жылы Қытай ғалымы Чжан Хэн жасаған (4.1-сурет). Бұл аспаптың жұмыс істеу принципі мынадай. Қоладан жасалған диаметрі 180 см сауыттың ішінде сегіз бағытта тербелетін маятник орналасқан. Сауытты жағалай орналасқан сегіз айдаһардың аузында бір-бірден кішкентай домалақ шариктер бар. Сілкініс кезінде маятник тербеліске келеді де, сілкініс бағытына тура орналасқан айдаһардың аузындағы шарик босанып, ерекше дыбыспен жерде тұрған құрбақаның ашық аузына түседі. Ерекше дыбысты есіткен бақылаушы-маман

шариктің қай құрбақаның аузына түскеніне орай сілкіністің болған бағытын анықтайды.

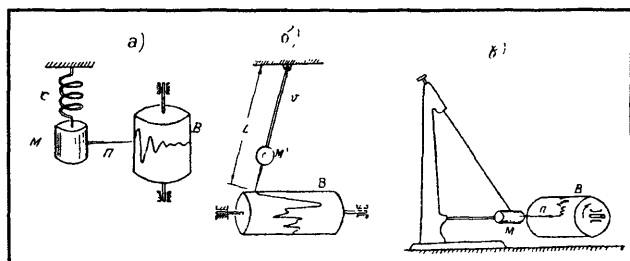


4.1-сурет
Жер сілкінісін тіркеуге арналған аспап

Бертін келе жер беті тербелісі арнаулы сейсмикалық станциялар арқылы тіркелетін болды. Олар жер бетінің механикалық тербелісін электр тоғына айналдыратын сейсмограф деп аталатын арнаулы прибор (сейсмос - тербеліс, граф - жазып алу), гальванометр, тіркестіру жүйесі және т.б. қосымша құралдармен жабдықталған.

Сілкініс кезінде жер бетінің тербелісі өте күрделі түрде болады. Сондықтан сейсмикалық станцияда бұл күрделі тербеліс үш бағытта жіктелген күйде жазылып алынады. Әдетте, бұл бағыттардың бірі жер бетіне тік болса (Z), қалған екеуі солтүстікке (X) және шығысқа (Y) бағытталады. 4.2 - суретте тербелісті жіктеп тіркеудің қарапайым түрі көрсетілген. Тербелістің тік бағытта жасаушысын (Z) тіркеу үшін 4.2 а - суретте көрсетілгендей, серіппеге бекітілген зат массасы қолданылса (вертикаль маятник), көлденең жасаушыларын (X,Y) тіркеу үшін горизонталь маятниктер (4.2 б,в-суреттер) қолданылады.

Сейсмикалық станцияның негізгі міндеттерінің бірі - әлсіз жер асты дүмпулерін тіркеу (олардың тербеліс шегі жоғарыда айтқандай өте аз, тіпті 0,001 микронға дейін болуы мүмкін). Мұндай әлсіз тербелісті тіркеу үшін станцияның күшейту қабілеті жоғары болуы керек ($V=100000-1000000$ арасында). Егер станцияның күшейту қабілеті $V=100000$ болса, онда жер бетінің 0,1 микронға тең тербелісі сейсмограммада 1 см амплитудамен жазылады.



4.2-сурет

Жер беті тербелісін тік (а) және көлденең (б, в) бағыттарда жіктеп жазуға арналған негізгі механикалық жүйелер схемасы. М-масса, С-серіппе, В-барабан, П-үшкір тетік

4.1. Сейсмикалық аспаптардың негізгі түрлері

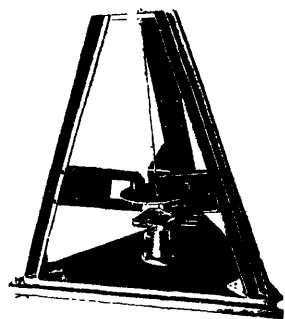
Сейсмикалық станция бір-бірімен өзара байланысты бірнеше қондырғылардан тұрады: сейсмограф (сейсмоқабылдағыш), гальванометр, тіркеу жүйесі, қосымша қондырғылар. Енді осы қондырғыларға қысқаша сипаттама берелік.

Сейсмографтар (сейсмоқабылдағыштар). Сейсмологиялық тәжірибелерде сейсмоқабылдағыштың екі түрін кездестіруге болады: сеймоскоп - жер сілкінуінің болған бағытын ғана анықтайтын аспап және сейсмограф - жер беті тербелісін тіркеуге арналған, физикалық параметрлері белгілі қондырғы.

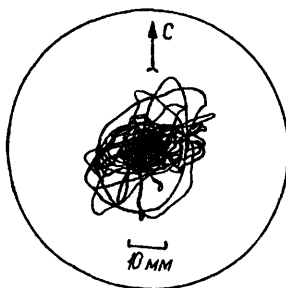
Сеймоскоп - сейсмикалық аспаптар арасындағы ең алғашқы пайда болған қондырғы. Бұл аспаптың алғашқы түрі, жоғарыда айтылғандай, Қытайда пайда болған (4.1-сурет).

Бертін келе сеймоскоптың жетілдірген түрлері пайда бола бастады. Соның бірі СБМ атты сеймоскоп (сеймоскоп балльности Медведева) 4.3 а - суретте көрсетілген. Сілкініс кезінде сеймоскоптың маятникіне бекітілген ине ысталған өйнек бетінде тербелістің ізін қалдырады (4.3 б - сурет). Әйнекте жазылған тербелістің амплитуда шегін өлшеп, арнаулы кесте көмегімен сілкініс күшін анықтауға болады. Өзінің біршама ескілігіне қарамастан бұл аспапты тіпті қазіргі кезде де, кейбір сейсмикалық станциялардан кездестіруге болады.

Сейсмограф - 1880 жылы алдымен Жапонияда, кейін Италия және басқа да мемлекеттерде шыға бастады. Қазірде қолданылатын сейсмографтар сыртқы корпустан (К),



а)



б)

4.3-сурет

СВМ атты сейсмокоптың сыртқы көрінісі (а)
және оның жер сілкінісін жазуы (б)

инерттік массадан (ИМ), маятниктен (М), тұрақты магниттен (ТМ) және т.б. бөлшектерден тұрады (4.4-сурет). Сейсмометр құрамында мыстан оралған бірнеше катушкалар бар. Олар бөсендетуші тетік (демпфер) ретінде және де механикалық қозғалысты электр тоғына айналдыру үшін қолданылады.

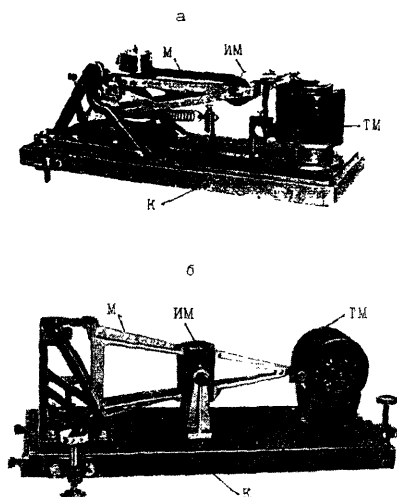
Қазіргі кезде сейсмологиялық тәжірибеде сейсмографтардың бірнеше түрлері пайдаланылады. Олардың сыртқы түріне және конструкциясына кейінгі кезде біршама өзгерістер енгізілгенімен, негізгі жұмыс істеу принципі бір-біріне ұқсайды.

Гальванометрлер. Жер беті тербелісі кезінде сейсмографта пайда болған әлсіз тоқты тіркеуге арналған өте сезімтал қондырғыны гальванометр деп атайды (4.5 - сурет). Ол бірнеше орамнан тұратын жіңішке тоқ өткізгіш сым оралған рамкадан тұрады. Рамка қоладан жасалған екі жапырақшаға керіліп, кішкене айнамен бірге тұрақты магнит өрісінде орналасқан.

Тіркеуші жүйелер. Жер беті тербелісін (гальванометрдің айнасынан шағылысқан сәулені) қағазға жазып алу үшін қолданылатын арнаулы қондырғыны тіркеуші жүйе деп атайды. Ол тіркеуші қондырғы және осциллографтар болып екіге бөлінеді.

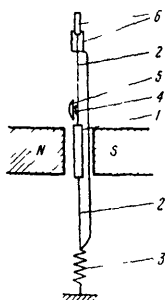
Тіркеуші қондырғының (механикалық) жұмыс істеу принципі оның құрамындағы барабанның белгілі бір жылдамдықпен айналуына байланысты. Барабан өзінің айналуымен қатар өз өсін бойлай ілгерілемелі қозғалыста болады да, оған оралған

фотоқағаздағы гальванометрдің айнасынан шағылысқан сәуленің ізі катушкаға оралған жіп сияқты болып жазылады.



4.4 -сурет

Сейсмографтың сыртқы көрінісі. а-вертикаль (тік бағытты) СВКМ сейсмографы, б-горизонталь (көлденең) СГКМ сейсмографы



4.5-сурет

ГБ-III(ГБ-1У) гальванометрінің схемасы.
1-рамка, 2-кергіш сым, 3-серіппе, 4-айна,
5-линза, 6-контактілер

Осциллографтар (латынша *oscillo* - тербелемін және *graphic* - жазамын) - жер беті тербелісін фотоқағазға немесе фотоленкаға жоғары жылдамдықпен жазып алуға арналған ықшам қондырғы. Осциллографтың жұмыс істеу принципі жоғарыда айтылған тіркеуші қондырғыға ұқсас. Тек қана онан айырмашылығы мұнда тоқ көзі немесе аккумулятор батареялары арқылы істейтін механизмдер пайдаланылады.

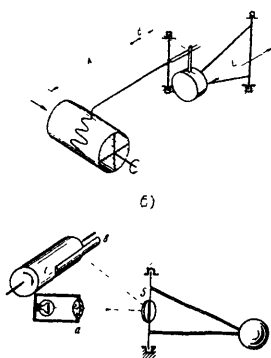
Қазір ғылым мен техника жетістіктеріне сәйкес тіркеуші жүйелердің жаңа түрлері кеңінен қолдануда - тербелісті магниттік таспаға немесе сандық түрде тіркеу. Бұл қондырғылар туралы кейінгі арнаулы әдебиеттерден оқып білуге болады.

Қосымша қондырғылар қатарына хронометр (сағат), бөлуші қалып, тоқ күшін реттеуші кедергілер, жарық беруші тетіктер және т.б. аспаптар кіреді.

4.2. Жер беті тербелісін тіркеу әдістері

Сейсмикалық станциялардың жұмысы үздіксіз және ұзақ уақытқа созылады. Сондықтан да олардың жұмыс барысына, әсіресе жер беті тербелісін тіркеу әдістеріне ерекше талаптар қойылады. Бүгінгі сейсмологиялық зерттеулерде жер беті тербелісін тіркеудің үш түрлі әдістері қолданылады.

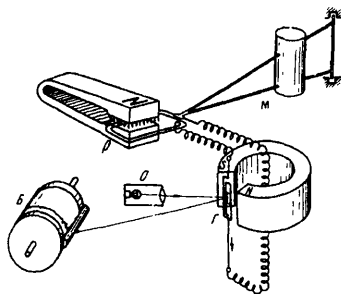
1. Тікелей тіркеу әдісі. Күнделікті тәжірибеде бұл әдіс екі түрлі төсілмен жүргізіледі. Олардың біріншісі - механикалық төсіл, яғни маятник массасының тербелісі тікелей немесе үлкейткіш иіндер көмегімен барабанға оралған қағазға үшкір тетікпен жазылады (4.6а - сурет); екіншісі - оптикалық төсіл, яғни маятникке кішкентай айна бекітіліп, тербеліс кезінде онан



4.6-сурет
Механикалық (а) және оптикалық (б)
төсілдермен тіркеу схемалары

шағылған жарық сәулесі айналып тұрған барабанға оралған фотоқағазға түседі (4.66 - сурет). Бұл жерде жарық көзі ретінде кішкентай арнаулы лампочкалар қолданылады.

2. Гальванометрлік тіркеу әдісі. Бұл әдістің жұмыс істеу принципі 4.7-суретте көрсетілген. Жер бетінің тербелісі сейсмографты (яғни, оның табанын-корпусын) қозғалысқа келтіреді. Бұл кезде оның инертті массасы - маятникі (М) екпін күші әсерінен кеңістікте өз қалпын сақтап қалуға тырысады. Осының әсерінен сейсмографтың корпусына орналасқан тұрақты магнит өрісіндегі өткізгіште (Р) электр жүргізуші күш пайда болып, ол байланыс жүйесі арқылы айналы гальванометрге (Г) жетеді, сөйтіп оның тұрақты магнит өрісіндегі рамкасын белгілі бір бұрышқа бұрады. Гальванометр айнасынан шағылысқан сәуле барабандағы (Б) фотоқағазға із қалдырады. Ал, барабанның қозғалысы ілгерілемелі-айналмалы болғандықтан, фотоқағаздағы жазу катушкаға оралған жіп сияқты болып көрінеді.



4.7-сурет

Сейсмикалық станцияның жұмыс істеу принципі

Фотоқағаз белгілі бір уақыттан кейін жаңасымен ауыстырылып, арнаулы химиялық ерітінділер көмегімен өңделгеннен кейін біз жер сілкінісі жазылған сейсмограмманы аламыз. Әрі қарай бұл сейсмограмма өңделіп, ондағы тіркелген сейсмикалық толқындардың қажетті параметрлері анықталынады.

3. Электрондық сейсмографтар. Соңғы кезде ғылым мен техника жетістіктеріне сәйкес жасалынған электрондық сейсмографтар кеңінен қолданылуда. Бұл қондырғылардың негізгі ерекшеліктері мынада: электр тоғына айналдырылған маятник тербелісі қосымша электрондық тетіктер мен аспаптар арқылы күшейтіліп арнайы түрде тіркеледі. Мұндай

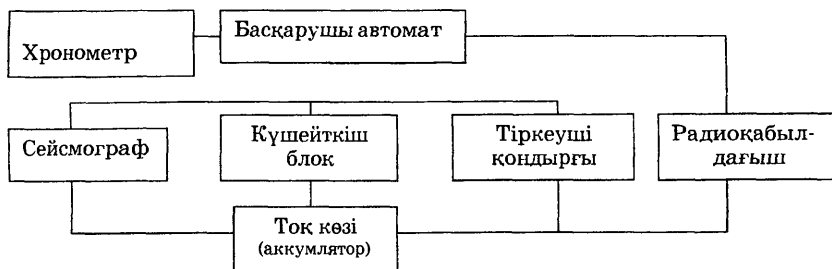
қондырғылар бүкіл сейсмикалық процесті жинастыруды және өңдеуді автоматтандыруға мүмкіндік береді.

Электрондық сейсмографтар тіркеу тәсілдеріне байланысты баламалық (аналогтық) және сандық болып екіге бөлінеді. Баламалық электрондық сейсмографтардың тіркеу жүйесінде магнит таспасы немесе қағаз пайдаланса, сандық сейсмографтарда тек қана арнаулы сандық код арқылы магниттік таспаға немесе перфотаспаға жазылады.

4.3. Сейсмикалық тіркеу жүйелері (сейсмикалық каналдар)

Жер сілкінісі кезінде пайда болатын сейсмикалық толқындарды тіркеу үшін жоғарыда аталған сейсмикалық қондырғылардан және қосымша аспаптардан тұратын арнаулы сейсмикалық жүйелер жасақталады. Мұндай жүйелер әлсіз және күшті сілкіністер үшін өртүрлі болады.

1. Әлсіз сілкіністерді тіркеу жүйесі. Төменде әлсіз жерасты дүмпулерін тіркеуге арналған жүйенің жалпы блок-схемасы беріліп отыр.



Әлсіз сілкіністерді тіркеуге арналған жүйенің жалпы блок-схемасы

Еліміздің жер сілкіну қауіпі бар аймақтарында орналасқан сейсмикалық станциялар осындай жүйелермен жабдықталған.

2. Күшті сілкіністерді тіркеу жүйелері. Күшті сілкініс кезінде жер бетінің тербеліс амплитудасы 80-100 сантиметрге, ал тербеліс үдеуі $2g$ -ге ($g=980\text{см/сек}^2$) жетуі мүмкін. Мұндай тербелісті тіркеу үшін арнаулы жүйелер құрастырылуы қажет: 1 - тікелей әдіспен (механикалық және оптикалық тәсілдермен), 2 - аралық яғни дистанциялық әдіспен (гальванометрлік, магниттік, сандық

тәсілдермен) тіркеу қондырғылары. Өрбір сейсмикалық станцияда осындай жүйелер жұмыс істейді.

3. Арнаулы инженерлі-сейсмикалық тіркеу жүйелері. Бұл жүйелер үш түрлі мәселені зерттеп шешуге пайдалыналады: 1 - күшті қопарылыс өсерінен ғимараттар мен грунт тербелістерін зерттеуде; 2 - инженерлік ғимараттар (су тоғандары мен ірі құрылыстар), сол сыяқты ірі машина-механизмдерді пайдалану кезіндегі олардың тербелісін зерттеуде; 3 - күшті сілкініс кезінде үй құрылыстарының тербелісін зерттеуде. Мұндай жүйелер жоғарыда келтірілген қондырғылардан құрастырылып, тек қана арнайы зерттеулер үшін қолданылады.

Міне, қазіргі сейсмологиялық зерттеулерде кеңінен қолданылып жүрген қондырғылардың қысқаша сипаттамалары осындай. Әрине, бүгінгі ғылым мен техника салаларының өсуіне сәйкес, жаңадан арнаулы қондырғылар шығуда. Сондықтан, кейбір аталған қондырғылар қазіргі сейсмикалық станцияларда кездеспеуі де мүмкін. Дегенмен, жер беті тербелісін тіркеу принципі әр уақытта сақталынады.

5. ЖЕР СІЛКІНУІНІҢ МӨЛШЕРІН 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 жер сілкінуіне келсек, арнаулы қондырғылар шыққанға дейін жер беті 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, жер сілкіну деңгейін (дәлірек айтқанда жер сілкіну 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.

5.1. Сипаттамалық шкала-кестелер

Жер сілкінісін бір-бірінен айырып жіктеу жұмыстары ХҮІІ ғасырдан бастап қолға алынды. ХҮІІІ ғасырдың екінші жартысынан бастап бүкіл әлемде болған күшті сілкіністердің 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-баллдық сейсмикалық шкала-кесте бірқатар Еуропа елдерінде кеңінен қолданылып жүрді. 1900 жылы Жапонияда Ф.Омори YII-баллдық шкала-кесте ұсынды. Кейінірек бұл YII-баллдық 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-баллдық 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 тәжірибесіне XII-баллдық шкала-кесте енгізді. Кейінгі кезде бұл шкала толықтырылып, қазірде ММ шкала-кестесі деген атаумен қолданылып жүр.

Кеңес одағында алғашқы рет XII-баллдық шкала-кесте 1931 жылы жасалған. Ал 1952 жылы белгілі ғалым-сейсмолог, профессор С.В.Медведев жаңадан XII баллдық 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 баллдық шкала-кесте жоғарыда келтірілген МКЗ, ММ, Медведев-52 шкала-кестелерінің жетілген түрі болып есептеледі. 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. Төменде, 5.1-кестеде осы аталған шкала-кестелердің ара қатынасы келтіріліп отыр.

Төменде елімізде кеңінен қолданылып жүрген XII баллдық MMSK-84 шкала-кестесінің қысқаша сипаттамасы беріліп отыр. Бұл шкала-кесте көмегімен жер беті сілкінісінің күшін балл есебімен анықтау үшін алдымен мынандай мағұлматтар жиналуы қажет: 1-үй құрылысы мен ғимараттардың зақымдалуы немесе бұзылуы; 2-адамдардың сезімі; 3-тұрмыстық заттардың (үй іші жиһаздарының) сілкініс кезіндегі жағдайы; 4-жер бетіндегі

өзгерістер (жарылымдар, жер бедерінің өзгеруі, тау көшкіндері және т.с.с.); 5-өзге де қосымша басқа белгілер.

I балл Арнаулы сейсмикалық аспаптар ғана тіркестіреді.

II балл Адамдар. Толық тыныштық жағдайда кейбір сезімтал адамдар ғана сезеді.

Басқа белгілер. Ілулі тұрған заттар әлсіз тербеледі.

III балл Адамдар. Тұрғындардың шағын бөлігі ғана сезеді, ал кейбір сезімтал адамдар едәуір сезеді.

Басқа белгілер. Жер бетінің тербелісі жүріп өткен жеңіл арбаның дүрсіліне ұқсас. Ілулі заттар жеңіл тербеліп, терезе перделері аз ғана шайқалады.

IV балл Адамдар. Үй ішінде көпшілік сезеді, кейбіреулерінде үрей сезімі көрініс береді. Ұйықтап жатқан немесе сыртта жүрген адамдардың кейбіреулері ғана сезеді. Ауыр жұмыстағы адамдардың көпшілігі сезбейді.

5.1-кесте

Сейсмикалық сипаттама шкала-кестелерді
бір-бірімен өзара салыстыру (балл есебімен)

MMSK-84 (MSK-64)	Медведев (1952)	MM (1931)	Жапония (1950)	Росси- Форель (1873)	МКЗ (1917)
I	1	I	0	I	I
II	2	II	1	II	II
III	3	III	2	III	III
IV	4	IV	2-3	IV	IV
V	5	V	3	V-VI	V
VI	6	VI	4	VI	VI
VII	7	VII	4-5	VII	VII
VIII	8	VIII	5	IX	VIII
IX	9	IX	6	X	IX
X	10	X	6	X	X
XI	11	XI	7	X	XI
XII	12	XII	7	X	XII

Тұрмыстық заттар. Кейбір тұрақсыз заттар орнынан аз ғана қозғалуы мүмкін.

Үй құрылысы. Саман кірпіштен салынған үйлердің кейбіреуінде қабырғаларының әктері түсуі мүмкін.

Басқа белгілер. Жер бетінің тербелісі жүріп өткен ауыр жүк машинасының дүрсіліне ұқсас. Үй ішіндегі бұйымдар, ыдыс-аяқтар мен терезе шынылары ақырын шайқалады. Есік пен қабырғаның сықыры

байқалады. Ілулі тұрған заттар шайқалып, ашық ыдыстардығы су беті дірілдейді.

Ү балл Адамдар. Сезімтал адамдардың көпшілігі үрейленеді, ал кейбіреулері өте қатты қорқады. Үй ішіндегі барша жұрт, далада жүрген көпшілік анық сезеді. Ұйықтап жатқандар оянып кетеді.

Тұрмыстық заттар. Үй шайқалып, жиһаздар дірілдейді. Есіктер ашылып, жеңіл заттар жерге құлап түседі.

Үй құрылысы. Саман кірпіштен салынған үйлердің сылақтарында жіңішке жарықтар пайда болып, қабырғаларындағы өктер қабыршақтанып түседі. Кейбір үйлерде сылақтар аздап түсуі мүмкін.

ҮІ балл Тұрмыстық заттар. Тұрақсыз заттардың көпшілігі құлайды. Кейбір ауыр жиһаздар орнынан қозғалып, ыдыс-аяқ сынады.

Үй құрылысы. Саман үйлердің қабырға сылақтарының жеке кесектері опырылып, үйлер жеңіл бүлінеді.

7 баллдық сілкініске есептеліп салынған құрылыстардың панелдерінің жіктері ашылуы мүмкін.

Адамдар. Барша жұрт сезеді. Үй ішіндегі адамдардың көпшілігі қорқып, далаға жүгіріп шығады. Қорадағы малдар далаға қашады.

Жер бетінде. Дымқыл немесе қатып қалған жерлерде ені 10 мм-ге дейін жарықшақтар пайда болуы мүмкін; тауда кішігірім көшкіндер болып, құдықтағы су деңгейі өзгеруі мүмкін.

Басқа белгілер. Шіркеулерден жеңіл қоңыраулардың дауысы естілуі мүмкін. Далада ағаштар мен бұталар біршама шайқалады.

ҮІІ балл. Үй құрылысы. Саман және тас үйлердің көпшілігі ауыр зақымданады: мұржалар бүлініп, үй қабырғаларында ірі жарықтар пайда болады. Ағаш қаңқалы және қызыл (күйдірілген) кірпіштен салынған сапалы үйлер де біршама зақымданады: сылақтар түсіп, қабырғаларында жарықтар пайда болады; кейбіреулері ауыр зақымдануы мүмкін.

7 баллға есептелініп салынған құрылыстар және ағаш үйлердің көпшілігі болмашы зақымдалады: жіктері ашылып, жіңішке жарықтар пайда болуы мүмкін.

8 баллға есептелініп салынған үйлердің кейбіреуі ғана болмашы зақымдалуы ықтимал.

Тұрмыстық заттар. Орнықты заттардың басым көпшілігі құлайды. Ауыр салмақты заттар (телевизор, жиһаз) орнынан қозғалып, кейбіреулерінің құлауы

мүмкін. Сирек қозғалатын ауыр заттар (тоңазытқыш, сейф) кішігірім жылжыйды.

Адамдар. Үй ішіндегі адамдар өте үрейленіп, кейбіреулерінің аяғынан тұруы қиындайды. Сырттағылар қатты үрейленеді. Машинада келе жатқан жолаушылар сезеді.

Жер бетінде. Кейбір жағдайда тау бауырайында көшкіндер, жолдарда жарықтар болуы, каналдардағы сулар лайлануы мүмкін. Су қоймаларында мұз беті шытынап жарылады. Кейбір ерекше жағдайларда жаңадан су көзі пайда болуы мүмкін.

Басқа белгілер. Су беті толқындалып, ылайланады.

Шіркеулерден үлкен қоңыраулардың дыбысы есітіледі.

ҮІІІ балл Үй құрылысы. Саманнан және тастан салынған үйлер қирайды. Қызыл кірпіштен салынған және ағаш қаңқалы үйлер ауыр зақымдалады: үй қабырғаларында ірі жарықтар пайда болып, кейбір құрылыс бөлшектері опырылып құлайды.

7 баллға есептелініп салынған құрылыстар және ағаш үйлердің көпшілігі болмашы, ал кейбіреулері ауыр зақымдалады.

8 баллға есептелінген үйлердің кейбіреуі ғана болмашы зақымдалады.

Тұрмыстық заттар. Ауыр салмақты заттардың (телевизор, жиһаз) көпшілігі құлайды. Сирек қозғалатын ауыр заттар (тоңазытқыш, сейф, сандық) орындарынан жылжып, кейбіреуі құлауы мүмкін.

Адамдар. Үй ішіндегі адамдардың көпшілігі өз аяғынан тұра алмай құлайды, кейбіреулері есінен танып құлайды.

Сырттағылардың көпшілігі өз орнында тұра алмайды, кейбіреулері құлайды. Машина жүргізушілер (шоферлар) қорқып, машинаны тоқтатады.

Жер бетінде. Дымқыл жерлерде жарық ені бірнеше сантиметрге жетеді: таулы аймақта көшкіндер пайда болады. Газ, су құбырларының түйіскен жерлері ажырап, каналдағы су ылайланады. Құрғап қалған құдықтардан су шығып, сулы құдықтардың суы тартылады. Мұз беті жарылып, сең жүреді.

Басқа белгілер. Ескерткіштер орындарынан қозғалады немесе төңкеріліп қалады.

ІХ балл Үй құрылысы. Саманнан және тастан салынған үйлер опырылып құлайды. Қызыл кірпіштен салынған және ағаш қаңқалы үйлер қирайды.

7 балла есептелініп салынған құрылыстар және ағаш үйлер ауыр зақымдалады, кейбір жағдайда қирайды.

8 балла есептелініп салынған үйлер біршама, ал кейбіреулері ауыр зақымдалады.

9 балла есептелініп салынған үйлердің көпшілігі болмашы, тек қана кейбіреулері едәуір зақымдалады.

Жер бетінде. Су қоймалары жағасы едәуір зақымдалады; су құбырлары бүлінеді; таулы жерлерде көптеген көшкіндер, ал теңіз және көл жағаларында су фонтандары пайда болады; темір жолдар майысады; тегіс жерлерде су тасқыны болуы мүмкін. Сілкініс кезінде жер бетінде толқындар пайда болады.

Тұрмыстық заттардың басым көпшілігі құлайды.

Адамдар өз аяғынан тұра алмайды, есінен танып құлайды.

X балл Үй құрылысы. Саманнан, тастан, қызыл кірпіштен салынған, ағаш қанқалы үйлер тегіс қирайды.

7 балла есептелініп салынған құрылыстар мен ағаш үйлердің көпшілігі қирайды.

8 балла есептелініп салынған үйлер ауыр зақымдалады, ал кейбіреулері қирайды.

9 балла есептелініп салынған үйлердің көпшілігі едәуір, ал кейбіреулері ауыр зақымдалады.

Жер беті. Плотиналар мен бөгеттер, көпірлер мен темір жолдар ауыр зақымдалады. Асфальт жолдарда дөңдер пайда болады, таулы жерлерде жаппай көшкіндер мен селдер, су тасқыны т.б. апаттар болады.

X1 балл Үй құрылысы. 7 балла есептелініп салынған үйлердің көпшілігі опырылып құлайды.

8 балла есептелініп салынған үйлердің көпшілігі бұзылады, ал кейбіреулері опырылып құлайды.

9 балла есептелініп салынған үйлердің көпшілігі ауыр зақымдалып, кейбіреулері қирайды.

Жер бетінде. Плотиналар, бөгеттер, көпірлер, жолдар тегіс бүлініп, жер бедері өзгереді; жер беті блоктарға бөлініп ығысады; апатты су тасқындары болады.

XII балл Үй құрылысы. Бірде-бір құрылыс (жер бетіндегі немесе жер астындағы) төтеп бере алмайды. Жер бетінде жаңадан су сарқырамалары және көлдер пайда болады; өзендер өз арнасын өзгертеді.

5.2. Аспаптық сейсмикалық шкала-кестелер

Жер сілкінісі 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) серпінді толқындар үлесіне тиеді. Жер бетін тербелтіп, сұрапыл апат алып келетін де осы серпінді толқындар үлесіне тиетін энергияның аз бөлігі. Сондықтан осы энергияның мөлшерін нақты анықтау сейсмология саласындағы маңызды мәселелердің бірі.

Жер сілкіну энергиясы. Жер сілкіну ошағынан белгілі бір қапшықтықта тіркелген толқын энергиясының тығыздығы

$$\varepsilon(R) = \int_0^t [\bar{P}(r), \bar{n}] dt \quad (5.1)$$

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

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

$$U(t) = \sum a_k e^{i2\pi f_k t} \quad (5.2)$$

онда (5.1) формуласы мынандай түрге келеді:

$$\varepsilon(R) = 2\pi^2 \rho \sum V_i (a_{ik} f_{ik})^2 t_{ik} \quad i = p, s \text{ толқындары} \quad (5.3)$$

$$k = 1, 2 \dots a_{ik}$$

Сонымен, сейсмограммадағы тіркелген толқынды ұзақтығы τ_{ik} , жиілігі f_{ik} , амплитудасы a_{ik} -ға тең бірнеше синусойдалық кесінділер жинағымен ауыстырдық. Енді жер сілкіну ошағы мен сейсмикалық станция орналасқан аймаққа тән $\varepsilon(R)$ функциясының басылу заңдылығын біле отырып (бұл заңдылық арнайы тәжірибелік жұмыстар жүргізу арқылы анықталанады), жер сілкіну ошағынан бөлініп шыққан сейсмикалық энергияның мөлшерін төмендегі формула арқылы есептеуге болады.

$$E = 4\pi R^2 \varepsilon(R) \quad (5.4)$$

Жер сілкіну энергиясын мұндай әдіспен есептеу өте күрделі, тіпті күнделікті болып жатқан көптеген әлсіз сілкіністер үшін бұл мүмкін емес. Сондықтан сейсмологиялық тәжірибеде бұл әдістің

жеңілдетілген түрі қолданылады. Ол үшін сейсмограммада тіркелген Р және S толқындарының ең үлкен амплитуда шектерін өлшеп, арнаулы номограммалар арқылы сілкіністің энергетикалық классы К анықталынады (5.1 - сурет). Осындай әдіспен анықталынған энергетикалық класспен сейсмикалық энергияның арасында тәжірибе жүзінде анықталған төмендегідей байланыс бар:

$$E = 10^K \text{ Дж (Джоуль),}$$

яғни

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

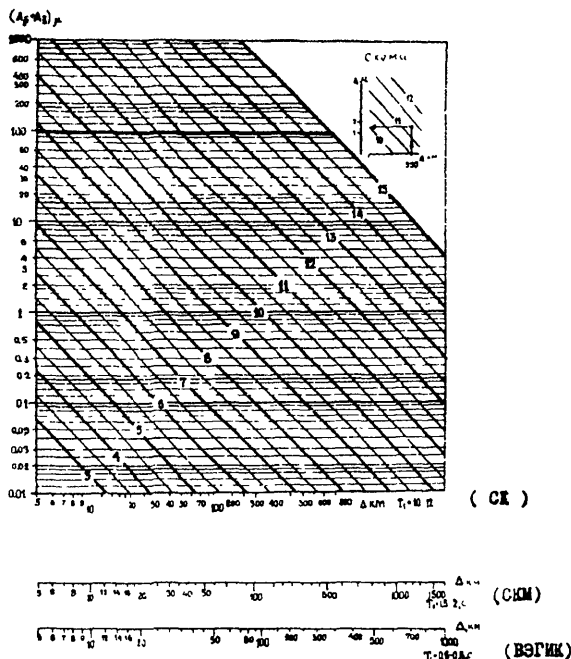
Егер оқырман ақпарат бағдарламасынан немесе газет-журналдар бетінен энергетикалық классы 12-ге тең ($K=12$) жер сілкінісі болды деген мәлімет есітсе, бұл сілкініс ошағынан бөлініп шыққан сейсмикалық энергияның мөлшері 10^{12} Джоульге немесе 10^{19} Эрге тең деп білуі керек.

Айта кететін бір жағдай, жер сілкінісінің энергетикалық диапазоны өте зор. Мәселен, 1887 жылы Верный қаласы маңында болған Верный сілкінісінің энергиясы 10^{24} Эрг немесе 10^{17} Дж болса ($K=17$), осы аймақтағы ең әлсіз жер сілкінісінің энергиясы 10^9 - 10^{10} Эрг немесе 10^2 - 10^3 Дж-ге ($K=2$ -3) тең.

Жер сілкіну энергиясын анықтаудың бүгінгі таңда қиыншылықтары мен кемшіліктері әлде де болса көп: қолданылып жүрген шкала-кестелер күшті сілкіністер кезінде бөлініп шыққан энергияны нақты анықтауға мүмкіндік бермейді; жоғарыда келтірілген (5.4) формула арқылы сейсмикалық энергияны жаппай есептеуге мүмкіншілік жоқ; әзірге сілкіністің толық энергиясын нақты есептеу мүмкін емес және т.с.с. себептер. Сондықтан да, жер сілкінісінің сейсмикалық энергиясын анықтау халықаралық тәжірибеде көп кездеспейді (шет елдерде негізінен магнитуда өлшемі қолданылады). Бұл әдіс тек қана бұрынғы Кеңес мемлекетінде (қазіргі ТМД елдерінде) ғана кең таралған.

Жер сілкінуінің 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 американдық сейсмолог Ч. Рихтер оны толықтырып жетілдірді. Сондықтан да баспасөз бетінде көбінесе магнитуда шкаласын Рихтер шкаласы деп атайды.



5.1 – сурет

Жер сілкінуінің энергиясын (энергетикалық классын К) анықтауға арналған номограмма

Жер сілкіну магнитудасын (М) анықтау сейсмограммада жазылған толқындардың ең үлкен амплитуда шегін өлшеуге негізделген. Егер сілкіністің энергиясын анықтау үшін Р- және S-толқындардың ең үлкен амплитуда шектерінің қосындысы алынса, сілкіністің магнитудасы жазылған әрбір толқынның ең үлкен амплитудасы шегін өлшеу арқылы анықталады (M_p , M_s , M_b).

Ч.Рихтердің бастапқы анықтамасы бойынша магнитуда дегеніміз сілкініс ошығынан 100 км қашықтықта стандартты сейсмографпен тіркелген сейсмикалық толқынның ең үлкен амплитуда шегінің (миллиметрдің мыңнан бір бөлігі) сандық логарифміне тең:

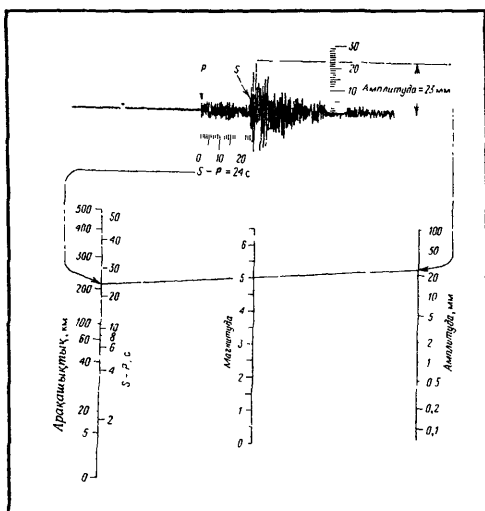
$$M = \lg A/A_0 = \lg A - \lg A_0$$

Мұнда А - стандартты сейсмографпен белгілі бір қашықтықта тіркелген толқын амплитудасының шегі, A_0 - стандартты

сейсмографпен сілкініс ошағынан 100 км қашықтықта тіркелген толқын амплитудасының шегі ($A_0 = 0,001$ мм-ге тең).

Кейінгі кезде, жаңа сейсмикалық кондырғылардың пайда болуына, сейсмикалық толқындардың жаңа түрлерінің іс жүзінде қолдануына және т.б. жаңалықтардың сейсмологиялық тәжірибеге 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.

Іс жүзінде сілкініс магнитудасын энергетикалық класс сыяқты арнаулы номограмма арқылы анықтау өте ыңғайлы. Төменде, 5.2 - суретте қазіргі күнде сілкініс магнитудасын анықтау үшін қолданып жүрген номограмма көрсетілген.



5.2 – сурет

Жер сілкінуінің магнитудасын анықтауға арналған номограмма

Теория жүзінде сілкініс магнитудасының жоғарғы немесе төменгі шектері жоқ. Дегенмен, жер қыртысын құрайтын тау жыныстарының беріктілігі оның жоғарғы шегі болып есептелінеді. Қазірде жер шарында белгілі ең жойқын сілкіністің магнитудасы 8,9-ға тең (1755 жылғы Лиссабон және 1964 жылғы Аляска апаттары). Ал, 1911 жылғы Алматы маңында болған Кемін сілкінісінің магнитудасы 8,2-ке тең болса, 1889 жылғы Шелек жер сілкінісінің магнитудасы 8,3-ке тең.

Сонымен, жер сілкінудің мөлшері екі түрлі шкала-кестелер арқылы анықталады. Біріншісі, оның жер бетіндегі әсерін балл есебімен бағалайтын сипаттамалық шкала-кесте (MSK-64, MMSK-84) болса, екіншісі, оның ошағынан бөлініп шыққан энергия шамасын (E) және магнитудасын (M) анықтайтын аспаптық шкала-кестелер. Бұл аталған шкала-кестелердің арасында өзара байланыс тәжірибе жүзінде анықталып, төмендегі формулалар арқылы өрнектеледі:

$$I_1 = 1,5M - 3,5Lg\sqrt{\Delta^2 + H^2} + 3,0$$

$$K = 1,8M + 4,0$$

Мұнда I_1 - сілкіністің жер бетіндегі күші (балл есебімен), M - сілкіністің магнитудасы, H - ошақтың тереңдігі (км), Δ - эпицентрден станцияға дейінгі өлшенетін ара қашықтық (км), K - энергетикалық класс ($K=LgE$, Дж).

6. СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚЫЗЫМЕТ

Әдетте әрбір жерасты дүмпуі кезінде жер беті күшті сілкініп, тұрғын үй немесе ғимараттар бұзылмайды. Бұл дүмпулердің басым көпшілігі жер бетін тіпті әлсіз тербелтіп, олардың тербеліс шегі (амплитудасы) бірнеше микронға ғана жетеді (бір микрон - миллиметрдің мыңнан бір бөлігі). Мұндай тербелістерді тек қана өте сезімтал сейсмикалық жүйелер арқылы тіркеуге болады. Ал күшті сілкіністер кезінде жер бетінің тербеліс шегі ондаған сантиметрге жетеді, оларды тіркеу үшін арнаулы қондырғылар қажет.

Міне, жер беті тербелісін арнаулы сейсмикалық жүйелермен тіркеп, алынған мағұлматтарды жан-жақты өңдеу және оның нәтижелерін халық шаруашылығы қажетіне, ғылыми-техникалық немесе басқа да салаларда қолдану үшін дайын ету - бұл сейсмикалық қызыметтің негізгі міндеті.

6.1. Жер сілкінісін тіркеудің ерекшеліктері

Жер беті тербелісін өзгеріссіз, нақты түрде тіркеу сейсмикалық станцияның жұмысына тікелей байланысты. Сондықтан станция құрамына кіретін әрбір қондырғының жұмысы әрқашан катал бақылауда болуы шарт.

Сейсмограммада жазылған тербелістердің қалыпты жағдайдан ауытқуын талдай келе, сейсмикалық станцияның қай жерінде ақауы барын табуға болады. Әсіресе жіктеліп үш бағытта (X,Y,Z) жазылған тербелістерді өзара салыстыра отырып, сейсмографтан бастап тіркеуші қондырғыға дейінгі аралықтағы қай жерде қандай өзгерістер болғанын нақты анықтауға болады.

Станцияның жұмыс сапасын анықтайтын басты белгінің бірі - оның тоқтаусыз жұмыс істеуі. Жұмыс кезінде электр тоғының іркелісінен станция жұмысы тоқтап қалмауы үшін әрбір станция аккумуляторлық батареялармен қамтамасыз етіледі. Тоқ көзі жойылған кезде станция тоқтамай, ол аккумуляторға қосылатын болады.

