

26.21
A-84

X. Atabayev, D.X. Atabayev,
A.B. Goipov

3

SEYSMOLOGIYA VA SEYSMOMETRIYA



26.21
H-82
07

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA
O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI
O'ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI

X. Atabayev, D.X. Atabayev, A.B. Goipov

SEYSMOLOGIYA VA SEYSMOMETRIYA

darslik

TOSHKENT
«DONISHMAND ZIYOSI»
2020

UO'K 550.34(075)

KBK 26.21

A87

Mas'ul muharrir:

K.N.Abdullabekov – O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi akademigi, fizika-matematika fanlari doktori, professor.

Taqrizchilar:

T.U. Artikov – O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Seysmologiya instituti Regional seysmiklik va seysmorayonlashtirish laboratoriyasi mudiri, fizika-matematika fanlari doktori, professor;

A.T. Mamadalimov – Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti fizika fakulteti «Polimerlar va yarimo'tkazgichlar fizikasi» kafedrası professori, akademik;

B.S. Nurtayev – Habib Abdullayev nomidagi geologiya va geofizika instituti ilmiy ishlar bo'yicha direktor o'rinbosari, fizika-matematika fanlari nomzodi.

Mazkur darslikda seysmologik ma'lumotlar bo'yicha yerning ichki tuzilishi, tektonik zilzilalarni keltirib chiqaruvchi plitalar tektonikasi nazariyasi, okeanosti tog'lari, Benyof zonasi, seysmik belbog'lar, yer po'stining strukturalari to'g'risida ma'lumotlar berilgan. Zilzila tasniflari, kelib chiqish sabablari, seysmik to'lqinlar tarqalishining o'ziga xos xususiyatlari, zilzilalar jadalligi, seysmik moment, seysmik shovqin, to'lqin energiyasi, zilzilani qayd qiluvchi asboblari, zilzilalar katalogi, seysmoteletonika va seysmik rayonlashtirish, O'zbekiston hududining seysmikligi, hududimizda sodir bo'lgan kuchli zilzilalar va ularning sabablari yoritilgan. Zilzilani prognozlash, zilzila o'chog'ining tayyorlanish modellari, zilzilaning tog' jinslari va inshootlarga ko'rsatadigan ta'siri hamda unga qarshi chora-tadbirlar ta'riflangan.

ISBN 978-9943-6446-3-2

© X. Atabayev va boshq., 2020

© «Donishmand ziyosi», 2020

KIRISH

Sayyoramizda o'z suverenitetiga ega bo'lgan mustaqil davlatlarning rivojlanish ko'rsatkichlari ularning yerosti, yerusti moddiy boyliklari va iqtisodiy o'sish sur'ati bilan belgilanadi. Lekin shunday tabiiy ofat bor-ki, davlatlar iqtisodiga milliardlab dollar miqdorida zarar keltirishi, bino va inshootlarni, yo'llarni, insoniyat tomonidan barpo qilingan jamiki moddiy boyliklarni, hattoki minglab insonlarning o'zini halok qilishi, yirik shaharlarni vayron qilib, ulardan xarobalar qoldirish kuchiga ega. Bu zilziladir. Masalan, Yaponiyada 2011-yil 14-martda sodir bo'lgan zilzila mamlakat iqtisodiga 110 mlrd. dollardan ortiq zarar keltirgan.

Respublikamiz hududi ham seysmik faol mintaqalarga mansubligi bois zilzila sodir bo'lish xavfining mavjudligini esdan chiqarmaslik zarur. Bu esa, o'z navbatida, seymik xavfni e'tiborga olgan holda, kelgusida mustaqil respublikamizning seysmologiya sohasiga o'z hissalarini qo'sha oladigan, muhim ilmiy yangiliklar yaratadigan, yetuk bilimli va intellektual salohiyatli kelgusi avlod seysmolog va geofizik kadrlarini tayyorlash mas'uliyatini qo'yadi.

Ushbu «Seysmologiya va seysmometriya» kursi talabalarni seysmologiya fanini puxta o'zlashtirishga, zilzila sababi, seysmik xavf, so-dir bo'lishi mumkin bo'lgan seysmofaol hududlar, ularni qayd qilish, olingan natijalarni izohlash, uning oqibatlarini o'rganishda, tushunishda va u haqida yetarlicha ma'lumotga ega bo'lishda katta ahamiyat kasb etadi. Darslikda zilzilalar, ularning sodir bo'lish sabablari, ularning tasnifi, qayd qilish usullari, ularning katalogi, seysmik rayonlashtirish, O'zbekiston hududining seysmikligi haqida imkon darajasida matn-li, rasmlil va jadvalli ko'rinishlardagi muhim ma'lumotlar keltirilgan. Darslikni yaratishdan ko'zlangan asosiy maqsad seysmologiya soha-

si bo'yicha talabalarga zamonaviy seysmologiyaning hozirgi kundagi yuksak salohiyati bo'yicha chuqur bilim berish va ularning bilim sa-viyasini yuksaltirishdan iboratdir.

Darslik oliy o'quv yurtlarining geofizika yo'nalishi talabalari uchun mo'ljallangan, qolaversa, undan boshqa oliy o'quv yurtlarida o'tiladigan «Muhandislik geologiyasi» va «Gruntshunoslik» kursalarida ham foy-dalanish mumkin.

I BOB.

SEYSMOLOGIYA VA SEYSMOMETRIYA HAQIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR, FANNING RIVOJLANISH TARIXI

Seysmologiya fani haqida umumiy tushuncha

Seysmologiya zilzila haqidagi fandir. Seysmologiya – yer qa'ridagi seysmik to'liqlarning tarqalishi yoki zilzila va uning yuzaga kelishi bilan bog'liq barcha voqea va jarayonlarni hamda ularning bog'liqliklarini o'rganuvchi fan bo'lib, faqatgina seysmologiya yordamida yer sharining chuqurlik tuzilishi (yadro, mantiya, yer po'sti) tasvirini tuzish mumkin.

Seysmologiya yer qa'rida seysmik to'liqlarning tarqalishini, yeros-ti silkinishlarining kelib chiqish tabiatini o'rganadi. Shuning uchun ham seysmologiya geologiya, geofizika, fizika, mexanika, kimyo, biologiya, tarix va boshqa ko'plab fanlar bilan uzviy bog'liq.

1.1. Seysmologiya fanining rivojlanish tarixi

Zilzila, uning tabiati hamda u bilan bog'liq jarayonlar qadimdan olimlarni qiziqitirib kelgan. Yunon faylasufi Demokritning (eramizdan avvalgi 460–370-yillar) fikricha, zilzilalarni keltirib chiqaruvchi eng asosiy omil – bu qor, yomg'ir, dengiz va ko'llardagi suvlarning yerosti-ga shimilishining ta'siri hisoblangan.

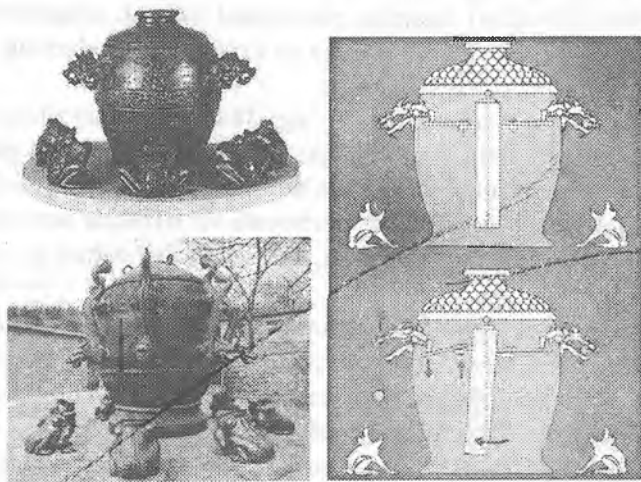
Aristotel (Arastu) (eramizdan avvalgi 384–322-yillar) zilzila sababi-ni izlashlarda e'tiborini yer qa'riga qaratadi. U atmosferaning girdoblari ko'pgina bo'shliq va tirqishlarga ega bo'lgan yerga singiydi, deb hisob-lagan. Girdoblar o't-alanga bilan kuchayadi va zilzilalar hamda vulqon ot-ilishlarini keltirib chiqargan holda, o'ziga chiqish uchun joy qidiradi, deb fikrlagan. O'sha paytlarda Aristotel zilzilalarda tuproq harakatlarini kuzatishga urinib ko'rgan. U zilzilalar paytida yuqoridan pastga, bir to-mondan ikkinchi tomonga va shunga o'xshagan tuproq harakatlarining 6 turini ajratgan holda birinchi marta zilzilaning tasnifini berdi.

Zilzila keltirib chiqaradigan bosh impulsning yo'nalishini aniqlash uchun birinchi qurilmani Xitoy olimi Chjan Xen 132-yilda yaratgan. Diametri 180 sm bo'lgan katta idishga u sakkizta yo'nalishlarda teb-ranuvchi mayatnikni joylashtiradi. Idish atrofiga har birining jag'ida

sharcha bo'lgan sakkizta ajdar mahkamlanadi. Zilziladan kelgan silkinish zarbasi mayatnikni tebranishga majbur etadi, sharcha ajdar og'zidan tushib ketadi va pastda o'tirgan qurbaqaning ochiq og'ziga kelib tushadi. Xuddi shu paytda zilzila bo'lib o'tganini xabar qilib, asbob tovush chiqaradi (1.1-rasm).

Qaysi bir qurbaqaning og'ziga sharcha kelib tushganiga qarab tuproq harakati yo'nalishini aniqlash mumkin bo'lgan. Asbob shunchalik sezuvchanlikka ega bo'lganki, hatto insonlar sezmagan zilzilalarni ham aniqlagan. Shuning uchun, garchi uning asbobi namoyish ekspoziti sifatida qaralsa-da, Chjan Xen rasmiy ravishda zilzilalarning birinchi kuzatuvchisi va tadqiqotchisi deya e'tirof qilinadi.

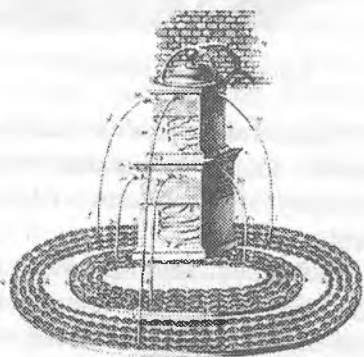
O'rta asming mashhur qomuschi allomalarimizdan Abu Rayhon Beruniy, Abu Ali ibn Sino va keyinroq Zahiriddin Muhammad Boburlar o'z asarlarida zilzilalarning sababi va oqibatlari haqida bir qator fikrlar bildirishgan. Ular zilzilalar hamma joyda emas, ayrim joylarda namoyon bo'lishi haqida hamda ularning vaqti yil fasllariga, Quyosh va Oy fazalariga bog'liqligi haqida yozishgan. Ayniqsa, «Boburnoma»da zilzila kuchining yer ustida qanday tarqalishi haqida fikrlar keltirilgan. Bu asarlar zilzila tabiati haqidagi ilk to'g'ri qadamlar edi, deya olamiz.



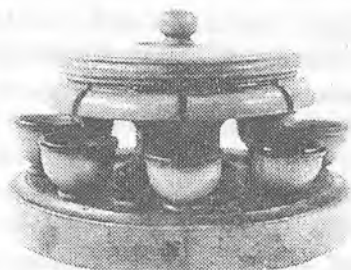
1.1-rasm. 132-yilda Chjan Xen tomonidan yaratilgan zilzilani qayd qiluvchi qurilmaning tuzilishi.

1703-yil Fransiyada Jan Otfey seysmoskop ixtiro qildi. Otfey seysmoskopi sakkiz karra shu'lasimon ochilgan simob bilan to'ldirilgan idish joylashgan asbob ko'rinishida bo'lgan. Seysmik tebranish ochiq simobdan bittasini chayqatib yuborgan va ularning soni bo'yicha tebranish kuchini baholash mumkin bo'lgan. Italiyalik Atanasio Kovalli 1787-yili shunga o'xshash qurilmani qurgan (1.2-rasm).

Ilmiy umumlashtirish uchun foydali bo'lgan zilzilalarni kuzatish ishlari taxminan XVIII asrning o'rtalaridan to'plana boshlandi. 1760-yilda Jon Michell Angliyada zilzilaning yerning to'liqini harakatlari bilan bog'liqliklari topilgan xotiralarini nashr ettirdi. J. Michell yerning silkinishi yer qatlamlari orqali elastik (qayishqoq) to'liqlarning o'tishlari natijasida bo'lib o'tadi, degan xulosaga kelgan. Agar ularni orqaga to'stir bo'lgan joyiga qadar qaytuvchi yo'llari bo'yicha kuzatib borilsa, unda qo'zg'alish nuqtasini aniqlasa bo'ladi (1.4-rasm).



1.2-rasm. Atanasio Kovalli qurgan zilzilani aniqlash asbobi (1787-yil).



1.3-rasm. Nikolo Kassiotorining zilzilani qayd qilish asbobi (1818-yil).



1.4-rasm. Jon Michell.