Күшті сілкіністерді тіркейтін арнаулы аспаптарды пайдаланудың өзінше ерекшеліктері бар. Бұл аспаптардың басым көпшілігі аккумуляторлық батареялармен жұмыс істейді, ал тербеліс болса арнаулы фотопенкаларға жазылып алынады. Сондықтан оларды уақытында ауыстырып, ал жер сілкіну жоқ кезінде қондырғының жұмыс қабілеті қатал тексеріліп тұруы керек.

Сейсмикалық қызметтің негізгі ерекшеліктерінің бірі дәл, нақты уақытпен жұмыс істеу. Халықаралық сейсмикалық қызметтің мәліметтері өзара бір тұрғыдан саралануы үшін, бүкіл дүниежүзілік сейсмикалық станциялардағы дәл уақытпен жүретін хронометрлер (кейінгі кезде электрондық немесе кварцтік сағаттар қолданылады) Гринвич уақытына қойылған. Гринвич уақыты дегеніміз нольдік меридиандағы уақыт (00 00 00). Алматыдағы жергілікті уақыттан бұл 6 сағат кейін жүреді. Станциядағы хронометрлердің өз дәлдігін тексеру үшін әрбір сағат сайын сейсмограммаға радиоқабылдағыштан дәл уақыттың сигналдары жазылып тұрады. Мұндай қатал бақылау сейсмограммада жазылған толқындардың тіркеу уақыттарын аса жоғары дәлдікпен анықтауға, ал бұл жер сілкінісінің болған уақытын нақты табуға мүмкіндік береді (0,1-0,05 сек).

Сейсмикалық станцияларда жер беті тербелісін жазу үшін арнаулы осциллографтық фотоқағаздар, жылу сезгіш қағаздар, фотопенкалар, ысталған немесе рүлондағы қағаздар пайдалыналады. Кейінгі кезде кейбір станцияларда жер сілкінісін тіркеудің басқа да түрлері, атап айтқанда, магнит таспалары немесе сандық тіркеулер кеңінен қолданылып жүр. Бұлардың өздеріне ылайықты сақталу және өңделу ережелері бар.

Станцияда күшті жер сілкінісі сезілген жағдайда, оның қызметкерлері міндетті түрде:

- барлық қондырғылардағы (әсіресе, күшті сілкіністерді тіркейтін) сейсмограммаларды (фотопенкаларды) ауыстырып, оларда жазылған мағұлматтарды тез арада өңдеуі қажет;

- болған сілкіністің негізгі параметрлерін жедел анықтап (болған уақытын, ара қашықтығын, магнитудасын, энергиясын, күшін), оларды тез арада сейсмологиялық орталыққа телефон, рация немесе байланыстың басқа бір түрімен жеткізуі керек;

- жергілікті әкімшілікке (аудандық, ауылдық) жер сілкінуі туралы мағұлматтарды хабарлауы керек.

Жылына бір рет сейсмикалық станциялардағы барлық қондырғылардың параметрлері міндетті түрде тексеріліп, қайта

анықталады (станцияның бір жылдық жаңа паспорты жасалады). Ол үшін қондырғылар кезекпен тоқтатылып, анықталған параметрлер арнаулы кестеге толтырылады, сосын сейсмикалық жүйелердің жаңа жұмыс істеу қабілеттері есептелінеді. Бұл жұмыс өте күрделі және жауапты болғандықтан, оны орындау арнаулы мамандар тобына жүктеледі.

6.2. Сейсмограмманы өңдеу

Сейсмикалық станцияда алынған сейсмограмма алғашқы өңдеуден өтеді. Сейсмограмманы өңдеудің бұл бірінші сатысы, оның құрамына сейсмограммада тіркелген мағұлматтарды жалпы бағалау, толқындардың жазылу уақыттарын анықтап, амплитудалар шегі мен периодтарын өлшеу кіреді.

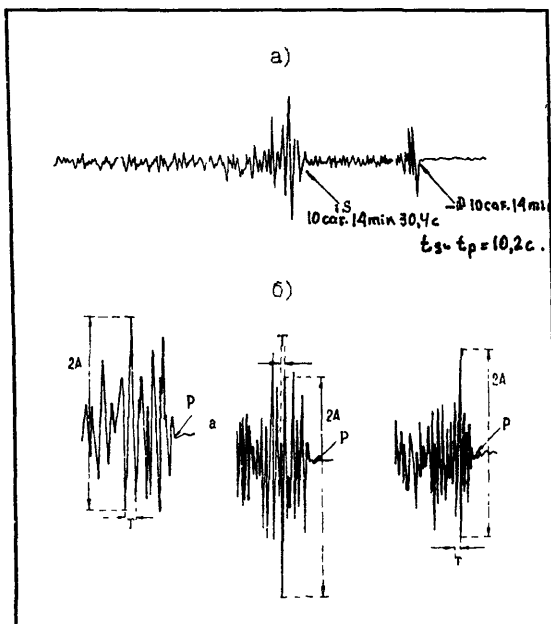
Сейсмограмманы жалпы бағалау нәтижесінде жазылған сейсмикалық толқындар жер сілкірудің қай түріне жататыны (жергілікті, жақынаралық, қашықаралық, қалыпты немесе тереңфокусты) анықталады. Сілкініс ошағынан таралып станцияға жеткен толқындардың жазылу уақыттары, амплитуда шегі мен периодтары өлшенеді (6.1-сурет). Бұл жұмыстардың нәтижесінде әрбір сейсмикалық станцияда жер сілкінісінің төмендегі параметрлері анықталынады.

1. Эпицентрлік ара қашықтықты (сілкініс ошағынан станцияға дейінгі аралықты) есептеу үшін алдымен сейсмограммадағы Р- және S- толқындардың жазылған уақыттары (t_p, t_s) өлшеніп, олардың айырмасы ($t_s - t_p$) табылады. Сонан кейін арнаулы годографты (годограф дегеніміз толқындардың гипоцентрден станцияға дейінгі таралу уақытының оның ара қашықтығымен байланысын көрсететін график) қолданып, осы уақыт айырымына сәйкес ара қашықтық есептелінеді.

Эпицентрлік ара қашықтықты анықтау мынандай принципке негізделген. Сілкініс ошағында кума және көлденен толқындар бірге пайда болып таралуы барысында, ошақтан қашықтаған сайын, көлденен толқын артта қалады. Өйткені, (3.3) формулада келтірілгендей оның жылдамдығы кума толқыннан 1,7 есе аз. Толқындардың осындай ерекшеліктері олардың сейсмограммада жазылған уақыттарын біле отырып, сілкініс ошағына дейінгі ара қашықтықты анықтауға мүмкіндік береді.

Бір мысал келтірелік. Велосипедші мен жаяу адам А пунктінен Ә пунктіне сапарға шықты делік. Велосипедшінің жылдамдығы 10 км/сағат болса, жаяу адамдікі - 5 км/сағат. Велосипедші Ә пунктіне сағат 12-де келсе, жаяу адам бір сағаттан кейін жетеді. Сұрақ: А және Ә пункттерінің ара қашықтығы қанша және А пунктінен саяхатшылар қай уақытта шықты? Бұл сұраққа әрбір орта мектеп оқушысы былай деп жауап берер еді: А пунктінен саяхатшылар сағат 11-де шыққан, ал А және Ә пункттерінің ара қашықтығы 10 км. Бұл мысалда А пункті,

шартты түрде, сілкініс ошағы (эпицентрі), Θ - сейсмикалық станция, велосипедші - кума толқын, ал жаяу адам - көлденен толқын.



6.1-сурет

Сейсмограммада тіркелген толқындардың уақыттарын (а) амплитуда шегі мен периодын (б) өлшеу

Егер гипоцентрден станцияға дейін тараған Р- және S-толқындардың жылдамдықтары (V_p , V_s) белгілі болса (баска бір әдістер көмегімен анықталса), онда эпицентрлік ара қашықтықты төмендегідей формула арқылы да анықтауға болады:

$$\Delta = (t_s - t_p) \frac{V_p V_s}{V_p - V_s}$$

Мысал. Егер сейсмограммадағы жазылған толқындардың уақыттар айырмасы $t_s - t_p = 25$ секундқа тең болып, ал толқындардың жылдамдықтары $V_p = 6$ км/с және $V_s = 4$ км/с тең болса, онда бұл станциядан гипоцентрге дейінгі ара қашықтық 300 км-ге тең болғаны.

2. Жер сілкіну эпицентрінің азимутын A_z (азимут дегеніміз станциядан солтүстік бағыт пен эпицентрге жүргізілген түзулердің арасындағы сағат тілі қозғалысына сәйкес өлшенетін бұрыш) табу үшін сілкініс ошағынан станцияға бірінші жеткен кума толқынның үш бағытта жіктеліп (солтүстік-оңтүстік,

шығыс-батыс, тіке) жазылған амплитуда шектері мен сейсмограф корпусының ығысу бағыттары (толқынның алғашқы амплитудасының жоғары немесе төмен ауытқуы) анықталады. Осы аталған мағұлматтарды білу арқасында төмендегі кесте (6.1) қолдана отырып, сілкініс эпицентрінің азимуты анықталады.

3. Жер сілкіну ошағының тереңдігін жалғыз бір станция мағұлматтары арқылы анықтау көпшілік жағдайда мүмкін емес. Дегенмен, кейбір ерекше жағдайларда мұндай мүмкіндіктерді қолданған жөн. Әдетте, тереңфокусты сілкіністердің Р- және S-толқындары сейсмограммада өте анық және қарқынды болса, беткейлік толқындар әлсіздеу түрінде жазылады (ал, қалыпты сілкіністер үшін керісінше). Сонымен қатар тіркелген Р- және S-толқындарынан кейінгі 1-4 минут аралықта сілкініс ошағынан жақын аралықта шағылған рР, sР, sS толқындары сейсмограммада анық түрде жазылады. Осы белгілер арқылы жер сілкіну ошағының тереңдігін шамамен бағалауға болады.

4. Жер сілкіну эпицентрінің координаталары оның эпицентрлік ара қашықтығы (Δ) мен азимуты (Az) арқылы бағаланады. Көпшілік жағдайда бір станциядан алынған мағұлматтар арқылы сілкініс эпицентрінің координаталарын анықтау өте қиынға түседі.

5. Сілкіністің магнитудасын (M) арнаулы номограмма арқылы (5-тарау) немесе төмендегі формула арқылы есептеуге болады:

$$M = Lg (A/T)_{\max} + \delta(\Delta, h)$$

6.1-кесте

Жер сілкіну эпицентрі азимутын анықтау үшін
қолданатын кесте

С - О	Ш - Б	Z	Az
+	+	-	α
-	-	+	α
+	-	+	$180-\alpha$
-	+	-	$180-\alpha$
+	+	+	$180+\alpha$
-	-	-	$180+\alpha$
+	-	-	$360-\alpha$
-	+	+	$360-\alpha$

$$\alpha = \frac{A_{шб}}{A_{со}}$$

мұнда A - толқынның ең үлкен амплитуда шегі, T - оған сәйкес периоды, $\delta(\Delta, h)$ - осы $Lg(A/T)$ шамасының эпицентрден станцияға дейінгі аралықта өзгеруін сипаттайтын функция.

6. Жер сілкінуінің эпицентрінен болған күшін (балл есебімен) шамамен мына формула арқылы бағалауға болады

$$I_0 = 1,5 M_L - 3,5 LgH + 3,0$$

Бұл формуладағы H - сілкініс ошағының тереңдігі. Оны жоғарыда (3-пунктте) келтірілген немесе басқа бір әдіспен анықтауға болады. Олай болмаған жағдайда, ошақ тереңдігінің сол аймаққа төн орташа мәні пайдаланылады.

7. Жер сілкіну кезінде бөлініп шыққан сейсмикалық энергия (E) оның энергетикалық классы (K) арқылы бағаланады:

$$E=10^K, \text{ ал } K = Lg E, \text{ Дж}$$

Ал, сілкіністің энергетикалық классы жоғарыда (5-тарауда) келтіргендей арнаулы номограммаларды пайдалана отырып анықталады.

Жер беті тербелісін жазып алған сейсмограмманы осындай алғашқы өңдеу нәтижесінде әрбір станцияда арнаулы журнал - сейсмикалық станцияның бюллетені толтырылады. Бұл бюллетенге станцияда жұмыс істейтін барлық қондырғылардың сейсмограммаларын өңдеу нәтижелері күнделікті жазылып отырады. Төменде, 6.2-суретте осы бюллетеннің нысаны (формасы) келтіріліп отыр.

6.3. Жер сілкіну ошағының параметрлерін анықтау

Саралау орталығында әрбір сейсмикалық станциядан жиналған бюллетендерді (сейсмограммалармен қоса) жинақтап талдау арқасында сілкіністің негізгі параметрлері (эпицентр координаттары ϕ, λ , сілкініс ошағының тереңдігі H , энергиясы E , магнитудасы M) нақты түрде анықталады. Ол үшін сейсмологиялық тәжірибеде бірнеше әдістер қолданылады. Бұл әдістердің негізі төмендегі теңдеу жүйесінің шешіліміне байланысты:

$$(X_i - X)^2 + (Y_i - Y)^2 + (Z_i - Z)^2 = V_i^2 t_i^2$$

Мұнда X, Y, Z - жер сілкіну ошағының координаталары; X_i, Y_i, Z_i - сейсмикалық станцияның (i -нші) координаттары; t_i - толқынның сілкініс ошағынан i -нші станцияға дейінгі келіп жету уақыты; V_i - толқынның ($i=P, S$) таралу жылдамдығы.

Бұл теңдеу жүйесіндегі белгісіздердің санына байланысты оның шешімі де әртүрлі болады.

1-жағдай. Анықталатыны: жер сілкіну ошағының X,Y,Z-координаттары.

Берілгені (белгілісі): толқынның таралу жылдамдығы V_i мен оның станцияға жету уақыты t_i .

Шешімі: теңдеулер саны үшке тең болуы керек, ол үшін үш станциядан түскен мәліметтер қажет.

Сейсмическая станция
ЦСС «Алма-Ата»
φ = 43°14' N λ = 76° 57' E H = 838 м
Подпись расчетно-эпистом

БЮЛЛЕТЕНЬ №8
с 25 по 31 января 1978

Станция	Время прихода	Время от начала землетрясения	Время от начала сейсмичности	δ-ρ	Δх км	Время всего	Р, мм			М или К	При- меч- ния
							Н	Е	З		
89	20	30	10-37-10								
		Ртм	57-10,5				1,8		0,3		
		Рг	37-34,0				4,8	4,8	0,6		
		Ртм	37-34,0				2,0		1,5		
		Лг	38-07,0				9,8	4,1	5,7		
		Ртм	38-34,0	56,8	495		2,0	7,8			
							1,8	3,8		Клз	
Землетрясения отмечены											
89-20	20	31	10-37-40,5				1,7	10,5	10,5	10,5	10,5
		Ртм	44,0				1,7	9,1	9,1	9,1	9,1
		Рг	27-30,0				8,0	8,1	1,8	4,8	4,8
		Ртм	28-02,1				2,1		20,2		20,2
		Лг	29-06,0	1,08	800		150	12,1	110		110
		Ртм	29-06,0				6,0	30,0			30,0
							5,8	60,0		Клз	
		М.А.	14-30-00				8,0		150	15,0	15,0
							3,8	9,0	1,60	12,0	12,0
89	20	31	10-37-40,5				1,5	13,5	13,0	13,0	13,0
		Ртм	27-40,5				1,8		9,8		9,8
		Лг	27-58,0				8,0	5,8	8,4	7,0	7,0
		Ртм	27-59,0				8,1		11,8		11,8
89-20	20	31	21-44-07,1				10	15,3	14,8	5,8	14,8
		Ртм							13,8		13,8
		Лг	44-58,3	44,9				8,8	18	13	13
		Лг	45-16,1	1,29	7,8		8,0	17,0	13,0	12,1	12,1
		М.А.	21-47-00				6,2		15,0	14,1	14,1
Составила							20.02.78				

31/1 1978.

6.2-сурет Сейсмикалық бюллетень

2-жағдай. Анықталатыны: жер сілкіну ошағының координаттары (X,Y,Z) және сілкіністің бастапқы (ошақтағы) уақыты (t_0).

Берілгені (белгілісі): толқынның таралу жылдамдығы.

Шешімі: теңдеулер саны төрт болуы керек, ол үшін төрт станциядан түскен мәліметтер қажет.

3-жағдай. Анықталатыны: жер сілкіну ошағының координаттары (X,Y,Z) және толқынның таралу жылдамдығы V_i .

Берілгені (белгілісі): сілкіністің бастапқы (ошақтағы) уақыты t_0 .

Шешімі: теңдеулер саны төрт болуы керек, яғни төрт станциядан түскен мәліметтер қажет.

4-жағдай. Анықталатын: жер сілкіну ошағының координаттары (X,Y,Z).

Берілгені (белгілісі): толқынның таралу жылдамдығы V_i мен сілкіністің бастапқы (ошақтағы) уақыты t_0 .

Шешімі: теңдеулер саны беске тең болуы керек, яғни бес станциядан түскен мәліметтер қажет.

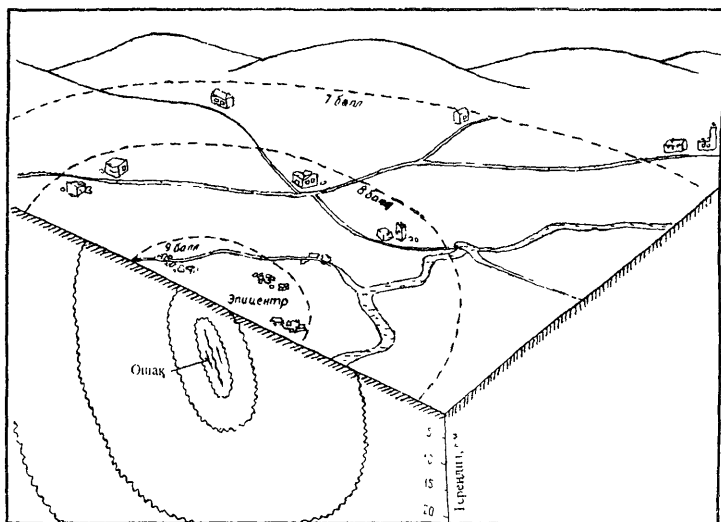
Келтірілген әрбір вариантта (жағдайда) сейсмограммалардан алынатын деректер мен анықталатын белгісіздер саны әртүрлі. Сондықтан теңдеулер жүйесінің шешімі де әртүрлі аналитикалық және графанаалитикалық жолдармен шешіледі.

Кейінгі кезде сейсмология саласында ғылым мен техника жетістіктерін барынша қолдану нәтижесінде жер беті тербелісін тіркеу жаңа магниттік және сандық негіздерде жүргізіліп жүр. Осыған орай, жазылған сейсмикалық толқындарды өңдеу де арнайы есептеу машиналары (компютер) мен оған жасалған математикалық бағдарламалар көмегімен жүргізіледі. Мұндай жаңалықтар сейсмограмманы өңдеу процессін бірнеше есе тездетіп, алынған нәтижелер сапасын жоғарылатуға мүмкіндік жасап отыр. Дегенмен сейсмология саласын тегіс автоматтандыру процессі біршама ұзаққа созылуы мүмкін. Сондықтан әлі де болса сейсмограмманы өңдеу, бұл салаға енгізілген жаңа әдістермен қатар, графанаалитикалық әдістермен жүргізілуде.

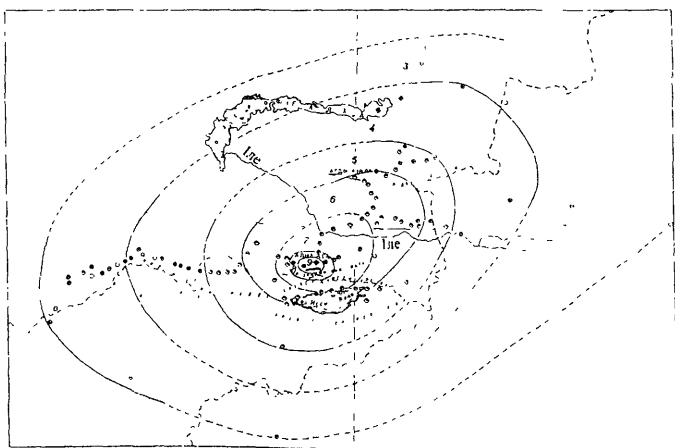
7. ЖЕР СІЛКІНУІНІҢ ЖЕР БЕТІНДЕГІ ТАРАЛУЫ (МАКРОСЕЙСМИКАЛЫҚ ӨРІС)

Сілкіністің жер бетіндегі таралуы оның ошағында болған күрделі қозғалыстардың (процесстердің) және толқынның таралу жолындағы жер қыртысы құрылысының ерекшеліктеріне тікелей байланысты. Егер жер қыртысы біртұтас болып, жер сілкіну ошағы нүкте болса, онда сілкініс күшінің жер бетінде таралуы яғни изосейсталар картасы дөңгелек сызықтардың жиыны болар еді (изосейста дегеніміз сілкініс күшінің жер бетінде бірдей болған нүктелерін қосатын қисық сызық. Осындай сызықтарды әрбір балл арқылы жүргізу нәтижесінде изосейсталар картасы жасалады). Бірақ табиғатта мұндай жағдай кездеспейді. Сондықтан да күшті сілкіністердің жер бетінде таралу схемасы, яғни изосейсталар картасының формасы дөңгелек сызықтан өзгеше болады (7.1-сурет).

Төменде, 7.2 - суретте 1887 жылы 9 маусымдағы Верный қаласы маңында болған жер сілкінісінің изосейсталар картасы беріліп отыр. Бұл картада әрбір изосейста сызықтарының нысаны эллипске ұқсайды. Мұның екі түрлі себептері бар.



7.1-сурет
Жер сілкіну ошағы және сілкіністің таралу
схемасы (макросейсмикалық өріс)



7.2-сурет
1887 жылы 9 маусымдағы Верный жер
сілкінісінің изосейсталар картасы

Біріншіден, жер сілкіну ошағы нүкте емес, оның өзіне төн көлемі бар. Кейбір жойқын сілкіністер ошағының ұзындығы жүздеген километрге дейін жетеді (1911 жылғы Верный қаласы маңында болған Кемін сілкінісі ошағының ұзындығы 200 км, ал ені 50-60 км шамасында). Егер осындай жер сілкінісі ошағының проекциясын жер бетіне түсірсек, онда нүктенің орнына белгілі бір ауданды алып жатқан аймақты көреміз. Күшті немесе жойқын сілкіністер кезінде жоғарғы балды изосейста сызықтарының нысаны, әдетте, осы аймақты қоршай орналасады да, оның мөлшеріне және бағытына байланысты болады.

Екіншіден, жер қыртысы геологиялық құрылысы жағынан біртұтас емес. Күрделі геологиялық құрылымдар сейсмикалық толқындардың таралуына әртүрлі әсер етеді. Сондықтан да эпицентрден алыстаған сайын изосейста сызықтарының нысандары осы геологиялық құрылымдардың (структуралардың) бағыты мен мөлшеріне тығыз байланысты. 7.2-суретте келтірілген Верный жер сілкінісінің изосейсталар картасы осы айтылғандарға дәлел болады.

Жер асты дүмпуінің белгілі бір жердегі әсері, әдетте, сілкініс ошағының тереңдігі мен эпицентрге дейінгі ара қашықтыққа тығыз байланысты. Сілкініс ошағы тереңдеп, ара қашықтық өскен сайын сілкіністің әсері да азая береді. Айта кететін жәйт - жер асты дүмпуінің әсері сол жердің ең беткі қабатының геологиялық және гидрогеологиялық ерекшеліктеріне байланысты өзгеруі мүмкін. Егер беткі қабат қатты тау жыныстарынан құралса немесе жер асты сулары жер бетінен әжептәуір тереңдікте жатса онда жер сілкіну әсері да біршама азаяды.

Сонымен, күшті сілкіністің жер бетіндегі әсерін анықтайтын изосейсталар картасының формасы жер сілкіну ошағы мен толқындардың таралу жолындағы жер қыртысы құрылымының ерекшеліктеріне тікелей байланысты екенін көрдік.

Күшті сілкіністің жер бетіндегі әсерін толық та жан-жақты зерттеу нәтижесінде, ең алдымен, сол жер сілкінісінің өзі туралы мағұлматтарды анықтауға болады:

1. Сілкініс ошағының геометриялық (ұзындығы, ені, бағыты) және энергетикалық (энергиясы, магнитудасы) шамалары.

2. Сілкініс болған аймақтағы жер қыртысын құрайтын тау жыныстарының кейбір физикалық қасиеттері (беріктігі, тығыздығы және т.б.).

Әдетте, күшті сілкіністен кейін оның жер бетіндегі әсерін анықтау үшін жан-жақты макросейсмикалық зерттеу жүргізу қажет. Енді осы жұмыстарды ұйымдастыруды және оның нәтижелерін өңдеу мәселелеріне тоқталайық.

7.1. Макросейсмикалық зерттеуді ұйымдастыру

Макросейсмикалық зерттеу нәтижесінде сілкініс күшінің жер бетіндегі таралуы туралы толық мағұлматтар алынады. Әдетте бұл зерттеулер үш түрлі әдіспен жүргізіледі.

1. Сілкіністің жер бетіндегі әсерін ізінше (сілкіністен кейін көп ұзамай) маршрутты тәсілмен тікелей зерттеу.

2. Мекемелер мен жеке азаматтар арасында арнаулы анкеталар (сұрақтар тізімі) таратылып, алынған мағұлматтарды бір жүйеге келтіріп өңдеу.

3. Сілкініс салдарынан зақымдалған әрбір үй құрылысы немесе басқа объектілер туралы жергілікті әкімшілік бекіткен арнаулы комиссиялардың сақтандыру, жөндеу, санитарлық, экономикалық және т.б. актілерін пайдалану.

Макросейсмикалық зерттеу сілкіністен кейін көп ұзамай (бірінші сағаттарда) ең күшті зардап шеккен аймақта басталуы қажет. Өйткені, алғы, басты және кейінгі дүмпулер аралықтары аз уақыт болып, олардың жер бетіндегі әсерін өзара бір-бірінен айыру өте қиынға соғуы мүмкін. Зерттеу кезінде міндетті түрде сілкіністің уақыты, соққан бағыты, ұзақтығы, гүрілдеген дыбыс, үй құрылысының құлаған бөліктерінің бағыты белгіленеді. Жер беті өзгерістері, зақымдалған немесе құлаған үйлер суретке түсірілуі қажет.

Әрбір елді мекенде (қалада) зақымдалған немесе құлаған үй құрылыстарын зерттеу үш түрлі тәсілмен жүргізіледі: а - іріктеп тексеру (мәселен, әрбір *n*-дік үй құрылысын); ә - тіке бір бағытпен (өзара қиылысатын) жаппай тексеру; б - ұялы түрде, яғни алдын-ала белгіленген әрбір тұтас тұрған (бір топ) құрылыстарды тексеру.

Тексерілген үй құрылыстарының саны әрбір елді мекендегі үйлердің жалпы санының 5 процентінен кем болмауы керек (15% - жақсы деңгей, ал 50 % - өте жақсы деңгейде тексерілген болып саналады). Жергілікті білім беру мекемелерінің (қалалық, аудандық және с.с.) көмегімен мектептер (жоғарғы сыныптарда) мен училищелерде физика мен география сабақтарында, ірі қалаларда орналасқан жоғарғы оқу орындарының медициналық, техникалық, экономикалық және басқа факультеттерінде "Жер сілкінуінің маған тигізген әсері" тақырыбына шығарма жазылуды ұйымдастыру керек. Бұл шығармада әрбір оқушы немесе студент төмендегі сұрақтарға жауап жазғаны дұрыс:

1. Сілкініс кезінде қай жерде болып немен шұғылданды?

2. Жер сілкінісі қалай сезілді?

3. Үйде немесе далада қандай құбылыстар байқалды (табиғи құбылыстар, ілулі тұрған заттардың тербелісі, ыдыс-аяқ пен жиһаздар және т.б. заттардың қозғалысы)?

4. Басқа жерден келген таныстарынан немесе жолдас-тарынан осы болып өткен жер сілкінуі жайлы қандай әңгімелер есітті?

7.2. Сілкініс күшін анықтау (балл есебімен).

Изосейсталар картасы

Әрбір пунктте (елді мекен немесе басқа бір объект) жер сілкіну күші MMSK-84 атты шкала-кестеде келтірілген сипаттамалар арқылы анықталады (5 - бөлім). Кейбір елді мекенде бұл сипаттамалардың әрбір түрі бойынша (адам сезімі, құрылыстың зақымдалуы, тұрмыстық заттардың реакциясы, жер бетіндегі өзгерістер, басқа белгілер) анықталған балл мәнінің өзара айырмашылығы болуы мүмкін. Мұндай жағдайда бұл пункт үшін жер сілкінісінің орташа күші (балл есебімен) зерттеушінің әрбір объекті туралы мағұлматтарының толықтығына байланысты қосымша шешімін талап етеді.

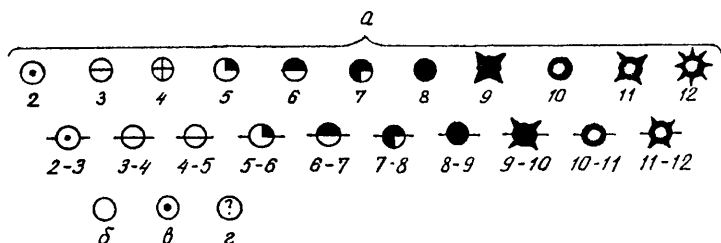
Кейбір жағдайда, бір елді мекен аумағында сілкініс күші оның жер беті құрылымының ерекшеліктеріне байланысты (жер бедері, геологиялық немесе гидрогеологиялық өзгешеліктері) әртүрлі болуы мүмкін. Мұндай жағдайда, бұл пункттегі сілкініс күші әрбір үлескі үшін бөлек келтірілгені жөн. Төмендегі кестеде, мысал ретінде Алғабас ауылы үшін сілкініс күшінің әртүрлі болуы келтіріліп отыр.

Елді мекен аты	Эпицентрге дейінгі арақашықтық (км)	Тексерілген объектілер саны
Алғабас (өзен арнасы)	<u>6 балл</u> 35 км	8
Алғабас (тау бауырайы)	<u>5балл</u> 35 км	12
Алғабас (жазық жер)	<u>4балл</u> 34 км	6

Сонымен, сілкіністің жер бетіндегі әсерін макросейс-микалық зерттеу нәтижесінде сол жер сілкінісі үшін төмендегідей арнаулы кесте жасалынады.

Нөмірі	Пункт немесе елді мекен аты	Сілкініс күші (балл есебімен)	Эпицентрде дейінгі ара қашықтық (км)
--------	-----------------------------------	-------------------------------------	---

Бұл таблицадағы мағұлматтар топографиялық картаға (белгілі бір масштабта және арнаулы шартты белгілер арқылы) түсіріліп, болған жер сілкінісі үшін "пункт-балл" картасы жасалданылады. Төменде 7.3 -суретте, әрбір үшін қолданылатын халықаралық шартты белгілер келтіріліп отыр.



7.3-сурет

Халықаралық макросейсмикалық шартты белгілер. а-MSK-64 (MMSK-84) шкала-кестесіне сәйкес әрбір баллдың белгісі, б-сілкініс сезілмеген, в-сілкініс сезілген,бірақ оның күші белгісіз, г-сілкініс сезілген, бірақ оның күші дұрыс анықталмаған

"Пункт-балл" картасында келтірілген пункттер арқылы әрбір балл үшін изосейста сызықтарын жүргізіп, сол жер сілкінісінің изосейсталар картасын яғни сілкіністің жер бетіндегі әсерін анықтайтын карта тұрғызылады. Осы картадағы әрбір изосейста сызығының төменде келтірілген параметрлері анықталады: ең үлкен диаметрі ($2R_{\max}$), ең кіші диаметрі ($2R_{\min}$), ауданы (S_i), орташа радиусы ($r_i = \sqrt{S_i/\pi}$), үлкен өсінің азимуты (α_m). Осы анықталған мәліметтерді өңдеу арқылы сілкініс ошағының параметрлері мен жер қыртысының кейбір физикалық қасиеттері анықталады: γ_0 - сілкініс күшінің басылу коэффициенті, φ_m, λ_m - эпицентрдің координаталары, H_m - сілкініс ошағының (ішкіндігінің) тереңдігі (км), M_m - магнитудасы, I_0 - эпицентрдегі сілкініс күшінің мәні (балл), l_x, l_y - сілкініс ошағының ұзындығы мен ені (км) және т.б.

Бұл аталған параметрлерді анықтау үшін арнаулы номограммалар мен палеткалар кеңінен қолданылады. Осындай

номограммалардың бірі, сілкініс күшінің басылу коэффициенті мен оның ошағының тереңдігін анықтау үшін сейсмологиялық тәжірибеде кеңінен қолданылып жүрген макросейсмикалық палеткаға тоқталып өтелеік (палетканың авторлары Ә.Нұрмағамбетов және А.Сыдықов).

Егер изосейсталар картасы мен сілкіністің эпицентріндегі күші (I_0) белгілі болса, онда оның ошағының (ішкіндігінің) тереңдігін (H) төмендегі макросейсмикалық формула арқылы анықтауға болады:

$$I_0 - I_1 = \gamma_0 \lg \sqrt{1 - \Delta_1^2 / H^2} \quad (7.1)$$

мұнда

$$I_0 = bM - \gamma_0 \lg H + C \quad (7.2)$$

$$I_1 = bM - \gamma_0 \lg \sqrt{\Delta_1^2 / H^2} + C \quad (7.3)$$

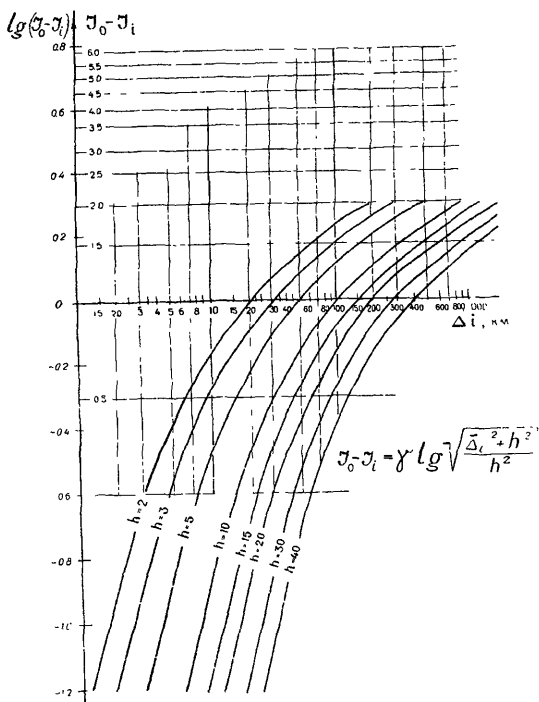
Бұл формулалардағы I_0 - сілкіністің эпицентрдегі күші, I_1, Δ_1 - ілік изосейста сызығының мәні мен оның эпицентрден орташа қашықтығы, H - сілкініс ошағының тереңдігі, γ_0 - сілкініс күшінің басылу коэффициенті, b, c - тұрақты коэффициенттер.

Енді осы (7.1) формуланы логаримфдеп, $\gamma_0 = 1$ деп алсақ, онда

$$\text{Lg}(I_0 - I_1) = \text{Lg} \text{Lg} \sqrt{1 + \Delta_1^2 / H^2} \quad (7.4)$$

7.4 - суретте осы (7.4) формулаға негізделіп, γ_0 және H_m мәндерін анықтау үшін есептеліп жасалған, макросейсмикалық палетка беріліп отыр. Абцисса өсіне пункттердің эпицентрден орташа (геометриялық) ара қашықтығы (Δ_1), ал ордината өсіне $\text{Lg}(I_0 - I_1)$ мәні салынған. Айта кететін жәйт, абцисса өсіне Δ_1 мәнінің орнына изосейсталардың орташа радиустарын да салуға болады ($r_i = 1,4\Delta_1$).

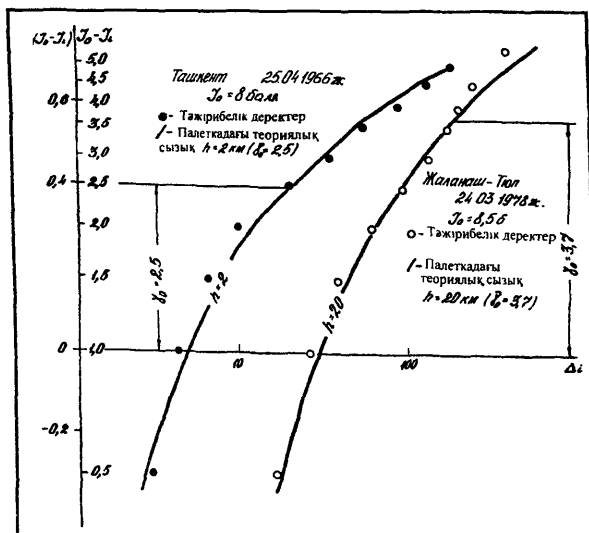
Бұл палетка бойынша сілкіністің басылу коэффициенті γ_0 мен оның ошағының тереңдігін H_m анықтау үшін алдымен жоғарыда келтірілген арнаулы "пункт-балл" таблицасын қолдана отырып, калькаға әрбір $I_0 - I_1$ мәні (Δ_1 мәніне сәйкес) нүкте түрінде түсіріледі. Сонымен, барлық $I_0 - I_1$ мәндері үшін түсірілген нүктелер жүйесі сілкініс күшінің эпицентрден қашықтаған сайын басылу заңдылығын сипаттайды. Кальканы макросейсмикалық палеткаға салып, оны ордината өсіне параллель бағытпен



7.4-сурет

Макросейсмикалық палетка (авторлары-
Ә.Нұрмағамбетов, А.Сыдықов)

(өстері бірдей болуы керек) жоғары-төмен жылжыту арқылы палеткадағы теориялық қисық сызықтардың бірімен калькадағы тәжірибелі сызықтың (нүктелер арқылы жүргізілген) сәйкестігі анықталады. Осы жағдайда сәйкес келген палеткадағы теориялық сызықтың мәні (H_m) және палетка мен тәжірибелік сызықтағы өстерінің ара қашықтығы (γ_0) сілкіністің параметрлері болып есептеледі. Төменде, 7.5 - суретінде 1978 жылғы 25 наурыздағы Жаланаңаш-Түп сілкінісінің параметрлерін осы әдіспен анықталу мысалы келтірілген.



7.5-сурет

Күшті сілкіністердің параметрлерін (γ, h) макросейсмикалық палетка арқылы анықтаудың мысалдары

8. ФОРШОКТАР (АЛҒЫ ДҮМПУЛЕР), АФТЕРШОКТАР (КЕЙІНГІ ДҮМПУЛЕР) ЖӘНЕ СІЛКІНІСТЕР ТОБЫ

Табиғатта күшті сілкіністердің жеке өзі өте сирек кездеседі. Әдетте осы аумақта олармен қабаттаса (алдында немесе артында) өрбитін ірілі-ұсақты жерасты дүмпулері болады. Енді осы дүмпулерге сипаттама берілік.

8.1. Форшоктар (алғы дүмпулер)

Форшок дегеніміз (ағылшын for - дейін, shok - дүмпу) - болашақ күшті жер сілкінісі алдында сол аумақта болатын әлсіз жерасты дүмпулері. Бұл құбылыс жайлы деректер жер сілкінуіне арналған әдебиеттерде жиі кездеседі. Өйткені, олардың жер сілкінуін алдын-ала болжауда (алғышарт ретінде) алатын орны айрықша (бұл жайлы төменде 14 - тарауда толығырақ айтылады).

Кейбір күшті сілкіністер алдында сол аумақта (күші немесе энергиясы басты дүмпуден аз) біршама жер асты дүмпулері - форшоктар болады. Олардың табиғи жаратылысын нақты анықтау жолында ғылыми зерттеу жұмыстары (тәжірибе жүзінде, лабораториялық немесе теориялық түрғыда) көптеп

жүргізіліп келеді. Бұл зерттеулер нәтижесінде олардың уақыт пен кеңістік өлшемдерінде кейбір таралу заңдылықтары ашылып отыр.

1. Әдетте форшоктардың эпицентрлері болашақ бас дүмпудің болатын жеріне жақын орналасады.

2. Форшоктор тобын құрайтын эпицентрлердің ауданы кейінгі дүмпулер (афтершоктар) тобының ауданынан әлдеқайда кем.

3. Форшоктар барлық күшті сілкіністердің алдында ұдайы бола бермейді, олар тек қана кейбір күшті сілкіністердің алдында ғана кездеседі. Мәселен, Жапонияда 1926 жылдан 1961 жылға дейінгі болған магнитудасы 4-тен астам 1500 жер сілкіністерінің тек қана 60-ның алдында форшоктар болған.

Қазақстан жерінде кейінгі 120 жыл шамасында болған күшті сілкіністердің кейбіруінің алдында ғана форшоктар болған. Мәселен, 1887 жылғы Верный жер сілкінісі алдында (онан 5 минут бұрын) Верный қаласы тұрғындары (қазіргі Алматы қаласы) күшті 5-6 баллға жететін жерасты дүмпуін сезген. Бұл жерасты дүмпуі сол апатты сілкініс алдында болған форшок болатын.