Michell seysmik to'liqlarni tarqalish yo'nalishlari bo'yicha xarita-ga kiritganda, shu narsani aniqladiki, ularning barchasi go'yo yulduz-dan nur bir xil tarqalganday, bitta nuqtadan – zilzila o'chog'idan tarqa-lib, yerusti tomon harakat qilar edi.

Michellning o'zi bunday hodisalarning guvohi bo'lgan: 1906-yilda-gi Lissabon zilzilasidan besh yil avval Londonda ikki marotaba zilzila sodir bo'ladi. Umuman olganda, ular juda kuchli emasdi, ammo deraza oynalari singan, mebellar qirsillagan va qo'rqib ketgan aholi uylaridan qochib chiqishgan.

Michell shu narsaga e'tiborini qaratdiki, har bir zilzila eng kamida ikkita: bitta – yengil, katta zarar keltirmaydigan, go'yoki ogohlantiruv-chi va ikkinchi – ancha kuchli bo'lgan buzuvchi silkinishlardan ibo-rat. Keyinchalik Michell, alohida silkinishlar turli joylarda bir vaqtning o'zida bo'lmay, balki to'liqinsimon tarqalishini aniqladi. Uning xayoli-ga shunday fikr keladi: yuzadagi ikki turli nuqtadagi tebranishlarning boshlanish vaqtini bilgan holda, zilzila to'liqlari tarqaladigan tezlik-larni hisoblab chiqish mumkin. Ko'rganlarning guvohliklari asosida to'liqlarning tarqalish tezliklarini hisoblab chiqib, to'liq tarqalish tez-ligi bir xil, lekin tezligi doimiy emas, u to'liq o'tuvchi tog' jinsining

xususiyatiga bog'liq, degan xulosaga keladi. Biroq o'sha davr uchun Michellning hisoblari hayratlanarli edi. Olim yanada ilgari qadam bosdi: xaritada turli joylardagi seysmik to'liqlarning tarqalishlari bo'lgan yo'nalishlar tushirilgan edi. Bundan esa to'liqlarning parallel emasligi, ularni bitta nuqta – episentrdan tarqalishini topdi. Yer yuzasida zilzila kelib chiqadigan aynan xuddi o'choq yoki Yer chuqurligining giposentr ustida joylashgan bo'lib, episentrda u juda xavfli edi. Italiyada 100000 odam halok bo'lgan, bir necha mingtasi jabr ko'rgan; undan 14 yil keyin sodir bo'lgan Kito (Ekvador)dagi zilzila 40000 kishining hayotiga zomin bo'ldi. Ikkala holatda ham halokatlarning sabablarini anglashga va tushuntirishga harakat qilgan ilmiy hay'atlar tuzildi. Qolaversa, seysmologlarning faoliyati hech qanday natija bermadi.

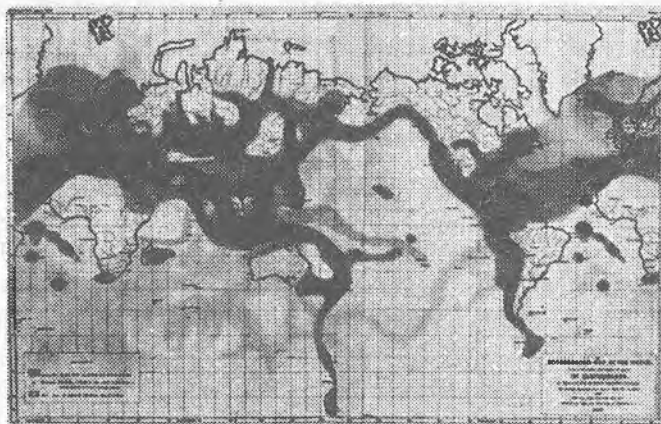
Seysmologiya fani tarixida zilzila halokatlarining yer bilan bog'liq sabablarini o'rganish uchun ko'plab olimlar izlanishlar olib borishgan. Ulardan biri amerikalik astronom va matematika fanlari professori Jon Uintropdir. Uning shaxsan o'zi zilzilani boshidan kechirgan: mash'um Lissabon fojiasidan 17 kun o'tgach, uning qadrdon Boston shahrida bir qancha zilzila sodir bo'ldi. Bu zilzilada Jon Uintrop qiziq bir voqeani kuzatgan. Kamin polkasida turgan soatlar yer sathi zarblaridan qulab tushadi, biroq vertikal yotish tomoni bo'yicha bir necha santimetrga suriladi. Bir necha kundan keyin u qisqa takrorlangan yer silkinishining guvohi bo'ldi va shu narsaga e'tiborini qaratdiki, o'zi yurib borayotgan yo'lka plitalari bir necha soniyaga biroz ko'tariladi va qaytadan pastga tushadi, bunda ularning hammasi, kutilganidek, birdaniga ko'tarilmaydi, aksincha, ma'lum bir ketma-ketlikda bo'lib o'tadi. Bu qirg'oqqa qarab boruvchi to'liqning o'xshaydi, – deb o'ylaydi Uintrop. Keyinchalik u zilzila to'liqsimon bo'ladi, degan xulosaga keladi. Aynan ushbu taxminlardan kelib chiqqan holda zilzilalar haqidagi fan – seysmologiya yuzaga keladi.

Keyingi zilzila tadqiqotlariga muhim hissa qo'shgan olim irlandiyalik Robert Mallet bo'ldi. U Britan armiyasiga to'plar quygan, vokzallar va ko'priklar, mayoqlar hamda markaziy isitish tizimlarini qurgan misli ko'rilmagan muhandis edi. Mallet 1830-yildan boshlab, 20 yil davomida zilzilalar haqidagi yozuvlarni to'pladi. Ushbu materiallarga tayangan holda, olim o'zi bilishga erishgan zilzilalarning uzundan uzoq ro'yxatini tuzdi.

Bu ro'yxatda deyarli 7000 voqea-hodisa ifodalangan bo'lib, hamma zilzila katta geografik xaritada tushirilganda, Malletning o'zi hay-

ratga tushadi, buning sababi, ko'pincha kichik va yirik zilzilalar bo'lib o'tadigan ma'lum bir zonalar amal qiladi, bu vaqtning o'zida boshqa hududlar ularga jalb qilinmaydi. Mallet seysmik to'liqlarning tabiatini o'rganishga kirishadi, chunki u yashaydigan Dublin shahri «zilzilalardan deyarli to'liq ravishda ozod bo'lgan yerda» joylashgan edi. U sun'iy yo'l bilan seysmik to'liqlarni yaratadi: yerga porox zaryadini ko'mib, bir mil masofasida simobli ochiq idishni o'rnatadi. Shu yerdan turib, elektrik uchqun yordamida u poroxni yondiradi va shu zahotiy oq sekundomerni ishga tushiradi. Shu yo'sinda u simob yuzasida mavjlanishlar yuzaga kelishi uchun qancha vaqt o'tganini, ya'ni seysmik to'liqlarning mil masofani qancha vaqtda bosib o'tishini aniq bilishga erishadi. Mallet o'z tajribalarini qumli, toshli va boshqa xil tuproqlarda bir necha bora o'tkazgach, o'zining taxminlarining to'g'ri ekanligiga amin bo'ladi: turli muhitlarda to'liqlar turlicha tezliklarda – qumli gruntlarda ancha sekin (900 km/s), granitlarda – ancha tezroq (1800 km/s) tarqaladi.

1857-yilda Neapol janubida ro'y bergan zilzilada bir nechta qishloqlar vayron bo'ladi. Mallet shu zahotiy oq Italiyaga ekspeditsiya uyushtiradi va jabr ko'rgan tumanlarni tadqiq etadi, devorlardagi darzliklarni o'lchaydi, qayerda ustunlar buzilganini va qaysi yo'nalishda qulaganini belgilab boradi.



1.5-rasm. Robert Mallet tomonidan 1854-yilda tuzilgan dunyo seysmiklik xaritasi.

Mallet zilzilani boshidan kechirgan insonlardan ko'p ma'lumotlar olishga harakat qiladi, vayronalar bo'ylab kezib yuradi, yer silkinishi izlarini qayd etadi. Unga quruvchi kasbiga xos yuqori malakasi juda ko'l keladi, bunday shavqatsiz buzilishlarni keltirib chiqarishga qanchalik katta kuch talab etilishini hisoblab chiqadi va ba'zi bir vayron qiluvchi to'lqinlar yuzaga yer qa'ridan ko'tarilib chiqqanligini aniqlaydi.

Robert Mallet Italiya hududini 4 ta zonaga ajratgan holda talafotlangan hududlarning xaritasini tuzadi. Mallet tomonidan ajratilgan zonalar dastlabki, silkinishlar jadalliklarining yetarlicha sodda bo'lgan shkalasini taqdim etadi. Mallet observatoriyalar to'rini tashkil etish va ularni yer yuzasi bo'ylab joylashtirishni taklif etadi.

Seysmologiya fan sifatida paydo bo'lishining boshlanishini ba'zi bir olimlar 1862-yilda Robert Malletning «1857-yildagi buyuk Neapolitan zilzilasi: seysmologik kuzatishlarning asosiy prinsiplari» kitobining nashr etilishi bilan bog'laydilar.

Biroq mohiyati bo'yicha seysmologiya – tuproq tebranishlarini qayd etish uchun bir qator observatoriya asboblari konstruksiya qilingan va o'rnatilgan paytdan boshlab fan sifatida vujudga keldi va taraqqiy etib boshladi. 1892-yilda Jon Miln foydalanishga qulay bo'lgan birinchi seysmografning konstruksiyasini yaratdi. Bu esa uni o'rnatishga hamda ushbu seysmograf yordamida dunyoning ko'pgina qismlarida kuzatishlar o'tkazishga imkon yaratdi. Shu paytdan boshlab instrumental (seysmik asboblardan yordamida olingan) ma'lumotlarni yig'ish va ilmiy umumlashtirishlar boshlandi hamda seysmologiya mustaqil miqdoriy fan sifatida shakllandi.

Seysmologiya nazarini asoslari ancha ilgariroq, XIX asrning o'rtalarida Koshi, Puasson, Reley, Kirxgof risolalarida namoyon bo'la boshladi. 1828-yildayoq Koshi va Puassonlar elastik muhit uchun harakatlar tenglamasini qurdilar va aynan Puasson bunday muhitda ikki turdagi – bo'yлама va ko'ndalang to'lqinlar turli tezliklarda tarqalishlarini ko'rsatib o'tdi. Grin ikki muhit chegaralarida elastik to'lqinning akslanishi va sinishlarini o'rgandi. Reley 1887-yilda elastik yarimmas-kon bo'ylab tarqaluvchi yuzaga xos to'lqinlar nazariyasini ishlab chiqdi. Keyinroq, XX asr boshlariga kelib, Lyava Reley nazariyasida bayon etilmagan, yuzaga xos to'lqinlarning yana bir turi hosil bo'lishi mumkinligini ko'rsatdi. Shunday qilib, zilzilalarning seysmik to'lqinlarni

qayd etishi boshlanguniga qadar, yerda qanday turdagi to'liqlarning tarqalishi mumkinligi tushunarli edi.

1897-yilda Vixert seysmogrammalarda uchta asosiy turdagi – bo'ylama, ko'ndalang, yuzaki to'liqlarni aynan birxillashtirdi. Shu vaqtdan boshlab zilzilalarning kataloglarini va to'liqinni masofadan epi-sentrgacha kelgan vaqtga bog'liqlikdagi grafiklarini tuzish boshlandi. Umuman olganda, seysmologiya fan sifatida XIX asrning oxiri – XX asr boshlarida shakllana boshladi.

1899-yilda olmon geofizigi, seysmolog Emil Vixert seysmogram-mada qayd qiluvchi bo'ylama P va ko'ndalang S seysmik to'liqlar chuqurlikda paydo bo'lishini taxmin qildi. Uning fikri yer qa'ridagi manba bilan aloqador edi. Yana bir necha yil o'tgandan keyin, bu qa-rash umumiy tan olindi. Yer qa'rida seysmik to'liqning qo'zg'atilishi va tarqalishining umumiy tasviri tushunchasi shakllandi.

Bo'ylama va ko'ndalang to'liqlarning masofani bosib o'tish vaqtlarini qabul qilsa bo'ladigan birinchi jadval Oldgem tomonidan tuzildi. U shuni payqadiki, masofaning oshib borishida, tezlik doimiy bo'lgandagiga nisbatan, yo'lni bosib o'tish vaqti sekin-asta ko'payib boradi. Bundan elastik to'liqlar tezliklarining chuqurliklarda oshib borishi haqidagi muhim xulosa chiqarildi. Oldgem 1906-yilda ko'ndalang to'liqlarning antisentr yaqinida chiqishlarini topdi. Biroq yerda tezlik uncha katta bo'lmagan masofalarda qayd etiladigan to'liqlar singari bo'lsa, ularning yetib kelish vaqti anchagina katta bo'ladi. Bundan yerning ichki qismida, tezlik tashqi qismiga qaraganda muhim darajada kam bo'lgan markaziy sohaning mavjudligi haqida xulosa chiqarishga olib keldi.