Форшоктар табиғатын жан-жақты зерттеу нәтижесінде ғалымдар олардың болу себебі сол күшті сілкініс болатын аймақтағы жинақталған кернеудің (ішкі тектоникалық күштердің) өсерінен жер қойнауында өртүрлі майда жарықтардың пайда болып, олардың сол болашақ сілкініс ошағының маңына шоғырлануына байланысты деп санайды. Дегенмен, форшоктар әлі де болса табиғаттың құпиясы көп жұмбақ құбылыстарының бірі. Оларды қарапайым жерасты дүмпулерінен ажырату, не себептен күшті сілкіністердің кейбіреуінің алдында ғана көрініс беру себебін табу және басқа да ерекшеліктерін анықтау ғылымның алдында тұрған күрделі мәселелердің бірі.

8.2. Афтершоктар (кейінгі дүмпулер)

Афтершок (кейінгі дүмпу) дегеніміз (ағылшын after - кейінгі, shock - дүмпу) - күшті жер сілкінісінен кейін осы аумақта болатын, күшті бас дүмпуден біршама әлсіз жерасты дүмпулері. Бұл табиғатта кең тараған құбылыстардың бірі. Сондықтан да болар, олар жайлы деректер арнаулы әдебиеттерде өте жиі кездеседі.

Күшті сілкіністерден кейін афтершоктардың пайда болу себебін, сол бас дүмпу кезінде бөлініп шықпай қалған жер қойнауындағы қалдық энергияға байланысты екенін дүние жүзіндегі сейсмолог-ғалымдар бір ауыздан қолдайды. Мұның себебі не? Бұл сұрақтың жауабын 1951 жылы белгілі ғалым Г.Беньофф ашқан афтершоктар туралы теория толық түсіндіреді. Теорияның негізі жер қыртысын құрайтын тау жыныстарының

серпінділік қасиетін лабораториялық тәжірибе жүзінде көрсету арқылы жасалған.

Көпшілікке белгілі, жер қыртысын құрайтын тау жыныстары әртекті және өте қатты дене, сондықтан бас дүмпу кезінде бұл аумақта жиналған энергияның бір сәтте (бірден) бөлініп шығуы яғни жиналған кернеудің толық босануы мүмкін емес. Бас дүмпуден кейінгі қалдық энергия (қалдық кернеу) сол афтершоқтар арқылы белгілі бір уақыт аралығында аяғына дейін бөлініп шығады.

Әдетте, күшті сілкіністен кейінгі афтершоқтар саны уақыт өткен сайын азаяды. Бұл процессті 1962 жылы жапон ғалымы Т.Уцу төмендегі математикалық формула арқылы өрнектеген:

$$N(t) = A/(t+c)^p \quad (8,1)$$

Мұнда, N - афтершоқтар саны, A, p, c - тұрақты коэффициенттер (p -өртүрлі сілкіністер үшін 0,8-ден 1,5-ге дейін өзгереді), t - бас дүмпу болған сәттен бастап есептелінетін уақыт. Кейбір күшті сілкіністер үшін анықталған осы тұрақты коэффициенттердің орташа мәндері мынадай: $A = 165-250$; $p = 1,0-1,4$; $c = 0,25-0,40$ тәулік.

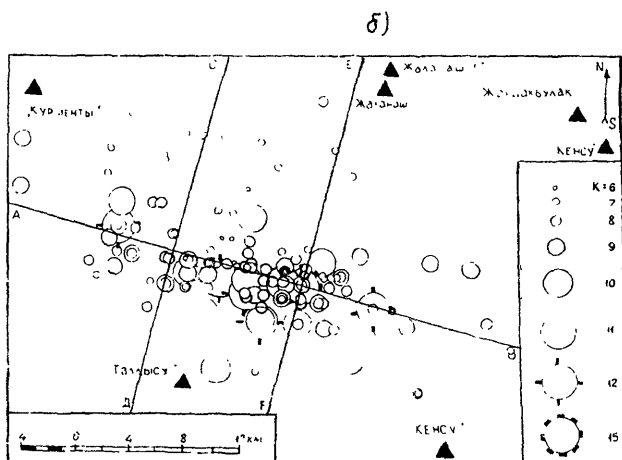
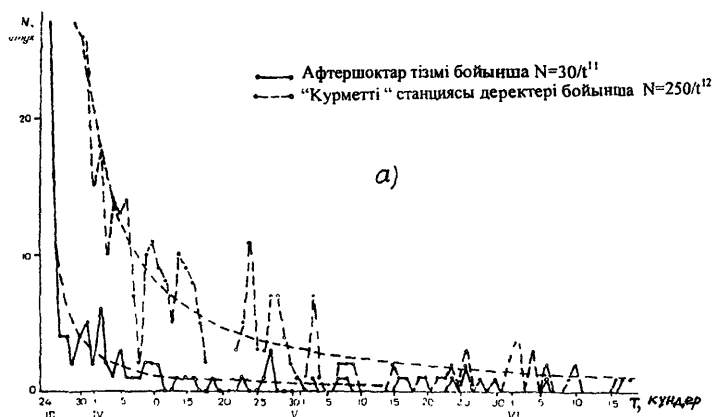
Төменде, 8.1а - суретте 1978 жылғы 25 наурыздағы Іле Алағуында 8-9 баллдық күшпен болған Жаланаңаш-Түп атты сілкіністен кейінгі афтершоқтар эпицентрлерінің кеңістікте таралу схемасы, ал 8.2б - суретте олардың уақыт өлшемінде таралуы көрсетілген. Бұл суреттерден афтершоқтардың болған бас дүмпудің аумағына шоғырланып, ауданы аз ғана аумақты қамтитынын және олардың саны уақыт өткен сайын күрт азайып, басым көпшілігі алғашқы 5-6 тәулік ішінде болатынын көреміз.

Күшті сілкіністерден кейін афтершоқтардың аяқталатын уақытын дәл анықтау өте қиын. Бұл процесс, кейбір жойқын сілкіністерден кейін тіпті бірнеше жылдарға созылуы мүмкін. Әдетте, афтершоқтар саны осы ауданның жәй (қалыпты) жерасты дүмпулер санымен тенескен уақытын афтершоқтар тобының аяқталған уақыты деп есептеуге болады.

Бүгінгі таңда афтершоқтар тобын жан-жақты зерттеулер нәтижесінде бірнеше заңдылықтар ашылып отыр:

1. Афтершоқтар саны олардың энергияларына сәйкес белгілі бір заңдылықпен таралады. Бұл заңдылық, сейсмологияда кең таралған жер сілкінісінің қайталану заңдылығына ұқсас, тек қана айырмашылығы сілкіністің қайталану графигінің еңкіштік бұрыштарының өртүрлі болуында. Басқаша айтқанда афтершоқтар энергиясы 10 рет азайса, саны шамамен 4 рет көбейеді, ал қарапайым сілкіністер үшін олардың саны тек қана 3 рет көбейеді.

2. Афтершоктар тобының арасында да күшті сілкіністер кездеседі. Әдетте олардың магнитудасы бас дүмпуден шамамен 1,5 бірлікке аз болса (энергиясы 100-1000 есе аз), бөлініп шыққан



8.1-сурет
1978 жылы 25 наурызда болған Жаланааш-Түп сілкінісінен кейінгі дүмпулердің (афтершоктардың) уақыт өлшемінде (а) және кеңістікте (б) таралуы

энергияның жиынтығы бас дүмпу кезінде бөлінген энергияның шамамен 10 процентіне тең.

1990 жылдың 14 маусымында Шығыс Қазақстан жерінде болған 8-баллдық Зайсан сілкінісінен кейін төрт ай ішінде афтершоқтар саны 400-ге жетіп, олардың арасында күші 6 баллға жететін екі афтершоқ сілкіністері болды.

3. Афтершоқтар тобының эпицентрлері құрайтын аумақтың ауданы бас дүмпудің магнитудасына байланысты. Бұл заңдылық былайша өрнектеледі:

$$LgD = 0,5M - 2$$

Мұнда D - афтершоқтар тобы қамтитын аумақтың ұзындығы (км), M - бас дүмпудің магнитудасы. Мәселен, бас дүмпудің магнитудасы 6-ға тең болса, афтершоқтар тобының алып жатқан аумағының ұзындығы шамамен 10 км-ге тең.

4. Әдетте, афтершоқтардың эпицентрлері эллипске ұқсас фигураны құрайды. Оның үлкен өсінің кіші өсіне қатынасы шамамен 2-ден 5-ке дейін жетіп, үлкен өсі сол ауданның геологиялық құрылымының бағытына сәйкес келеді. Осы айтылғандарға, жоғарыда, 8.1-суретте келтірілген 1978 жылғы 25 наурызда болған Жалаңаш-Түп сілкінісінің афтершоқтар картасы мен төменде, 8.2-суретте келтірілген 1990 жылғы 14 маусымда болған Зайсан сілкінісінің афтершоқтар картасы дәлел бола алады.

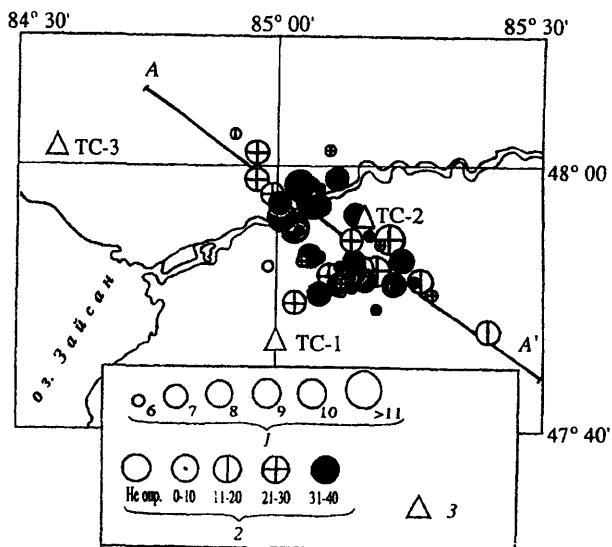
5. Күшті сілкіністердің барлығында да афтершоқтар бола ма? Бұл сұраққа жауапты төменгі кестеден іздейік (8.1-кесте). Мұнда күшті сілкіністер екі топқа бөлінген: I-афтершоқтары бар, II-афтершоқтары жоқ.

Сонымен, бұл кестеде бас дүмпудің магнитудасы (энергиясы) кішірейген сайын афтершоқтары бар сілкіністер саны азайатынын көреміз.

8.1-кесте

Афтершоқтары бар және афтершоқсыз
болған күшті сілкіністер саны

Бас дүмпудің магнитудасы	I-топ	II - топ	I/(I+II), %
7	29	0	100
6,5-6,9	46	15	74
6,0-6,4	8	3	73
5,5-5,9	8	3	73
5,0-5,4	14	35	29
4,5-4,9	14	57	17



8.2-сурет

1990 жылы 14 маусымда болған Зайсан сілкінісі афтершоқтарының кеңістікте таралуы. 1-энергетикалық класс; 2-ошақтың тереңдігі; 3-телометриялық сейсмостанция

8.3. Сілкіністер тобы

Сілкіністер тобы дегеніміз (орыс - рои землетрясений, ағылшын - earthquake swarms) энергиялары (магнитудалары) бір-бірімен шамалас бас дүмпуісіз, белгілі бір аумақта қысқа мерзім арасында болатын сілкіністер. Әдетте мұндай сілкіністер тобы жанартаулар аймағында жиі кездеседі.

Сейсмологиялық төжірибеде біршама күшті сілкіністер алдында осындай сілкіністер тобы болғаны мәлім. Тіпті кейбір жерде сілкіністер тобының бірнеше рет бір жерде немесе әр жерде қайталанғаны да белгілі. Сондықтан кей кезде сілкіністер тобы мен форшоқтар тобының айырмашылықтары болмайды. Сондықтан оларды форшоқтар тобынан айыру - бүгінгі күннің тағы бір шешілмеген күрделі мәселелерінің бірі.

9. ЗІЛЗАЛА АПАТЫНЫҢ ҚОСЫМША ӘРЕКЕТТЕРІ

Жер сілкіну - тілсіз жау, адам өміріне қауіп тудырып, халық шаруашылығына үлкен зиян келтіреді. Біріккен Ұлттар Ұйымы жанындағы сарапшылардың мағұлматтарына қарағанда, 1976 жыл планетамыздағы кейінгі 100 жыл ішіндегі ең апатты жыл болған. Бүкіл жер шарында магнитудасы 6,5-нан астам (күші 8-9 баллдан астам) 22 жер сілкінісі болып, халық шаруашылығына ұлан-ғайыр зиян келтірген.

Дүние жүзінде болған зілзала апатының статистикасына көз жіберсек, жер шарында жылына орта есеппен магнитудасы 6-дан жоғары 100 сілкініс, магнитудасы 7-ден жоғары 20 сілкініс болып тұрады екен. Олай болса, жалпы статистика бойынша, 1976 жылдың ерекшеленуі тек қана сілкініс эпицентрлерінің халық тығыз қоныстаған аймақтарға жақын орналасуына байланысты.

Жер шарында, атап айтқанда сейсмикалық аймақтарда, орналасқан үлкен қалаларда халқының саны көбейіп, өнеркәсіп өркендеген сайын, жер сілкінісінің зардабынан болатын шығын да өседі. Халықаралық ЮНЕСКО сарапшыларының мағұлматтары бойынша, жер сілкінісі салдарынан болатын жыл сайынғы шығын бірнеше миллиард долларға жетеді екен. Егер мұндай апатты сілкініс дамып келе жатқан мемлекеттердің бірінде болса, онда бұл шығын сол мемлекеттің ұлттық табысының едәуір бөлігін жоқ қылады.

Бірнеше мысалдар келтірелік. Егер 1906 жылғы болған жер сілкінісіне байланысты Сан-Франциско қаласындығы шығын шамамен 480 миллион доллар болса, онда күші осындай сілкініс қазіргі кезде миллиардтаған доллар шығынға ұшыратады. Жапон ғалымдарының есептеулерінше, егер 1923 жылғы Жапон жер сілкінісі сол жерде қайталанса, онда қазіргі Токио қаласында бір сәтте 30 мыңға жуық өрт ошағы пайда болуы мүмкін.

Сонымен, ЮНЕСКО сарапшыларының мағұлматтарына қарағанда, егер өткен онжылдықта күші 8-баллдық сілкініс эпицентр аумағында тұратын әрбір тұрғынға шаққанда шамамен 1500 доллар шығын әкелсе, қазір бұл шығынның шамасы 30000 долларға жетіп отыр.

Ал енді адам шығынына келсек, қанша адамның қираған құрылыс астында қалғанын немесе өрт пен тау көшкіндері салдарынан қаза болған адамдар саны туралы толық статистикалық мағұлматтар жоқ. Өйткені, Кеңес Одағы кезінде күшті және жойқын сілкіністер зардабы туралы ақиқат мағұлматтар, атап айтқанда, адам қазасы туралы деректер, көпшілік қауым үшін жабық болды. Үкіметтің шенеуніктерінің ойынша, мұндай мағұлматтар басқа да сілкініс қауіпі бар аймақтарда ел арасында үрей туғызып, тұрғын халықтың қоныс аударуына, ал мұның салдары жергілікті өнеркәсіп орындары

экономикасына зиян келтіреді деген ұғым болды. Тек соңғы кезде ғана бұл ұғымның қателігін түсінген сияқтымыз. Керісінше шындық, айқын деректер көптеген проблемаларды шешу жолында тиімді тәсілдерді қолдануға мүмкіндік береді.

Мәселен, 1948 жылғы Ашхабад (Түркменстан) апатынан қаза болған адамдар саны кейінгі уақытқа дейін белгісіз болды. Тек қана 1988 жылы, осы апаттың 40 жылдығы қарсаңында бұл құпиялардың беті ашылып, апат 45 мың адамның өмірін қиғаны мәлім болып отыр.

Ал, оқырман қауымға белгілі 1887 және 1911 жылдардағы Алматы маңында болған апаттар салдарынан қаза болған адамдар саны осы күнге дейін белгісіз. Бұл құпияның да беті ашылатына біз сенеміз.

Төменде, 9.1-кестеде кейінгі 13 жыл аралығында (1985-1998 жж) әлемде болған кейбір зілзала апаттарынан қаза болған және жарақаттанған адамдар саны беріліп отыр ("адам өлтіруші сілкіністер" - "землетрясения-убийцы"). Бұл тізімге қаза болған адам саны 100-ден немесе жарақаттанған адам саны 300-ден астам жер сілкіністері кіргізілді.

Тізімдегі сілкіністер арасында халық шаруашылығын қалпына келтіру барысында жұмсалынған қаржы жағынан ең "қымбат" сілкіністер қатарына мыналар жатады: 1995 жылғы Кобе (Жапония) - 200 миллиард доллар, 1994 жылғы Нортридж (Орталық Америка) - 20 миллиард доллар, 1988 жылғы Спитак (Армения) - 16 миллиард доллар, 1985 жылғы Мехико - 4 миллиард доллар.

9.1-кесте

1985-1998 жылдар аралығында болып, адам өмірі мен халық шаруашылығына айтарлықтай зиян келтірген әлемдегі кейбір күшті сілкіністер тізімі
(United State Geological Survey-АҚШ геологиялық қызыметі деректері бойынша)

Жы- лы	Күні, айы	Болған жері	М	А д а м д а р с а н ы		
				Қаза болған	Жара- қат- танған	Баспана- сыз қалған
1985	3.III	Чили	7,8	> 177	2575	?
1985	19.IX	Мехико	8,1	> 9100	>30000	>100000
1986	10.X	Эл- Сальвадор	5,4	>1000	>10000	>100000
1986	30.YIII	Румыния	6,9	2	558	12500
1987	6.III	Колумбия	6,9	2	?	>20000

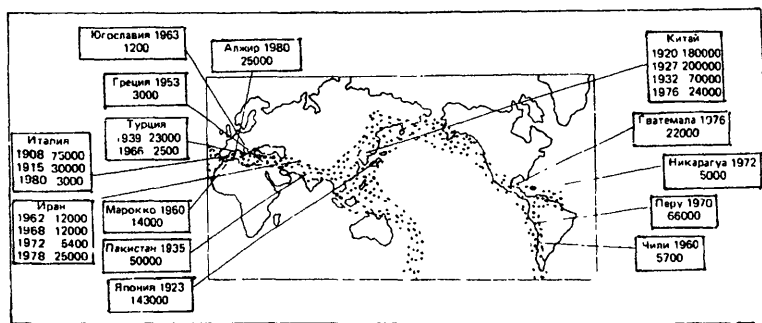
1988	20.YIII	Непал- Үндістан	6,6	>1500	?	?
1988	6.XI	Бирма- Қытай	7,3	730	4808	?
1988	7.XII	Армения	6,8	>25000	>19000	>500000
1989	2.1	Тәжікстан	5,3	274 ылайлы ағын өсерінен		
1989	1.YIII	Батыс Иран	5,8	120	125	?
1989	1.X	Калифор ния	7,1	62	3757	?
1990	20.1	Батыс Иран	7,7	>50000	>60000	>400000
1990	16.YII	Филиппин	7,8	1621	>3000	?
1991	31.1	Ауғанстан	6,4	>700	?	?
1991	15.YI	Филиппин	5,5	>137	?	?
1991	19.X	Үндістан	7,0	2000	>1800	?
1992	13.III	Түркия	6,8	>500	>2000	?
1992	28.1	Калифор ния	7,6	3	400	-
1992	2.IX	Никара- гуа	7,2	>184	?	13500
1992	12.X	Египет	5,3	>552	>9929	?
1992	12.XII	Индоне- зия	7,5	>2520	>500	90000
1993	12.YII	Жапония	7,6	243	?	?
1993	29.IX	Үндістан	6,2	9747	>30000	?
1994	17.I	Нортридж	6,8	60	>7000	20000
1994	15.II	Индонезия	7,0	>207	>2000	>75000
1994	2.I	Индонезия	7,2	>277	>423	?
1994	6.YI	Колумбия	6,6	>800	?	>13000
1994	18.YIII	Алгерия	5,9	159	289	>10000
1994	4.X	Куриль	8,3	11	>340	?
1994	14.XI	Филиппин	7,1	78	225	?
1995	16.I	Кобе, Жапония	6,8	5502	36896	310000
1995	27.Y	Сахалин	7,5	1989	802	?
1995	1.X	Түркия	6,1	101	348	50000
1995	6.X	Индонезия	6,9	84	2178	65000
1996	3.II	Юннан, Қытай	6,5	322	3925	>320000
1996	17.II	Чили	8,1	166	423	?
1996	12.XI	Перу	7,3	14	560	12000
1997	28.II	Иран	7,3	>965	>2600	36000
1997	10.Y	Иран	7,3	1567	>2300	50000

1998	10.I	Қытай	5.7	70	11300	44000
1998	4.II	Ауғаныс тан	6.1	2323	>>818	?

Әрине, келтірілген мағұлматтар (әсіресе, қаза болған адамдар саны) нақты деп айту өте қиын. 1985 жылғы Мехико апатында қаза болған адамдар саны кейбір деректер бойынша 9500-ден 35000-ға дейін өзгереді. Ал, 1990 жылғы Иранда болған апатта 40000-нан 50000-ға дейін, 1988 жылғы Спитак апатында 25000-нан астам адам қаза болды деген деректер бар. Сондықтан бұл кестеде келтірілген мағұлматтар сол апат зардабының ең азы деп түсіну керек.

Жер сілкінуі кезінде кездейсоқ адам қазасы да болуы мүмкін. Мәселен, арнаулы әдебиетте күші соншалықты емес бір сілкініс кезінде, бір адамның қаза болғаны туралы жазылған. Оның себебі, аз ғана сілкінген жер беті әсерінен, автомашина көтеріп тұрған домкраттан тайып кетіп астында жөндеп жатқан жүргізушіні басып қалған. Ал, басқа бір сілкініс кезінде, аз ғана жер беті сілкінісінен дүрлігіп, көше бойында абыржып жүрген мотоциклисті автомашина қағып өлтірген.

Дегенмен, сілкініске байланысты адам қазасының көпшілігі қираған құрылыстардың, тау көшкіндерінің, цунамидің және сілкіністің басқа да қосымша әрекеттерінің әсерінен болады. Төменде, 9.1 - суретте тарихта із қалдырған кейбір жойқын сілкіністер кезінде қаза болған адамдар саны келтірілген.

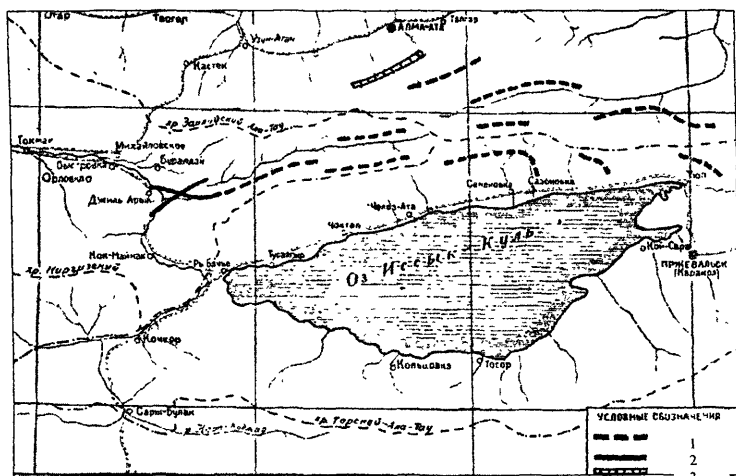


9.1-сурет

XX-ғасырда болған кейбір жойқын сілкіністердің жылы мен қаза болған адамдар саны. Нүктелер - сейсмикалық зоналар

Әдетте күшті сілкіністің жер бетіндегі әрекеттері алғашқы (бірінші дәрежелі) және қосалқы (екінші дәрежелі) болып бөлінеді. Алғашқы әрекеттердің негізгі себептері жерасты дүмпуі ошағында пайда болған жарылымдардың жер бетіне шығуына

байланысты. Егер, сілкініс күші зор болып, оның ошағы жер бетіне жақын орналасқан күнде, жарылым жер бетіне пығуы мүмкін. Мәселен, 1957 жылы Манғұлияда болған жойқын сілкіністе тау жотасын тілімдеп, ұзындығы 300 км жарылым жер бетіне шыққан. Ал, 1911 жылғы Алматы маңындағы болған Кемін сілкінісінде де Күнгей Алатау жотасын қуалай созылған ұзындығы 200 км-дей жарылым жер бетіне шыққан (9.2 - сурет).



9.2-сурет

1887 жылғы Верный(3), 1911 жылғы Кемін(1) және 1938 жылғы Кемін-Шу(2) сілкіністері әсерінен жер бетіне шыққан жарылымдардың ізі

Зерттеушілердің айтуынша бұл жойқын сілкіністердің зардабынан туындаған жарылым іздері жоғарыдан (ұшақтан) қарағанда тау жотасының бойымен біреу алып сызғышпен жуан сызық жүргізіп кеткен сияқты болып көрінеді екен. Мұндай әрекеттер Алматы маңында болған 1887 жылғы Верный атаулы, 1938 жылғы Кемін-Шу атаулы сілкіністер кезінде де көрініс берген (9.2 - сурет).

Сілкіністің мұндай әрекеттері қаншалықты қауіпті болғанымен, олар негізінен эпицентр аумағында, яғни таулы жерлерде ғана (адам мен тұрғын үйлер аз) болады. Сондықтан оның адам өмірі мен халық шаруашылығына тікелей зардабы аса зор емес.

Халық шаруашылығына қыруар зиян келтіріп, адам өміріне қатер төндіретін сілкіністің қосалқы (қосымша) әрекеттері

қатарына жататындар - тау көшкіні, цунами, жер бетіндегі жарықтар, үй құрылыстарының қирауы (құлауы), өрт, сел жатады. Енді осы әрекеттерге толығырақ тоқталайық.

9.1. Тау көшкіні

Сілкініс әсерінен жиі болатын бұл құбылыстың таулы аудандарда екі түрі кездеседі: көшкін және опырылып құлау. Тау көшкіні деп тау бауырайындағы шөгінді тау жыныстарының жер сілкіну әсерінен босап, төмен қарай жылжу процессін айтады. Мұндай құбылыстар туралы деректер 1929 жылы Жаңа Зеландияда, 1955 жылы Филиппин аралында, Орта Азия жерінде болған кейбір күшті сілкіністер тарихынан белгілі.

Кейбір кезде сілкініс әсерінен таулы аудандандардың тік жарлы жерлерінде қатты ылғалданған шөгінді тау жыныстары төмен қарай сырғанап отырып, тау-тастарды өзімен қоса жылжытатын лайлы су ағындарын құрайды. 1949 жылғы Тәжікстанда болған Хаит жер сілкінісі әсерінен осындай лайлы тас ағындары бірнеше елді мекендерді көміп кеткен. Ал 1989 жылы мұндай апат бұл елде тағы да қайталанды. Бұл жолы Гиссар жотасында болған жер сілкінісі әсерінен бірнеше үйлер лайлы ағын астында қалды (9.3 - сурет).

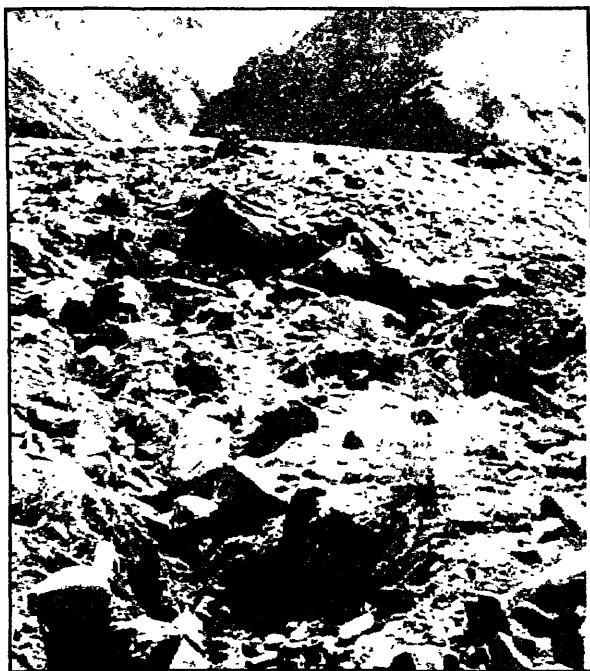


9.3-сурет

1989 жылғы Гиссар жотасында (Тәжікстан) болған сілкініс әсерінен лайлы ағын көптеген үйлерді басып қалды

Тау бауырайындағы құрғақ тау жыныстарының опырылып құлауы тік жарлы жерлерде, су жағалауында, су жырған арналарда кездеседі. 1911 жылғы Кемін жер сілкінісі әсерінен Майбұлақ тұсында таудан құлаған тас көшкіндері Шелек өзенінің аңғарын бөгеп тастаған, осының салдарынан жасанды көл пайда болып, өзен үш күн өткен соң ғана жаңадан арна тауып аққан.

1911 жылы Памир тауында күшті сілкініс әсерінен таудың үлкен бір бөлігі опырылып құлап, Мурғаб өзенін бөгеп тастаған. Осының салдарынан ұзындығы 60 км, тереңдігі 500 м Сарез көлі пайда болған (9.4 - сурет).



9.4-сурет

1911 жылы 18 ақпанда Памир тауындағы Сарез жер сілкінісі әсерінен пайда болған Усай тау көшкіні

1887, 1889, 1911 жылдардағы Алматы маңында болған жойқын сілкіністер әсерінен Іле және Күнгей Алатауында бірнеше көлдердің пайда болу себептері де осы тау көшкіндеріне байланысты.

Кейбір ғылыми деректер бойынша табиғи апаттардың арасында адам өлімі жағынан тау көшкіні алдыңғы қатардан

орын алатын көрінеді. Мәселен, ертеде Қытай және Перу жерлерінде болған жойқын сілкіністер әсерінен пайда болған тау көшкіндері салдарынан жүз мыңдаған адам қаза болғаны туралы деректер бар.

9.2. Цунами

Күшті немесе жойқын сілкіністер әсерінен пайда болатын апаттардың бір түрі - цунами (жапон, пу - қойнау, нами - толқын). 1755 жылы Лиссабон, 1908 жылы Мессина қалаларында болған жойқын сілкіністер әсерінен туған цунами толқындарының зардаптары, бұл апатты адам қазасы жағынан екінші орынға шығарып отыр.

Цунами дегеніміз мұхит түбіндегі тектоникалық қозғалыстардың әсерінен туатын апатты толқын. Енді осы анықтамаға толығырақ түсінік берелік. Егер жер сілкіну ошағы мұхит немесе үлкен теңіздер түбіне сәйкес келсе (теңіз сілкінісі), онда күшті сілкініс кезінде мұхит түбінің бедері бұзылып, осы аймақтағы мұхит суының көлемі күрт өзгереді. Бұл құбылыс ашық мұхит (теңіз) бетінде алып толқындар туғызады. Пайда болған толқын жоталарының аралықтары бір-бірінен алшақ (ондаған км-ге, кей кезде 150-200 км-ге дейін), ал олардың биіктігі ондаған ғана сантиметрге (кей кезде ғана метр шамасына) жетеді. Сондықтан да олар кемедегі жолаушыларға білінбейді деуге болады. Жан-жаққа тараған толқын мұхиттың жағалауына немесе саяз өңірлерге жақындағанда толқынның алдыңғы шебі тежеліп, жоталарының аралықтары шұғыл қысқарады да, мұның есесіне толқынның биіктігі күрт өседі (20-30 метрге дейін көтеріледі).

Цунами толқынының таралу жылдамдығы мұхиттағы судың тереңдігіне тікелей байланысты. Тынық мұхиттың орташа тереңдігі шамамен 4000 метр десек, онда болатын цунами толқындарының таралу жылдамдығы әдеіі жүргізілген есептеулерге сәйкес 716 км/сағат болуы керек. Бақылаулар нәтижелері мұндағы болған цунами толқындарының жылдамдықтары 1000 км/сағаттан 400 км/сағатқа дейінгі аралықта болғанын көрсетіп отыр.

Цунами толқынының пайда болуы жер сілкіну күшіне тікелей байланысты. Ғылыми деректер бойынша магнитудасы 7,3-тен астам мұхит түбіндегі жер сілкіністері әрқашан цунами толқынын туғызады. Ал, магнитудасы $M=7,0-7,2$ аралығындағы сілкіністердің 67 проценті, магнитудасы $M=6,7-6,9$ сілкіністердің 17 проценті, магнитудасы $M=5,8-6,2$ сілкіністердің 1,4 проценті ғана цунами толқындарын туғызады.

Цунами толқындары су астындағы жанартау атқылауынан да пайда болуы мүмкін. Мұхиттарда кездесетін ірі жанартау

өрекеттерінің әсерінен сол аудандағы су көлемі өзгеріп, цунами толқындары тарайды.

Цунами толқындарының тағы бір таралу көзі - су астында (мұхит түбінде) кездесетін көпшіктер. Мұндай құбылыстар табиғатта сирек кездескенімен, 1899 жылғы Аляска түбегінде болған сілкініс әсерінен Литуя шығанағында мұхит түбінде көлемі 30 млн. текше метр көпшік пайда болып, цунами толқындары туындаған.

Сонымен күшті сілкініс әсерінен цунами толқындары жоғарыда айтылған үш түрлі жағдайда пайда болады. Олардың су бетіндегі күшін анықтау үшін арнаулы 6-баллдық шкала-кесте қолданылады (жер бетіндегі сілкініс күшін анықтайтын MSK-84 шкала-кестесі сияқты).

Біріккен Ұлттар Ұйымының деректеріне қарағанда, 1947-1970 жылдар аралығында жер шарында болған алапат апаттардан бір миллионнан астам адам қаза болып, олардың 745 мыңы осы цунами толқыны мен тропикалық циклондардың әсерінен өлген. Ал, Жапонияда орташа есеппен әр 15 жыл сайын биіктігі 7,5 метрден астам цунами толқыны болып тұратын көрінеді. Кейінгі 1300 жыл ішінде Жапония аралының жағасы 4 рет биіктігі 30 метрден астам толқындар ойранына ұшыраған (9.5 - сурет).

Алеут жерінде (су астында) болған сілкіністерден таралған цунами толқындары Тынық мұхит арқылы таралып, Гавай, Оңтүстік Америка аралдарына көп зиян келтіреді. Куриль және Камчатка аралдарында болатын сілкіністер әсерінен аталмыш аралдар жағалаулары бірнеше рет зардап шеккен. Ал Чили елінің жағалауында, Перуан жерінде болатын су асты сілкіністері өте қауіпті көрінеді.

Еуропада цунами толқындарының әсері жоғарыдағыдай күшті болмағанымен, олардың Эгей, Иони, Адриат теңіздерінде және Жерорта теңізінің батыс бөлігінде болу ықтималдығы анықталып отыр.

Цунами толқындарының ерекшеліктері мынада: алдымен мұхиттағы (өзендегі) су кейін (өте алысқа) қайтады, сосын шамамен 20 минут уақыт (кейде бұдан сәл көбірек уақыт) өткеннен кейін жағалауға тас қорғанға ұқсайтын аса биік басты толқын жылжып жетеді (мұндай толқындар бірнеше болуы мүмкін). Ол жиекке салынған құрылыстарды түгелімен талқандайды, тіпті жартастарды да бұзуға қабілетті. Бұған қосымша су массасының жылжуынан пайда болатын сығылған ауаның, яғни ауа толқынының әсерін еске алсақ, онда цунами толқындарының қандай алапат апат екенін көзге елестету қиын емес.



9.5-сурет

1964 жылғы күшті сілкіністен туған цунами толқындары әсерінен Ниигата (Жапония) қаласындағы қираған үйлер.

Қазірде цунами толқындарын алдын-ала біліп отыруға мүмкіншілік бар. Ол үшін жағалаудағы сейсмикалық станциялар көмегімен теңіздегі сілкіністің эпицентрі тез арада анықталып, цунами толқынының жағалауға қай уақытта және қандай күшпен жететіндігі есептелінеді. Мәселен, осы күнде Гавай аралы (орталығы Гонолулуда) жағалауында орналасқан 31 сейсмикалық станциялардан және теңіз бетінде орналасқан 50 пункттерден тұратын арнаулы болжау орталығы жұмыс істейді. Осы орталықтың көмегімен бірнеше цунами толқындары алдын-ала болжанып, тез арада сақтану шаралары қолданылған. Бұл қызметтің адам өмірі мен халық шаруашылығына цунами толқындарының келтіретін зардабын азайтудағы ролі орасан зор.

9.3. Өрт

Жер сілкінісінің ең қауіпті әрекеттерінің бірі - өрт. Көбінесе күшті сілкіністер кезінде елді мекендерде, әсіресе үлкен қалаларда, от ошақтарының қирап бұзылуы және электр сымдарының тұйықталуы немесе үзілуі салдарынан өрт шығады. Әсіресе мұнай мен газ қоймаларынан шыққан өрт өте қорқынышты (9.6 - сурет). (Оқырман қауым 1999 жылы 17 тамызда Түркия елінде болған апатты жер сілкінісі әсерінен Измит қаласындағы өртеніп жатқан мұнай қоймасын

теледидардан көрген болар). Кейбір жағдайларда өрттің шығыны қираған үйлердің шығынынан бірнеше есе асып түседі (мәселен, 1906 жылы АҚШ-та, 1908 жылы Италияда, 1923 жылы Жапонияда болған жойқын сілкіністер).



9.6-сурет
1964 жылғы күшті сілкіністің өсерінен мұнай
қоймаларындағы өрт (Ниигата, Жапония)

Кейбір деректерге көз жіберейік. 1923 жылғы Жапонияда болған сілкіністе тек Токио қаласында өртенген үйлер саны шамамен 4120-ға жеткен, Токио, Иокогама және басқа қалаларда бұл сілкіністен 140 мыңдай адам қаза болса, соның көпшілігі күшті желмен өршіген өрт салдарынан болған.

Күшті сілкініс кезінде ірі қалаларда өрт көздерінің кобеюі төмендегі себептерге тікелей байланысты: а - қаладағы үй құрылыстарының тығыз болуы; ө - сілкініс кезінде өрт сөндіретін жүйелердің бұзылуы немесе олардың өрт болған жерде мүлдем жоқ болуы; б - үй құрылысы конструкциясында жанғыш материалдар мөлшерінің көп болуы; в - тұрғын халықтың үрейленіп дүрлігуі; г - ауа райының және уақыттың қолайсыз кездері және т.б. Сондықтан, ірі қалаларда өрттен күнделікті сақтану шараларын қолданумен қатар, негізгі қағидалар сақталынуы қажет. Қала ішіндегі көкшөпті белдеулер, сумен жабдықтайтын төзімді жүйелер, үй араларын алшақтатып салу, көшелердің кең және үйге кіреберістің ыңғайлы болулары

болашақ өрт зардаптарының неғұрлым аз болуына бірден-бір кепіл.

9.4. Жер бетіндегі жарықтар

Күшті сілкініс кезінде жер бетінде жарықтар пайда болады. Бұл қосымша жарықтарды жоғарыда айтылған сілкініс опағының жер бетіне шыққан жарылымдарымен шатастыруға болмайды. Олардың пайда болуының екі түрлі себебі бар: 1 - күшті сілкініс салдарынан жер бетінде пластикалық ағындар пайда болып, пәгінді тау жыныстары төзімділігі азаяды; 2 - жер бетіне жақын жатқан блоктар қозғалысқа келіп, бұрыннан бар тектоникалық жарылымдардың қайтадан жанданып ашыла түсуі мүмкін. Ал егер осы аталған қосымша жарықтар үй немесе ғимараттардың астына дәл келсе, онда жер сілкіну зардабы ондаған есе өсіп, тек қана мүлік шығыны емес, адам өміріне де қауіп төнеді.

Жер сілкіну тақырыбына арналған мақалаларда күшті немесе жойқын сілкіністер кезінде су, газ немесе жылу жүретін құбырлардың үзілуі (бұзылуы) туралы деректер көп-ақ. Бұл да сол қосалқы жарықтардың әсері. Төменде, 9.7 - суретте 1911 жылғы Кемін жер сілкінісінен Верный (Алматы) қаласының бір көшесінде пайда болған қосалқы жарық көрсетілген. Елу жылдық емен ағашын қақ жарған бұл жарық үй астына немесе құбырлар тараған жерге дәл келсе не болмақ?

9.5. Сел

Сел жайында жоғарыда аздап айтып өткенбіз. Енді осы ойымызды толықтыралық.

1949 жылдың 8 шілдесінде Тәжікстанның Гиссар жотасында 8 баллдық жер сілкінуі болды. Сілкіністен кейін екі күн бойы жауған жаңбырдан тау бауырайындағы сары топыраққа (лесс) су сіңіп ылғалданған. Шілденің 10-ыншы жұлдызында ертелеп болған күшті жер сілкінісі (Хаит сілкінісі) бүкіл аймақты дүрліктірді. Таудың жарты бөлігі жарылып, көлемі шамамен 0,25 текше км тас көшкіні сайға құлады. Бір мезгілде тау бауырайындағы су сіңген сары топырақ қозғалып, тасты көшкінге араласты да аса зор апатқа айналды. Саймен жылжыған бұл апатты тасқын 2-3 километр қашықтықтан кейін жан түршігерлік селге айналып, Хаит ауылын оның жан-жағындағы бау-бақшаларымен қоса көміп тастады. Адамзаттың есінен кетпейтін табиғаттың бұл апатының ізі осы күнге дейін көрініп жатыр (9.8 - сурет).



9.7-сурет

1911 жылғы Кемін жер сілкінісі әсерінен Верный қаласының көшесінде пайда болған қосалқы жарық

Селден зардап шеккен қалалардың ішінде Алматының орны бөлек. 1966-1967 жылдары салынған биіктігі 120 метр Медеу бөгеті қаланы сенімді қорғағанмен, бұл аймақта болашақ күшті сілкініс әсерінен тауда сел пайда болу мүмкіндігін ұдайы ұмытпай, оған қарсы сақтану шараларын жүргізуді тоқтатпау керек.

Міне, күшті сілкіністер әсерінен болатын қосымша негізгі зардаптар осындай. Дегенмен жер сілкінуін зерттеу әдістерінің жетіліп дамуы, сейсмикалық төзімді құрылыс салу және т.б. сақтану шаралары табиғаттың бұл қатал құбылысына қарсы тұруға мүмкіншілік береді деп сенеміз.

10. ЖЕР СІЛКІНУІНІҢ ЖИІЛІГІ МЕН ГЕОГРАФИАЛЫҚ ТАРАЛУЫ

10.1. Жер сілкінуінің жиілігі

Жер сілкінісі жиі болып тұра ма? Бұл сұраққа жауап беру, әрине, оңай емес. Әрбір жер асты дүмпуі жер бетінде үнемі сезіле

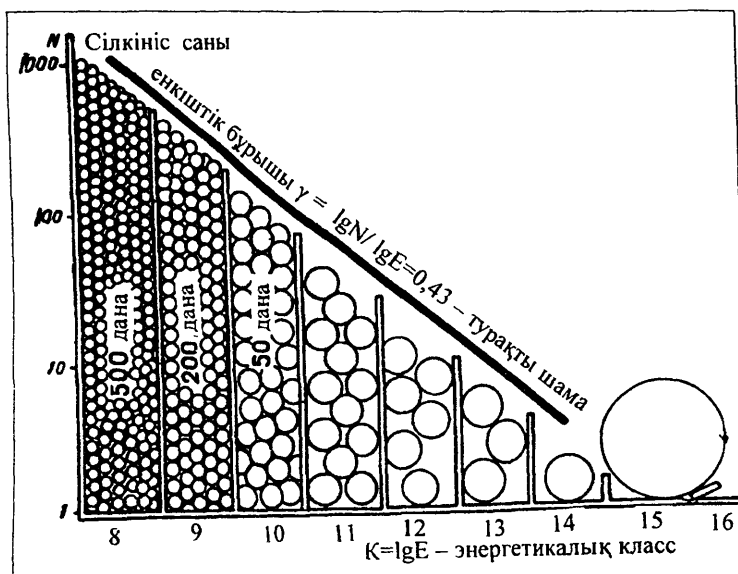
бермейді. Ал халық сирек қоныстанған аймақтарда тіпті күші 3-4 баллдық сілкіністер де байқаусыз қалуы мүмкін.



9.8-сурет
1949 жылғы Хаит апатының салдары

Көп жылдар бойы жүргізілген зерттеулер нәтижесінде жер сілкіну энергиясы мен олардың орташа қайталану жиіліктерінің арасында тұрақты байланыс бар екендігі анықталып отыр. Орташа есеппен, егер жер сілкіну 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 жер сілкінулерін жинап, оларды

энергиясына сәйкес бөліп, төмендегі 10.1 - суретте көрсетілгендей график тұрғызсақ, онда сейсмологияда кең таралған заңдылықты табамыз.



10.1-сурет
Жер сілкінісінің қайталану графигі

Бұл суретте әлсіз, табиғатта көп кездесетін жер сілкіністері сол жақтағы қатарда орналасса, күшті және жойқын дүмпулер шеткі, оң жақтағы қатардан орын алады. Орталық қатардағы жер сілкінулер оңнан солға қарай белгілі бір заңдылықпен орналасып, әрбір келесі қатардағы жер сілкіністерінің саны кейінгі қатардағылардан шамамен 2,9 есе артық болады. Міне, бұл заңдылық - жер сілкінуінің қайталану заңдылығы деп аталады.

Егер осындай графикті әртүрлі аймақтар үшін тұрғызсақ, олардың бір-біріне ұқсас екенін көруге болады. Қайталану графигінің еңкіштік бұрышы ($\lg \alpha$) барлық аймақтар үшін бірдей болады да, ал олардың деңгейі сол аймақтың сейсмикалық жағдайына (қарқындылығына) байланысты не жоғары, не төмен болады. Жер сілкінуінің 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 сілкіністердің қай жерде қандай уақыт аралығында қайталанатынын топшылауға болады.

Төменде, 10.1 - кестеде жер шарында орташа есеппен жылына болатын магнитудасына сәйкес сілкіністер саны келтірілген. Егер осындай кестені сілкіністердің жер бетіндегі күшіне сәйкес (балл есебімен) көрсететін болсақ, онда жер шарында жылына 9-баллдық 10-15, 8-баллдық - 50-100, 7-баллдық - 300-500 сілкіністер болып тұратындығын байқаймыз.

10.1-кесте

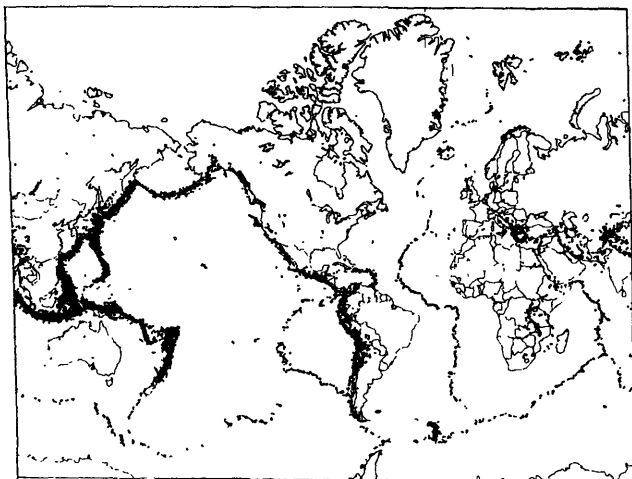
Жер сілкіністері	Магнитудасы	Жылына болатын саны (орта есеппен)
Әлемдік жойқын сілкіністер	$M \geq 8$	1-2
Аймақтық күшті сілкіністер	$7 \leq M \leq 8$	15-20
Жергілікті күшті сілкіністер	$6 \leq M \leq 7$	100-150
Күші орташа жергілікті сілкіністер	$5 \leq M \leq 6$	750-1000
Күші болмашы жергілікті сілкіністер	$4 \leq M \leq 5$	5000-7000

10.2. Жер сілкінуінің географиялық таралуы

Ірі сейсмикалық белдеулер. Жер шары құрлығының 1/10 бөлігінде жер сілкіну қаупі 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. 10.2 - суретте 1978 жылдан 1987 жылға дейінгі 10 жыл ішінде жер шарында болған магнитудасы 4,5-нан астам сілкініс эпицентрлерінің кеңістіктегі таралу орындары көрсетілген. Ең алдымен көзге түсетін ерекшелік, сілкініс эпицентрлерінің кездейсоқ бытыраңқы түрде пашылып жатпай, белгілі белдеулерге ғана шоғырланатындығы.

1. Тынық мұхитты сырттай орап жатқан еңсіз де ұзын аймақ - Тынықмұхиттық сейсмикалық белдеу деп аталып, ол Камчатканың шығыс жағынан басталып Алеут аралдары арқылы Аляскаға созылады. Белдеудің бұл бөлігінде күшті және жойқын сілкіністер жиі кездеседі, олардың келешек қауіптілігі де өте жоғары. Ары қарай белдеу Мексиканы бойлай өтіп, Орталық Америка жеріне жетеді де, осы өңірден Кариб және Антиль белдемдері деп аталатын екі тармаққа айрылады. Сонан кейін

белдеу Тынық мұхиттың бойымен Оңтүстік Американы бойлай аяқталады.



10.2-сурет

1978-1987 жылдар арасында жер шарында болған күшті сілкіністер эпицентрлерінің таралуы

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

Халықаралық сарапшылардың қортындыларына сәйкес планетамыздағы күшті сілкіністердің 75 проценті осы Тынықмұхиттық сейсмикалық белдеуде болатын көрінеді. Мәселен, 1904 жылдан 1976 жылға дейінгі аралықта бұл белдеуде магнитудасы 8-ден астам (күші 11-12 баллдық) 47 жойқын сілкіністер болған. Халқының тығыздығы жағынан өте жоғары мемлекеттердің бірі Жапония осы белдеуде орналасқан, онда орта есеппен жылына 1500 күшті орташа жергілікті сілкіністер болып тұрады (1930 жылы мұндай сілкіністер саны 6000-ға жеткен).

2. Жерортатеңіздік (Альпі-Гималаи) сейсмикалық белдеу бүкіл Евразия құрлықтары арқылы өтетін планетамыздағы екінші үлкен белдеу. Бұл Пиреней түбегінен Индонезия архипелагына дейін созылып жатқан ауданы 9 миллион шаршы километр белдеу Апенин, Альпі, Карпат, Балкан, Кавказ, Иран, Ауғанстан, Орталық және Орта Азия, Гималаи, Бирма және т.б.

аймақтарды қамтиды. Бұл белдеудің ерекшеліктерінің бірі оның оңтүстік шекарасы сілкініс эпицентрлерімен анық көрінсе, ал солтүстігінде сілкініс эпицентрлері шашыранқы орналасып, оның бұл шекарасы анық көрінбейді.

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

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

4. Мұхитаралық жоталарды бойлай орналасқан белдеулер. 10.2 - суретте бір-бірімен қиылысып жатқан бірнеше осындай белдеулерді көруге болады. Солардың біреуі Атлантика мұхитында оңтүстіктен солтүстікке қарай, ал екіншісі Тынық мұхиттың оңтүстік-батыс бөлігінен Үнді мұхитына қарай созылып жатыр. Бұл белдеулердегі сілкіністер негізінен мұхит түбін ұлғайтатын (магма көтерілуі салдарынан литосфералық плиталардың бір-бірінен ажырауы) мұхитаралық жоталармен байланысты. Сондықтан да суретте олар тіпті сызық сыяқты еңсіз болып көрінеді.

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

Сейсмикалық аймақтар. Бұрынғы ССРО (қазіргі Тәуелсіз мемлекеттер достастығы - ТМД) территориясы сейсмикалық сипаты жағынан 12 сейсмикалық аймақтардан тұрады: Кавказ, Қырым, Кавказ, Копетдаг, Орта Азия, Алтай және Саян таулары, Байкал, Верхоян, Чукотка, Қиыр Шығыс, Сахалин аралы, Камчатка және Куриль аралдары. Бұл аймақтар негізінен оңтүстікте, шығыста және солтүстік-шығыста орналасқан. Осы аталған аймақтардың арасында сейсмикалық қауіптілігі жағынан Орта Азияның оңтүстік-шығыс бөлігі, Байкал мен Куриль-Камчатка аралдары ерекше орын алады. Халқының тығыздығы мен өндірістің даму деңгейі өртүрлі болғандықтан аталмыш сейсмикалық аймақтарды зерттеу дәрежесі де өртүрлі. Мәселен, Қырым аймағының зерттелу деңгейі (халқының тығыздығы - 1 шаршы километр ауданға шамамен 100 адам) Верхоян жеріне қарағанда (1 шаршы километр ауданға 0,5 адам) әлдеқайда жоғары.

Копетдаг - Апшабат аймағындағы ең күшті сілкіністердің қатарына 1885 жылғы 10-баллдық Красноводск ($M=8,2$) және 1948 жылғы 9-баллдық Апшабад ($M=7,2$) сілкіністері жатады. Бұл сілкіністер әсерінен аталмыш қалалар түгелімен қирап, шаруашылыққа қыруар зиян келтірілген.

Байкал өңіріндегі ең күшті сілкіністер қатарына 1950 жылғы 9-баллдық Монды ($M=7,2$) және 1957 жылғы 9-баллдық Мұй ($M=7,5$) сілкіністері жатады.

Куриль-Камчатка аймағында ең күшті сілкініс 1958 жылы болған ($M=8,2$). Оның ошағы Тынық мұхит түбінен 90 км тереңдікте орналасып, мұхит жағалауында оның күші 9-баллға жетті. Бұл сілкініс әсерінен биіктігі 3 метрдей цунами толқындары пайда болған.

1990 жылы Сахалин аралында болған Нефтегорск апаты туралы деректер оқырман қауымның есінде болуы тиіс (кезінде газет-журналдар бетінде және радио-теледидар хабарларында бұл апат туралы деректер толығынан берілген). Бұл сілкіністің жер бетіндегі күші 10-баллға жетті ($M=7,6$).

10.3. Орта Азия аймағының сейсмикалық сипаты

Орта Азиядағы жер сілкіну тарихы алуан-алуан оқиғаларға бай. Тіпті жер сілкінулері туралы деректерді атақты Абу Әли ибн Синаның (XI ғ.), Әбу Райхан Берунидің (XI ғ.), Әбу Сайда Гардизианың (XI ғ.) еңбектерінен табуға болады. Кітаптың соңында, магнитудасы 6,0-дан асатын (эпицентрдегі күші 8 баллдан астам) Орта Азиядағы ерте заманнан бастап осы күнге дейінгі болған күшті және жойқын сілкіністердің тізімі беріліп отыр.

Бұл тізімнен көрегініміз, кейінгі 1000 жыл шамасында Орта Азия жерінде 10-11 баллдық (магнитудасы 8-ден астам) 4 сілкініс, 9-10 баллдық (магнитудасы 7-8-ге тең) 24 сілкініс, 8-9 баллдық (магнитудасы 6-7-ге тең) 131 сілкініс болған. Мұндай жер сілкіну қауіптілігі жоғары аймақтар әлемнің басқа жерлерінде кездесе бермейді. Дегенмен, бұл аймақты жер сілкіну тұрғысынан жан-жақты зерттеу тек кейінгі кезде ғана қолға алынып отыр.

Орта (Орталық) Азияда жер сілкіну құбылысын зерттеу бірнеше кезеңнен тұрады. Алғашқы жүйеленген деректер XIX-ғасырдың екінші жартысынан басталып, онда сол кездегі болған күшті сілкіністердің жер бетіндегі әсерлері суреттелген. Осындай деректерді жинақтаудың нәтижесінде Ресейдің белгілі ғалымдары А.Орлов пен И.Мушкетов 1890 жылы арнаулы жер сілкіну тізімін (каталог Российской империи) жасап шығарды. Бұл еңбекте ерте заманнан бастап 1888 жылға дейінгі Ресей жерінде (Орта Азияны қоса есептегенде) болып өткен сілкіністер туралы мағұлматтар енгізілген. Сонымен қатар, осы кезеңдегі Орта

Азияда болған жер сілкіністері туралы мағұлматтарды ХІХ ғасырдың аяғында жарық көрген "Материалы для изучения землетрясений" (1899) атты мақалалар жинағынан және сол кезде жұмыс істеген Ресейдің "Тұрақты Орталық сейсмологиялық комиссиясының" еңбектерінен (1910) табуға болады.

Орта Азияда болған жер сілкіністерін зерттеудің жаңа кезеңі ХІХ ғасырдың аяғы ХХ ғасырдың басында, осы аймақта болған бірнеше апатты сілкіністерді жан-жақты зерттеуден басталады.

1900 жылға дейінгі Орта Азияда арнаулы сейсмикалық станциялар болмаған. Бүкіл аймақта бірінші болып 1900 жылы Ташкент қаласында "Ташкент" атты станция ашылған. Өкінішке орай, ол кездерде станцияның жұмысынан үзілісі көп болған, әрі жер сілкіністерін тіркеген сейсмограммалар мүлдем жоқ деуге болады.

1928-1930 жылдары экономикалық жағынан артта қалған аудандарда жаңа қалалар мен темір жолдар салуға, өнеркәсіпті өркендету жұмыстарын алға қоюға байланысты осы аудандардың сейсмикалық жағдайларын толық білу қажет болды. Осы мақсатпен 1927 жылы, Түрксібстрой басқармасының өтініші бойынша, ССРО Ғылым Академиясы Орта Азияда "Алматы", "Өндіжан", және "Фрунзе" сейсмикалық станцияларын ашты. 1932 жылы "Шымкент", ал 1934 жылы - "Семей" станциялары ашылды.

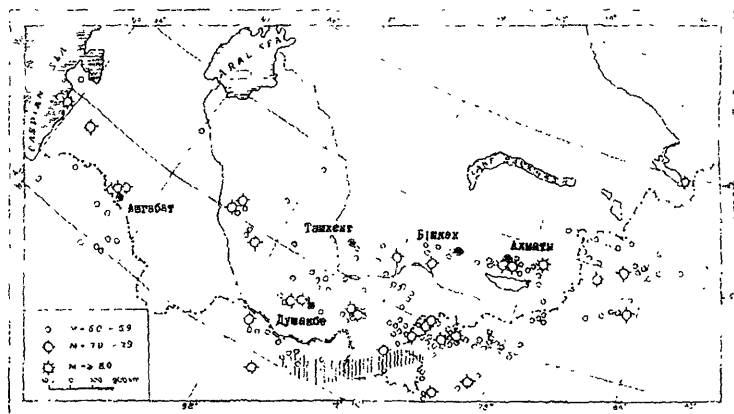
1950-1952 жылдарда Совет Одағында жер сілкінуін толық та, жете зерттеу жұмыстары шұғыл қолға алынды. Қазақстан және Қырғызстан таулы аймақтарында (Солтүстік Тянь-Шань аймағында) жанадан "Іле", "Құрметті", "Шелек", "Пржевальск", "Талғар", "Рыбачье" және "Фабричная" атты станциялар жұмысқа қосылды. Өзбекстанда "Ферғана", "Наманған", Тәжікстан жерінде де бірнеше жаңа сейсмикалық станциялар жұмыс істей бастады.

1962 жылдан бастап аталған станциялардың басым көпшілігі жаңа және өте сезімтал қондырғылырмен жабдықталып, тіпті өте әлсіз жерасты дүмпулерін тіркеуге мүмкіншілік туды. 1967 жылы бұл аймақта небәрі 20 -ға жуық сейсмикалық станциялар жұмыс істесе, 1990 жылында олардың саны 159-ға жетті.

Сонымен, бұл күндері Орта Азия территориясының басым көпшілігі сейсмикалық станциялармен қамтылып, олардың саны мен тығыздығы тіпті әлсіз жерасты дүмпулерін тіркеуге мүмкіншілік туғызып отыр. Өкінішке орай, кейінгі кезде экономикалық дағдарыстың қыспағына түскен Орта Азия мемлекеттерінде сейсмикалық станциялардың көпшілігінің жұмысы тоқтатылып, ал кейбіреулері мүлде жабылып қалып отыр. Дегенмен бұл қиыншылық уақытша екеніне, сейсмология саласындағы жан-жақты зерттеулер әлі де жөнделетіндігіне сенгіміз келеді.

Қазіргі уақытта Орта Азия сейсмологиялық аймағының сипаты туралы көптеген мәліметтер жиналған. Олардың негізін құрайтын мына мәліметтер: 1- ерте заманнан бастап осы күндерге дейінгі күшті сілкіністер тізімі (каталогы); 2-1927 жылдан бастап осы күндерге дейінгі аралықтағы әлсіз сілкіністер каталогы; 3-күшті сілкіністердің изосейсталар карталарының альбомы; 4-жер сілкіністер ошағы механизмдерінің каталогы. Осы мағұлматтарды талдап өңдеу нәтижесінде жер сілкінісінің кеңістік пен уақыт өлшемінде таралу заңдылықтары табылып, олар жер сілкіну қауіптілігін анықтауда (сейсмикалық аудандау) және жер сілкінісін алдын-ала болжау салаларында кеңінен қолданылып жүр.

Төменде, 10.4 - суретте Орта Азия сейсмикалық аймағында ерте заманнан 1995 жылға дейінгі аралықта болып өткен магнитудасы 6-дан асатын ($M \geq 6$) жер сілкіну эпицентрлерінің картасы келтіріліп отыр. Енді осы картаға сүйене отырып, аталмыш аймаққа қысқаша сипаттама берелік. Сілкініс эпицентрлерінің таралуын мұқият қарай отырып, картадан бірнеше басты сейсмикалық белдеулерді көруге болады.



10.4-сурет

Орталық Азия жеріндегі болған күшті және жойқын сілкіністер эпицентрлерінің кеңістікте таралуы

1. Солтүстік Тянь-Шань сейсмикалық белдеуі Алматы қаласымен Ыстық көлдің аралығында орналасқан. Оның ені шамамен 50 км, ұзындығы 600 километрден астам, батыс шекарасы Тараз қаласымен шектесіп, ал шығыс шекарасы Қытай жеріне кетіп жатыр. Бұл белдеуде күшті сілкініс қауіптілігі өте жоғары. Жоғарыда аталған 1885-1911 жылдар аралығында

болған 9-10 баллдық Беловод (1885 ж.), 9-10 баллдық Верный (1887 ж.), 10 баллдық Шелек (1889 ж.), 10-11 баллдық Кемін (1911 ж.), 8-9 баллдық Кемін-Шу (1938 ж.) апаттарының ошақтары осы белдеуде орналасқан. 1938-1970 жылдар аралығында бұл белдеуде апатты сілкіністер болған жоқ. 1970 жылдан бастап күшті сілкіністердің үлес салмағы бірталай өсіп, 8-9 баллдық Сарықамыс (1970 ж.), 7 баллдық Жамбыл (1971 ж.), 8-9 баллдық Жалаңаш (1978 ж.), 8 баллдық Байсорын (1990 ж.), 9 баллдық Сусамыр (1992 ж.) және бір-неше 5-7 баллдық сілкіністері болып өтті.

Бұл аймақта жұмыс істеп тұрған сейсмикалық бақылау жүйесінің мағұлматтарына қарағанда, белдеу ішінде болып жатқан әлсіз сілкіністер саны да өте жоғары. Жылына орта есеппен 500-ге жуық әлсіз сілкіністер болып, кейбіреулерінің жер бетіндегі өсері 3-5 баллға 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 сілкініс болмағанымен, әлсіз сілкіністер деңгейі Солтүстік Тянь-Шань белдеуімен шамалас келеді. Белдеудің негізін 7-8 баллдық (магнитудасы 5-6) сілкіністер құрайды.

3. Оңтүстік Тянь-Шань сейсмикалық белдеуі Батыс Тянь-Шань мен Памир тау жүйелерінің түйіскен жерінен басталып шығыста Тарим массивіне дейін ұзындығы 1000 шақырымға созылып жатқан еңсіз алқап. Бұл белдеудің бойында 9-10 баллдық Қажғар (1902 ж.), 9 баллдық Қаратақ (1907 ж.), 9-10 баллдық Хаит (1949 ж.) апаттары болған. Сонымен қатар 7 және 8 - баллдық сілкіністер де жиі болып тұрады. Белдеудегі әлсіз жер сілкіністер деңгейі өте жоғары, бұл көрсеткіш жағынан ол тіпті Солтүстік Тянь-Шань белдеуінен де асып түседі. Айта кететін бір жәйт, сілкініс эпицентрлерінің таралуы белдеудің барлық жерінде бірдей емес. Кейбір жерлерде олардың тығыздығы өте жоғары болса, ал басқа бір жерде сілкініс 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 сілкініс деңгейі Солтүстік және Оңтүстік Тянь-Шань белдеулеріне қарағанда әлдеқайда төмен болғанымен, бұл жерлерде көпшілік қауымға белгілі 8 баллдық Ұрытөбе (1897 ж.), 9 баллдық Әндіжан (1902 ж.), 8-9 баллдық Құршаб (1924 ж.) және т.б. күшті сілкіністер болған.

5. Шатқал-Құрам сейсмикалық белдеуі Шатқал, Пскем, Үзген тау жоталарын және Ташкент маңындағы Бетпақдала жерін

алып жатыр. Бұл белдеудегі ең үлкен сілкініс 1946 жылғы болған (9-10 баллдық Шатқал сілкінісі). 6,7 және 8 баллдық сілкіністер қатарына кейінгі кезде болған Бричмұлла (1959 ж.), Көштепе (1965 ж.), Ташкент (1966 ж.) және т.б. сілкіністер кіреді.

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

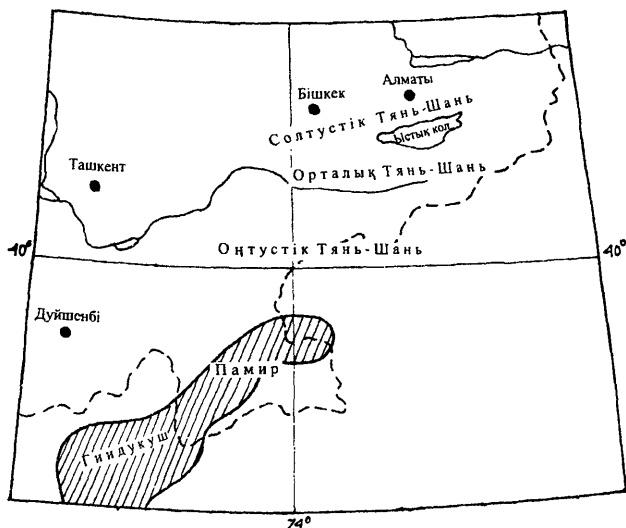
7. Орта Азия жерінде әлемде сирек кездестін сейсмикалық аймақтардың бірі Памир-Гиндүкіш тереңошақты сілкіністер белдеуі орналасқан. Ауданы 60-70 мың шаршы километр жерді алып жатқан бұл белдеудегі сілкіністердің басым көпшілігі (жылына 200-дей) 50-300 шақырым тереңдікте болады. Жер бетінде бұл сілкіністердің эпицентрлері (ошақтарының проекциялары) ені 100-150 км, ұзындығы 600 км-дей оңтүстік-батыстан солтүстік-шығысқа созылып жатқан, Ауғанстан жеріндегі Фарқар өзені мен Тәжікстандағы Мурғаб өзеніне дейінгі аралықты алып жатқан аймақты құрайды (10.5 - сурет). Бұл белдеуде магнитудасы өте жоғары ($M > 7$) сілкіністер жиі болғанымен, олардың ошақтарының тереңде орналасуына байланысты жер бетіндегі әсері 7-8 баллдан аспайды, ал таралу ауқымы біршама зор аймақты қамтиды. Оңтүстік Қазақстан жерінде бұл сілкіністердің әсері 3-4 баллдық күшпен сезіліп тұрады.

Міне, Орта Азия сейсмикалық аймағының қысқаша сипаттамасы осындай.

11. ҚАЗАҚСТАН ЖЕРІНІҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ СИПАТЫ

Қазақстан жерінде болған жер сілкіністері туралы алғашқы деректер ерте кезден басталады. Алайда ғылыми тұрғыда жер сілкінуін зерттеу (тек қана Қазақстанда емес, бүкіл Орта Азия бойынша) ХІХ ғасырдың соңғы жылдары мен XX ғасырдың бастапқы жылдары арасында ғана басталды. Бұл деректер сол кездегі ірі қалалар мен елді мекендерде болған күшті сілкіністердің 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 9-10 баллдық апатты жер сілкінісі 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.



10.5-сурет

Памир және Гиндукуш тау жоталары аймағында орналасқан аралық фокусты сілкіністер эпицентрлерінің кеңістікте таралуы

11.1. Жер сілкінуін зерттеу тарихы

Қазақстан жерінде ең бірінші жер сілкінісін тіркеген сейсмикалық қондырғы Верный (Алматы) қаласында 1905 жылы орнатылса, 1914 жылы арнайы сейсмикалық станция ашылған. Дегенмен бұл аталған қондырғылардың жұмысынан үзілісі көп болып, онан алынған мағұлматтардың сапасы өте нашар болды (олардан алынған деректер бүгінде сақталмаған). Тек қана 1927 жылдан бастап Түрксібстрой басқармасының қолдауымен Алматы қаласында сейсмикалық станцияның жұмысы жандандырылып, бақылау жұмыстары жүргізіле бастады. Сонымен, сейсмология саласындағы арнайы зерттеу жұмыстары Қазақстанда 1927 жылы Алматы қаласындағы сейсмикалық станцияның жаңадан жұмыс істеуінен басталды деп айтуға болады.

1927 жылға дейінгі Қазақстан жеріндегі жер сілкінулері туралы деректер негізінен күшті сілкіністердің жер бетіндегі әсерін суреттеуге арналған. Осындай деректердің ерте кезден 1888

жылға дейінгі аралықтағы жинағы белгілі ғалымдар И.В.Мушкетов пен А.П.Орловтың 1893 жылы баспадан шыққан "Каталог землетрясений Российской империи" (Зап.РГО.26. Спб., 1893) атты кітабында келтірілген. 1888 - 1898 жылдар аралығындағы жер сілкінулер туралы мәліметтер Орыс География-лық бірлестігі басып шығарған "Материалы для изучения землетрясений России" (Изв.РГО, 1901) атты еңбектер жинағында, ал 1902 - 1908 жылдар арасындағы мәліметтер Тұрақты Орталық сейсмология комиссиясы еңбектерінде келтірілген (Известия ПЦСК. 1907-1912 гг.Спб.). Бұл аталған еңбектерде келтірілген мәліметтер бүкіл Ресей жерін қамтыған, оның ішінде Қазақстан жерінде болған сілкіністері туралы да деректер кездеседі. Аталған еңбектермен қоса И.В.Мушкетов-тың "1887 жылғы Верный жер сілкінісі" (1889; 1890), К.И.Багданович және т.б. авторлардың "1911 жылғы Кемін жер сілкінісі" (1914) атаулы еңбектерін айрықша айта кеткен жөн.

Сонымен Қазақстан жерінде болып өткен жер сілкіністері туралы деректерді алғашқы рет бір жүйеге келтіріп жинақтау ХІХ ғасырдың екінші жартысынан басталды деп айтуға болады (бірінші кезең).

1927-1950 жылдар аралығы жер сілкінуді зерттеудің екінші кезеңі болып саналады. Бұл кезеңде күшті сілкіністердің жер бетіндегі әсерлерін жан-жақты зерттеулермен қатар, жаңадан сейсмикалық байқау станциялары ашылды, арнаулы аспаптар көмегімен жер беті тербелісін тіркеу жұмыстары басталды (1927 жылы Алматы, 1932 жылы Шымкент, 1934 жылы Семей қалаларында арнаулы сейсмикалық станциялары ашылды). Дегенмен бұл станциялардың жер беті тербелісін тіркеу қабілеті төмен болғандықтан, сол кездегі болған көптеген сілкіністердің параметрлері (орны, ошағының тереңдігі, энергиясы) анықталмай қалды.

1951-1961 жылдар аралығы - жер сілкіну құпиясын толық зерттеу саласында Солтүстік Тянь-Шань мен Жоңғар таулы аймақтарында сейсмикалық байқау жүйесін жетілдірудің үшінші кезеңі болды. Бұл жылдары жаңадан Іле (1951 ж.), Күрметті (1951 ж.), Шелек (1951 ж.), Фабричная 1953 ж.), Талғар (1960 ж.), Қызылағаш (1961 ж.) сейсмикалық станциялары ашылды.

1962-1968 жылдар аралығында барлық сейсмикалық бақылау жүйесіндегі арнаулы аспаптар мен құралдар жаңа сезімтал түрлерімен ауыстырылып, әлсіз жер асты дүмпулерін тіркестіруге мүмкіндік алынды. Жер сілкіну құпиясын зерттеуде бұл кезеңнің орны айрықша.

1968-1980 жылдар аралығы - Қазақстанның сейсмология саласындағы айрықша уақыт. 1969 жылы Қазақ ССР Ғылым Академиясы жанынан сейсмология бөлімі ашылып (1976 жылдан бастап Сейсмология институты), ССРО Ғылым Академиясының

Қазақстан жеріндегі сейсмикалық станциялары осы бөлімге берілді. Институт жанында 1972 жылы Орталық "Алматы" станциясы ашылып, жаңадан арнайы Түрген, Медеу және Күрті геофизиялық обсерваториялары 1976-1979 жылдары іске қосылды. Бұлардың әрқайсысы өз алдында ірі сейсмикалық комплекс болып саналады. Кейінгі жылдары да жаңадан бірнеше сейсмикалық станциялар ашылып, Қазақстанның оңтүстік бөлігі түгел бақылауға алынды. Дегенмен әлі де болса республикамыздың бірқатар сейсмикалық қауіпті аймақтары, атап айтқанда, Семей, Өскемен, Маңғыстау облыстары және Қызылорда облысының оңтүстігі сейсмикалық бақылаудан тыс қалып отыр. Әсіресе кейінгі жылдары елімізде орын алып отырған экономикалық дағдырыс сейсмология саласына да өз зиянын тигізіп отыр: кейбір станциялардың жұмыстары тоқтатылып, ал кейбіреулері тіпті жабылып қалды. Егер бұл жағдай жақын арада түзелмейтін болса, сейсмология саласына орыны толмас зиян келуі ықтимал.

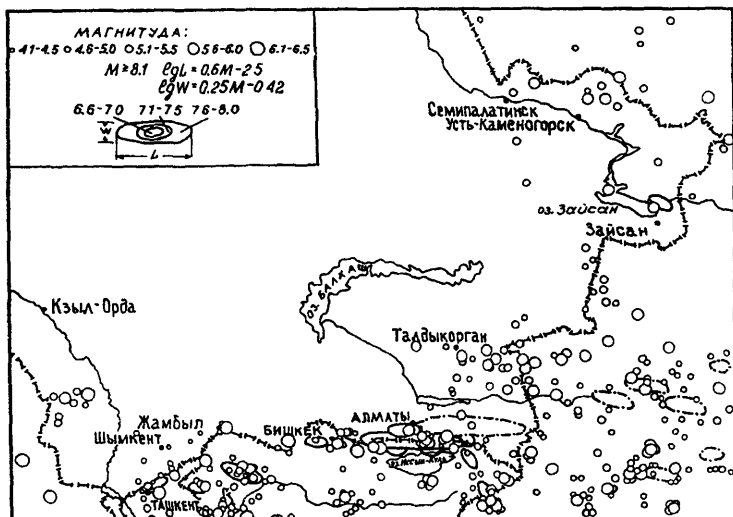
11.2. Сейсмикалық қауіпті аудандар

Қазіргі кезде еліміздің сейсмикалық байқау жүйесі көмегімен Қазақстан жерінде болып жатқан жер сілкінулерінің (өлсіз сілкіністерді қоса) ошағының орнын дәл анықтауға, оларды күшті мен ошақ тереңдігіне байланысты топтастыруға мүмкіншілік бар. Осы мәліметтерді талдап қорытудың арқасында Қазақстан жеріндегі сейсмикалық қауіпті аудандардың кейбір ерекшеліктері, атап айтқанда олардың құрылымдары, осы аудандардағы сейсмикалық процестердің өзгеруі, сейсмикалық тербелістер динамикасының ерекше қасиеттері және көптеген басқа сейсмикалық құбылыстардың заңдылықтары ашылды.

Өткен 120 жыл шамасында Қазақстан жерінде және онымен шекаралас жатқан аймақта күшті 5-6 баллдан жоғары жүздеген күшті сілкіністер болды. Төменде, 11.1 - суретте, осы сілкіністер эпицентрлерінің кеңістікте таралуы ерекшелігі көрсетілген. Енді осы картаға сүйене отырып, Қазақстан жерінде кездесетін сейсмикалық аудандарға қысқаша сипаттама берелік.

11.2.1. Алтай сейсмикалық ауданы

Жер сілкінісі туралы деректер бұл ауданда ертеректен кездескенімен, сейсмикалық зерттеулер әлі де болса дұрыс жолға қойылмай келе жатыр. Ең бірінші сейсмикалық станция 1990 жылы Зайсан жерінде болған күшті сілкіністен кейін ғана Зайсан қаласында ашылды.



11.1-сурет

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

Бұл жерде жер сілкінуі жайында алғашқы деректер 1761 жылдан басталады. 1783, 1857, 1894, 1904 жылдары Семейде, Риддерде (Лениногорскіде), Зырянвскіде жер асты дүмпулері сезілген. 1887 жылы Өскеменде 5-6 балл, 1901 жылы Глубокое және Бұхтармада 6-7 балл күшпен болған сілкіністер туралы толығырақ деректер бар. Көптеген жер асты дүмпулері бұл ауданға көршілес жатқан Манғұлия жерінен жетеді. Мәселен, 1905 жылы ошағы Манғұлияда орналасқан апатты Хангай сілкінісі және де 1931, 1938 жылдардағы апатты жер сілкіністері Алтай жерінде 5-6 балл күшпен сезілген.

Кейінгі 100 жыл шамасында бұл өңірде болған сілкіністердің күші 7 баллдан аспаған.

1990 жылы 14 маусымда бұл ауданда бұрын-соңды болып көрмеген күшті жер сілкінісі болып, ол Зайсан сілкінісі деген атаумен тарихқа кірді. Жер сілкіну эпицентрі Зайсан ойпатында, атап айтқанда, Ертіс өзенінің Зайсан көліне құятын жеріне (сағасына) жақын жерде орналасқан. Оның магнитудасы $M=7$ -ге тең, ошағының тереңдігі $H=35-40$ километрге, ал жер бетіндегі күші 8 баллға дейін жетті. Бұл жер сілкінісі өзінің ошағынан бөлініп шыққан энергиясы жағынан 1988 жылы Арменияда болған Спитак сілкінісі атаулы жер сілкінуімен тепе-тең. Бірақ

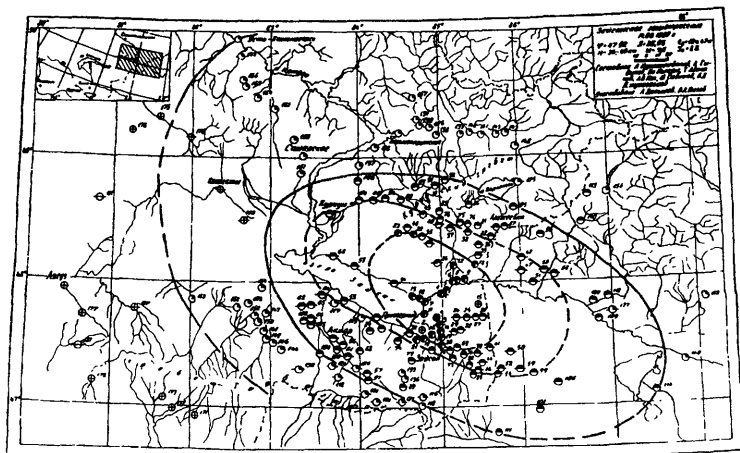
жер сілкіну ошағы 35-40 километр тереңдікте орналасқандықтан, оның жер бетіндегі күші 8 баллға ғана жетті (Спитак сілкінісі ошағының тереңдігі 5 километр, ал оның жер бетіндегі күші 10 баллға тең болды).

Жер сілкіну ошағы, сейсмоструктуралық тұрғыдан қарағанда, Тарбағатай мен Алтай тау жоталарын екіге бөлетін аса ірі Солтүстік Зайсан жерасты жарылымында орналасқан. Геологиялық зерттеулердің қортындысына қарағанда, сілкініс кезіндегі бірінші қозғалыс осы жарылым бойымен өрлеп, оның солтүстік-шығыс қанаты оңтүстік-шығысқа қарай бірнеше метрге жылжыған. Сейсмикалық станциялар арқылы жазылып алынған мағұлматтар да осы тұжырымның пындыққа жақын екенін дәлелдейді.

Бас дүмпуден кейін бұл жерде 3-тамызда және 27 - қыркүйекте екі рет күшті кейінгі сілкіністер болды. Олар эпицентрге жақын орналасқан ауылдарда 5-6 балл күшпен сезілді, мұның салдарынан бұрынғы бас дүмпу кезінде зақымдалған үйлердің жарықтары ашылып, кейбір үйлерде жаңадан жарықтар пайда болды. Ал, арнаулы сейсмикалық аппараттар арқылы жазылып алынған мәліметтерге қарағанда, бастапқы сілкіністен кейін бір ай ішінде 400-ге жуық әлсіз (майда) кейінгі сілкіністер болып өтті (жоғарыда, 8.2 - суретте келтірілген).

Зайсан сілкінісі өте үлкен алқапты қамтыды. Жер беті тербелісі Қазақстанның Семей, Шығыс Қазақстан, бұрынғы Талдықорған облыстары территорияларында және Қытай Халық Республикасының Шыңжаң-Ұйғыр автономиялық ауданында сезілді. Сілкіністің изосейсгалар картасын жасау үшін осы айтылған аймақтың 185 елді мекенінде (Қытай жерін қоса есептегенде) арнаулы макросейсмикалық зерттеулер жүргізіліп, жер сілкіну күші анықталды (11.2 - сурет). Осы зерттеулер нәтижесінде Зайсан жер сілкінісінің Бақасу және Рожково ауылдарында 8 баллдық күшпен болғандығы анықталды. Бұл ауылдарда саз кірпіштен салынған үйлердің қабырғалары түгелдей қирап, күйдірген кірпіштен салынған үйлердің қабырғалары үлкен-үлкен жарықтармен айғыздалған (11.3 - суреті). Жарқабақтарда және дымқыл жерлерде кішігірім жарықтар пайда болып, ылғалды жерлерде су фонтандары атқылаған және құдықтардың суы ылайланған. Адамдар түгел үрейленіп, үйдегілер далаға қашып шыққан.

Зайсан жер сілкінісіне толығырақ тоқталуымыздың себебі, біріншіден, оның бұрын-соңды бұл ауданда болмаған апатты күші болса, екіншіден, оқырмандар назарын бұл аймақтың сейсмикалық қауіптілігіне, өкінішке қарай, осы күнге дейін оның жан-жақты зерттеліп анықталмағанына аударғымыз келгені.



11.2-сурет
1990 жылы 14 маусымдағы Зайсан сілкінісінің
изосейсталар картасы



11.3-сурет
Зайсан жер сілкінісі өсерінен Рожково
ауылындығы зақымдалған тұрғын үйі

11.2.2. Жоңғар Алатауы

Бұл ауданда болған жер сілкіністері жайлы деректерді, жоғарыда айтылған, 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 сілкіністің эпицентрі Көкшаал тауының шығыс беткейінде орналасып, магнитудасы шамамен 7,5 болса, эпицентрдегі күші 9 баллға жеткен.