1906-yilda Vixert seysmogrammada to'liq oraliq guruhleri go'yoki yer ustidan qaytgandek ekanligini izohlab berdi. Angliyalik Dikson Oldgem (Oldxem) esa S to'liq tarqalish xususiyati bo'yicha sayyora-mizning ichki qismida yadro mavjudligini taxmin qildi. Keyinroq u tashqi «suyuq» va ichki «qattiq» yadroga ajratilgan.

1907-yilda germaniyalik geofizik va seysmolog Karl Stepprist seys-mik to'liq amplitudasini o'rganish, yerning ichki tuzilishi haqida fikr yuritish imkonini berishini asoslab berdi.

1909-yilda xorvatiyalik geofizik va seysmolog olim Andriya Moxorovich yer po'sti va uning ostida yotuvchi mantiya orasidagi chegarani aniqladi. Moxorovich, yaqindagi zilzilaning to'liqlarini kuzata

turib, seysmogrammalarda bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlarning ikkita chiqishlarini topdi, ushbu to'lqinlar turli yo'llar bo'yicha tarqalishi lozim, yana uning qalinliklarini 50 km deb baholash bilan birga, yer po'sti qatlamining borligi haqida xulosa chiqardi. Gutenberg 1914-yilda yadroning chuqurligidagi chegaralarini 2900 km ga teng deb baholadi va bu hozirgi kundagi tasavvurlar bilan muvofiq keladi. Seysmologiyaning taraqqiyotiga XX asming 20–40-yillarida Jeffris, Bullen, Gutenberglar o'zlarining katta hissalarini qo'shdilar. Ularning seysmologiya taraqqiyotiga qo'shgan katta hissolari sifatida yetarlicha aniqlikdagi «Yerda asosiy to'lqinlarning tarqalish tezliklari» jadvali xizmat qiladi va bu hozirgi kungacha o'zining ahamiyatini yo'qotmagan.

1913-yilda amerikalik seysmolog Beno Gutenberg geologik tadqiqotlar sohasida rivojlanish va instrumental (asbobga doir) seysmik ma'lumotlar asosida yerning ichki tuzilishi haqidagi umumiy tasavvurni ifodaladi.

1935-yilda amerikalik seysmolog Charlz Rixter zilzilalar kuchini aniqlash g'oyasini ilgari surdi. U to'lqinlarning tebranish amplitudasi qancha keng bo'lsa, zilzilalar shuncha kuchli bo'lishini aniqladi. Rixter zilzilalar kuchini 1–9-gacha bo'lgan magnitudada baholashni taklif qildi. Rixter shkalasida *zilzila shiddati magnitudada* seysmograflar yozuvini tahlil qilish natijasida aniqlanadi va bundan hozirgi kunda ham foydalanib kelinmoqda. 1958-yil AQSHda Charlz Rixterning «Elementar seysmologiya» kitobi chop qilindi¹.

1936-yilda daniyalik geofizik, seysmolog va Londonda qirolik jamiyatining o'qituvchisi Inge Lemann Yekaterinburg seysmik stansiyasi ma'lumotlari va Irkutsk Golitsin seysmograf uskunolari bo'yicha yerning yadrosi ichida, seysmik to'lqinlar uning tashqi qismiga qaraganda katta tezliklari bilan tavsiflanuvchi, markaziy sohaning (ichki yadro) mavjudligiga isbot keltirdi. Bu vaqtlarda Jeffris seysmologiya taraqqiyotiga o'zining katta hissasini qo'shdi, u kerak bo'lgan joyda qat'iy ravishda ilmiy usullar va statistik yondashuvlarni qo'llash to'g'risida asoslar keltirdi. XX asming 40-yillari boshlariga kelib ushbu olimlarning ishlari natijasida, yerga chuqurlashib borgan sari bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar tezliklarining tarqalishlari aniqlandi.

¹ Richter's Scale: Measure of an Earthquake, Measure of a Man. Susan Elizabeth Hough. Oxford, USA. 2007.

Faqatgina 50-yildan keyin amerikalik va fransiyalik olimlar yerning qattiq yadrosi temir va nikelidan iborat ekanligini va uning diametri 2,4 ming kilometrni tashkil qilishini isbotlashdi.



1.6-rasm. Charlz Rixter (seysmograf oldida).

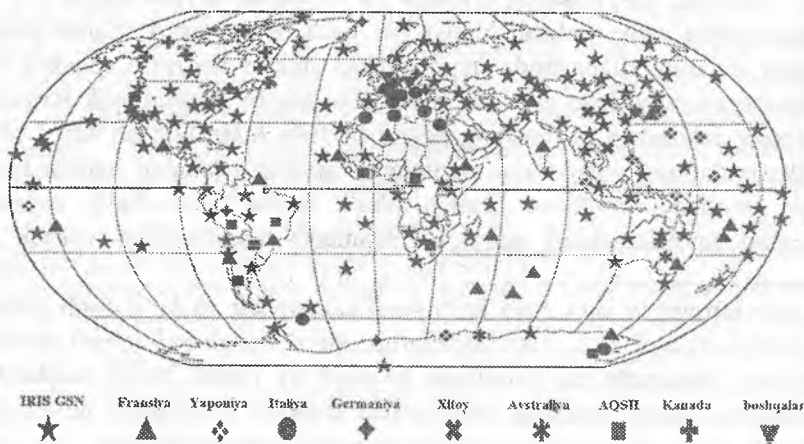
O'tgan yuz yillikning birinchi yarmini (40-yillarning oxiri – 50-yillarning boshlari) seysmologiya rivojlanishining birinchi bosqichi sifatida ko'rib chiqish mumkin. Ushbu bosqichning asosiy maqsadi yerda seysmik to'liqlarning o'tish vaqtlari haqidagi ma'lumotlarni to'plash va tizimlashtirishdan iborat bo'ldi. Bu ma'lumotlardan asosan ikki masalada – zilzilalar o'chog'ining koordinatalarini aniqlash uchun va chuqurliklarda elastik to'liqlarning tezliklari tarqalishlarini aniqlash uchun foydalanildi. Ushbu bosqichda hali seysmik stansiyalarning yetarlicha darajada chegaralangan miqdori faoliyat ko'rsatayotgan edi, seysmogrammalarga ishlov berish va zilzilalar o'chog'ining koordinatasini aniqlash qo'lda olib borilar edi va bu bosqichda seysmologiyaning erishgan yutuqlari unda bir nechta olimlarning mehnatlari tufayli yuzaga keldi. Natijada bu bosqichning oxirida zilzilalar episentrlarining geografik tarqalishlari to'g'risida va yerning chuqurliklarida elastik xususiyatlarning o'zgarishlari haqida tasavvurlar olingan. 50–60-yillarning