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

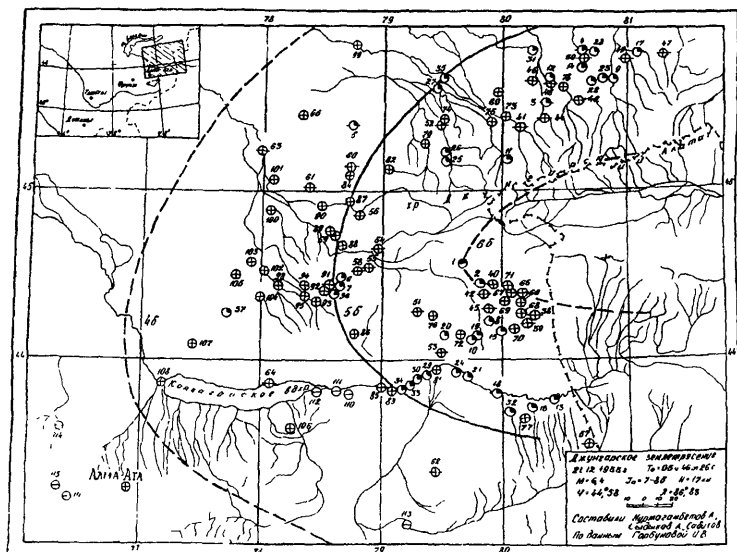
Тиянақты мағұлматтарға қарағанда, 1885 жылы 22 қарашада Қазақстан мен Қытай мемлекеттерінің шекарасында 7-8 балл, 1915 жылы 2 мамырда Лепсіде 6 балл, 1918 жылы 23 ақпанда Жаркентте 6-7 балл, 1940 жылы 30 тамызда, 1950 жылы 15 желтоқсанда Текеліде 6 балл, Талдықорғанда 5 балл жер сілкіністері болған.

Бұл аудандағы ең күшті жер сілкінісі 1958 жылы 21 желтоқсанда және 1962 жылы 18 тамызда Жоңғар Алатауы мен Борохора тау жоталарының түйіскен жерінде болып өткен. 1958 жылғы сілкіністен кейін осы ауданда арнаулы макросейсмикалық зерттеулер жүргізіліп, сілкініс күшінің таралу картасы (изосейсталар картасы) жасалынған (11.4 - сурет).

1964 жылғы 27 ақпанда болған жер сілкінісі туралы біршама толық деректер бар. Бұл сілкіністің эпицентрі Жоңғар Алатауының оңтүстік жоталарының бірі Алтынемел тауында орналасқан. Эпицентрге жақын жатқан Қонырөлең ауылында сілкіністің күші 7 баллға жеткен.

Осындай 7 баллдық сілкініс Жоңғардың солтүстік беткейінде орналасқан Покатиловка ауылында 1967 жылы 20 тамызда болып өтті.

1993 жылы 30 желтоқсанда кешкі 20 сағат 24 минутта (жергілікті уақытпен) Талдықорған қаласынан оңтүстік-шығысқа қарай 34 км қашықтықта, Жоңғар Алатауы жота-сында, күшті жер сілкінісі болды. Оның магнитудасы $M=5,6$, ал ошағының тереңдігі $H=20$ км. Эпицентрге ең жақын орналасқан Текелі қаласында (8 км) сілкініс күші 7 баллға жетіп, үй құрылыстарына бірталай зақым келтірді. Жер сілкінісі Алматы, Талдықорған, Қарағанды және Семей облыстарында сезілген. Төменде, 11.5 - суретте осы сілкіністің жер бетінде таралу схемасы, яғни изосейсталар картасы келтіріліп отыр.



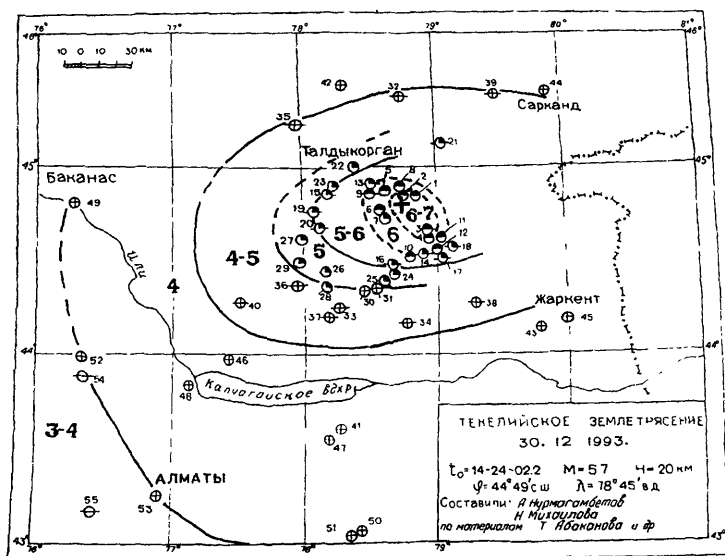
11.4-сурет
1958 жылы 21 желтоқсандағы Жонғар жер
сілкінісінің изосейсталар картасы

Жонғар аудынында бүгінгі таңда бірнеше сейсмикалық станциялардан тұратын арнаулы сейсмикалық бақылау жүйесі жұмыс істейді, оның орталығы Талдықорған қаласында. Осы жүйенің көмегімен бұл аудандағы болып жатқан әлсіз сілкіністерді тіркеуге мүмкіндік бар. Алынған мағұлматтарды жан-жақты талдау арқасында осы аудандағы жерасты дүмпулерінің кеңістікте және уақыт өлшеміндегі таралу заңдылықтары анықталып отыр. Осы алынған мағұлматтарға көз жіберер болсақ, негізінен, жер сілкіну ошақтары Жонғар тауының оңтүстік беткейіндегі ендікті бойлай орналасқан. Батыста бұл алқап 77 градус бойлықпен шектелсе, шығыста Борохоро тау жотасымен жалғасып Қытай жеріне кетеді. Бүгінгі таңда бұл алқаптың Қазақстанға тиесілі бөлігінде әзірше магнитудасы 6-дан асатын күшті жер сілкінісі болған жоқ.

11.2.3. Солтүстік Тянь-Шань

Орта Азия аймағында бұл аудан өзінің сейсмологиялық ерекшеліктерімен ерекше көзге түседі. Оған Терскей, Күнгей, Іле Ала-таулары және Қырғыз тау жоталары кіреді. Кейінгі 100 жыл шамасында көптеген күшті және жойқын жер сілкіністерінің

болуы бұл ауданды дүние жүзі бойынша ең қауіпті сейсмикалық аймақтар қатарына қосып отыр.



11.5-сурет
1993 жылы 30 желтоқсандағы Текелі жер
сілкінісінің изосейсталар картасы

Қазақстанның белгілі ғалымы А.Машановтың деректері бойынша, аймақтағы ең алғашқы жер сілкінісі сонау ерте кезеңде, яғни біздің эрамызға дейінгі III ғасырда болса керек. Кейбір тарихи деректерге қарағанда, 1770 жылғы Беловод селосының (Қырғызстан) маңында, 1807 жылы қазіргі Алматы қаласының жанында өте апатты сілкіністер болған. Бұл өңірдегі жер сілкінулері жайлы тұжырымды мәліметтер негізінен XIX ғасырдың екінші жартысынан басталады. Мәселен, 1865 жылы Мерке ауылы маңында, 1872 жылы Шу өзені бойында, 1858, 1874 және 1880 жылдары Алматы қаласы маңында күшті сілкіністер болған. Қазақстан жеріндегі жоғарыда айтылған күшті және жойқын сілкіністердің көпшілігі осы Солтүстік Тянь-Шань аймағында болып өткен. Енді осы күшті сілкіністердің кейбіреулеріне қысқаша тоқталып өтелік.

Верный жер сілкінісі 1887 жылы 9 маусымда таңертең 4 сағат 35 минутта болған (Верный қаласындағы метеостанция сағаты 4 сағат 42 минутта тоқтаса, Іле станциясындағы телеграф сағаты 4 сағат 40 минутты көрсетіп тұрған). Апатты сілкіністен 5

минут уақыт бұрын осы аймақта күші шамамен 5 баллдай жерасты дүмпуі сезіліп, көпшілік жұрт ұйқыдан оянып, далаға шығып үлгірген. Оның эпицентрі сол 5 минуттан кейін соққан Верный апатты сілкінісінің болған жерінде орналасқан екен. Бұл біздің жерімізде өте сирек кездесетін, жоғарыда айтылған (8-тарау), Верный сілкінісінің алдындағы алғашқы дүмпуі (форшок) болатын.

Сонымен, таң алдында болған апатты Верный сілкінісі Верный қаласына, Қаскелен, Ұзынағаш, Есік, Қарасу және т.б. елді мекендерге аса көп залал келтірді. Осы жерлерде сілкініс күші 9 баллға жетті. Верный қаласындағы 1799 кірпіш үйдің 1798-і қираған, немесе өте қатты бүлінген. Сол күні Верный қаласының әскери губернаторы Фриденің генерал-губернатор Г.А.Колпаковскийге берген ресми жеделхатында "... қаза болған және жараланған адам көп, барлық тұрғындар далада, қажетті шаралар қолданылуда ..."деп атап көрсетілген. Төменде, 11.6(а,б,в)-суреттерінде Верный қаласында қираған кейбір үйлердің суреттері келтіріліп отыр.

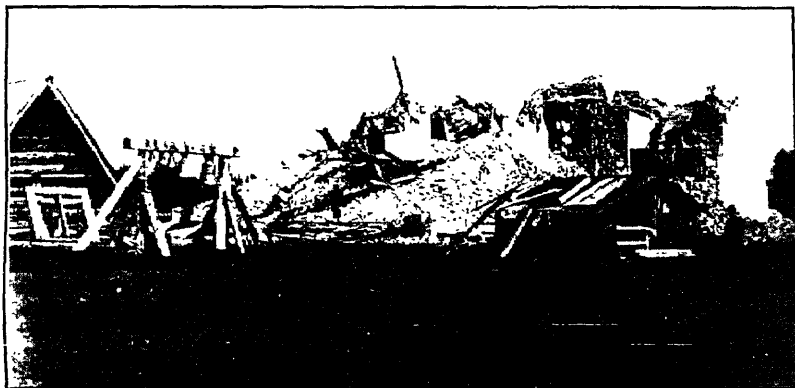


11.6а-сурет
1887 жылы 9 маусымдағы Верный апатынан
кейін. Әйелдер гимназиясы үйі

Бұл апатты сілкіністі басынан өткізген Верный қаласының бір тұрғыны былай деп жазады: "Верный қаласы аңыздағы тамұққа ұқсады. Жер гүрілдеді. Үлкен жарықтардан тынымсыз шыққан күркіреген дыбыс құлақ тұндырып, қорқынышты үрей туғызды. Ағаштар шайқалып, адамдар жерге құлады, тырмысып қайтадан тұрғандары басы ауған жаққа қарай қашып жатты, үсті-үстіне

қоңыраулар шылдырлады. Құрылыстар қоқыстар үйіндісіне айналды”.

“Кездейсоқ па, әлде бақытсыздықты сездім бе, мен жер сілкінісі басталғанда әлі көзім ілінбеп еді,- деп жазды Верный қаласының тағы бір тұрғыны, тау-кен инженері Коренев. - Май шамды сөндірген сөтте-ақ үйдің жаймен ғана дірілдеп тұрғанын сезіндім. Бұл діріл барған сайын ұлғайып, қорқынышты тасырға айналды. Жер сілкіну кезіндегі дыбыс қазір ойыма түскенде мен оны рояльде гамманы алдымен жаймен бастап, бара-бара қаттырақ және шапшаң ойнап, ақыр аяғында ең жоғарғы ноталарға жетіп, оларды ешқандай ырғақсыз бар күшімен ұрып отырған пианисті көз алдыма елестетер едім. Соңғы сөт қорқынышты сөт. Бұл кезде үйлер құлап, жер беті жарықтармен айғыздалды”.



11.66-сурет
Христиан діни ғимараты

Жер сілкінісі солтүстікте Сергиопольден (Аягөзден), оңтүстікте Қашғар қаласына дейін, шығыста Үрімшіден (Қытай) батыста Тәшкентке дейін сезілген (шамамен бір миллион шаршы километр аудан) (жоғарыда келтірілген 7.2 - сурет).

Бұл алатты сілкіністің эпицентрі Верный (Алматы) қаласынан оңтүстікке қарай 10-15 км жерде, Іле Алатауының солтүстік бөктерінде теңіз беткейінен 1500-2000 метр биіктікте орналасқан. Тауда ұзындығы 35 км-ге шамалас үлкен жарылым пайда болып (Қотырбұлақ ауылынан Ақсайға дейін), сілкініс әсерінен құлаған тау жыныстары өзен арнасын бөгеп тастаған. Мұндай қопарылыстар тау беткейінде көптеген жерлерде кездесіп, олардың барлық көлемі шамамен 15 млрд текше метрге



11.6в-сурет
Хромофотография үйі

жеткен. Іле Алатауының бүкіл солтүстік беткейі кішігірім жарықтармен торланып, бұлардан су фонтандары атқылаған. Сілкіністен кейін қала тұрғындарының көпшілігінде жүйке жүйелерінің бұзылуы байқалған. Әсіресе мұндай жағдайлар апатты сілкіністің алғашқы күндері көптеп кездескен.

Бұл апатты сілкіністен кейін бір жыл шамасы қала тұрғындары жер асты дүмпулерін сезіп жүрген. Бұл осы апатты сілкіністің кейінгі дүмпулері болатын.

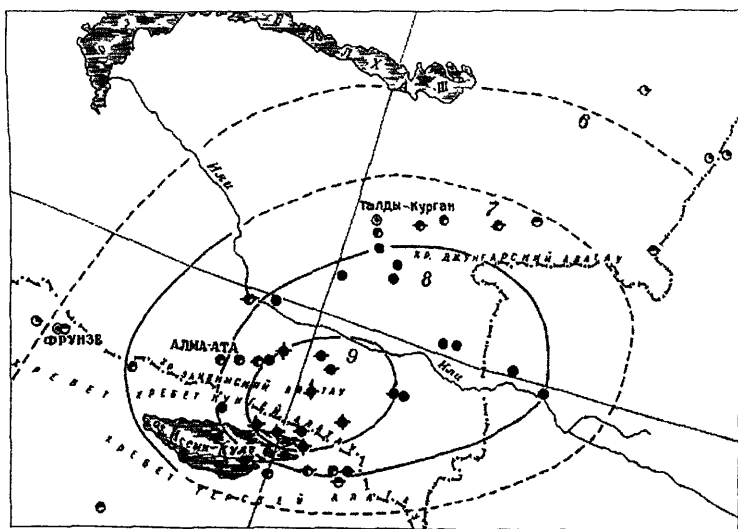
Верный апатты жер сілкінісі тек қана Жетісу өңірінде емес, бүкіл Ресей аумағында сейсмологиялық зерттеулерді қолға алуға аса үлкен септігін тигізді. 1888 жылы Ресейдің Географиялық қоғамы құрамында Сейсмологиялық комиссия құрылып, 1905 жылы бұл комиссия Ресей Императорлық Академиясының жанындағы Тұрақты Орталық сейсмологиялық комиссиясы болып ауыстырылды. Сонымен қатар, апатты сілкіністің зардабы Жетісу өңірінде құрылыс мәселесін қолға алуға да көп әсерін тигізді. 1889 жылы Верный қаласында "Правила по постройке зданий в Семиреченской области" атты жаңа нормативті құжат жарық көрді. Бұл құжат бойынша Жетісу өңірінде саман кірпіштен үйлер салу мүлдем тоқтатылып, ағаштан салынған үйлерді күшейту жұмыстары қолға алынды.

Шелек жер сілкінісі 1889 жылы 12 шілде күні танертеңгі 4 сағат 14 минутта болды. Жер сілкіну күші Ойтал, Сазоновка (Ананьево), Преображенск (Түп), Қарқара, Шелек, Маловодное, Түрген және т.б. елді мекендерде 9 баллға жетіп, бұл аймақта сілкініс әсерінен үш мыңға жуық құрылыс қираған.

Жер сілкінудің эпицентрі Күнгей Алатауының шығыс беткейінде Шарын мен Шелек өзендерінің бір-біріне жақындап ағатын жерінде орналасқан. Сілкініс әсерінен жер бетінде жарықтар пайда болып, тауда қопарылыстар және т.б. өзгерістер болған. Осындай өзгерістер Ыстық көлдің солтүстік жиегінде орналасқан Ойтал мен Сазоновка ауылдарының аралығында көп кездескен. Бұл жерлердегі жарықтардың ұзындығы бір км-ге дейін, ал ені 4-5 метрге дейін жеткен. Көлде үлкен толқындар пайда болып, батыс жиекті толығымен басып кеткен. Құлаған тау жыныстары Түп, Жергелан өзендерінің арнасын бөгеп, олар ағу бағытын өзгерткен.

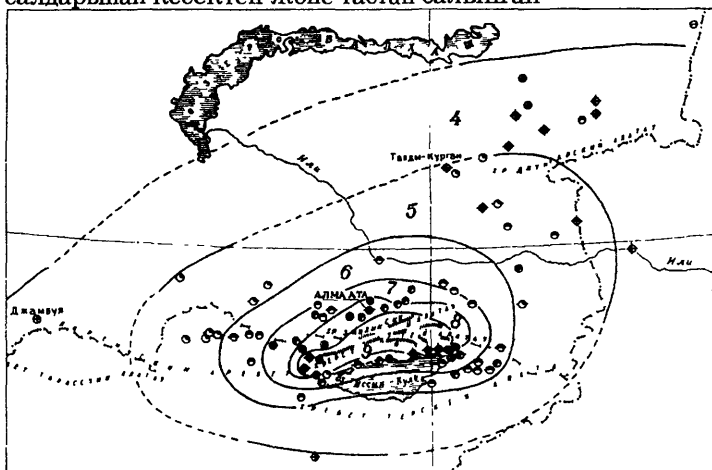
Жер сілкіну өте үлкен аймақты қамтыған, мәселен, шамамен 16 мың шаршы километр ауданда жер сілкінісі 7 баллдық күшпен сезілген. Эпицентрден 800 шақырым қашықтықта орналасқан Қарқаралы, Омбы, Павлодар және т.б. жерлерде 4 баллдық күшпен сезілген (11.7-сурет).

Кемін жер сілкінісі 1911 жылы 4 қаңтарда таңертеңгі 5 сағат 26 минутта басталды. Академик Б.Голыцинның Пулкова обсерваториясында жазылып алынған осы жер сілкіну сейсмограммасын өңдеуден алған мағұлматтар мен телеграфпен келген алғашқы хабарлар жер шарын тағы бір апаттың дүр еткізгенін баян еткен.



11.7-сурет
1889 жылы 11 шілдедегі Шелек жер
сілкінісінің изосейсталар картасы

Бұл жер сілкінісі тарихта тек қана бұрынғы ССРО территориясында ғана емес, бүкіл жер шарында болып өткен ең жойқын дүмпулердің бірі болып табылады. Сілкініс Сазоновка, Ойтал, Жел-Арық және т.б. елді мекендерде 9 баллдық күшпен байқалып, мұның әсерінен 540-тан астам адам қаза тапты (11.8-сурет). Верный қаласында жер сілкіну 9-10 балл күшпен болып, оның салдарынан кесектен және тастан салынған



11.8-сурет

1911 жылы 4 қаңтардағы Кемін жер
сілкінісінің изосейсталар картасы

барлық үйлер қираған. 616 тұрғын үй қирап, 301 үй өте қатты, ал 1010 үй жеңілдірек зақымдалған (11.9 а,б,в - суреттер). Есептеулер бойынша, барлық шығынның шамасы 1,4 миллион рубльге жетті (сол кездегі ақшаның есебімен). Сілкіністің күшті болғаны соншалық, оның әсері Орталық Россия территориясында да (1000 километрден астам қашықтықта) сезілген.

Кемін сілкінісінің эпицентрі Верный (Алматы) қаласының оңтүстікке қарай 40-50 км жерде Іле мен Күнгей Алатау жоталарының арасындағы Үлкен Кемін өзенінің арнасында орналасты. Ауданы 1000 шаршы км бұл аймақта көптеген ірі жарықтар пайда болып, олардың жалпы ұзындығы 200 километрге жеткен. Көп жерлерде жер бетінің бедері өзгеріп, жаңадан көлшіктер пайда болған. Үлкен Кемін өзенінің жағасында орналасқан қыстаулар тегіс қирап, опырыла құлаған көптеген үйлер тау жыныстарының астында қалған.



11.9а-сурет
1911 жылы 4 қаңтардағы Кемін апатынан кейін.
Желенков моншасы



11.9б-сурет
Тұрғын үй

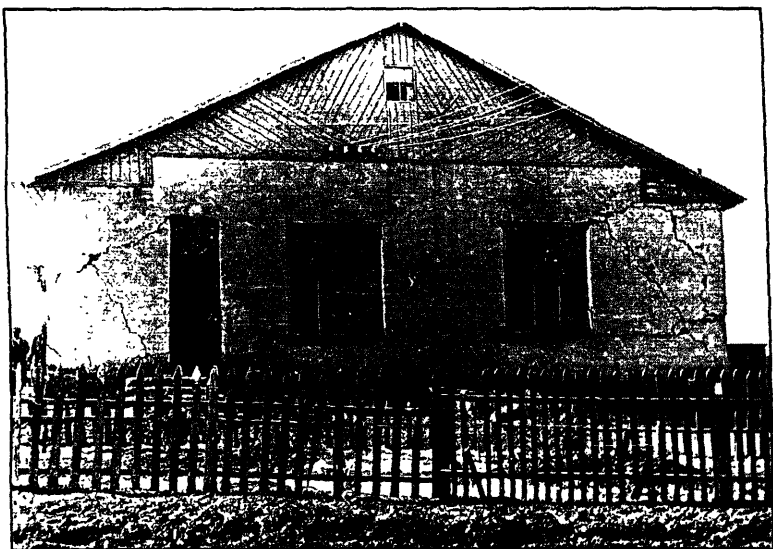


11.9в-сурет
Жер бетіндегі қосалқы жарықтар

1978 жылы 25 наурыз күні танертенгі 3 сағат 6 минутта Алматы қаласынан оңтүстік-батысқа қарай 140 шақырым қашықтықта Жаланаш-Түп атты жер сілкінісі болып өтті. Оның эпицентрі Күнгей Алатау жотасының шығыс бөктерінде, Қазақстан мен Қырғызстан шекарасына таяу өңірде орналасқан. 8 баллдық күшпен болған бұл сілкініс Тоғызбұлақ пен Жайдақбұлақ (Қазақстан) және Түп (Қырғызстан) ауылдарына едәуір зардап келдіртді (11.10 а,б - суреттер). Бұл сілкініс Солтүстік Тянь-Шань жерінде 1887-1911 жылдардан кейінгі ең күшті жерасты дүмпуі болып саналады. Оның зардабы 300 -ден астам елді мекендерде анықталып, изосейсталар картасы жасалды (11.11-сурет).

Жаланаш сілкінісінен кейін бір жыл шамасында кейінгі дүмпулер көрініс беріп, олардың кейбіреулерінің күші 5-6 баллға дейін жетті.

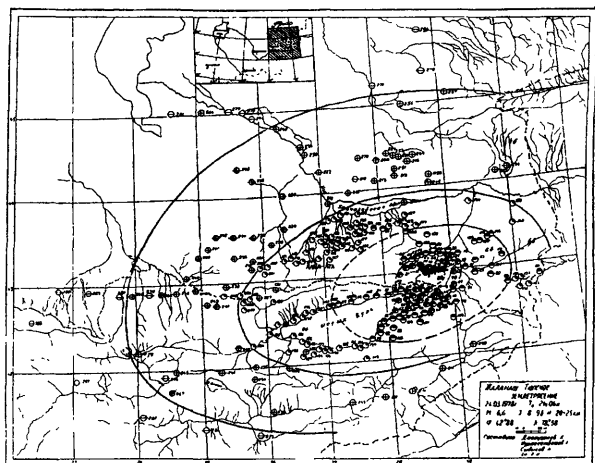
Бақанас жер сілкінісі 1979 жылы 25 қыркүйекте кешкі 19 сағат 6 минутта болды. Оның эпицентрі Бақанас ауылынан шығысқа қарай 60 шақырым жерде, елсіз далада орналасқан. Сілкініс күші Бақанаста 6-7 баллға жетіп, кейбір саман кірпіштен салынған үйлер едәуір зақымдалды. Сілкіністің әсері жер бетінде жан-жақты зерттеліп, арнаулы макросейсмикалық карта жасалды (11.12 - сурет). Айта кететін жәйт, сілкіністен кейін бұл аймақта қосымша бірнеше сейсмикалық станциялар ашылып, сілкініс ошағының тынысы қатаң бақылауға алынды.



11.10а-сурет
1978 жылы 25 наурыздағы Жаланаң-Түп жер сілкінісінен
кейін. Тоғызбұлақ ауылының байланыс бөлімшесі

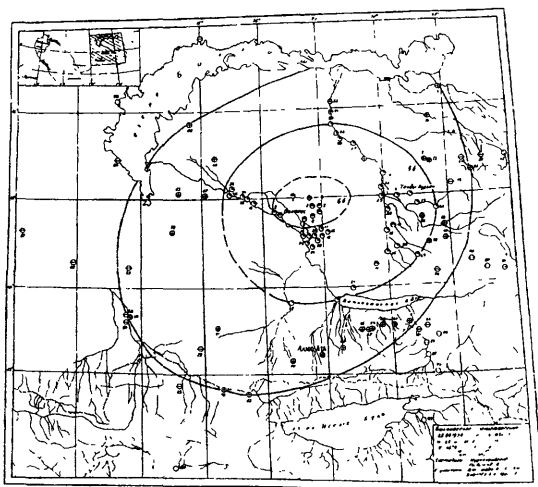


11.10б-сурет
Кенсу ауылындағы тұрғын үй



11.11-сурет
 1978 жылы 25 наурыздағы Жаланап-Түп
 жер сілкінісінің изосейсталар картасы

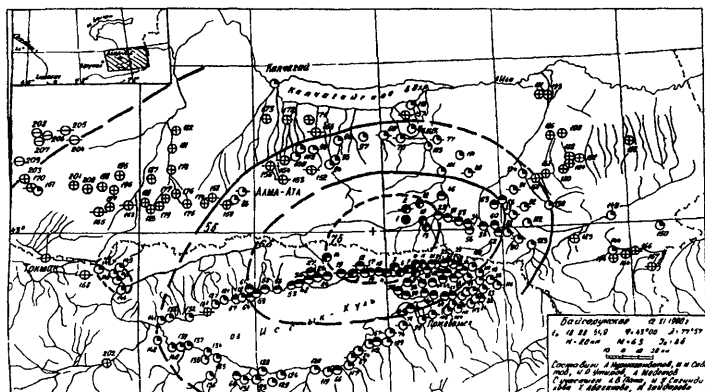
Станциялардың екі ай бойы жұмысының нәтижесінде бұл жерде бірде-бір кейінгі дүмпулер болмағаны анықталды.



11.12-сурет
 1979 жылы 25 кыркүйектегі Бақанас жер
 сілкінісінің изосейсталар картасы

Байсорын жер сілкінісі 1990 жылы қарашаның 12-інде таңертенгі 6 сағат 28 минутта сейсмикалық ерекшеліктерімен белгілі Күнгей Алатау белдемінде болды. Эпицентрге ең жақын орналасқан Құтырған мекен жайында сілкініс күші 8 баллға жетіп, ағаштан қыйылыстырып салынған үй өзінің іргетасынан 10 см-ге ығысып, 15 см-ге жуық қисайған.

Сілкініс өте үлкен алқапты қамтыды, ол Қазақстанның Алматы, бұрынғы Талдықорған, Жамбыл және Қырғызстанның Ыстықкөл облыстарында сезілді. 7 баллдық күшпен болған сілкініс ауданы шамамен 3400 шаршы километрге тең (11.13-сурет).



11.13-сурет
1990 жылы 12 қарашадағы Байсорын жер
сілкінісінің изосейсталар картасы

Басты сілкіністен кейін оның ошағының аумағында көптеген әлсіз кейінгі дүмпулер байқалды. Олардың саны 3,5 айдың ішінде 119-ға жетті. Солардың ішінде ең күшті болған дүмпу қарашаның 28-де болып, оның энергиясы $E=10^{11.7}$ Джоульға ($K=11,7$) тең болды (бас сілкіністің энергиясы $E=10^{14.6}$ Дж).

Міне, жоғарыда келтірілген мәліметтер, Солтүстік Тянь-Шань жерінде күшті сілкіністердің жиі болып, олардың күші кейбір кезде өте жоғары болатындығын көрсетеді.

Енді, жоғарыда, 11.1-суретте, келтірілген эпицентрлер картасына біразырақ көз жіберсек, Солтүстік Тянь-Шаньдағы сілкініс эпицентрлері белгілі бір белдемге шоғырланғандығын байқаймыз. Бұл, жоғарыда айтып өткен, батыстан шығысқа қарай ендік бағытта созылып жатқан Солтүстік Тянь-Шань белдемі. Сілкініс эпицентрлері белдемнің орталығында шоғырланып, олар Қырғыз, Күнгей, Іле Алатауларын алып жатыр.

Солтүстік Тянь-Шань ауданы Қазақстан жерінде сейсмикалық станциялар саны мен олардың тығыздығы жағынан алғашқы орында тұр. Өйткені бұл ауданның сейсмикалық қауіптілігі әлі де болса жоғарғы деңгейде сақталынып, келешекте күшті сілкіністердің болу ықтималдығы жоғары болуында. Әрине, еліміздің оңтүстік астанасы Алматы қаласының осы қауіпті ауданда орналасуы, сейсмологиялық зерттеу жұмыстарының, атап айтқанда, жер сілкінісін алдын-ала болжау жұмыстарының бұл жерде жоғарғы деңгейде жүргізілуін қажет етеді. Сонымен, Солтүстік Тянь-Шань сейсмикалық ауданы, оның ішінде Алматы қаласының аумағы, бүгінгі таңда жер сілкіну қауіптілігін зерттеудің арнаулы сынақ орны (полигоны) болып отыр.

11.2.4. Жамбыл-Шымкент сейсмикалық ауданы

Жер сілкінісі туралы негізгі мәліметтер бұл аймақта тек қана ХІХ ғасырдың екінші жартысынан бастап белгілі болған. Жоғарыда айтылған И.В.Мушкетов пен А.П.Орловтың каталогындығы деректер бойынша, ең алғашқы күшті жер сілкінісі 1865 жылы Қырғыз жотасының етегінде болып, Жамбыл облысының Мерке селосында 7-8 баллдық күшпен сезілген. 1868 және 1886 жылдарда Шымкент облысының бірнеше күшті жер сілкіністері болып өткен. Олардың ошақтары Тәшкент қаласы маңында орналасып, ол жерде күші 7-8 баллға жеткені мәлім.

1908 жылғы 31 қаңтарда Жамбыл қаласының оңтүстігінде, одан 20-30 км қашықтықта күшті жер сілкінісі болып, оны сол кезде жұмыс істеген Тәшкент сейсмикалық станциясы жазып алған.

Қазіргі таңда жиналған мәліметтерге қарағанда, Жамбыл-Шымкент сейсмикалық ауданы бойынша бірнеше күшті жер сілкінісі туралы толық макросейсмикалық мағұлматтар бар. Айта кететін жәйт, Жамбыл-Шымкент аймағында ошақтары көршілес орналасқан Шатқал тауларында, Ферғана ойпатында, Қызылқұмда және Солтүстік Тянь-Шаньда болған күшті жер сілкіністері 3-5 балл күшпен сезіліп тұрады.

Жамбыл жер сілкінісі 1971 жылы 10 мамырда кешкі 20 сағат 52 минутта болды. Оның эпицентрі Қырғыз Алатауы мен Қаратау жоталарының түйіскен жерінде болғаны анықталды. Бұл жер сілкінісінің әсерінен Жамбыл қаласына және онымен іргелес жатқан Бесағаш, 6 совхоз, Жалпақтөбе, Гродеково елді мекендеріне едәуір зақым келді, жер сілкіну күші 7 баллға жетті. Бұл жерлерде үй қабырғаларында ені 3-5 см-ге дейін жететін жарықтар пайда болып, көпшілік үйлердің мұржалыры, ал кейбіреулерінің қабырғалары құлаған (11.14-сурет). Жер

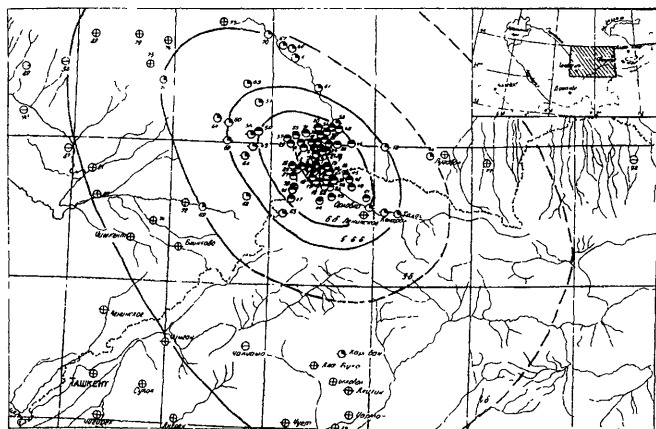
сілкінісі шығыста Фрунзе, оңтүстікте Әндіжан, батыста Төшкент қалаларында сезіліп, үлкен аймақты қамтыды (11.15 -сурет).

Сілкініс кезінде тұрғын халық арасында үрей туып, бірнеше күндер бойы кейбір отбасылары далаға қонған. Кейбір тұрғындар сілкініс алдында үй жануарларының (әсіресе иттердің) үрейленгендігін еске алады.



11.14-сурет

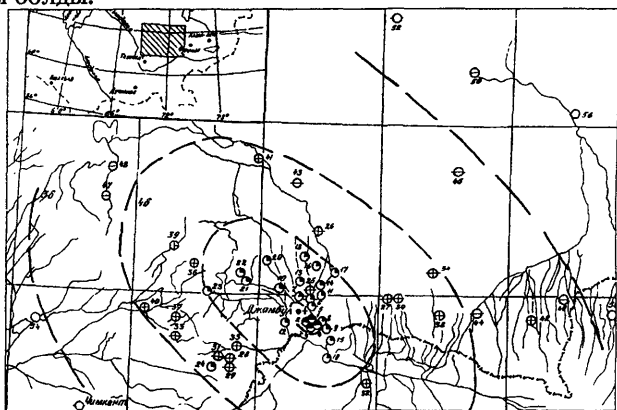
1971 жылы 10 мамырдағы Жамбыл жер сілкінісінің зардабы. Жалпактөбе ауылы



11.15-сурет

1971 жылы 10 мамырдағы Жамбыл жер сілкінісінің изосейсталар картасы

1984 жылы 2 ақпанда кешкі 21 сағат 15 минутта Жамбыл қаласы тұрғындары тағы бір күшті сілкіністі басынан өткізді. Оның эпицентрі дәл сол 1971 жылы сілкініс болған жерде орналасқан. Бұл жолы сілкініс күші 6 баллға жетсе, Жамбыл қаласында 5-6 баллдан аспады (11.16 - сурет). Қалада саман кірпіштен салынған ескі үйлер едәуір зақымдалды, әсіресе 1971 жылғы сілкіністен зардап шеккен үйлердің зақымдалу деңгейі жоғары болды.

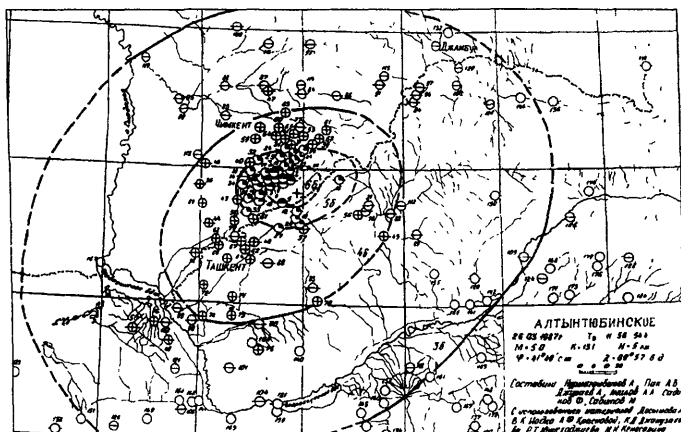


11.16-сурет
1984 жылы 2 ақпандағы Жамбыл-2 жер
сілкінісінің изосейсталар картасы

Алтынтөбе сілкінісі 1987 жылы 26 наурызда Шымкент қаласының оңтүстік өңірінде, одан 60 км қашықтықта орналасқан Алтынтөбе ауылы маңында болды. Сілкініс эпицентрі Қаржантау жотасында орналасып, оның әсері Қазақстанның Шымкент пен Жамбыл және Өзбекстанның Тәшкент облыстарында таралды. Сілкініс эпицентрге жақын орналасқан Алтынтөбе ауылында 6-7 балл күшпен сезілген. Бұл сілкініс Шымкент облысындағы кейінгі жылдардағы күшті жерасты дүмпуі болып саналады. Сондықтан оның жер бетіндегі әсерін Қазақстан мен Өзбекстанның мамандар тобы жан-жақты зерттеп, оның себеп-салдары толығымен анықталды (11.17-сурет).

Ал енді 11.18-суретте көрсетілген орташа жер сілкіністер эпицентріне көз жіберсек, олардың кең алқапты қамти отырып, біршама пашыранқы түрде орналасқанын көреміз. Негізгі сейсмикалық әрекеттер Қазақстан мен Өзбекстан шекарасын бойлай созылып, ені 15-20 км болатын алқапты алып жатыр. Бұл белдемде 1959 жылы күші 7-8 баллдық Бричмолла, 1966 жылы 8 баллдық Тәшкент, 1977 жылы 7 баллдық Табақсай, 1980 жылы 8

баллдық Назарбек атаулы күшті сілкіністердің ошақтары орналасқан.



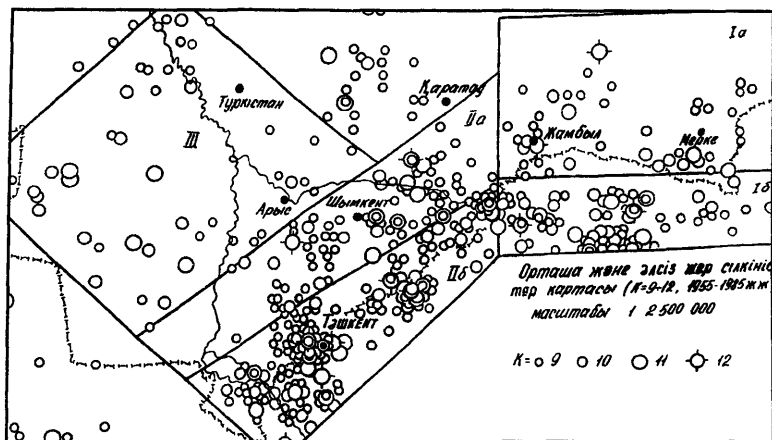
11.17-сурет
1987 жылы 26 наурыздағы Алтынтөбе жер
сілкінісінің изосейсталар картасы

Өкінішке орай, Жамбыл-Шымкент сейсмикалық ауданы бүгінгі күнге дейін сейсмикалық станциялармен толық қамтамасыз етілмей отыр. Сондықтан осы аймақтағы болып жатқан көптеген әлсіз сілкіністерді тіркеп, оларды жан-жақты зерттеу мүмкіншіліктері әлі де болса жүзеге аспай отыр.

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

11.2.5. Қызылқұм сейсмикалық ауданы

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



11.18-сурет
Жамбыл-Шымкент сейсмикалық ауданындағы
жер сілкінісі эпицентрлерінің таралуы

1968 жылы наурыздың 13 күні таң алдында және келесі 14 күні ертемен (арасы 3 сағат 40 минут уақыт) бұл ауданда екі рет жер сілкіністері болды. Олардың ошақтары Шымкент қаласынан батысқа қарай 250 км қашықтықтағы шөл далада орналасқан. Эпицентр аумағында елді мекендер жоқ болғандықтан, бұл сілкіністердің жер бетіндегі таралу ерекшеліктерін құдықтар басына уақытша қоныстанған шопандар мен ферма тұрғындарынан алынған деректер бойынша ғана анықталды. Осы мағұлматтарға қарағанда сілкіністердің эпицентр аумағындағы күштері шамамен бірдей, олар 7 баллға тең болып шықты. Халық шаруашылығына айтарлықтай зияны болмағанымен, бұл сілкіністер жергілікті халық арасында үрей туғызып, көп уақытқа дейін ел аузынан түспеген.

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

11.2.6. Маңқыстау сейсмикалық ауданы

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

Зерттеулер нәтижесінде Маңқыстау аймағының сейсмикалық қауіптілігі негізінен жер сілкіну ошақтарының үш түрлі жағдайға байланысты екені анықталды. Бірінші жағдай: Кавказ жерінде болған күшті жерасты дүмпулері бұл жерде 3 баллдан 6 баллға дейінгі күшпен жер бетін сілкіндірген (1668, 1830, 1939, 1970, 1986, 1989 жылғы сілкіністер).

Екінші жағдай: Копетдаг пен Қызылқұм жерлерінде болған күшті сілкіністер де бұл ауданда 3 баллдан 6 баллға дейінгі күшпен сезіліп тұрған (1209, 1885, 1929, 1946, 1976 жылдарда болған сілкіністер).

Үшінші жағдай: Орта Азия және Кавказ жерлерінде орналасқан сейсмикалық бақылау жүйелерінің деректеріне сүйене отырып, Газли сілкініс ошақтарынан солтүстік-батыс бағытта Маңқыстау аймағына қарай жаңа сейсмикалық белдемнің пайда болу ықтималдығы анықталып отырғандығы. Бұған дәлел, кейінгі кезде бұл аймақта бірнеше әлсіз сілкіністер болып, олардың эпицентрлері осы белдемге сәйкес келіп отыр. Айтылған деректер Маңқыстау жерінің сейсмикалық қауіптілігіне толық көңіл аударуды қажет етеді.

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

12. СЕЙСМИКАЛЫҚ АУДАНДАУ

Жер сілкінуінің 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 жер сілкінулерінің қай ауданда қандай күшпен болатынын анықтап (сейсмикалық аудандау саласындағы зерттеулер), құрылыс жұмыстарының осы алынған қортындыларға сәйкес жүргізілуін қатаң бақылауға алу;

2 - келешекте болуы ықтимал әрбір күшті сілкіністің 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 жер сілкінісін алдын-ала қысқа мерзімде болжауға қарағанда әлдеқайда жеңіл. Бұл зерттеулердің күрделілігі, ең алдымен, болашақ жер сілкіністері болатын аймақтар мен оларда болатын сілкіністердің ең жоғарғы күшін анықтау жолында қателік жібермеуді қамтамасыз етуде. Егер болашақ жер сілкіну күші артығырақ анықталса, онда мұндай сілкініске төзімді құрылыс салуда қаражаттың орынсыз көп шығындалуына өкеліп соқтырады, ал кемірек есептесек, сілкініс кезінде адам өмірі мен құрылыстарға тиетін зиян еселей артады. Сондықтан келешекте ықтимал жер сілкіністер күшінің ең жоғарғы шегі және олардың болатын орнын дәл анықтау, яки сілкініс болатын аймақтың қауіптілігіне қарай оларды әртүрлі улескілерге бөлу - сейсмикалық аудандау жұмыстарының негізгі мақсаты.

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

Жалпы сейсмикалық аудандау нәтижелері республика аумағында халық шаруашылығы дамуын жоспарлау мақсатында пайдаланылады. Аудандаудың бұл түрі көлемі жағынан үлкен, аса ірі аймақта жүргізіліп (бұл жерде объект ретінде бүкіл республика территориясы алынады), жер бетінде тек қана күшті сілкініс тудыратын (магнитудасы $M \geq 6,1$) геологиялық құрылымдарды қарастырады. Әдетте бұл зерттеулердің нәтижесінде масштабты 1:2500000 болатын жалпы сейсмикалық аудандау картасы жасалынады (картадағы 1 сантиметр ұзындық жер бетінде 25 шақырымға тең).

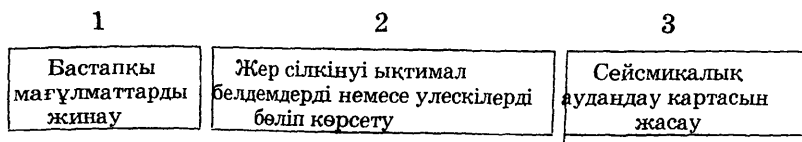
Толық немесе жете сейсмикалық аудандаудың негізгі мақсаты жобаланатын объектілерге қауіпті сейсмикалық белдемдерді (улескілрді) тауып, олардың сейсмикалық қарқыны деңгейін бағалау. Бұл жерде объект деп дербес тұрған ғимаратты немесе ғимараттар тобын, тіпті елді мекен немесе болашақ халық шаруашылығы үшін игерілетін өнеркәсіпті ауданды түсіну керек.

Аудандаудың бұл түрі объект 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 масштабты 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 объектілердің сейсмикалық қауіптілігі нақты түрде анықталынуы қажет. Ол үшін сол объектілер орналасқан жердегі жер бедері формасының және оның жоғарғы қабаты құрамының, жерасты суларының және т.б. жергілікті жағдайлардың сілкініс күшіне әсері бағаланады.

Сонымен жалпы сейсмикалық аудандау нәтижесінде бүкіл республика масштабында сейсмикалық қауіптілікті анықтап, оған қарсы жұмсалатын жалпы қаржының мөлшері бағаланады. Толық немесе жете сейсмикалық аудандау нәтижесінде келешек салынатын құрылыс объектілерінің жер сілкіну қауіптілігі тұрғысынан ұтымдырақ орны анықталып, болашақ сілкіністің оларға тигізуі ықтимал әсерлері бағаланады. Ал микро немесе мөлтек аудандау нәтижесінде сол объект салынатын орынның жер беті тербелісі кезіндегі қосымша әрекеттері бағаланып, сілкініс қауіптілігінің деңгейі нақты түрде анықталады.

Сейсмикалық аудандау жұмыстарын жүргізу процесі бірнеше сатыдан тұрады. Төмендегі блок-схемада осы сатылар көрсетілген.



1. Бастапқы мағұлматтар үш топтан тұрады: а - сейсмологиялық; б - тектоникалық; в - геофизикалық. Әрбір топтағы мағұлматтарды іс жүзінде анықтау, оларды жинақтау бір жүйеге

келтіріп реттеу және жан-жақты өңдеу өте күрделі де жауапты кезең.

2. Әрбір топтағы бастапқы мағұлматтарды толық өңдеп саралау арқасында олардың ішінде болашақ жер сілкінуі ықтимал аймақтар (белдемдер) анықталады. Үш түрлі әдістермен табылған аймақтарды бір-бірімен салыстырып жан-жақты сараптау нәтижесінде жер сілкінуі ықтимал бірінғай аймақтар бөлініп, оларда келешек болатын сілкініс магнитудасының жоғарғы шегі бағаланады.

3. Әрбір жер сілкінуі ықтимал аймақтардың (магнитуда шегіне байланысты) жер бетіндегі әсері жоғарыда (5-тарауда) келтірілген формула арқылы есептелініп, белгілі бір территорияға сейсмикалық аудандау картасы жасалынады.

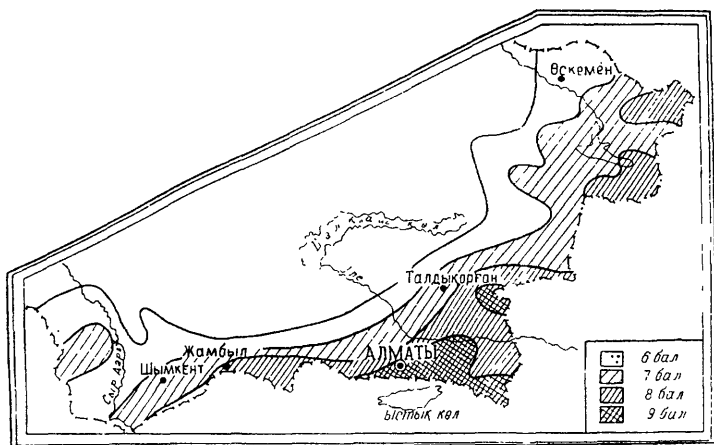
Сонымен сейсмикалық аудандау картасын жасау үш сатыдан тұрады. Бірінші саты әрбір топтағы бастапқы мағұлматтарды жинақтап, оларды бір жүйеге келтіру шараларын қамтиды. Екінші саты бұл мағұлматтарды саралау нәтижесінде болашақ сілкіністер болатын белдемдер мен сілкіністердің ең жоғарғы магнитудасын анықтау, ал үшінші саты болашақ сілкіністердің жер бетіндегі ең жоғарғы ықтималды күшін (балл есебімен) есептеу мүдделерін көздейді.

Әдетте сейсмикалық аудандау картасы 6-9 баллдық аймақтарға бөлінеді. Күшті 6 баллдан төмен болып келетін жер сілкіністерінің құрылыстарға айтарлықтай зияны болмайтындықтан, сейсмикалық аудандау картасында ондай аймақтар көрсетілмейді. Ал, күшті 9 баллдан жоғары сілкіністер аймағы Қазақстан территориясында сирек кездесетін болғандықтан, олар тек қана кейбір ерекше жағдайларда ғана көрсетіледі.

Бұрынғы Кеңес Одағында сейсмикалық аудандау жұмыстары біздің ғасырдың отызыншы жылдарында халық шаруашылығының өркендеуіне байланысты қолға алынды. Ең бірінші сейсмикалық аудандау картасы Кеңес одағының территориясына 1937 жылы жасалған, кейіннен 1957 және 1968 жылдары бұл картаның жана жетілген түрлері жасалынды. Әдетте бұл карталар әрбір республика үшін жеке жасалынып, кейін бүкіл ССРО территориясын қамти отырып, біріктірілген.

Қазіргі таңда сейсмикалық қауіпті аудандарда құрылыс жұмыстары бұрынғы Кеңес үкіметінің Мемлекеттік құрылыс комитеті бекіткен СНиП II-7-81 атты нормативті құжатқа сәйкес жүргізіледі (қазірде егеменді Қазақстан үшін бұл құжаттың жаңа түрі дайындалған). Жобалаушылар мен құрылысшылар үшін бұл құжат - мемлекеттік стандарт мәртебесін иеленген. Осы құжатқа сүйене отырып, сейсмикалық аудандарда орналасқан әрбір елді мекен үшін болашақ сілкініс күшін (балл есебімен), оның қайталану жиілігін (жыл есебімен), құрылысқа сілкініс кезінде түсетін күштің мөлшерін және т.б. жобалау үшін қажетті

мағұлматтар анықталынады. Төмендегі 12.1 -суретте осы құжаттың құрамдас бөлігі болып саналатын, 1978 жылы бекітілген, Қазақстанның сейсмикалық аудандау картасы көрсетіліп отыр (авторлары Т.Ақышев, Ә.Нұрмағамбетов, А.Сыдықов, Б.Оразаев және т.б.).

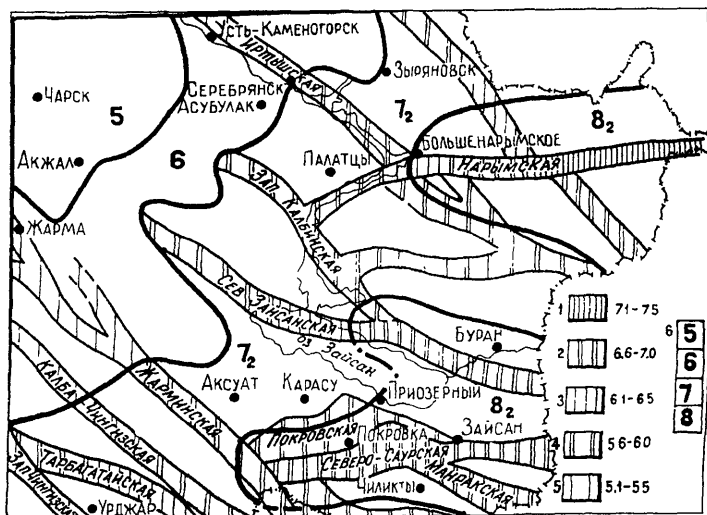


12.1-сурет
Қазақстанның сейсмикалық аудандау картасы

Осы карта жасалғаннан бері республика территориясында бірнеше күшті сілкіністер болып өтті (Жалаңаш - 1978ж., Алматы-1983ж., Байсорын - 1990ж., Текелі - 1993 ж. және т.б.). Бұл сілкіністердің негізгі параметрлері (эпицентр координаттары, магнитудасы, күші және т.б.) картада көрсетілген шектен шыққан жоқ. Мұның өзі, бұл аудандау картасының біздің елімізді талай-талай ысырап-шығындардан азайтқаны, яғни ол карта өзін-өзі толық ақтағаны деп түсінген ләзім.

Дегенмен, 1990 жылы маусымның 14-інде Зайсан өңірінде болған сілкіністің картадағы деректерге сәйкес болмауы, оның елі де болса кемшіліктерінің барын көрсетеді. Сондықтан да Шығыс Қазақстан облысы үшін 1990 жылғы Зайсан жер сілкінісінен кейін жаңадан карта жасалынып (12.2-сурет), Қазақстанның сейсмикалық аудандау картасына түзетулер енгізілді, сөйтіп жоғарыда аталған СНиП II-7-81 атты құжатты да өзгертуге тура келді.

Бүгінгі таңда сейсмикалық аудандау картасының зілзала апатына пара-пар болмауының бірнеше себептері бар:



12.2-сурет

Шығыс Қазақстан облысының сейсмикалық аудандау картасы. 1-5-күшті сілкіністер болуы ықтимал зоналар мен ондағы сілкіністер магнитудасының ең жоғарғы шегі, 6-сілкініс күші (балл)

1. Сейсмикалық аудандау тәжірибесінде іргелі, жан-жақты ғылыми зерттеу жұмыстары әлі де болса аз. Бұл салада жаңа, жүйелі әдіс-амалдардың дамуы да айтарлықтай емес.

2. Жер сілкіну қауіпі бар аймақтарды жан-жақты зерттеу біркелкі емес. Өкінішке орай, Қазақстанның кейбір қауіпті аудандарында (атап айтқанда, Маңғыстау, Қызылқұм, Батыс Қазақстан және т.б.) осы кезге дейін тіпті сейсмикалық станциялар да жоқ.

3. Бүгінгі таңда болашақта ықтималды күшті сілкіністердің шамасы мен қайталану жиілігін бағалаудың сенімді әдістері аз. Бұл мәселені шешу жолында іргелі ғылыми ізденістер жүргізілініп, тарихи және ерте заманда болған ірі сілкіністер туралы деректерді толық қолдану қажет.

4. Сейсмикалық станцияларда жер беті тербелісін тіркеп өлшейтін арнаулы қондырғылар жеткіліксіз, ал олардың жаңа түрлерімен қамтамасыз ету шаралары дұрыс жолға қойылмай отыр.

Дегенмен жер туралы ғылымдар саласындағы бүгінгі ғылыми-техникалық жетістіктер бұл проблемаға жаңа көзқараспен

қарап, аудандау карталарын жасау әдістерін одан әрі жетілдіріп дамытуға мүмкіндік барын көрсетеді. Ол үшін ең алдымен керегі:

- осы күнгі қолданылып жүрген әдістемелерді жан-жақты талдап, оларда кездесетін қателіктер есепке алу, сөйтіп жаңа біртұтас әдіснама және келісімді ғылыми әдістеме негіздерін жасау;

- сейсмологиялық, геологиялық, геофизикалық және т.б. салалардағы басқы мағұлматтарды нақтылы да жүйелі амал-әдістер қолдану арқылы бірегей қалыпқа келтіру;

- жер сілкіну құпиясын зерттеуде іргелес жатқан шет елдердің сейсмикалық аймақтарының ерекшеліктері елеусіз қалмауы қажет. Кейінгі кезге дейін Қазақстан территориясының сейсмикалық қауіптілігі жеке қаралып, іргелес жатқан Қытай жеріндегі Іле, Күнгей және Жоңғар Алатауларының, Тарбағатайдың, Алтайдың жалғастары зерттеуден сырт қалып келді;

- қазіргі сейсмикалық берік құрылыс салу тәжірибесінің талаптарына сәйкес сілкіністің күшін анықтайтын балл өлшемінен тербелістің динамикалық сипаттамаларына (тербелістің амплитудасы, периоды, ұзақтығы және т.б.) көшудің жолдарын іздестіру.

1999 жылы Қазақстан Республикасы Ғылым Академиясының ғылыми бағдарламасы бойынша Қазақстан территориясын сейсмикалық аудандау картасының жаңа нұсқасы жасалынып бітіуі керек (СР-99). Бұл карта егеменді Қазақстанның сейсмикалық қауіпті аудандары үшін жаңадан жасалып жатқан "Құрылыс жұмыстарының нормалары мен ережелері" атты нормативті құжаттың құрамына кіреді. Сондықтан да жаңа картаның сапасы жоғары, қазіргі халықаралық стандартқа сәйкес келетін, соңғы жылдардағы ғылыми жетістіктерге негізделген және бүгінгі таңда сейсмикалық берік құрылыс салу талаптарына сәйкес болуы қажет. Бұл бағытта көптен бері жан-жақты зерттеулер жүргізіліп, жаңа картаның нұсқасы мынандай ізденістер нәтижесіне негізделіп отыр.

1. Болашақ сілкініс ошақтары орналасатын белдемдерді бөліп көрсету. Бұл сейсмикалық аудандау проблемасының өзекті және өте күрделі мәселелерінің бірі. Оның шешімі жинақталған геологиялық, геофизикалық, сейсмологиялық және т.б. мағұлматтарды талдап қорыту нәтижесінде табылады. Соның ішінде бірінші кезекте күшті және әлсіз сілкініс ошақтарының кеңістік пен уақыт өлшемдерінде таралу заңдылықтарын анықтау қажет (сілкініс ошақтарының таралу заңдылықтары мен жанданған жарықтар арасындағы байланысты анықтау).

2. Жан-жақты зерттеулер нәтижесінде бөліп көрсетілген белдемдер өңіріндегі болашақ сілкіністердің ең жоғарғы

магнитудасын, олардың тереңдігі мен ошақтарының механизмдерін және қайталану заңдылығын анықтап табу.

3. Күшті сілкініс кезіндегі тербелістің үдеуі (жылдамдығы) мен сілкіністің магнитудасы, ара қашықтығы, ошақтарының механизмдері және т.б. параметрлері арасындағы байланысты табу.

4. Болашақ сілкіністердің күшін (балл есебімен) және сілкініс кезіндегі тербелістің үдеуі мен жылдамдық шектерін табу.

Міне осы аталған мәселелерді жан-жақты зерттеп шешу нәтижесінде Қазақстанның оңтүстік және оңтүстік-шығыс аймағында ықтимал күшті жер сілкінулер болатын белдемдер дараланып, олардың сейсмикалық, геофизикалық және тектоникалық сипаттамалары анықталады, жер бетіндегі ең күшті деген әсері (бал, см/с, см/с²) бағаланады. Бұл зерттеулердің қортындылары осы аймақтың сейсмикалық аудандау картасының (ОСР-99) негізі болып табылады.

Сонымен, Қазақстанның болашақ сейсмикалық аудандау картасының (ОСР-99, масштабы 1:2500000) жаңа нұсқасында төмендегідей мағұлматтар көрсетіледі деп күтілуде:

- болашақ сілкініс күші 6-9 балл арасына сәйкес келетін әр түрлі улескілер;
- осы аймақта бұдан бұрын болып өткен магнитудасы 6,0-ге тең және одан асатын күшті жер сілкіністерінің ошақтары;
- болашақ сілкініс ошақтары орналасуы ықтимал, магнитудасы $M_{\max}=6,1-6,5; 6,6-7,0; 7,6-8,0; M_{\max} \geq 8,1$ әр түрлі белдемдер. Әрбір белдем үшін $M_{\max}$ -нан басқа: А-сейсмикалық белсенділіктің деңгейі, α - жер сілкінісінің қайталану заңдылығы графигінің еңкіш бұрышы, $T(M_{\max})$ - күшті сілкіністердің қайталану периоды, $N_{\max}$ күшті сілкініс ошақтарының ықтималды тереңдігі және т.б. мағұлматтар көрсетіледі.

Айтылған деректерге қосымша Қазақстанда болған күшті жер сілкінулер ($M \geq 5$) тізімі, геологиялық, геофизикалық, сейсмологиялық карталар жиынтығы, осы аймақта болған күшті сілкіністердің жер бетіндегі әсерін сипаттайтын қорытынды изосейсталар картасы және т.б. мағұлматтар беріледі. Пайдаланылған геологиялық, геофизикалық, сейсмологиялық және басқы мағұлматтар туралы мәліметтер, әдістемелердің негіздері және зерттеулердің нәтижелері осы аудандау картасына қоса берілетін түсінік хатта келтіріледі.

Сонымен сейсмология ғылымының сейсмикалық аудандау саласы - жер сілкіну қауіпі бар аудандарда оның әсерінен халық шаруашылығына келер шығынды азайту жолындағы мемлекеттік маңызы бар мәселе. Бұл мәселенің дұрыс шешілімі - құрылыс салуда қаражаттың орынсыз артық шығынынан (сілкініс күші ақиқаттан артығырақ есептелінген жағдайда)

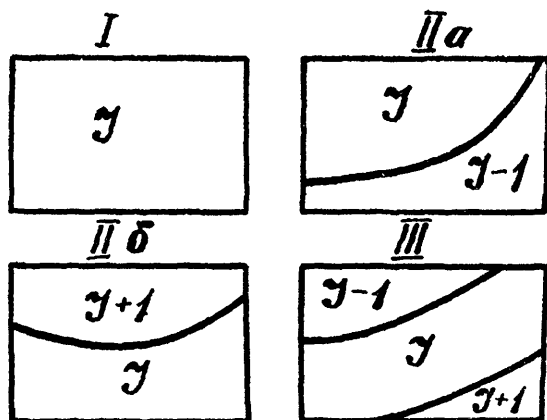
немесе сілкініс кезінде қыруар зияннан (сілкініс күші кемірек есептелінсе) аман сақтайды.

Әрине, келешекте жаңа мағұлматтардың қосылуына және біздің жер сілкінуі құпиясын зерттеуде қол жеткен табыстарымыз бен тәжірибеміздің артуына байланысты сейсмикалық аудандау картасы жылдан-жылға толықтырылып, болашақ сілкініс орнын, күшін (магнитудасын) және қайталану жиілігін дәл анықтауға мүмкіндік беретіндігіне үміт бар.

Сонымен сейсмикалық аудандау жұмыстары нәтижесінде біз тұтас үлкен территорияда келешекте болатын жер сілкіністерінің ең жоғарғы күшін анықтаймыз. Мұндай жер сілкіністер күші бірдей аймақтардың көлемі аудандау картасына сәйкес едәуір болғандықтан, бұл аймақтарда жер бетінің геологиялық және гидрогеологиялық ерекшеліктері (тау жыныстарының 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 жер сілкіністері күшінің өзгеру заңдылықтарын білу қажет. Міне, мұндай жұмыстарды сейсмикалық микро(мөлтек)аудандау деп атайды.

Жер бетіндегі тау жыныстарының сейсмикалық күшке әсері ерте кезден белгілі. Мәселен, 1887 жылы Верный қаласында болған жер сілкінісінің күші қаланың әрбір бөлігінде әртүрлі болған. Егер жер сілкінісінің күші қалада орта есеппен 9 балл болса, борпылдақ, батпақты жерлердегі сілкініс күші 10 баллға жеткен. Ал, қатты, жартасты жерлерде оның күші біршама аз болған (8-9 балл). Көлдердің, сайлардың жағасындағы жер бетінде жарықтар, опырылмалар 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 жер сілкіністер күші нақты түрде анықталады.

Тәжірибе жүзінде микроаудандау картасы жасалынатын әрбір қала аймағының геологиялық, гидрогеологиялық ерекшеліктері әртүрлі болуы мүмкін. Сондықтан, жасалынатын картаның да түрлері бірдей болмайды. Қазір ғылымға белгілі үш түрлі жағдай кездеседі (12.3 - сурет): 1- қала аймағы сейсмикалық ерекшеліктерімен біркелкі сипатталады (1-схема).



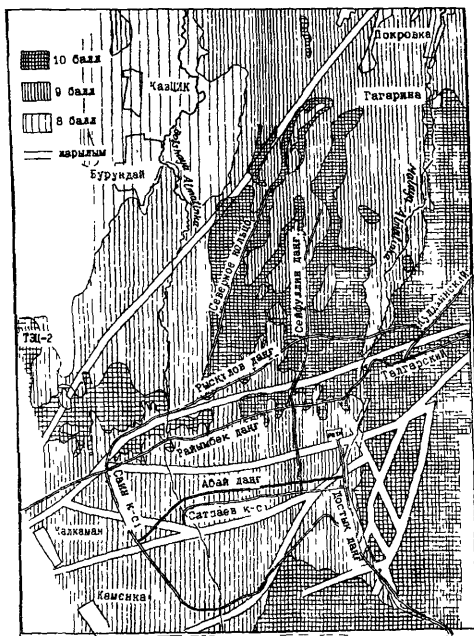
12.3-сурет

Сейсмикалық микро(мөлтек) аудандау картасы жасалынатын қала аймағының өртүрлі жағдайлары

Ондай жағдайда бұл қала аймағын сейсмикалық қауіптілігі бойынша улескілерге бөлудің қажеті жоқ. Жер сілкіну күші қала үшін сейсмикалық аудандау картасынан тікелей алынады; 2-қала аймағы сейсмикалық қауіптілік жағынан бір-бірінен бір балл айырмашылығы бар екі ауданға бөлінеді. Бұл жағдай іс-тәжірибеде екі түрде кездесуі мүмкін. Біріншіден, екіге бөлінген бір ауданның сейсмикалық қауіптілігі сейсмикалық аудандау картасынан осы қала үшін алынған жер сілкіну күшінен бір балл кем болады (IIa-схема). Екіншіден, керісінше, бір балл артық болады (II б-схема); 3- қала аймағы сейсмикалық қауіптілігіне қарай үш ауданға бөлініп, олардың жер сілкіну күші жағынан бір-бірінен бір балл айырмашылығы болады (III-схема). Мұндай жағдайлар қала аймағындағы жер бетінің геологиялық құрылыстары бір-бірінен өзгеше болған жағдайда кездеседі. Қаланың өзі үшін орташа балл сейсмикалық аудандау картасынан алынады.

Міне, осы аталған үш түрлі жағдай сейсмикалық қауіпті аудандарда орналасқан қалаларда кездеседі. Төменде 12.4 - суретте Алматы қаласы үшін жасалынған сейсмикалық микроаудандау картасының шетпұшпағы (фрагменті) келтіріліп отыр. Бұл карта Алматы қаласында үй құрылыстарын салуда қолданылатын мемлекеттік стандарттың (РСН-республикан-ские строительные нормы) құрамдас бөлігі болып саналады. Бұл картада Алматы қаласы сейсмикалық қауіптілігіне қарай екі белдемге бөлінген (9 және 10 балл). Микроаудандау картасы

республикамыздың басқа да көптеген ірі қалалары үшін жасалып, құрылыс салу жұмыстарында қолданылып жүр.



12.4-сурет

Алматы қаласының сейсмикалық
микро(мөлтек) аудандау картасы

13. ЖЕР СІЛКІНУІНЕ ТӨЗІМДІ ҚҰРЫЛЫСТАР САЛУ

Бұл тарауда сейсмикалық берік (жер сілкінісіне төзімді) құрылыс салу саласындағы зерттеулерге қысқаша түсініктер ғана беріліп отыр. Өйткені, бұл құрылыс ғылымының күрделі бір саласы, оны жан-жақты талқылау - бұл тек қана осы саладағы жетік мамандардың үлесі. Оқырман қауым бұл саладағы мәселелерді толығырақ оқып білу үшін арнаулы әдебиеттермен танысқаны жөн. Атап айтқанда, 1997 жылы "Рауан" баспасынан профессор Т.Жүнісовтың "Ғимараттардың сейсмикаға беріктік негіздері" атты оқулық кітабы қазақ тілінде жарық көрді. Онда жер сілкінісіне төзімді ғимараттар салудың теориялық және іс-тәжірибелік жолдары, олардың төсілдері туралы біраз мәселелер қаралған. Арнаулы тараулар сілкініс әсерлерін, ғимараттардың конструкциялық өзгешеліктерін, қазіргі заманғы ғимараттардың

жер сілкінісіне беріктік негіздерін және оларды сілкініс күшіне есептеу мәселелерін баяндауға арналған.

Сейсмикалық қауіпті аймақтарда жоғарғы сапалы берік құрылыс салудың халық шаруашылығы үшін зор маңызы бар. Кейінгі 50 жылдың ішінде күшті жер сілкіністерінің зардаптарын жан-жақты зерттеу нәтижесінде, егер үй құрылысы немесе ғимараттар болашақ сілкініс күшіне лайықтанып салынса, онда олардың жер сілкінісі кезінде бүлінбей қалуына кепілдік беруге болатынын көрсетіп отыр.

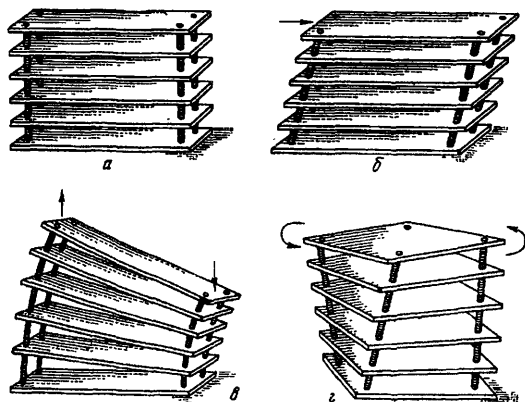
Жер асты дүмпуі кезінде құрылыстың тербелісі өте күрделі түрде болады. Егер осы күрделі тербелісті жіктеп қарасак, оның құрамында бірнеше тербеліс түрлерінің бар екендігін анықтаймыз: 1- жеке жер бетінің тербелісі; 2- жеке құрылыстың тербелісі; 3-жер беті мен құрылыстың бірігіп тербелуі.

Жер бетінің тербелісі туралы жоғарғы тарауларда толығырақ айтылған. Енді сілкініс кезінде құрылыстың жеке және құрылыс пен жер бетінің бірігіп тербелуіне тоқталайық.

Қандай бір құрылыс болмасын, ол біртұтас емес, әр түрлі бөлшектерден тұрады (қабырғалары, тіреуіштері, үйдің төбесі және т.б.). Сондықтан да сілкініс кезінде оның тербелісі тек бір жүйеде ғана жүрмейді, оның әрбір бөлшектері әртүрлі тербеледі (мысалы үйдің әрбір қабаттағы тіреуіштерінің көлденең тербелуі немесе қабырға панельдерінің тербелісі және т.б.). Сонымен қатар құрылыс бөлшектерінің бұрыла немесе иіле тербелуі де мүмкін.

Ал, енде жер беті мен құрылыстың бірігіп тербелуіне келсек, онда бұл тербеліс ең алдымен әсер ететін сілкініс тербелісінің жиілігіне және құрылыстың өзіне тән динамикалық қасиеттеріне байланысты.

Дегенмен, сілкініс кезінде құрылыс қаншама күрделі тербелісте болғанымен, одан тербелістің үш түрін айыруға болады: бір бағытта жылысуы, қисаюы және бұрылып-иретілуі (13.1-сурет). Бұл аталған тербеліс түрлерінің негізгі көрсеткіштері-тербелістің меншікті жиілігі немесе периоды, тербеліс амплитудасының басылу дәрежесі және оның формасы құрылыстың өзіне тән өзгешеліктеріне байланысты. Әдетте, жиі кездесетін 2-4 қабатты тұрғын үйлердің меншікті тербеліс периоды шамамен 0,25 секундқа тең (жиілігі 4 Гц), ал көп қабатты үйлердікі - 0,5-0,8 секунд болады. Тербеліс амплитудасының басылуына келсек, ол құрылыстың бойында пайда болған механикалық энергияның тез шашырауы арқасында сілкіністің азаюын сипаттайды. Егер тербелістің логарифмдік басылу декременті 0,5-ке тең десек (күшті тербелістер кезінде көп кездесетін мағынасы), онда тербеліс он рет қайталағанда оның амплитудасы жиырма рет азаяды.



13.1-сурет

Құрылыстың жер сілкінісі кезінде тербелісінің схематикалық көрінісі. а-тыныштық күйі, б-бір бағытта жылысуы, в-қисаюы, г-бұрылып-иретілуі

Құрылыстарды жер сілкінісіне төзімді қылып жобалаудың инженерлік есептеу әдістері статикалық және динамикалық теорияларға негізделген. Статикалық теорияны біздің ғасырымыздың басында жапон ғалымы Ф.Омори ұсынған. Бұл теория бойынша кез келген құрылыс қатты формасын өзгертпейтін дене және жер сілкінісі кезінде өзінің жер астындағы іргетасымен бірге қосаербеледі. Басқаша айтқанда, жер сілкіну кезінде құрылыстың әрбір бөлігінде пайда болатын инерция күші оның массасы мен жер беті тербеліс үдеуінің көбейтіндісіне тең. Бұл теория жер сілкінуіне төзімді берік құрылыс жобалауда ең алғашқы ғылыми негіз болды.

Көп жылдар бойы жинақталған ғылыми деректерді өңдеп талдау арқасында, кейінгі жылдары, жер сілкінуі кезінде құрылыстың қирауы немесе қатты бүлінуі оның өзіне тән динамикалық қасиеттеріне байланысты екендігі анықталды.

1920 жылы жапон ғалымы профессор Н.Мононобе сейсмикалық жүктемені ғимараттың ақаулануы (майысуы, иілуі) арқылы анықтауды ұсынды. Бұл тәсіл сілкініске төзімді берік құрылыс жобалаудың әрі қарай дамуына прогрессивті әсер етті. Бірақ Мононобе ұсынған тәсілдің өзіне сай едәуір кемшіліктері де бар еді.

Құрылысты сілкініске төзімді етіп есептеудің жаңа динамикалық әдісін 1950 жылы Кеңес үкіметінің ғалымы, профессор И.Л.Корчинский ұсынды. Сол кезден бастап бұл әдіс ҚСРО-ның және кейбір шет елдердің жобалау тәжірибесіне енгізілді. Қазіргі

танда бұл салада айтарлықтай табыстар баршылық. Соның ішінде профессор Т.Жүнісов бастаған Қазақстан ғалымдарының да табыстарын айта кеткен жөн.

Құрылысты жобалау және салу ережелері бойынша жер сілкіну күші 6 баллдан аспайтын аймақтарда (сейсмикалық аудандау картасы бойынша) үй құрылыстары болашақ сілкініс күшіне есептелінбейді. Мұндай жер асты дүмпулерінің (күші 6 балл және одан кем) үй құрылысына көп зардап келтірмейді, келе қалған күнде де оны тез арада оңай жөндеп алуға болады. Сілкініс күші 7 балл және одан астам аудандарда үй құрылыстарын және адам өмірін сақтау шаралары мұқият қарастырылуы қажет.

Біріншіден, болашақ құрылыстың орнын белгілеу үшін алдымен арнаулы геологиялық карталар көмегімен құрылыс алаңында жерасты жарығының бар-жоғы анықталады. Жарығы бар жерден құрылысты аулақ салған жөн. Оның себебі - жер асты дүмпуі кезінде бұл жерлерде күшті сілкініспен қоса басқа да өзгерістердің болуы (мәселен, опырылу, тау жынысы блоктарының өзара ығысуы) ықтимал (13.2-сурет).



13.2-сурет

1911 жылы 4 қаңтардағы Кемін сілкінісі әсерінен Верный қаласындағы тұрғын үй астында пайда болған жарық.

Қолайсыз жағдайдың тағы бір түрі - құрылыстың уақыт өткен сайын төмен шөгуі, әсіресе оның әрбір бөлігінің әр түрлі (біркелкі емес) шөгуі. Сондықтан болашақ құрылыстың орнын анықтау - өте маңызды жұмыстардың бірі.

Екіншіден, құрылысты жобалау, оны жеке бөліктерден тұтас бір жүйеге құрастыру (компановкалау) және қиылыстыру

(конструкциялау) кезінде оның сыртқы формасы мен сілкініске беріктігі арасында тікелей байланыс бар екенін ескеру керек. Мәселен, сілкініске ең төзімді пішін - квадрат (шаршы). Мұндай құрылыстардың қабырғалары (қаңқалары) өзара перпендикуляр және екі бағытта беріктігі мен қатандылығы бірдей болады.

Егер құрылысты күрделі пішінді жобалау қажет болса, онда оны қарапайым пішінді бөліктерге (отсеки) бөліп алу керек. Осы бөліктердің конструкциялық шешімдері сілкініс кезінде әрқайсысының өз алдына тәуелсіз қызмет атқаруын қамтамасыз ету керек. Осы шартты қанағаттандыру үшін арнаулы темір белдеулер орнатылады. Ол белдеулер құрылысты түрлі бөліктерге бөліп, оның беріктігін арттырады.

Қазіргі кезде сейсмикалық қауіпті аудандарда салынатын негізгі құрылыстардың бірі - ірі панельдерден құрастырылған үйлер. Кейінгі уақытта болған күшті сілкіністер бұл құрылыстардың салмағының аздығынан, сілкініс кезінде үй қабырғаларының ұзарып-жылысуына кедергісінің басымдылығынан, құрылыс сапасының жыл мезгіліне тәуелсіздігінен (қыста құрастырылған панелді үйлердің сапасы цемент ерітінділерінің күйіне байланысты емес) кірпіш, бетон немесе тастан салынған басқа құрылыстарға қарағанда сілкініске беріктілігін (төзімділігін) дәлелдеп отыр.

Ағаштан қиылыстырылып салынған үйлердің сілкініске төзімділігі оқырман қауымға белгілі болар. Мысалы, Верный қаласында (қазіргі Алматы) болған бірнеше күшті және жойқын сілкіністерге (күші 9 баллдан астам) қарамастан, осы күнге дейін бүлінбей тұрған ағаш үйлер көп.

Қазіргі кезде сілкініс қауіптілігі бар аудандарда құрылыстың берік, жаңа түрлерін жобалауға көп көңіл бөлінуде. Солардың бірі - көлемді блоктан құрастырылған үйлер. Бұл ірі панельді үйлердің жетілдірілген түрі болып саналады. Темірбетон көлемдік блоктар бөлмелік немесе пәтерлік блок түрінде заводта толық сыналып дайындалады. Мұндай конструкцияларды жасап шығару зауытта толық аяқталады, сондықтан оларды жинақтау көп еңбек шығындарын қажет етпейді.

Қазақстанның жер сілкіну қауіптілігі бар аудандарында көлемдік блоктардан жасалған үйлердің сілкініске төзімділігі Каз-НИИССА институтында (директоры профессор Т.Жүнісов) арнаулы тәжірибелік сынақтардан өткен. Осы зерттеулер қорытындысына қарағанда, көлемдік-блоқты құрылыстар шыдамдығы мен оның техникалық-экономикалық тиімділігі зор болғандықтан, сейсмикалық қауіпті аудандарда салыну қажеттілігі айрықша айтылуда.

Үшіншіден, құрылысты болашақ сілкініс күшіне есептеу үшін алдымен сейсмикалық аудандау картасы көмегімен ғимараттар салынатын жердегі жерасты дүмпуінің күшін

анықтау қажет. Сосын сейсмикалық микро(мөлтек)аудандау картасы бойынша осы құрылыс алаңындағы сілкініс күші тағы да қайта тексеріліп, сейсмикалық коэффициент табылады. Осы коэффициентті пайдалана отырып арнаулы формула арқылы (бұл формула құрамына басқа да көптеген деректер кіреді) болашақ жерасты дүмпуінің сол құрылысқа түсіретін күшін есептеуге болады.

Төртіншіден, құрылыс жұмысының сапасын қамтамасыз ету үшін оның орны және көлемі анықталып, әсер ететін сейсмикалық күштің мөлшері есептелінді делік. Енді құрылысты тұрғызу процесі басталады. Қажетті материалдар - бетон және т.б. заттар әзірленіп, олардың түрлері есептеуге сай келді делік. Құрылыстың сілкініс күшіне төзімділігі ендігі жерде тек қана құрылыс жұмыстарының сапасына байланысты болады. Егер құрылыс жұмыстары сапалы жүргізілсе, онда мұндай үйлерге күшті сілкіністер де қауіпті емес. Бұған әлемнің әр түкпірінде болған күшті сілкіністерден қыруар мысалдар келтіруге болады.

Сонымен, сілкініске төзімді (сейсмостойкое) құрылыс дегеніміз не? Жоғарыда айтқандай, әрбір елді мекендегі (қала, ауыл) құрылыстар белгілі бір сілкініс күшіне есептелініп салынады. Мәселен, Алматы қаласы үшін - бұл 9 балл, Тараз қаласы үшін - 8 балл т.с.с. Міне, осы қалалардағы сілкініске төзімді (сейсмостойкое) құрылыс дегеніміз - сол есептелінген сілкініс күшіне төзімділік білдіріп, қирап бүлінбейтін құрылыс, яғни бұл құрылыстардың зақымдалынуы тұрғындардың қазасына немесе бағалы заттардың зақымдалынуына әкеліп соқтырмайды.

Үйдің сілкініске беріктігін (төзімділігін) бағалау үшін, халықаралық іс-тәжірибеде (мектептегі оқушының білімін бағалау жүйесі сыяқты) бес баллдық (0-ден 5-ке дейін) бағалау дәрежесі пайдаланылады (сейсмикалық бағаның мектептегі жүйеден айырмашылығы, баға дәрежесі өскен сайын құрылыстың зақымдалу мүмкіндігі де өсе түседі). Төменде, 13.1-кестеде ірі панельді құрылыс үшін сілкініс кезінде зақымдану дәрежелері және олардың қысқаша сипаттамасы келтірілген.

13.1-кесте

Ірі панельді үйлердің зақымдану дәрежелері
мен олардың қысқаша сипаттамалары

Зақымдану дәрежесі	Ауыртпалығы	Зақымдану сипаты
--------------------	-------------	------------------

0	Ешбір зақым жоқ	Құрылыс бүлінбейді.
---	-----------------	---------------------

1	Жеңіл зақымдалу	Үй панелін айнала жінішке қылдай жарықтар, ал кейбір жабын плиталары
---	-----------------	--

арасында ені 0,3 мм-ге дейін жететін жарықтар болуы мүмкін.

- 2 Орташа зақымдалу Панельді айнала, есік-терезе мандайшалығында және электр сымдары жүргізілген жерлерде жарықтар пығуы мүмкін.
- 3 Ауыр зақымдалу Есік-терезе мандайшалығында, панельдерде, сыналарды айнала ені 2 мм-ге дейін жететін едәуір жарықтар пайда болады. Плиталардың жіктері айырылып, дөңкерленген жіктер сынады. Бөлме араларындағы қабырғалар (перегородки) ығысып, бүлінеді.
- 4 Қирау, бүліну Есік-терезе мандайшалары қирайды. Қабырға панельдері мен жабын плиталары едәуір ығысады (15-20 мм-ге дейін). Кейбір қабырға панельдері, балкондар, күнқағарлар мен басқыш алаңдары қирайды.
- 5 Опырылып құлау Жабын плиталардың бөліктері, құрылыстың кейбір конструкциялық элементтері немесе бүкіл конструкция опырылып құлайды.

Егер тұрғын үйдің конструкциялық бөліктерінің 95 проценті сілкініс кезінде зақымдануы үшінші дәрежеден аспаса, онда мұндай құрылысты сілкініске төзімді деп санауға болады.