boshigacha va to 80-yillargacha bo'lgan davrni seysmologiya taraqqiyotidagi ikkinchi bosqich sifatida ko'rib chiqish mumkin. Bu bosqichda stansiyalar soni katta miqdorda ko'paydi, ular tebranishlarni muhim darajadagi keng chastotali diapazonlarda qayd etishga imkon beruvchi yuqori sezuvchanlikka ega bo'lgan asboblardan jihozlandilar. Bu esa ancha kuchsiz zilzilalarni qayd etishga va yer shari bo'yichi seysmiklikning tarqalishini mufassal o'rganishga, aniqrog'i, o'choqlarning shakllanishlari va o'choqlar mexanizmini aniqlashga imkon beradi. Birinchi rejaga zilzila o'chog'idagi jarayonlarni tadqiq etish vazifasi chiqib oladi. Bundan tashqari, yerning tuzilishini (gorizontal bir turda emasligi, o'tuvchi zonalarning yupqa strukturalarini va shunga o'xshash) ancha mufassal o'rganish imkoniyati paydo bo'ldi. Lekin bu jarayon shunga olib keldiki, ma'lumotlar (seysmogrammalar) hajmi keskin ko'payib ketdi va endi ularga avvalgi darajada qo'lda ishlov berishning iloji bo'lmay qoldi. Biroq shu vaqtning o'zida hisoblash texnikasining shiddatli taraqqiyoti davri boshlandi, bu esa bir qator vazifalarni elektron hisoblash mashinalari yordamida hal etishga imkoniyat yaratdi. Bino-barin, seysmogrammalar avvalgidek, o'xshash turda yozib boriladi, bu esa ularga yalpi ishlov berishni mushkullashtiradi. Bu bosqichda zilzila darakchilarining namoyon bo'lishi aniqlandi va bu esa zilzilani boshoratlash vazifasini keltirib chiqardi.

Nihoyat, 80-yillarning o'rtalari va oxirlarida seysmologiya o'z taraqqiyotida yangi yuksalishlarga yuz tutdi. Bu seysmik tebranishlarni keng dinamik diapazonda qayd etishga imkon beruvchi raqamli yozuvlarga ega bo'lgan asboblardan jihozlangan seysmologik stansiya-larning jahondagi to'rlarining paydo bo'lishi bilan bog'liq edi. Ushbu stansiyalarning yozuvlarini zamonaviy saqlash vositalari hamda Internet orqali ma'lumotlarni uzatish tufayli, undan butun dunyo seysmologlari foydalanishlari mumkin. Hisoblash texnikasining yuksak taraqqiyoti natijasida ma'lumotlarning katta hajmlariga – ham zilzilalar yozuvlarining o'ziga, ham ko'p sonli stansiyalar va ko'p sonli zilzilalarning seysmik to'liqlari tavsiflariga ishlov berish imkoniyati vujudga keladi. Birlamchi ma'lumotlarni to'plash va ishlov berish markazlari yaratildi, chunki ularning natijalaridan samarali foydalanish imkoniyatlari tug'ildi. Ma'lumotlarni birlamchi ishlov berishning dunyo bo'yicha bosh markazlari bo'lib AQSHdagi NEIC (National Earthquake Infor-

mation Center – Xalqaro zilzila ma’lumotlari markazi) va Buyuk Britaniyaning ISC (International Seismological Centre – Xalqaro seysmologiya markazi) markazlari xizmat qiladi. NEIC dunyo bo‘yicha barcha zilzilalar o‘choqlarining koordinatalarini va uni buzuvchi kuchlarini tez va imkoniyatlariga qarab mufassal aniqlash bo‘yicha javob beradi. Bundan tashqari, unda kengaytirilgan ma’lumotlar bazasi bo‘yicha axborot to‘plash va foydalanuvchilarga taqdim etish yo‘lga qo‘yilgan. Xalqaro seymologik markazda jahondagi zilzilalar haqidagi yakuniy to‘plangan ma’lumotlar, tahlillar va nashr etilgan axborotlar keltiriladi. Bundan tashqari, bir qator regional seymologik markazlar ham mavjud.

Seysmologik ma’lumotlarni dunyo bo‘ylab tarqatishlarda, ancha keng loyihalar va dasturlarni IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology) bajaradi. Bu maqsadlari yerning ichki tuzilishlari, zilzilalar o‘choqlarini tadqiq etishda va seysmik xavflilikni baholashda ko‘makchi bo‘lgan AQSHning yetakchi universitetlarini birlashtiruvchi asosiy struktura bo‘lib hisoblanadi. Dunyo markazlaridan axborot va ma’lumotlar IRISga kelib tushadi va Internet orqali istalgan foydalanuvchi uni olishi mumkin. IRISning asosiy vazifalaridan biri Global seysmologik to‘mi (GSN) tashkil etish hisoblanadi. GSNDan ko‘zlangan maqsad – yer shari bo‘ylab bir tekisda stansiyalarni taqsimlash, bir turdagi uskunalar bilan jihozlashdan iborat.



1.7-rasm. Yer sharidagi raqamli seysmik stansiyalar joylashuvi.

Hozirgi paytda GSN to'ri 128 ta stansiyadan iborat, yaqin kunlarda yana 8 ta stansiya o'rnatish rejalashtirilmoqda. 1.7-rasmda GSN seysmik stansiyalarining joylashish sxemasi ko'rsatilgan bo'lib, stansiyalar soni va sezgirligining ortishi sayyoramizdagi seysmik hodisalarni ko'proq qayd qilish imkonini beradi¹.

2005-yilda AQSH va Kanada seysmologlari yer yadrosi uning mantiyasi va po'stiga nisbatan tez aylanadi, o'z o'qi atrofida ortiqcha aylanishi taxminan ming yilda bir martani tashkil qiladi, degan xulosaga kelishdi.

2013-yilda Avstraliya Milliy universiteti olimlari sayyoramizning yadrosi, yerning boshqa qismlariga nisbatan (tez-tez bir-biriga moslash natijasida) kichik yoki katta tezlik bilan aylanishini aniqlashdi.

1.2. O'zbekistonda seysmologiya fanining rivojlanish tarixi

O'zbekistonda seysmologik tadqiqotlar ilk bor Sekki tizimidagi birinchi seysmoskop Toshkent shahrida Toshkent fizik observatoriyasida 1881-yilda o'rnatilishi bilan boshlangan. 1892-yildan boshlab seysmik kuzatuv punktlari sezilarli kengayib bordi. 1911-yilga kelib Toshkentda va O'zbekistonning boshqa shaharlarida o'rnatilgan seysmik stansiyalar soni 13 taga yetdi va alohida xizmat maqomini oldi.