Патшалық Ресейде, шет аймақтарда орналасқан елдерде сейсмикалық берік құрылыс салуға дұрыстап көңіл бөлінген жоқ. Тек қана 1887 жылы Верный қаласында болған жойқын сілкіністен кейін 1889 жылы тұңғыш рет "Жетісу аймағында үй құрылысын салу ережелері" деген заң шыққан. Бұл заңда осы аймақта тас үйлер салуға толығымен тыйым салынып, ағаш үйлерді көбейту туралы жаңа ұсыныстар енгізілген. Осы кезден бастап қазіргі уақытқа дейін елімізде бірнеше ережелер жасалынып, іске асты. 1981 жылы маусымда бұрынғы ССРО-ның Құрылыс жөніндегі мемлекеттік комитетінің бекітуімен жаңадан өңделген сейсмикалық аудандарда құрылыс салу ережелері шықты (СНиП II-7-81) (13.3-сурет). Бұл ережелерде сейсмикалық аудандардағы құрылыс жұмыстарының бұрынғыдан да сапалы болуы қатаң талап етіледі. Бүгінде, Қазақстан жерінде жаңадан осындай арнаулы құжат қабылданып, жобалау және құрылыс салаларында осы СНиП қолданылып жүр.

**СНиП
II-7-81**

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
НОРМЫ И ПРАВИЛА**

Часть II

НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Глава 7

**Строительство
в сейсмических
районах**

Москва 1982

13.3-сурет
Сейсмикалық аудандарда құрылыс салу
ережелері (СНиП II-7-81)

Халықаралық сейсмикалық берік құрылыс салу одағының мәліметі бойынша, сейсмикалық аудандарда орналасқан 21 мемлекетте жоспарлау және құрылыс салу мәселелеріне арналған ресми құжаттар бар. Осы елдердің ішінде сейсмикалық жағдайы бойынша Жапония ерекше орын алады. Жыл сайын мұнда шамамен 1500-ге дейін жер сілкіністері болады. Оның кем дегенде бір-екеуі күшті сілкіністер. Сондықтан да Жапонияда сейсмикалық төзімді құрылыс салуға ерекше көңіл бөлінеді. Бұл саладағы ғылыми зерттеулер Жапонияда XIX ғасырда басталған.

Америка Құрама Штаттарында да сейсмикалық қауіпті аудандар көптеген жерлерді қамтып жатыр. Сондықтан бұл елде де сейсмикалық берік құрылыс салуға басты назар аударылады. ССРО, АҚШ және Жапония көптеген жылдар бойы сейсмикалық берік құрылыс салу саласында жетекші орын алып келеді. Сонымен қатар Үндістан, Италия, Мексика және Чили елдерінде де бұл салада тындырылған іс көп.

ТМД территориясында соңғы жылдарда болған күшті сілкіністер зардаптарын зерттеу және үйлер мен ғимараттардың конструкциялық бұзылу және қирау себептерін талқылау

қарытындыларына қарасақ, СНиП П-7-81 нормалары нұсқауларымен жобаланған үйлер мен ғимараттар, негізінен, жер сілкінісін жақсы көтеріп, сілкініске беріктік көрсетті. Бұзылу немесе қирау тек жоба нұсқаларын ескерусіз салынған конструкцияларда және құрылыс сапасының өте нашарлығынан болған.

Міне, сейсмикалық берік (жер сілкінісіне төзімді) құрылыс салу проблемасы туралы қысқаша түсініктер осындай. Бұл салада қол жеткен табыстармен қатар дүние жүзінің әр түрлі сейсмикалық аудандарындағы берік құрылыс салуда қол жеткен табыстарды бір-бірімен салыстырып, сын-талдау жасау, келешекте бұл зерттеулер нәтижелерінің одан әрі өрлеп дамуына кең жол ашары сөзсіз.

14. ЖЕР СІЛКІНУДІ АЛДЫН-АЛА БОЛЖАУ

Келешекте болуы ықтимал күшті жер сілкінісін күні бұрын болжаудың - оның орнын, күшін және дәл уақытын анықтаудың - маңызы айрықша. Осы орайда, жер сілкінуі қауіптілігі бар аудандарда тұратын әр адамның көкейінде жер сілкінуін 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.

14.1. Болжам бағытындығы зерттеулердің даму кезеңдері

Жер сілкінуі болжау саласындағы зерттеулердің даму барысы алдымен Ресей жерінде, кейін Кеңес Одағы аймағында болған күшті сілкіністермен тікелей байланысты. 1887 жылы Верный қаласында, екі жылдан кейін, 1889 жылы Шелек ауылы маңында болған жойқын сілкіністерден кейін белгілі ғалым-геологтар А.П.Орлов пен И.В.Мушкетов алғашқы рет болжам саласында арнаулы бағдарлама дайындады. Көп ұзамай, 1911 жылы, осы аймақты тағы бір күшті сілкініс - Кемін апаты дүрліктерді. Зілзала зардабын жан-жақты зерттеу үшін Ресей Ғылым Академиясының Тұрақты Орталық сейсмикалық комиссиясы арнаулы экспедиция ұйымдастырды. Осы кезде академик Б.Б.Гольцин жер сілкінісін алдын-ала болжау және сейсмикалық бақылау жүйесін ұйымдастыру саласында жаңадан ғылыми бағдарлама ұсынды. Бұл, жер сілкінуі болжау саласындағы алғашқы кезең болатын.

Келесі кезең - 1948 жылғы Ашхабадта (Түркменстан) және 1949 жылғы Хаит ауылында (Тәжікстан) болған күшті сілкіністерге байланысты. Академик Г.А.Гамбургтең

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

1966 жылы Тәшкент қаласында болған күшті сілкіністі зерттеулер нәтижесінде жер асты дүмпуінің көптеген құпияларының беті ашылып, ғылыми көпшілік болжамның жақын арада шешілу мүмкіндігіне сенгендей болды. Дегенмен, 60-ыншы жылдардың соңында 70-інші жылдардың бас кезінде болған бірсыпыра күшті сілкіністер бұл проблеманың шешілімі әлі ерте екенін дәлелдеп, ғалымдардың ынтасын кеміткендей болды.

1978 жылы СОКП-ының Орталық комитеті мен ССРО Министрлер Советі жер сілкінуін болжау саласында арнаулы қаулы қабылдады (көп ұзамай мұндай қаулы Кеңес үкіметі құрамындағы өз республикамызда да қабылданды). Бұл қаулы жер сілкінуін 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 жер сілкінуін болжау саласындағы зерттеулердің соңғы кезеңі 1988 жылы Армения жерінде болған Спитак атты апатпен байланысты. Спитак апаты бұл саладағы көптеген кемшіліктердің бетін ашып, оған болымды өзгерістер енгізбей болжам құпиясының беті бері қарай бұрылмайтындығын дәлелдеді.

Кеңес Одағы құлап, жаңа Тәуелсіз мемлекеттердің дүниеге келуі, ел арасындағы экономикалық дағдарыстар, кейінгі кезде жер сілкінуін болжау жұмыстарын кейінірек ысырып тастаған сияқты.

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

14.2. 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) негізділген. Енді осы тұжырымдарға қысқаша түсінік берелік.

14.2.1. Болжамның геологиялық негіздері

Бірнеше миллиард жылдар 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 жер сілкінісі, жанартау атқылауы және

т.б.құбылыстар - сол біртұтас эволюциялық процестің түрлі-түрлі туындылары.

Жер сілкіну дегеніміз тау жыныстары құрайтын блоктардың белгілі бір көлемде тұрақтылығын жоғалтып, жарылымдар бойымен жылжу (ығысу) салдарынан болатын құбылыс. Олай болса сілкініс энергиясы (немесе магнитудасы) сол жылжыған блоктардың мөлшеріне тікелей байланысты болады. Сондықтан, жер қыртысының құрылымын жете білу болашақ ықтимал күшті сілкіністердің болатын орнын және энергиясын (магнитудасын) бағалаудың бірде-бір нақты жолы.

Жоғарыда, 10-тарауда, 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 жер сілкіністер кез келген жерде болмай, тек қана белгілі бір геологиялық ерекшеліктері бар жерлерде болады, яғни жер беті сілкінісі жердің геологиялық ерекшелігіне тығыз байланысты. Сондықтан да "Жер сілкінуі - планетамыздың тынысы" деген бейнелі тұжырым орынды айтылған.

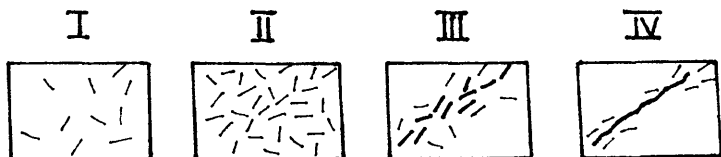
Сонымен геологиялық (тектоникалық) зерттеу жұмыстары болашақ жер сілкінуінің орны мен күшін анықтауда міндетті түрде жүргізілуі қажет, яғни бұл зерттеулер жер сілкіну қауіптілігін анықтаудың өзекті мәселелерінің бірі.

14.2.2. Болжамның физикалық негіздері

Болашақ жер сілкінуінің уақытын алдын-ала анықтау мынандай қағидаға негізделген. Жер қыртысын құрайтын тау жыныстарының физикалық қасиеттері жердің ішкі терең қойнауларында болып жатқан физикалық-химиялық өзгерістерінің әсерінен уақыт өткен сайын өзгеріске ұшырайды; бұл өзгерістер екі бөліктен тұрады - орташа фон және жер сілкінуіне байланысты ауытқу; егер ауытқу жер сілкінісінің алдында болса, оны алғышарт деп, ал сілкініспен қосарлана өрбісе, оны қосалқы әсер деп білеміз. Алғышарттардың кеңістікте және уақыт өлшемінде білінуі болашақ жер сілкінісінің магнитудасына (энергиясына) байланысты. Әдетте алғышарттар бас дүмпудің алдында әртүрлі уақыт бұрын болуы мүмкін: жылдар - айлар - тәуліктер - күндер. Осыған байланысты алғышарттар ұзақ мерзімді - орташа мерзімді - қысқа мерзімді - шұғыл (оперативті) 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 теоретикалық (механикалық-математикалық) моделдер (үлгілер) бар. Оның біріншісі, жер сілкінуінің пәрменді, тасқынды жарықшақтану теориясы деп аталады (14.1а-суреті). Бұл теорияның іргетасын негізінен Совет ғалымдары В.И.Мячкин, Б.В.Костров және т.б. қалаған.

а)



б)



14.1-сурет

Жер сілкіну ошағының үлгілері:

а-пәрменді (тасқынды) жарықшақтану үлгісі. I-тау жыныстары блоктарының біртекті жарықшақтануы; II-жарықшақтардың өзара бірігу кезеңі; III- болашақ магистралды жарылым аумағындағы жарықшақтардың ұлғаюы; IV-жарылымның бойымен блоктардың ығысып, жер сілкінуінің басталуы.

б-дилатантты-диффузиялық үлгісі. I-кернеулік жағдай; II-жарықшақтардың пайда болу кезеңі; III-жарықшақтардың жерасты суларымен толып, тау жыныстарының төзімділігі азайып, болашақ магистралды жарылымның пайда болу кезеңі; IV-блоктардың қозғалысқа келіп, жер сілкінуі басталуы.

Жер қыртысын құрайтын тау жыныстарында кез келген бағытта сағаланатын 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 бірімен - бірі өзара байланысуы арқасында үлкен жарық пайда болады. Бұл процесс өте тез жүруі мүмкін. Тау жыныстарының физикалық қасиеттері

барлық жерде бірдей емес, сондықтан да жаңадан пайда болған жарықтар болашақ жер сілкіну ошағының маңында шоғырланады да, басқа іргелес аудандардағы жарықтар жабыла бастайды, сөйтіп қоршаған ортаның физикалық қасиеттері де өзінің алғашқы табиғи калпына жақындай түседі. Келесі сәтте өте тар аймаққа шоғырланған жарықтардың біріне-бірі қосылуы нәтижесінде негізгі жарылым (магистралды) пайда болып, жер сілкінеді.

Екінші теорияны жер сілкінуінің дилатантты-диффузиялық теориясы деген атаумен негізінен американ ғалымдары тұжырымдаған (14.16-сурет). Бұл теорияның негізі мынада: жер бетінен сәл төмен тереңдіктен кейін-ақ тау жыныстары жерасты суларымен шайылып жатады. Олар тау жыныстарының жарықшақтары мен үлкенді-кішілі қуыстарын өрдейім тоғытып тұрады. Осындай ылғалды жыныстарға сығу күштері әсер еткенде олардың көлемін ұлғайтатыны белгілі. Бұл құбылыс техникада дилатансия деп аталады. Сыртқы қысым белгілі бір шамаға жеткенде көптеген жарықшақтар (микрожарықтар) ашылып, тау жыныстарының көлемі ұлғаяды. Келесі сәтте қоршаған ортада жаңадан пайда болған жарықтар мен қуыстарға су тола бастайды. Бұл орнықсыздық ішкі қысымның үлкеюіне әкеліп соқтырады да, негізгі жер сілкінуі пайда болады.

Бұл екі теорияның басты айырмашылығы мынада: егер де екінші теория жер сілкінуіне 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 жер сілкінуі жарықшақтардың (микрожарықтардың) өсуінде деп есептеледі.

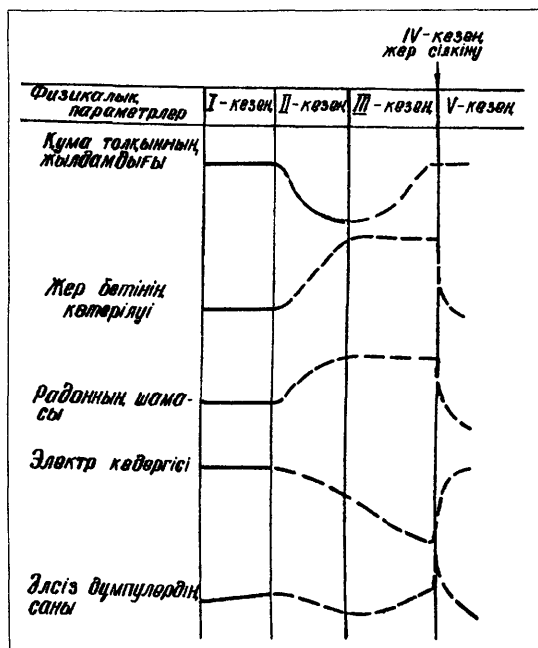
Енді жоғарыда келтірілген теориялардың жер сілкінуін алдын-ала болжау үшін берер мүмкіндіктері қандай, оларды іс-тәжірибеде қалай қолдануға болады? Ол үшін 14.2-суретке көз салайық. Онда жер сілкіну процесі пайда болуы қарсаңындағы, теориялық есептеулер бойынша, кейбір негізгі физикалық параметрлердің өзгеру заңдылықтары бейнеленген. Бұл суретке сәйкес жер сілкіну құбылысының бірте-бірте қалыптасуы 5 кезенді қамтиды. Бірінші кезеңде біркелкі жылдамдықпен серпінді деформациялар жинақталып отырады, алайда әзірше физикалық параметрлердің айтарлықтай өзгерісі болмайды. Екінші кезеңде тау жыныстарында әр түрлі жарықшақтардың пайда болу жылдамдығы өсіп, олардың беріктігі азаяды. Міне, осы кезеңнен бастап тау жыныстарының физикалық қасиеттері өзгереді. Үшінші кезеңде болашақ жер сілкіну ошағына іргелес аудандарда жарықшақтардың жабылуына байланысты (бірінші теория бойынша) тау жыныстарының физикалық қасиеттері бастапқы калпына келеді. Бұл процесс жер сілкінуіне әкеліп

соқтырады да (4-інші кезең), 5-інші кезеңде бүкіл параметрлер өздерінің бастапқы қалпына қайта келеді.

Міне, жер сілкінуін алдын ала болжаудың негізгі физикалық негізі осындай.

14.3. Жер сілкінуі алғышарттарының негізгі түрлері

Қазіргі таңда, ғылыми ізденістер нәтижесінде ашылған күшті жер сілкіністері алдында кездесетін әртүрлі алғышарттардың жалпы саны жүзден астам. Өкінішке орай, олардың жер сілкінуі уақытын алдын ала болжаудағы табыстары айтарлықтай емес, анығырақ айтқанда, дәл бүгінде осы алғышарттар арқасында нақты болжанған жер сілкінісі 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.



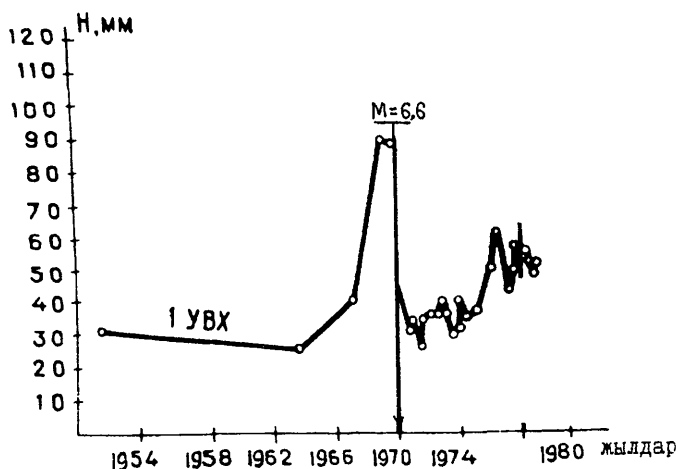
14.2-сурет

Жер сілкінуі қарсаңындағы кейбір негізгі физикалық параметрлердің өзгеру заңдылығы

1. Деформациялық алғышарттар тобы. Бұл құбылыс жер беті деңгейінің өзгеруіне тікелей байланысты. Жер сілкінуі

алдында болашақ ошақтың аумағында жарықшақтар саны күрт көбейетінін айттық. Бұл құбылыс жер қойнауындағы тау жыныстары көлемінің ұлғаюына, ал мұндай өзгерістер жер деңгейінің аз да болса өзгеруіне әкеліп соқтырады. Осындай өзгерістерді арнаулы геофизикалық аспаптармен, атап айтқанда, наклономер (жер бетінің көлбеу 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 $M=7,5$ Ниигата жер сілкінісінің алдында байқалған. Жер сілкінуі эпицентріден 0-50 км аралықта орналасқан геодезиялық реперлер 1940-ыншы жылдардан бастап өте зор жылдамдықпен жоғары көтеріліп, 1960 жылы оның шегі 12 сантиметрге жеткен. Онан кейін біраз уақыт бойы бір қалыпта тұрып, 1960 жылғы сілкіністен кейін 12-20 сантиметрге қайтадан төмен түскен.

Тағы бір мысал ретінде 1970 жылғы Қырғызстанда болған магнитудасы $M=6,6$ Сарықамыс жер сілкінісінің алдындағы Алматы маңындағы геодезия торабынан алынған мағұлматтарды келтіруге болады. Бұл мағұлматтар бойынша кейбір геодезиялық реперлер 1964-1970 жылдары 60 миллиметрге дейін жоғары көтеріліп, сілкіністен кейін өздерінің бастапқы қалпына келді (14.3-сурет).



14.3-сурет

1970жылы 5 маусымдағы Сарықамыш жер сілкінісі алдында Алматы маңындағы геодезия торабының өзгерісі (1УВХ репері)

Жер беті деңгейінің мұндай өзгерістері кей кезде жер сілкініссіз 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 сілкіністер алдында сол болашақ сілкініс аймағында әлсіз және күші орташа дүмпулер санының күрт өзгеруін айта кеткен жөн. Бұл параметрдің өзгеру заңдылықтары туралы дүниежүзілік іс-тәжірибеде мәліметтер жетерлік. Әдетте күшті жер сілкінісі алдында яки біраз уақыттар бұрын форшоқтардың (алғы дүмпулердің) саны өсіп, олар болашақ жер сілкінуі ауданына шоғырлана бастайтыны байқалса, кей кезде олар тек қана жер сілкінісі алдында ғана пайда болады. Форшоқтардың пайда болуы Қытай провинциясы Ляонинде 1975 жылы болған жер сілкінісін алдын ала болжауға мүмкіншілік туғызды.

Тағы бір мысал. 1976 жылы 6 мамырдағы Фриули (Италия) жер сілкінісінен 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 М-6,0 бұл сілкініс көп ұзамай, яғни 1976 жылдың 15 қыркүйегінде болды. Ескертуге сөйсек тұрғындардың берік үйлерге және шатырларға көшіп үлгіргеніне байланысты бұл сілкіністе адам өлімі болмаған.

Көп жағдайда болашақ жер сілкінісі ошағы маңында күші орташа жерасты дүмпулер саны күрт азаяды. Ондай аудандар сейсмикалық тыныштық аймағы деп аталады. 1978 жылы болған магнитудасы М-7,5 Мексика жер сілкінісінің ықтималдығы осы алғышарт бойынша алдын ала болжанған.

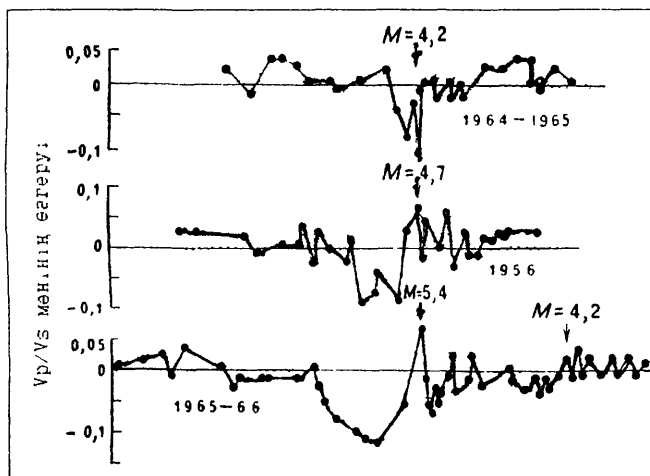
Бұл топтағы маңызды алғышарттардың екінші бір түрі - сейсмикалық толқындар жылдамдығының күшті жер сілкінісі алдында өзгеруі. Мұндай өзгерістер, бір жағынан, лабораториялық тәжірибе жүзінде анықталса, екінші жағынан табиғи эксперименттер арқылы дәлелденіп отыр. Шынында да егер жер сілкінісі алдында радиусы 20 км аймақта кума толқындардың таралу жылдамдығы 10 процентке 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 Кеңес үкіметі кезіндегі белгілі сейсмолог-ғалым И.Л.Нерсесов ашқан. Бұдан кейін бұл алғышарттар Америка, Жапония және т.б. елдердің ғалымдарының жан-жақты тексерістерінен өтіп, көптеген жағдайда кума толқын

жылдамдығының жер сілкінісі алдында 14.4-суретте көрсетілгендей түрде өзгередіні 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 жер сілкінісі болатыны туралы болжау жасаған. Магнитудасы 2,5-ға тең жер сілкінісі екі күннен кейін айтылған ауданды дүр еткізген.

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

Өкінішке орай, кейінгі жылдары жүргізілген тәжірибелер нәтижелері (Ресейдің Қиыр Шығысында, Тәжікстанның Фарм аймағында, Қазақстанның



14.4-сурет

Қума толқын жылдамдығының жер сілкінісі алдында өзгеруі (Тәжікстанның Фарм ауданы)

Алматы маңында), қума толқын жылдамдығының мұндай өзгерістері табиғатта өте аз мөлшерде болатынын анықтап отыр. Ғалымдар мұның себебі тау жыныстары 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 жер сілкінісін болжау саласында кең қолданылып жүр.

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

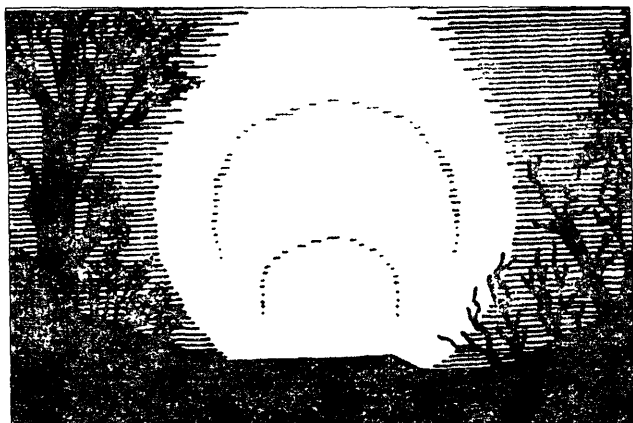
4. Электрлік алғышарттар тобы тау жыныстарының электр өткізгіштік қабілетінің өзгеруінен туындайды. Ылғалды тау жыныстары үлкен қысыммен сығылуы нәтижесінде сынуы яки жарықшақтануы алдында олардың электр өткізгіштік қабілетінің өзгеретіні лабораториялық тәжірибелер арқылы дәлелденген. Соңғы кезде бұл 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 сілкіністер алдында тау жыныстарының электр өткізгіштік қасиетінің азаятыны мәлім болды.

5. Электромагниттік алғышарттар тобына атмосферадағы жарқырау, атмосфералық электр потенциалының ауытқуы, тау жыныстарының электромагниттік сәуле шығаруы және т.б. құбылыстар жатады. Мұндай құбылыстар жер сілкінісі алдында тек қана болашақ сілкініс ошағының аумағында емес, сонымен қатар, атмосфераның жоғарғы қабаттарында кездесетіні мәлім болып отыр.

Жер сілкінуі алдында атмосферада пайда болатын электр жарқылдары туралы мәліметтер өте ерте кезден ақ белгілі. 1911 жылғы Германияда болған жер сілкінісі алдында бұлтсыз аспанда отты шарлар ойнаған. 1940 жылы 9 баллдық Карпат жер сілкінісі кезінде аспанда электр оттары жарқылдаған. 1960 жылғы Чили апаты кезінде эпицентр маңындағы тау бастарында от жалыны байқалған. 1966 жылғы Тәшкент жер сілкінісі алдында қала үйлері үстінде өте үлкен шырақ жанып тұрғандай болып (14.5-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 табиғатта өте көп кездеседі. Кейбір жер сілкіністері алдында атмосферадағы электр өрісінің кернеуі өсіп, электр құйынының пайда болуы арнаулы приборлар арқылы да жызылып алынған. Ғалымдар бұл құбылыстарды жер қойнауына жиналған сейсмикалық энергияның пьезоэлектрлік эффект күшінің әсерінен және ауаның электр өрісіне айналуынан деп болжайды.

6. Гидродинамикалық алғышарттар тобына жерасты суының деңгейі мен температурасының және су қабаты қысымының сілкініс 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 сілкіністер алдында кездесіп жүр.



14.5-сурет

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

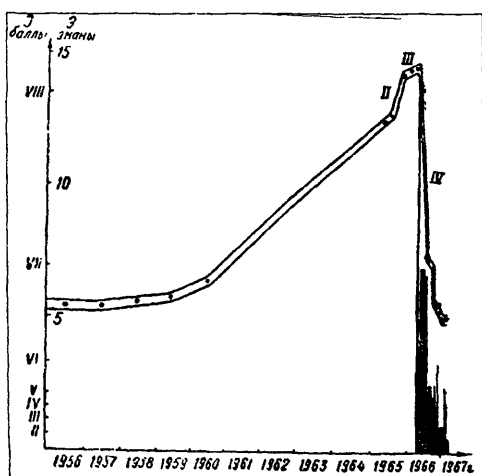
7. Геохимиялық алғышарттар тобына судың химиялық құрамының және су құрамындағы инертті газдардың (радон, аргон, гелий) мөлшерлерінің сілкініс алдында өзгеруі жатады. Бұл құбылысқа 1966 жылғы Тәшкент жер сілкінісінен кейін арнайы көңіл бөлінді. Зерттеушілер Тәшкент маңындағы бұлақтарда радон газы мөлшерінің 1961 жылдан бастап көбейе бастағанын көрсетеді (14.6 - сурет): 1965 жылдың ортасында радон мөлшері өзінің қалыпты шамасынан екі еседен астам көбейді, одан жер сілкінісіне дейін бір шамада тұрды да, жерасты дүмпуінен соң өзінің көп жылдық қалпына қайтадан келді. Тап осындай заңдылық 1968 жылғы Дағыстан, 1970 жылғы Сарықамыс (Қырғыз Республикасы) т.б. жер сілкіністері алдында да қайталанды.

Мамандар бұл заңдылықты жер сілкінісі алдында көптеп пайда болатын жарықшақтармен ұштастырып отыр. Өйткені жарықшақтардың көбеюіне сәйкес жерасты суларының жан-жаққа тарауына жол ашылып, олар тау жыныстарының көптеген қуыстарында жиналған әр түрлі газдарды ерітеді. Міне, осының

өсерінен жерасты суларындағы газдардың қалыпты мөлшері өзгереді. Әрине, бұл өзгерістер болашақ сілкініс ошағы аумағының геологиялық құрамына, жерасты сулы беткейлерінің 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.

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

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



14.6-сурет

Төшкент жерасты суының құрамындағы радон газының сілкініс алдындағы өзгерісі

Жер сілкінісі 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 сыяқты уақиғалардың куәсы болған. Тіптен көптеген адамдар өздерінің төрт аяқты достарының арқасында ғана жер сілкіну зардабынан аман қалғандарын жазып қалдырып кеткен. Мәселен, Ашхабад

қаласының тұрғыны Любовь Гриц былай деп жазады: "Сол кеште мен ерте, террасада ұйқыға жатып қалдым. Жер сілкінісінен бір сағат бұрын итімнің мазасызданып үрген, қансылаған 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 жер сілкінісі алдында бірнеше қариялар қала баспыларына келіп жақын арада жер сілкінісі 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 баспыларының өз аузынан есітіп, бізге жеткізді.

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

1887 жылғы Верный (Алматы) жер сілкінісі 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 жер сілкінісінің 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 жер сілкінуі алдында емес, жерасты дүмпуі кезінде пайда болуы мүмкін деп ойлайды. Өйткені, осы алғышарт жер сілкінуі алдында өте қысқа уақытта ғана (бірнеше сағат) пайда болады екен.

Дегенмен, бұл мәселеге соңғы кезде көп көңіл бөлініп отыр. Мысалы, Жапон ғалымы Я.Суэхиро көп жылдарғы ізденістің арқасында балықтар мен суда өмір сүретін көптеген бақшаяндардың қам-қаракетінің жер сілкінісі алдында өзгеру заңдылықтарын тапқан. Бұл мағұлматтарды ол өзінің "Балықтар және жер сілкінісі" деген кітабында келтірген. Осы мағұлматтарға 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, насекомдардың, құстардың және басқа жануарлар-

дың жер сілкінісі 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 жер сілкінісі 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 жер сілкінісін алдын ала болжаудың бионикалық әдісін жоққа шығарып отырған жоқ. Әрине, бұл ізденіске тек қана сейсмологтар ғана емес, басқа да, атап айтқанда биология, биофизика, этология, ихтиология сыяқты т.б. ғылымдардың өкілдері де ат салысуда.

Америка ғалымдары жоғарыда айтылған Палмдейл (Калифорния штаты) маңындағы болашақ жер сілкінісін болжау мақсатымен әр түрлі тышқандармен табиғи тәжірибелер жүргізуде. Осындай мақсатпен Жапон қаласы Шибада ерекше зоологиялық бақ құрылған. Онда ғалымдар жер сілкінісін алдынала 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 жер сілкіну ошағында жүріп жатқан физикалық құбылыстармен байланысты екені даусыз. Бірақ қайсысымен? Бұл әзірше белгісіз. Тірі организмдердің жерасты дүмпуі алдындағы физикалық тітіркендіргіш ретінде мына себептер көп айтылады: жердің элетромагниттік 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.

14.4. Алғышарттарды зерттеу әдіснамалары (методологиясы)

Жоғарыда келтірілген алғышарттардың бас дүмпу алдында біліну уақыты және білінетін ара қашықтықтары әртүрлі. Төменде, 14.1- кестеде осы алғышарт топтарының сілкініс алдында біліну уақыттары мен олардың кеңістікте таралу шамалары беріліп отыр.

**Алғышарттарының сілкініс алдында біліну уақыттары мен
кеңістікте таралуы**

Алғышарт тар тобы	Біліну уақыты				Кеңістікте таралуы			
	Ұзақ мерзім- ді, жыл- дар	Орта мерзім- ді, айлар	Қысқа мерзім- ді күндер	Шұғыл (сағат тар)	Кен өрісті (nх1000 км)	Орта өрісті (nх100 км)	Кіші өрісті (nх10 км)	Жергі лікті <10 км
Деформация	-	+	+	+	+	+	+	+
Сейсмика.	+	+	+	+	-	-	+	+
Геомагнит.	-	-	+	+	-	-	+	+
Гравитация.	-	-	+	+	-	-	+	+
Электромаг- ниттік	-	-	-	+	-	-	-	+
Гидрогео- химиялық	-	+	+	+	+	+	+	+
Метерология	-	+	+	+	-	+	+	+
Биология.	-	-	+	+	-	-	+	+

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

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

$$LgT = 0,76 M - 1,83$$

мұндағы Т - алғышарттың пайда болу уақыты (күн есебімен), М - болашақ жер сілкінісінің магнитудасы. Бұл формула бойынша магнитудасы М-6,6 жер сілкінісі үшін алғышарттардың пайда болу уақыты шамамен 1500 күн болса, магнитудасы М-8 жер сілкінісі үшін ол ондаған жылға тең.

Жерасты дүмпулерінің өте қысқа мерзімді алғышарттары болуы мүмкін. Оперативті яғни шұғыл деп аталатын бұл

алғышарттардың пайда болу уақыты бірнеше сағаттармен ғана өлшенеді.

Тағы бір айтатын заңдылық - болашақ сілкініс магнитудасы өскен сайын алғышарттар байқалатын аймақтың көлемі де өсе беретіндігі (14.1-кестеге назар аударыңыз). Мысалы, магнитудасы М-5,0 жер сілкінісі үшін алғышарттар пайда болатын аймақтың ұзындығы шамамен 10 км-ден аспайтын болса, магнитудасы М-8,0 жер сілкінісі үшін мұндай аймақтың ұзындығы бірнеше жүздеген км-ге жетеді.

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

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

Ал енді қысқа мерзімді болжау дегеніміз әрбір күшті жер сілкінісінің күшін, орынын және уақытын алдын-ала аса дәлдікпен анықтау. Бұл салада АҚШ, Жапония, Қытай, ТМД мемлекеттерінде арнаулы бағдарламалар қабылданып, жан-жақты зерттеулер жүргізіліп келеді. Осы зерттеулер нәтижесінде жерасты дүмпуінің көптеген құпияларының беті ашылды. Сонымен қатар бұл зерттеулердің қортындылары қысқа мерзімді және шұғыл болжамның қазіргі таңдағы іс-тәжірибеде шешілімін таппай отырғандығын дәлелдеп отыр. Өйткені, жер сілкінуін қысқа мерзімге немесе шұғыл түрде болжаудың ең басты қиындығы оған өте қатаң талаптар қойылуынан туындайды. Болашақ жер сілкінісінің болатын орыны, күші және басталу уақыты аса дәлдікпен анықталуы қажет. Олай болмаған жағдайда жер сілкінуі мүмкін деген аудан үшін мұндай болжам 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 азайту. Ол үшін жер сілкінуінің дәл уақыты өте жоғары дәлдікпен анықталуы қажет. Бұл дер кезінде өндіріс орындарын тоқтатып, халықты қауіпсіз аудандарға көшіруге және т.б. сақтық шараларын қолдануға мүмкіндік береді. Өкінішке орай, жерасты дүмпуін болжаудың мұндай әдісінің әлі

де болса жоқ екенін анық та айқын түрде айтқан жөн. Қазіргі таңда жерасты дүмпуін қысқа мерзімге немесе пұғыл болжаудың қолда бар әдістерінің дұрыс болжам беру ықтималдығы 10-20 проценттен 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 пұғыл 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.

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

Бұл мәселенің шешімі бүгінгі таңда ғылыми жорамал дәрежесінде ғана қалуда. Ол үшін сілкініс болады деген аймақта терең ұнғымалар бұрғыланып, оған үлкен қысыммен су айдауға немесе сол ұнғымаларға қомақты 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 бүркеліп жатқан талай құпиялардың беті ашылғаны белгілі. Сондықтан да болашақта жер сілкіну апатының өзіміз талай бақылаған ай немесе күн тұтылу сияқты онша зиянсыз құбылысқа айналу мүмкіндігін жоққа шығаруға болмайды.

15. ПЛАНЕТААРАЛЫҚ СІЛКІНІСТЕР

Жер бетінің сілкіну тарихы оның планета болып жаралуынан басталса керек, яғни бұл құбылыс миллиардтаған жылдар бұрын да болған болуы керек. Кейінгі кезде, ғарыш кеңістігін жан-жақты зерттеулер нәтижесінде Күн жүйесі планеталарының бетінде де, Жер планетасы бетіндегі сыяқты, жүздеген шақырымға созылған жарылымдардың бар екендігі анықталып

отыр. Мәселен, астроном М.Я. Маровтың топшылауынша мұндай жарылымдардың (тіке жар төрізді) Меркури планетасындағы ұзындығы 20 км-ден 500 км-ге, ал биіктігі (тік жардың) 1-2 км-ге жететін көрінеді.

Ұзындығы жүздеген, ені ондаған, тереңдігі бірнеше километр мұндай жарылымдар Марс планетасында да байқалып отыр.

Ғалымдардың шамалауынша бұл жарылымдар осы планеталардағы тектоникалық қарқындылықтың нәтижесі, олай болса олардың сейсмикалық тарихы да алуан апаттарға бай деген қорытынды шығаруға болады. Кейінгі кезде осындай жорамалдардың пынында да расталып отыр. Енді соған тоқталайық.

15.1. Ай сілкінісі

1969 жылдан бастап Ай планетасына Америка Құрама Штаттары "Апполон-12,14,15,16,17" ғарыш кемелерін қондырғаны мәлім. Осы кемелердің көмегімен ғалымдар Ай бетіне арнаулы сейсмоқабылдағыштар орнатып (бес орынға), олардан алынған геофизикалық мағұлматтар Жерге радиоканалдар арқылы жіберіліп отырды. Осы мәліметтерді өңдеу нәтижесінде жылына Айда 600-дан 3000-ға дейін ай сілкіністері болатыны анықталып отыр.

Жағарыда біз жер беті сілкінісі жер қыртысының үнемі қозғалыста болып, осы қозғалыстар әсерінен пайда болатын жарылымдарға байланысты екенін білдік. Ал кейінгі деректерге сәйкес, Ай планетасында плиталар қозғалысы немесе жанартау атқылауы болмағанға ұқсайды. Ғалымдар тұжырымдарына сәйкес, Ай планетасы бірнеше миллион жылдар бойы аспан денелері арасында ең енжар (тіпті өте аз қозғалыста болған) планеталардың бірі деп есептелінеді. Олай болса, Айда бір жылдың ішінде соншалық сілкіністер болуы біз үшін таңқаларлық жаңалық болды.

Алынған мағұлматтарды (сейсмограммаларды) жан-жақты талдай келе ғалымдар мынандай қортындыға келіп отыр.

1. Ай сілкінісінің басым көпшілігі әлсіз (адам сезбейтін), олардың магнитудасы $M < 2$.

2. Ай сілкінісі және жер сілкінісі сейсмограммаларының бір-бірінен айырмашылықтары көп: күнделікті көзіміз үйренген жер сілкінісі сейсмограммасында жазылған тербелістің ұзақтығы бірнеше минут шамасында болса, ай сілкінісі жазылған сейсмограммадағы тербеліс ұзындығы - бір сағатқа дейін созылады; ай сілкіну сейсмограммасында көлденең және беткей толқындар әлсіз немесе нашар жазылады.

3. Ай сілкінісі сейсмограммаларын өңдеу нәтижесінде жазылған сілкіністердің параметрлері анықталып, олардың

кейбір ерекшеліктері табылды. Атап айтқанда, ай сілкіністері ошақтарының тереңдігіне байланысты үш топқа бөлінеді:

1- тереңфокусты сілкіністер, олардың сілкініс ошақтарының тереңдігі $H = 600-900$ км (айдың радиусы 1740 км-ге тең);

2 - қалыпты сілкіністер, олардың саны тереңфокустыларға қарағанда әлдеқайда аз;

3 - ай бетіне түскен ауыр заттардың әсерінен болған сілкіністер (метеориттер немесе ғарыш кемелерінің кейбір бөлшектері).

Ай сілкіну сейсмограммаларын жан-жақты зерттеу арқылы Айдың құрылымы туралы кейбір мәліметтер алынып отыр: ай қойнауының басым көпшілігі қатты тау жыныстарынан тұрады. Ай қыртысының қалыңдығы шамамен 60 км, онан 1000 км тереңдікке дейін қатты мантия, ал одан төмен айдың орталық ядросы орналасқан.

15.2. Марс сілкінісі

1976-ыншы жылы Америка Құрама Штаты ұшырған "Викинг-2" ғарыш кемесі Марс планетасына сейсмоқабылдағыш жеткізді. 1977-інші жылдың қыркүйек айына дейін алынған мағұлматтарды өңдеудің нәтижесінде, осыншама уақыт ішінде (бір жыл шамасында) тек қана бір Марс сілкінісі тіркелгені белгілі болды. Бұл мағұлматтар Марс планетасында сілкініс қарқындылығы өте төмен екендігін көрсетеді. Дегенмен бұл планетада сілкініс қауіптілігі тіпті жоқ деп нәтиже шығару әзірше ертерек.

Сонымен әзірше Күн жүйесі планеталарының арасында сілкініс қауіптілігі зерттелген осы үш планета болып отыр.