Yurtimizda seysmologiya fani 1966-yil 26-apreldagi talafotli Toshkent zilzilasidan so'ng tashkil qilingan O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Seysmologiya instituti olimlarining ilmiy faoliyati va ularning ilmiy-amaliy yutuqlari mahsuli sifatida rivojlandi.

Seysmologiya instituti tashkil etilgunga qadar O'zbekistondagi seysmologik tadqiqotlar 1960-yilgacha Moskvada «Yer fizikasi» institutida, 1960–1963-yillarda O'zbekiston Fanlar akademiyasining Matematika institutida, 1963–1966-yillarda Geologiya va geofizika institutlarida o'tkazilar edi. Ixtisoslashgan institutning tashkil qilinishi seysmologik tadqiqotlarni bir joyga to'plash va tadqiqotlar mavzulari va moddiy-texnik bazasini kengaytirish imkonini berdi. Geofizik tadqiqotlarni kengaytirish maqsadida institut tarkibiga «Yadro fizikasi» institutidan Kompleks magnit-ionosfera observatoriyasi kiritildi. Institut tashkil qilingandan so'ng seysmik tadqiqotlar seysmiklikning tabiatini o'rganishga va dolzarb seysmologik vazifalarni yechishga

¹ Т.Б. Яновская. Основы сейсмологии. – СПб., 2008. – С.17.

yoʻnaltirilgan kompleks xarakterga ega boʻldi. Institut ilmiy faoliyatining ustuvor yoʻnalishlari sifatida seysmik xavfni kompleks baholash va rayonlashtirish, zilzilalarni prognoz qilishning metodologiyalarini yaratish belgilandi. Oʻzbekistonda seysmologiyaning rivojlanishi boʻyicha ishlab chiqilgan dasturga geologik-tektonik, geofizik, gidrogeologik, geodezik, geodinamik tadqiqotlar kompleksi, togʻ jinslaridagi buzilish jarayonlarini matematik va fizik modellash, tabiiy maydonlar variatsiyalarida axborot beruvchi darakhchilarni aniqlash kiritildi.

Bu dasturni bajarish davomida seysmologik tadqiqotlar rivojlanishining fundamental asosini belgilab beruvchi qator ilmiy natijalar olindi. Kompleks tadqiqotlarning birinchi yirik ilmiy umunlashmasi 1966-yildagi Toshkent zilzilasining tabiati va oqibatlarini oʻrganishga bagʻishlangan 1971-yilda chop qilingan «Toshkent zilzilasi» nomli monografiya boʻldi. Monografiyaning sakkizta bobi seysmologiya sohasidagi tadqiqotlarning barcha yoʻnalishlarini qamrab oldi. Xuddi shunday monografiya koʻrinishidagi ilmiy hisobotlar 1976 va 1984-yillardagi Gazli, 1977-yildagi Tovoqsoy, 1980-yildagi Nazarbek va boshqa zilzilalar uchun ham chop etildi. Bu tadqiqotlarda oʻzbek olimlari bilan bir qatorda sobiq Ittifoqning turdosh institutlarining qator yetakchi olimlari ham faol qatnashdilar.

Institut xodimlari ilmiy faoliyati davomida Umumiy seysmik rayonlashtirish (USR)-1978 xartasini akademik M.A. Sadovskiy muharrirligida yaratishga oʻzlarining sezilarli hissalarini qoʻshdilar. Oʻzbekistonning umumiy seysmik rayonlashtirish xartasi Oʻzbekiston Fanlar akademiyasining Seysmologiya, geologiya va geofizika institutining yetakchi olimlari tomonidan tuzildi. Shaharlarning seysmik mikrorayonlashtirish (SMR) metodologiyasi ishlab chiqildi, qator shaharlar SMR xaritalari (Gʻ.O. Mavlonov, S.M. Qosimov va boshq.), seysmogen zonalar xaritalari (R.N. Ibragimov) tuzildi, yangi seysmogeodinamik yoʻnalishi rivojlantirildi (V.I. Ulomov). Respublikaning umumiy seysmik rayonlashtirish va Oʻzbekistonning 24 shaharlarini seysmik mikrorayonlashtirish uchun institutning bir guruh olimlari Abu Rayhon Beruniy nomidagi Davlat mukofoti laureati boʻldilar.

Oʻzbekiston Fanlar akademiyasi Seysmologiya institutining yutuqlari seysmologiya rivojlanishida muhim bosqich boʻldi. Bu yutuqlarga munosib hissa qoʻshgan institutning birinchi direktori akademik

G'.O. Maylonov, uning ilmiy ishlar bo'yicha muovinlari V.I. Ulomov, S.M. Qosimov, akademiklar A.N. Sultanxodjayev, K.N. Abdullabekov, yetakchi olimlar R.N. Ibragimov, X.A. Abdullayev, D.X. Yakubov, V.N. Yakovlev, A.R. Yarmuxamedov, T.U. Artikov, S.X. Maqsudov, G'.Y. Azizov, L.M. Plotnikova, I.B. Yakovleva, R.P. Fadina va qator boshqa tadqiqotchilarni alohida ta'kidlab o'tish joiz.

Oxirgi o'n yillar davomida institut olimlari tomonidan zilzila manbalari modellari va muhitning seysmik ta'sirga reaksiyasiga asoslangan umumiy seysmik rayonlashtirishning yangi metodologiyasi va xaritasi ishlab chiqildi; zilzilalar tayyorlanishi jarayonlarining geofizik modeli yaratildi; tabiatda avval noma'lum bo'lgan «*Tayyorlanayotgan zilzila sohasida ko'tarilish deformatsiyalarining jadallashuvi*» hodisasi aniqlandi; seysmik maydonlar informativ xarakteristikallari majmuasini statistik tasniflashga asoslangan zilzilalarni o'rta muddatli prognoz qilish usuli ishlab chiqildi¹.

Favqulodda vaziyatlarni prognoz qilish va oldini olish bo'yicha Davlat dasturi doirasida institutda 18 ilmiy loyiha bajarilib, ular seysmologik tadqiqotlar darajasini yetarlicha yuqori ko'tardilar. Seysmik xavf monitoringi tizimini rekonstruksiya qilish va rivojlantirish bo'yicha Davlat dasturini amalga oshirish natijasida zamonaviy raqamli seysmik stansiyalar, axborot va telekommunikatsion texnologiyalarga asoslangan 60 ta seysmologik stansiyalardan iborat avtomatlashgan tarmoq yaratildi. Uning ma'lumotlarni qayta ishlash markazi ma'lumotlarni yig'ish, avtomatik va interaktiv qayta ishlash va saqlashning apparat-dasturiy ta'minoti bilan jihozlangan. Hozirgi kunda O'zbekistonning barcha hududida $M=1,5-2,0$ magnitudali zilzilalarni qayd qilish imkoniyati mavjud. Seysmik monitoring tarmog'ining dasturiy ta'minoti sezilarli zilzilalar parametrlarini bir necha daqiqa davomida tezkor aniqlash imkonini beradi va buning oqibatida qutqaruv bo'linmalari ishi samaradorligi sezilarli oshiriladi.