16. ЗІЛЗАЛА АПАТЫНАН САҚТАНУ ШАРАЛАРЫ

16.1. Жалпы түсінік

Жер сілкінуі зардабының ауыртпалығы ең алдымен жергілікті үкімет құрамындағы арнаулы құтқару қызметтерінің осы табиғи апатқа қарсы әзірлігіне, халықтың жаттығу дәрежесі мен әр адамның зілзала апатынан сақтану шараларын білу деңгейіне тікелей байланысты екенін естен шығармаған жөн. Бір мысал келтірелік. Көше толған автомашиналардың адам өміріне қауіптілігі көпшілікке белгілі. Тек қана арнаулы ережелермен танысып, оларды сөзсіз орындау ғана, сол қауіптілікті барынша азайтуға көмектеседі. Нақ осы сияқты, зілзала апатының зардабын неғұрлым азайту үшін, одан сақтану шараларымен толық таныс болу өте маңызды шарттардың бірі.

Әлемдегі ең қауіпті аймақтың бірі Жапония, онда жылына ондаған миллион доллар қаражат күшті сілкіністің зардабын азайту жолында халықты оқып-үйретуге және жаттығу жұмыстарын ұйымдастыруға жұмсалатын көрінеді. Бұл шаралардың нәтижесі айдан анық болып отыр. 1923 жылғы Токио сілкінісі мен 1995 жылғы Кобе сілкінісі аралығында зілзала зардабынан бұл аймақта 16727 адам қаза болған. Олардың 96 %, яғни 16017 адам 1923-1940-ыншы жылдарда болған сілкіністер әсерінен қаза болса, тек 4 %-і ғана кейінге 1950-1990 жылдары болған зілзала апаттарының үлесіне тиеді екен. Бұл Жапон үкіметінің осы проблеманы шешуде мемлекеттік дәрежеде аса көңіл бөлінуінің дәлелі болады.

Күшті жер сілкінісі жер беті тербелісі ғана емес, әсіресе оның қосалқы құбылыстарымен қауіпті. Олар мыналар: тұрғын үйлер мен құрылыстардың зақымдануы немесе қирап құлауы; өрт шығуы; қар және тас-топырақ тасқыны, тауда көшкіндер пайда болуы; жер бетінде жарықтар шығып, жер бедерінің өзгеруі; өмірлік маңызды қызымет жүйелерінің бүлінуі; індет аурулар шығуы; өндіріс орындары қысқарып, экономикалық қалыпты жағдайдың бұзылуы.

Сонымен, жер сілкінісінің құпияларымен жан-жақты танысып, онан сақтану шараларын жете білу - жер сілкінісі қауіптілігі бар аймақтарда қоныстанған көпшілікке ортақ іс.

16.2. Сақтану шаралары

Жер сілкінісі зардабын азайтудың ең басты алғышарттарының бірі - алдын ала, жер сілкінісіне дейін, сілкініс кезінде және сілкіністен кейін өзіңізді және жанұяңызды аман сақтап қалу үшін істейтін іс-қимылыңызды, амал-айлаңызды ерте бастан ойластыру. Сонда ғана апатты жағдайда сіздің асып-саспай әрекет жасауыңызға мүмкіншілік бар.

16.2.1. Жер сілкінісіне дейін:

- адам жүретін жерлерді, дәліздерді, баспалдақтар мен есік маңайларын мүліктермен немесе басқа заттармен жауып қоймаңыз;

- шкафтарды, сөрелерді, биік жиһаздарды, ілулі айналарды қабырғаға мықтап бекіту керек; ауыр заттарды үстінгі сөрелерге қоюға болмайды;

- тез жанғыш және улы заттарды міндетті түрде құлап төгілмейтін жерге қойған дұрыс;

- жер сілкінуі болмай тұрып жаттығу сабақтарын жүргізіп, әрбір адамға жедел көмек жасау тәсілдерін, үй ішінде болуы ықтимал кішігірім өрт көздерін сөндіруді үйренген дұрыс.

Әсіресе, адамды ауыр зат басып қалғанда жасайтын іс-әрекетке баса көңіл бөліңіз;

- электр жүйелері мен газ құбырларының жұмысын үнемі тексеріп отырыңыз. Электр ажыратқыштың, газ құбырларының шүмектері қай жерде орналасқанын және оларды ағыту және жабу тәсілдерін әрбір жанұя мүшесі білу қажет;

- сілкініс кезінде қауіпті және қауіпсіз деген орындар (әрбір бөлмеде) алдын-ала белгіленгені дұрыс. Ең қауіпті орындар: жоғарғы қабаттардағы пәтердің бұрыш жақтағы бөлмелері, сыртқы қабырға жақтағы үлкен терезе маңы мен іштегі терезеленген қабырғалар. Адамға қорған болады-ау дейтін (қауіпсіз) орындар: үлкен тіреулердің маңы, белағаш өтетін жерлер, есіктердің маңдайшаларының асты, керуеттің және столдың асты;

- төсектер мен керуеттер үлкен терезеге тақалып тұрмасын. Төсектің үстінде шкафтар мен сөрелер ілінбегені жөн;

- жедел дәрігерлік жәрдем аптекасы, батареямен жұмыс істейтін жарық көзі мен радиоқабылдағыш оңай жерде тұрсын;

- әр отбасында ең кемі 3-5 күнге жететін тамақ және таза ауыз су қорлары әрқашан дайын тұруға тиіс (үйде ұстайтын жануарлар туралы да ұмытпаңыз). Барлық қажетті заттар - тамақ, су, балта, пышақ, жарық көзі және т.б. - оңай жерде дайын тұрғаны жөн;

- жер сілкініс кезінде жанұя мүшелері әр жерде (қызыметте, мектепте) болуы мүмкін. Мұндай жағдайда сілкіністен кейін жиналатын орындар алдын-ала белгілегені дұрыс: 1) тұрған үйіңіздің сырт беті; 2) жақын жерде тұратын туысқандарыңыздың үйі немесе мешіт, кинотеатр маңы. Міндетті түрде, сіз тұратын қаладан (ауылдан) тыс, басқа бір қалада (ауылда) тұратын жолдастарыңыздың немесе туыстарыңыздың телефон нөмерін барлық жанұя мүшелері білуі қажет. Егер жоғарыда келіскен орындарда кездесе алмай қалсаңыз, сол телефон арқылы бір-біріңізді табуға болады.

- күшті сілкініс әрбір адам үшін қорқынышты құбылыс, әсіресе оның жасөспірім балаға деген әсері өте қауіпті болуы мүмкін. Сілкіністен кейін олардың рухани күйі өзгеріп, ұйқысы қашып, бойында қорқыныш орнауы мүмкін. Сондықтан сілкініс кезінде балаларды сөзбен, өз әрекеттеріңізбен жұбатып, жігерлендіруді ұмытпаңыз. Ал сілкіністен кейін әртүрлі әңгімемен ойын бөліп, оларға көбірек көңіл аудару қажет;

- сілкініс кезінде қираған пештер мен ошақтар (әсіресе ауылдық жерлерде) өрт пығудың бірде-бір себебі. Сондақтан олардың сілкініске төзімділігін алдан-ала тексерген жөн. Өрт сөндіргішті қауырт кезде қалай қолдануды жанұя мүшелері тегіс білетін болсын.

16.2.2. Жер сілкінісі кезінде:

Есіңізде сақтаңыз!

Жер сілкінген сәтте сіздің ой-әрекетіңіз бен іс-қимылыңызға не бары 5-10 секунд ғана уақыт қалады. Осы сәтте үрейге еркіндік беріп, абдырап-сасып қателессеңіз, арты бақытсыздыққа әкелуі ықтимал. Өзіңізді де өзгелерді де үрейлендірмеңіз!

Үйдің ішінде:

- сілкініс кезінде далаға жүгіріп шығуды немесе жер сілкінісінің аяғын үйдің ішінде күтуді пәтеріңіздің қай қабатта орналасуына байланысты шешуге тиістісіз. Егер сіз көп қабатты үйдің бірінші немесе екінші қабатында тұратын болсаңыз далаға шығуыңызға мүмкіндік бар. Далаға қашып шыққаннан кейін үйден аулақ тұрған жөн. Үшінші және онан жоғарғы қабаттардан қашып шығу қауіпті екенін естен шығармаңыз;

- жер сілкінуінен қорғанудың барлық шараларының ішіндегі ең дұрысы - абыржымаңыз, айғайлап өзіңізді және өзгелерді де састырмаңыз. Егер сіз байыпты түрде ойланып тез іс-әрекет жасасаңыз - бұл аман қалудың басты кепілділігі;

- сілкініс басталысымен үй ішіндегі қауіпсіз деген орындарға тез жетуге тырысыңыз: ішкі қабырғаның қауіпсіз тұсына, үйдің ішкі бұрышына, есік жақтауларының ортасына, тіреуіш ашалардың жанына тұрыңыз. Шкаф іші, керует пен стол асты - құлаған заттар мен опырылған сылақтардан қорғайды. Терезелер мен ауыр жиһаздардан алыс тұрыңыз;

- лифті пайдаланбаңыз;

- есіктен далаға шыққан уақытта жанталасып, бір біріңізге кедергі жасамау жағдайын ойлаңыз;

- терезеден далаға шыққан уақытта тек қана бір қабат үйдің терезесінен, не болмаса көп қабатты үйдің бірінші қабатының терезесінен шығуға болады. Оның өзінде шыныға кесіліп қалмау жағдайын ойлау керек. Жабық терезені орындықпен ұрып ашқан жөн.

Көшеде:

- үйлерден, электр бағаналарынан аулақ тұрыңыз, үзілген электр сымдарына жақындамаңыз;

- сілкініс кезінде үйге кірем деп ұмтылмаңыз.

Автомобиль ішінде:

- сілкініс басталған сәтте жүріп келе жатқан автомобилді ашық жерге дереу тоқтатқан дұрыс;

- жолаушылар аспай-саспай, байыпты түрде транспорт ішінде отырып, жер сілкінуінің басылуын күткен жөн.

16.2.3. Жер сілкінісінен кейін:

- сабыр сақтап, жағдайға баға беріңіз;
- сілкіністің қайталануы туралы жорамалдап, өсек-аяң таратпаңыз. Тек қана ресми хабарларды пайдаланып, жергі-лікті үкімет орнының нұсқауын бұлжытпай орындаңыз;
- зардап шеккендерге дереу дәрігерлік көмек көрсетіңіз;
- өрт қауіптілігіне байланысты (пештердің, газ құбырларының қирауы) шырақ, сіріңке, оттық жақпаңыз. өрт шыққан жағдайда оны сөндіру амалын іздеп, сонымен қатар арнаулы орындарға хабарлаңыз;
- мүмкіндігінше су мен газды жабыңыз, электр жүйесін өшіріңіз. Егер газ шығып жатса есік-терезелерді дереу ашып тастап, оны тоқтатуға тырысыңыз. Бұл жайлы арнаулы орындарға хабарлаған жөн;
- үй ішінен далаға шыққанда немесе жоғарғы қабаттан баспалдақпен түскенде сақ болыңыз;
- басқа біреумен пікір алысу үшін телефонмен ұзақ сөйлеспейіз. Телефон өте маңызды мәселелерді шешуге керек болуы мүмкін;
- қирап қалған немесе аса зақымдалған үйлер мен ғимараттардың ішіне кіру қауіпті екенін есіңізден шығармаңыз;
- жер сілкінісінің қайталануына дайын болыңыз. Басты сілкіністен кейінгі бір-екі сағат аралығындығы мерзім – ең қауіпті кезең болып есептеледі, бірақ сілкіністің қайталануы бірнеше тәуліктен, аптадан немесе айлардан кейін де болуы ықтимал;
- ұрылардан, тонаушылардан және басқа бұзақы жандардан бағалы заттар мен жекеменшік мүліктерді сақтау үшін милицияға немесе басқа үкімет қызметкерлеріне қолдан келгенше көмек жасаған дұрыс.

16.3. Жер сілкінуінен сақтандыру

Сақтандыру (страхование) - болашақ күшті сілкініске дайындықтың бір түрі. Біріншіден - сақтандыру полисін дайындау барысында әр адам немесе мекеме күшті сілкініс алдында қажетті сақтық шараларын оқып білуге мәжбүр болады. Екіншіден - күшті сілкініс болған жағдайда сақтандыру полисі материалдық шығынның толық немесе жарым-жартылай орнын толтыруға мүмкіншілік береді.

Зілзала апатының зардабын азайтудың ең қиын кезеңдерінің бірі- сілкініс болған жерде құтқару және қалпына келтіру

жұмыстарына жұмсалатын қаржының тез арада табылуы. Әрине бұл қаржының бір бөлігі мемлекет тарапынан (сақтық қорынан), тағы бір бөлігі жергілікті қаржы көзінен бөлінуі керек. Бұған қоса халықаралық немесе ұлттық (гуманитарлық) қорлар да (ақшалай, заттай) өз көмегін тигізеді. Дегенмен бұл қолдаулар соншалықты ауыр зардаптың аз ғана бөлігін құрай алады.

Ал апаттың зардабынан толық айығу үшін мемлекет тарапынан арнайы бағдарлама қабылданып, оның жүзеге асуы тез арада шешілуі тиіс. Өкінішке орай, мұндай шешімдердің қабылдануы және орындалуы ойдағыдай болмай келеді. Бұған мысал ретінде 1990 жылғы Зайсан (Қазақстан), 1995 жылғы Нефтегорск (Ресей) және т.б. сілкіністерге байланысты өкімет тарапынан қабылданған кейбір шешімдер осы күнге дейін орындалмай келе жатқандығын айтқан жөн. Бұған қоса бөлінген қаржыларды теріс пайдаланушылық мысалдары да жеткілікті.

Алматы маңында күшті жер сілкінісі болып, бірақ ол халық шаруашылығына айтарлықтай шығын келтірмеді делік. Бұл жағдайда зілзала апатының зардабын азайтуды қала немесе обылыс деңгейінде шешуге болады. Ал егер бұл апаттың күші өте зор болып, оның әсері үлкен аймақты қамтыса, яғни шығын айтарлықтай көп болған жағдайда оның зардабын азайтуға бүкіл мемлекеттің қоры да жетпеуі мүмкін. Міне осындай жағдайда сақтандыру механизмі және сақтандыру қоры арқылы шығынның орнын толтыру өте тиімді болуы мүмкін.

Сақтандыру жүйесі бірнеше деңгейге бөлінуі мүмкін. Бірінші деңгей - әр адамның өз басын, үй-мүлкін сақтандыруы. Екінші - мекемелер мүліктері мен өкімшілік үйлерін сақтандыру. Үшінші - қала және обылыс көлеміндегі объектілерді және олардың мүліктерін сақтандыру.

Бірінші деңгейдегі сақтандыруды шағын сақтандыру компаниялары атқарады. Ірі объектілерді (мүліктерімен қоса) сақтандыру - бұл үлкен сақтандыру фирмаларының үлесі. Ал, қала немесе обылыс құрамындағы өте маңызды ірі объектілерді сақтандыру - тек мемлекеттік деңгейде ғана шешілуі керек. Басқаша айтқанда, мемлекет күшті жер сілкінісі қауіптілігі бар аймақтарды (мүліктері мен үй құрылыстарын, тұрғын халықтың өмірін) болашақ сілкіністен сақтандыруы қажет.

Сонымен зілзала апаты болған аймақта оның зардабын барынша тез арада азайту үшін мол қаржы қажет болады. Мұндай қаржыны бірден табу тіпті мемлекеттік деңгейде де оңайға соқпайды. Бұл тұйықтан шығудың басты жолы - сейсмикалық қауіпті аймақтарда алдын ала зілзала апатынан сақтандыруды қолға алу. Әрине, сақтандыру механизмі Қазақстан заңында, атап айтқанда, "Табиғи және техногендық төтенше жағдайлар туралы" атты заңында міндетті түрде көрсетілуі қажет.

16.4. Қорытынды

Енді жоғарыда келтірілген қағидаларды ойға тоқу үшін белгілі бір оқиғаны желісін көз алдымызға келтіріп көрейік. Сіз керуетте демалып жатқанда күшті жер сілкінісі болды делік. Қанша уақыт арасында есікке жетуіңіз, оны ашып есіктің жақтаушыларының астына тұруыңыз мүмкін? Ол үшін керуеттен есікке баратын жолыңызды ойға елестетіңіз. Жолдағы әрбір кедергіге кездескенде бір саусағыңызды жұмып белгі жасаңыз. Әрбір кедергіні айналып өту немесе жолдан алып тастау үшін ең аз дегенде 3 секундтай уақытыңыз кетеді. Бұған есікті ашуға және ілулі тұрған арқаға асатын дорбаңызды алуға кететін уақытты қосыңыз. Сонымен, барлық кеткен уақытыңыздың қосындысы 15-20 секундтан асатын болса, онда өзіңізге "2" деген баға қойып, жаттығуды қайтадан ойластыруға тура келеді.

Ең алдымен, жолда кездескен кедергілердің тізімін жасап, олардан қалай құтылу немесе басқа жерге көшіру жолын іздеңіз. Сосын жаттығуды қайталап, қажет уақытты тағы да бағалаңыз.

Ойымызды одан әрі жалғастырайық. Есікке тез арада жеттік делік. Ал енді есіктің құлпының ашылуы қалай? Қараңғыда (күшті сілкініс кезінде электр жарығы өшіп қалатынын ұмытпаңыз!) кілтті тез арада тауып, құлыпты ашуға бола ма? Ол үшін де алдын-ала жаттығу қажеттігін ұмытпаңыз.

Енді есік маңайына және дәлізге көңіл аударыңыз. Сілкініс кезінде құлап, Сізге кедергі жасайтын заттарды бекітудің немесе басқа жерге ауыстырудың жолын іздеңіз. Есік алдындағы аяқкіім салынған сөрелер де кедергі болмай, тиісті орнында тұруы қажет.

Кейінгі кезде үй жиһаздары арасында жылжымалы столиктер, телефондар және видео-аудиоаппараттар тұратын тумбалар көптеп кездеседі. Жатар алдында олардың белгілі бір орындарда (сізге кедергі жасамайтындай) тұруын тексеріңіз, ал сілкініс бола қалған жағдайда олар орындарынан қозғалып, сіздің жолыңызды бөгемейтін болсын.

Үйдегі кітапхана - әрбір отбасының мақтанышы. Кітаптар мен сөрелер сілкініс кезінде құлап жолды бөгемеу үшін, полкалар жабық күйінде болуы және қабырғаға жақсы бекітілуі тиіс.

Сонымен тағы бір рет жасаған тізіміңізді тексеріп, сілкініс кезінде жолыңыздың ашық болуына көз жеткізіңіз.

Осылайша әрбір бөлмедегі өзіңіздің отырған (жатқан, тұрған) орныңыздан есікке қарай немесе бөлменің қауіпсіз орнына қарай жүретін жолды тексеріп шығыңыз. Бұл бөлмелерден бір уақытта бірнеше отбасы мүшелері есікке қарай жүретінін ұмытпай, бір-біріңізге кедергі жасамауды ойластырыңыз.

Әрбір жанұя мүшесі алдын-ала сілкініс кезінде жүретін өз жолын осылайша тексеріп шығуы қажет. Егер отбасында

жасөспірім бала болса, Сіз алдымен баланы жатқан жерінен алып, сосын ғана есікке қарай бет аласыз, яғни жүретін жолыңыз біршама өзгереді.

Міне, осылайша жоғарыда айтылған ережелер мен қағидаларды ойға тоқып, дұрыс қолданған жағдайда зілзала зардаптарын жеңілдетуге әбден болады.

Қазірде үкімет тарапынан жер сілкіну зардаптарын азайту бағытында ірі қалаларда (атап айтқанда Алматы қаласында) жан-жақты жұмыстар жүргізілуде: жер сілкіну қауіпі бар аймақтарда сейсмикалық қызыметті күшейту, жоғары сапалы берік құрылыс салу, ертеректе салынған тұрғын үйлердің, мектептер пен бала бақшаларының, ауруханалардың, әртүрлі мәдени орындардың жер сілкіну әсеріне төзімділігін күшейту, тұрғын халық арасында жаттығу сабақтарын жүргізу және т.б. сақтану шаралары. Бұл аталған шаралар зілзала апатының ауыртпалығын азайтудың басты жолы.

КЕЙБІР ТЕРМИНДЕРДІҢ ҚЫСҚАША СӨЗДІГІ

АКСЕЛЕРОГРАФ – сілкініс кезінде жер беті тербелісінің үдеуін тіркейтін арнаулы аспап.

АНОМАЛИЯ - қалыпсыздық, қалыпты жағдайдан ауытқу деген ұғымды білдіретін термин.

АСТЕНОСФЕРА (грек.asthens-әлсіз, осал, shaira-шап) - жоғарғы мантияда орналасқан біршама жұмсақ қабат. Мұнда тау жыныстарының тұтқырлығы мен сейсмикалық толқындардың таралу жылдамдығы төмен дәрежеде болады.

АФТЕРШОК (ағылшын after - соңғы, shok - дүмпу) - күшті жер сілкінісінен кейін осы ауданда болатын күші біршама әлсіз жерасты дүмпулері.

БЕЛСЕНДІ ЖАРЫЛЫМ - ежелгі кезде немесе голоцен уақытында (геологиялық жылнама бойынша) тау жыныстары блоктарының өз бойымен әрлі-берлі үйкелене жылжуын қамтамасыз ететін, уақытында жер сілкініс ошақтары болған жарылым.

БЕНЬОФФ БЕЛДЕМІ - сілкініс эпицентрлері шоғырланған, қалыңдығы оншақты километрге тең, жер бетінен жер қыртысының астына қарай сұғына орналасқан еңсіз белдем.

БЕТКЕЙЛІК СЕЙСМИКАЛЫҚ ТОЛҚЫНДАР - жер бетін жанай таралатын сейсмикалық толқындар. Олардың таралу жылдамдығы қума және көлденең толқындарға қарағанда әлдеқайда аз. Әдетте беткейлік толқындар екі түрде кездеседі: Лява (Q) және Релей (R) толқындары.

ГЕОЛОГИЯ - Жер планетасының құрылысын, құрамын, жаралуын және даму заңдылықтарын зерттейтін ғылым.

ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ҚАТПАРЛАР - шөгінді және метаморфиялық тау жыныстары 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: антиклиналды (оң қатпарлар - дөңестігі жоғары қарай) және синклиналды (теріс қатпарлар - дөңестігі төмен қарай) иілімдер олардың басты түрлері.

ГЕОСИНКЛИНАЛЬ, ГЕОСИНКЛИНАЛЬДЫҚ ОБЛЫС - жер қыртысының тектоникалық белсенділігі жоғары, шөгінді тау жыныстарының қалың қабатымен сипатталатын магматизм процессінің де қарқынды болуымен ерекшеленетін ауқымды аймақ.

ГЕОФИЗИКА - жер геосфераларында және оның ядросында етек алған физикалық құбылыстар мен процесстерді зерттейтін ғылым.

ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ӨРІС - жердің түрлі-түрлі физикалық өрістері, мәселен Жердің магнит өрісі, электромагнит өрісі т.с.с.

ГЕРЦ - тербеліс жиілігінің өлшем бірлігі.

ГИПОЦЕНТР (ФОКУС) - сілкініс кезінде жер қойнауында сейсмикалық толқындардың бастау алатын нүктесі (орны). Осы нүктеден (орыннан) сілкініс ошағында жырттылыс басталады.

ГОДОГРАФ - сейсмограммада жазылған толқындардың гипоцентрден сейсмикалық станцияға дейінгі таралу уақытының ара қашықтығымен байланысын көрсететін график.

ДЕФОРМАЦИЯ (лат. *deformatio* - ақаулану, бұрмалау, өзгеру) - денелердің геометриялық нысанының өзгеруі (серпінді деформация).

ДИЛАТАНСИЯ - жер қыртысындағы серпінді немесе серпіңсіз өзгерістерге байланысты тау жыныстары көлемінің өсуі.

ЖАНАРТАУЛАР - жер қойнауынан жарықтар арқылы көтерілген магмалардың жер бетінен көрініс беру орны.

ЖАНАРТАУЛЫҚ ЖЕР СІЛКІНІСТЕРІ - жанартау атқылау әрекеттеріне байланысты болатын жер сілкіністері. Мұндай сілкіністер белгілі бір жанартаулық белдеулерге сәйкес келеді.

ЖЕР - күн жүйесінің планетасы. Жердің Күннен айналу қашықтығы орта есеппен $149,5 \times 10^6$ км, айналу периоды 365,256 жұлдыздық тәулік, орбитадағы қозғалу жылдамдығы 29,76 км/сек.

ЖЕР ЖАРЫҒЫ - тау жыныстарының тұтас біркелкілігін бұзған тектоникалық жік. Сілкініс кезінде жарықтың екі жағы өзара қарама-қарсы ығысады. Ығысу мөлшері сантиметрден (өлсіз сілкіністер) тіпті километрге (жойқын сілкіністер) дейін жетуі мүмкін.

ЖЕР ҚЫРТЫСЫ - жердің ең жоғарғы қатты қабаты. Оның қалыңдығы құрлықтарда 30-40 км, таулы аймақтарда 50-70 км, ал мұхиттардың астында 10-20 км болады. Жер қыртысы үш қабаттан тұрады: жоғарғы қабат шөгінді, ортаңғысы граниттік қабат, төменгісі базальттық қабат деп аталады. Мұхиттар түбінде граниттік қабат мүлде болмайды.

ЖЕР МАНТИЯСЫ - жер қыртысы мен жер ядросы аралығында орналасқан қабат. Жер мантиясы жоғарғы және төменгі болып екіге бөлінеді. Жоғарғы мантия 900 км-ге дейінгі тереңдікті қамтыса, төменгі мантия 2900 км тереңдікке дейін созылады.

ЖЕР СІЛКІНІСТЕР ТОБЫ - белгілі бір аймақта қысқа мерзім арасында энергиялары өзара шамалас бас дүмпуісіз болатын сілкіністер.

ЖЕР СІЛКІНУ МАГНИТУДАСЫ - сілкініс кезінде опактан бөлініп шыққан сейсмикалық энергияның шартты мөлшері. Ол сейсмограммада жазылған толқындардың амплитудасы мен

периодын өлшеу арқылы анықталады. Тарихтан белгілі ең күшті, яғни жойқын жер сілкінісінің магнитудасы М-8,9.

ЖЕР ЯДРОСЫ - жер бетінен 2900 км тереңдіктен (жердің радиусы 6371 км) басталатын жердің орталық бөлігі. Жер ядросы темір мен силикаттардан тұрады деген болжам бар. Сыртқы ядро балқыған күйде болса, ішкі ядро қатты түрде болатын болса керек.

ИЗОСЕЙСТА - сілкініс күшінің жер бетінде бірдей нүктелерін өзара жалғай нәтижесінде алынатын қисық сызық. Осындай сызықтарды әрбір балл көрсеткіштерін өзара жалғастыру нәтижесінде изосейсталар картасы тұрғызылады.

ИЗОСЫЗЫҚТАР (ИЗОЛИНИИ) - белгілі бір шаманың теңдес мөлшерін белгілейтін нүктелерді бір-бірімен жалғау нәтижесінде карта немесе сызбанұсқа бетінде пайда болатын сызықтар жинағы.

КОНТРАКЦИЯЛЫҚ ТЕОРИЯ - геотектоникалық көзқарастардың бірі. Бұл көзқарасқа сәйкес, қазіргі геологиялық қатпарлар аймағы мен тау тізбектерінің пайда болу себебі жер шарының суынып сығылысуы әсерінен, яғни оның көлемінің, радиусының және жер беті ауданының қысқаруына байланысты деп топшылайды.

КӨЛДЕНЕҢ ТОЛҚЫНДАР (S) - тек қана қатты денелер арқылы таралатын "екінші" (secunda) басты серпінді толқындар. Олардың пайда болу себебі - зат бөлшектерінің тербелісі толқынның таралу бағытына перпендикуляр болып, олардың нысанының өзгеруінен. S - толқындар сұйық ортада таралмайды.

ҚУМА ТОЛҚЫНДАР (P) - қатты денеде таралатын "бірінші" (prima) басты серпінді толқындар. Олардың пайда болу себебі - зат бөлшектерінің тербелісі толқынның таралу бағытына сәйкес келіп, бұл бағытта заттың көлемі ұлғайып немесе кішірейіп, өзгеріске ұшырауынан. Қума толқындар көлденең толқындарға қарағанда орта есеппен 1,7 есе жылдам таралады.

ЛИТОСФЕРА (грек. lithos-тас, shaira-шар) - жер қыртысы мен литосфералық мантиядан тұратын жер шарының қатты сыртқы қабаты. Литосфераның қалыңдығы құрылықта шамамен 400 км болса, мұхит астында - 50-80 км.

ЛИТОСФЕРАЛЫҚ ПЛИТАЛАР - ірі де терең жарылымдармен шектелген литосфера бөліктері. Жер шарындағы ең үлкен плита Тынықмұхиттық, оның ауданы шамамен планетамыздың 1/3 бөлігін алып жатыр.

...ЛОГИЯ (грек. логос-сөз, ұғым, ілім) - күрделі сөздердің аяқ жағына жалғана отырып, әр түрлі ғылым түрлерін даралау үшін қолданылатын жұрнақ. Мысалы, сейсмология-жер сілкіну туралы ғылым, геология-жер туралы ғылым т.с.с.

ЛЯВА ТОЛҚЫНЫ - сейсмикалық беткейлік толқындардың бір түрі. Оның таралу барысында зат бөлшектері тек қана

толқынның бағытына перпендикуляр көлденең жазықтықта тербеледі.

МАГМА (грек. магма - қамыр, қою ақпа) - жоғарғы мантия өңірінде балқымалар түрінде қалыптасқан, оттай ыстық масса.

МАКРО (грек. макрос - үлкен) - "үлкен", "ірі" деген ұғымдарды білдіретін терминнің алдына жалғанатын қосымша.

МИКРОСЕЙСМАЛАР - сейсмикалық шу есебінде үздіксіз таралатын әлсіз сейсмикалық толқындар. Олар теңіз толқыны шарпынынан, мұхиттағы толқындардың, жел және адам қызыметі әсерінен пайда болады.

МОХОРОВИЧИЧ БЕТІ - жер қыртысы мен жоғарғы мантия аралығындағы сейсмикалық толқындыр жылдамдығының кенеттен өсуіне әсер ететін шекара. Бұл шекара мұхиттар астында 5 км тереңдікте, ал тау аймақтарында 50-70 км тереңдікте орналасқан.

ОПЫРЫЛМА (орыс.-обвал) - тік жарлы бауырайларға орналасқан құрғақ тау жыныстары шоғырларының өз төсенішімен ілінісін кенет жоғалтуы нәтижесінде қопарыла құлауымен сипатталатын гравитациялық қозғалыс түрі.

ОРТАЛЫҚ-МҰХИТТЫҚ ЖОТА - тау жотасына ұқсас, мұхит түбінде бірнеше жүздеген, тіпті мыңдаған километр қашықтыққа созылып жатқан мұхит асты бедерінің ірі көтеріңкі нысаны.

ОШАҚ - жер сілкінуі кезінде сейсмикалық энергия бөлініп шығатын тұйықталған көлем. Оның сыртқы шекарасын әртүрлі әдістермен (кейінгі дүмпулер эпицентрлерінің орналасуы, макросейсмикалық зерттеулер арқылы және т.б.) анықтауға болады.

ПЛИТАЛАР ТЕКТНИКАСЫ - литосфералық плиталардың қозғалысы мен өзара қатынасын дәлелдейтін теория. Бұл теорияның көмегімен қазір ғалымдар күшті жер сілкіністері мен жанартау атқылау себептерін, таулы аймақтардың пайда болуын дәлелдеуде.

РЕЛЕЙ ТОЛҚЫНЫ - сейсмикалық беткейлік толқындардың бір түрі. Оның таралу барысында зат бөлшектері тек қана толқынның таралу бағытына сәйкес тік жазықтықта тербеледі.

РИФТ, РИФТТІК БЕЛДЕМДЕР (ағылшын - жарық сай) - ұзындығы жүздеген, тіпті мыңдаған километрге созылып, жарылымдармен шектелген ойпат (шұңқыр). Рифттік белдемдердің ені жүздеген километрге дейін өзгереді. Әдетте ішкі континенттік және мұхитаралық рифтілер болып бөлінеді.

СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАУІПТІЛІК - адам өмірі мен үй мүлкіне, құрылыстар мен ғимараттарға қатер келтіретін табиғи күштердің бірі.

СЕЙСМИКАЛЫҚ ШЕКАРА - кума немесе көлденең толқындардың таралу кезінде өздерінің жылдамдықтарын күрт (кенеттен) өзгертетін жұқа қабат.

СЕЙСМИКАЛЫҚ ТОЛҚЫН - жер сілкінісінен, қопарылыстан және т.б. сыртқы әсерлерден пайда болып, жер көлемінде таралатын серпінді толқын.

СЕЙСМОГРАММА - жер беті тербелісін сейсмикалық станция арқылы жазылып алынған түрі.

СЕЙСМОГРАФ - жер беті тербелісін жазып алатын арнаулы аспап.

СЕЙСМОЛОГИЯ - жер сілкінуі және онымен байланысты процесстерді зерттейтін жер туралы ғылымдардың бір саласы.

ТАУ ЖЫНЫСЫНЫҢ БЕРІКТІГІ - тау жынысының сығуға, жыртуға, июге, соққылап уатуға қарсылық көрсету қабілеті.

ТАУ ЖЫНЫСТАРЫ - жер қыртысын құрайтын табиғи материя. Әдетте тау жыныстары қатарына қатты тастар жатқызылады. Тау жыныстары шөгінді (кұм, саз, ізбес тас т.б.), магмалық және метаморфтық (гнейс, мәрмәр, тақтатаас) болып үш топқа бөлінеді.

ТЕКТОНИКАЛЫҚ ЖЕР СІЛКІНІСТЕР - жер қойнауындағы үлкен аумақты тау жыныстарының деформациялануы әсерінен жиналған энергияның кенеттен босануы салдарынан туындайтын сілкіністер.

ТЕКТОНИКАЛЫҚ ҚОЗҒАЛЫСТАР - жердің ішкі күштері әсерінен оның сыртқы бөлігіндегі аумақты тау жыныстарының деформациялану (нысанын және түрін өзгерту) процесі.

ТЕРЕҢ ШҰҢҒЫМА - мұхитты аралық иіннен бөлетін мұхит түбіндегі еңсіз де созылмалы асимметриялық ойпаң жер. Оның ұзындығы мыңдаған км, ені бірнеше км, ал тереңдігі 5 км-ден 11 км-ге дейін жетеді.

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 СЫНУЫ - өзара айырмашылықтары бар екі ортаның шекаралық қабатына тірелген толқынның екінші ортаға өткен бөлігінің бастапқы бағыттан ауытқуы.

ТЫҒЫЗДЫҚ (орыс.-плотность) - зат массасының осы зат көлеміне қатынасымен өлшенетін сол затты сипаттайтын өте маңызды физикалық қасиеттердің бірі.

ШӨККІН (орыс.- оползень) - топырақ массалары мен тау жыныстары шоғырының тау-төбе бауырайынан өз салмақ күші әсерінен етекке қарай сырғуы.

ЭПИЦЕНТР - гипоцентрдің жер бетіндегі проекциясы.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Болт Б.А. Землетрясения. М.: Мир. 1981
2. Друмя А.В., Шебалин Н.В. Землетрясение: Где? Когда? Почему? Кишинев:Штиинца. 1985.
3. Кукал З. Природные катастрофы. М.: Знание. 1985.
4. Медведев С.В., Шебалин Н.В. С землетрясением можно спорить.М.:Наука. 1967.
5. Нұрмағамбетов Ә., Сыдықов А. Жер сілкіну және болжам. Алматы.: Ғылым. 1979.
6. Нұрмағамбетов Ә., Сыдықов А. Жер сілкіну: сипаты, ошағы, болжау. Алматы.: Қазақстан. 1985
7. Нурмагамбетов А., Сыдықов А. Землетрясение: жизнь можно сохранить! Алма-Ата.: Ғылым. 1990.
8. Сейітов Н., Абдулин А. Геология терминдерінің сөздігі. Алматы: Қазақстан. 1996.
9. Нұрмаамбетов Ә. Жер сілкінуі: болжам және сақтану шаралары. Алматы: "Lem".1999.
10. Нурмагамбетов А. Основы сейсмологии и сейсмической безопасности. Алматы: "Lem". 2000.

АЛҒЫ СӨЗ	3
КІРІСПЕ	4
1. КҮШТІ ЖӘНЕ ЖОЙҚЫН СІЛКІНІСТЕР ТУРАЛЫ ДЕРЕКТЕР	6
2. ЖЕР СІЛКІНУІНІҢ СЕБЕПТЕРІ МЕН ТҮРЛЕРІ	17
2.1. Жер шарының ішкі құрылысы	18
2.2. Литосфералық плиталар қозғалысы	22
2.3. Жер сілкінудің түрлері	25
2.4. Жасанды жер сілкіністері	29
3. СЕЙСМИКАЛЫҚ ТОЛҚЫНДАР	34
3.1. Жалпы түсінік	34
3.2. Толқындардың басты түрлері	36
3.3. Сейсмикалық толқындардың басылу заңдылығы	43
4. СЕЙСМИКАЛЫҚ АСПАПТАР МЕН ҚОНДЫРҒЫЛАР (қысқаша түсінік)	44
4.1. Сейсмикалық аспаптардың негізгі түрлері	46
4.2. Жер беті тербелісін тіркеу әдістері	49
4.3. Сейсмикалық тіркеу жүйелері (сейсмикалық каналдар)	51
5. ЖЕР СІЛКІНУІНІҢ МӨЛШЕРІН АНЫҚТАУ	52
5.1. Сипаттамалық шкала-кестелер	53
5.2. Аспапты сейсмикалық шкала-кестелер	57
6. СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚЫЗЫМЕТ	62
6.1. Жер сілкінісін тіркестірудің ерекшеліктері	62
6.2. Сейсмограмманы өңдеу	64
6.3. Жер сілкіну ошағының параметрлерін анықтау	67
7. ЖЕР СІЛКІНУІНІҢ ЖЕР БЕТІНДЕГІ ТАРАЛУЫ (МАКРОСЕЙСМИКАЛЫҚ ӨРІС)	69
7.1. Макросейсмикалық зерттеуді ұйымдастыру	72
7.2. Сілкініс күшін анықтау (балл есебімен). Изосейсталар картасы	73
8. ФОРШОКТАР (АЛҒЫ ДҮМПУЛЕР), АФТЕРШОКТАР (КЕЙІНГІ ДҮМПУЛЕР) ЖӘНЕ СІЛКІНІСТЕР ТОБЫ	77
8.1. Форшоктар (алғы дүмпулер)	77
8.2. Афтершоктар (кейінгі дүмпулер)	78
8.3. Сілкіністер тобы	82
9. ЗІЛЗАЛА АПАТЫНЫҢ ҚОСЫМША ӨРЕКЕТТЕРІ	83
9.1. Тау көшкіні	88
9.2. Цунами	90
9.3. Өрт	92
9.4. Жер бетіндегі жарықтар	94
9.5. Сел	94

10. ЖЕР СІЛКІНУІНІҢ ЖИІЛІГІ МЕН ГЕОГРАФИЯЛЫҚ ТАРАЛУЫ	95
10.1. Жер сілкінуінің жиілігі	95
10.2. Жер сілкінуінің географиялық таралуы	98
10.3. Орта Азия аймағының сейсмикалық сипаты	102
11. ҚАЗАҚСТАН ЖЕРІНІҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ СИПАТЫ ...	106
11.1. Жер сілкінуін зерттеу тарихы	107
11.2. Сейсмикалық қауіпті аудандар	109
11.2.1. Алтай сейсмикалық ауданы	109
11.2.2. Жонғар Алатауы	113
11.2.3. Солтүстік Тянь-Шань	114
11.2.4. Жамбыл-Шымкент сейсмикалық ауданы	126
11.2.5. Қызылқұм сейсмикалық ауданы	129
11.2.6. Маңғыстау сейсмикалық ауданы	131
12. СЕЙСМИКАЛЫҚ АУДАНДАУ	132
13. ЖЕР СІЛКІНУІНЕ ТӨЗІМДІ ҚҰРЫЛЫСТАР САЛУ ...	141
14. ЖЕР СІЛКІНУІН АЛДЫН-АЛА БОЛЖАУ	149
14.1. Болжам бағытындағы зерттеулердің даму кезеңдері ..	149
14.2. Болжамның геологиялық және физикалық негіздері	150
14.2.1. Болжамның геологиялық негіздері	150
14.2.2. Болжамның физикалық негіздері	151
14.3. Жер сілкінуі алғышарттарының негізгі түрлері	154
14.4. Алғы шарттарды зерттеу әдіснамалары	162
15. ПЛАНЕТААРАЛЫҚ СІЛКІНІСТЕР	165
15.1. Ай сілкінісі	166
15.2. Марс сілкінісі	167
16. ЗІЛЗАЛА АПАТЫНАН САҚТАНУ ШАРАЛАРЫ	167
16.1. Жалпы түсінік	167
16.2. Сақтану шаралары	168
16.2.1. Жер сілкінісіне дейін	168
16.2.2. Жер сілкінісі кезінде	170
16.2.3. Жер сілкінісінен кейін	171
16.3. Жер сілкінуінен сақтандыру	171
16.4. Қорытынды	172
Қосымша. Кейбір терминдердің қысқаша сөздігі	175
ӘДЕБИЕТТЕР	176

Оқу басылымы

Нұрмағамбетов Әлқуат

Сейсмология негіздері

Оқу құралы

Терілуге берілгені: 11.11. 2002 ж.

Басуға қол қойылды: 20.11.2002 ж.

Пішімі 60x84 1/16. №1 баспаханалық қағаз.

Таралымы 500 дана.

Көлемі 10 оқу-баспа табақ.

Тапсырыс N 312. Бағасы келісім бойынша.

ISBN 9965-585-19-9

“Лет” баспасы.

480057, Алматы қаласы, Мыңбаев көшесі, 46-үй.