Zilzila darakchilari monitoringi vositalarini avtomatlashtirish maqsadida birlashgan markaz majmuasining geofizik va gidrofizik ma'lumotlarni qayd qilish, dastlabki qayta ishlash, saqlash, zilzila da-

¹ O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi G'.O.Mavlonov nomidagi Seysmologiya instituti 50 yoshda (1966–2016). –T., 2016.

rakchilari monitoringi markaziga yetkazib berishning apparat-dasturiy majmuasi ishlab chiqildi. Geoelektr, elektromagnit maydonlar, yerosti suvlarining gidrofizik parametrlarini qayd qilishning raqamli datchiklari, radonni o'lchashning raqamli qurilmasi, elektromagnit nurlanishlar kelish burchaklarining pelengatori, o'lchov datchiklarining kalibrovkalash stendi yaratildi. Ma'lumotlar bazalarini boshqarish va ko'p o'lchamli qatorlarni qayta ishlashning dasturiy paketlari yaratildi.

Tayanch iboralar:

Seysmologiya, zilzila, elastiklik, to'liqin, seysmogramma, birlashgan seysmologiya tadqiqot instituti (IRIS), Global seysmologik to'r (GSN), seysmik stansiya, seymogen zona, seysmogeodinamik, zilzila o'chog'i, ionosfera, geoelektr, elektromagnit maydonlar, gidrofizik parametr.

Nazorat savollari:

1. «Seysmologiya» atamasining lug'aviy ma'nosi nima?
2. Birinchi seysmograf kim tomonidan va qachon yaratilgan?
3. Seysmologiya fanining rivojlanish tarixiga qaysi olimlar hissa qo'shishgan?
4. Global seysmologik to'r tushunchasini izohlang.
5. O'zbekistonda seysmologiya fanining tarixi va sohaning rivojlanishiga hissa qo'shgan olimlar to'g'risida ma'lumot bering.

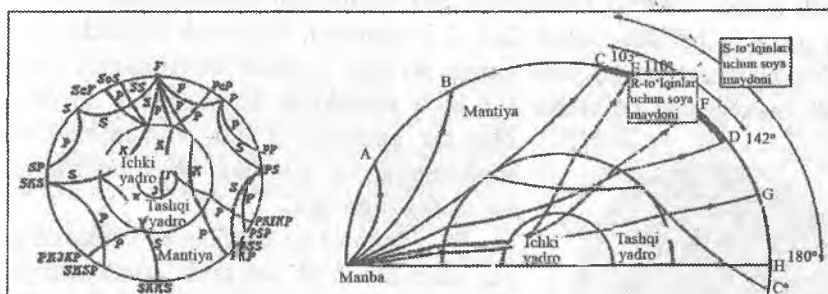
II BOB.

SEYSMOLOGIK MA'LUMOTLAR BO'YICHA YERNING ICHKI TUZILISHI

Yer ichki qismida to'liqlarning tarqalishi. Yer radiusi bo'ylab ko'ndalang va bo'ylama to'liqlar tarqalishi tezliklarini tahlil qilish. Yerning ichki va tashqi yadrosida hajm to'liqlarining tarqalishi. Seysmologik ma'lumotlar bo'yicha Yer geosferalarining holati. Yer qobig'ida seysmik to'liqlar va ularning tezliklarini taqsimlanishi, seysmologik ma'lumotlar bo'yicha yer qobig'ining turlari, GSZ, MOVZ.

2.1. Yer radiusi bo'ylab ko'ndalang va bo'ylama to'liqlarning tarqalishi

Kuchli zilzila natijasida hosil bo'lgan hajm to'liqlari yerni xuddi ichidan yoritgandek barcha qatlamlaridan kesib o'tadi va qaytariladi. Lekin geometrik optika qonunlaridan farqli o'laroq, yer moddasining tarkibi va undagi tezliklarning har xilligi sababli bu to'liqlar egri chiziqli bo'ylab tarqaladi (2.1-rasm).



2.1-rasm. F manbadan tarqalgan seysmik to'liqlarning yer ichida tarqalishi.

Bu to'liqlarni bir-biridan ajratish uchun quyidagi belgilashlar qabul qilingan:

P – bo'ylama to'liq,

S – ko'ndalang to'liq,

c – tashqi yadrodan qaytgan to'liq,

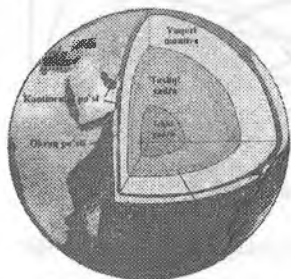
K – tashqi yadrodan o'tgan to'liq,
i – ichki yadrodan qaytgan to'liq,
I – ichki yadrodan o'tgan bo'ylama to'liq,
J – ichki yadrodan o'tgan ko'ndalang to'liq.

1906-yilda seysmologlar birinchi marta yerning yadrosini aniqlashgan, 1914-yilda esa Gutenberg yer yadrosi chuqurligini (2885 km) seysmik ma'lumotlar bo'yicha hisoblab chiqqan.

Tashqi yadro chegarasida bo'ylama to'liqning tezligi 13,6 km/s dan keskinlik bilan 8,1 km/s gacha pasayadi. Ko'ndalang to'liq esa tashqi yadroda umuman tarqalmaydi. Bunday holat esa tashqi yadroning suyuq holda ekanligidan dalolat beradi.

1936-yilda daniyalik olim Lemann qattiq ichki yadroni ajratadi. Lemann hisobi bo'yicha ichki yadroning chuqurligi 5000 km atrofida.

1909-yilda xorvatiyalik olim A. Moxorovichich (1857–1936-y.) seysmik to'liqlarning tezligi taxminan 35 km chuqurlikda keskin oshishini aniqladi. Bu chegara yer qobig'i chegarasi yoki Moxo chegarasi deb atala boshlandi. Kontinentlar ostida Moxo chegarasining ajralish chuqurligi bir necha o'n kilometrni tashkil qiladi, bir qancha tog' tizmalari (Pomir, And) ostida 60 km gacha yetishi mumkin, u holda okean ostidagi botiqliklar, suv qalinligini hisoblaganda 10–12 km ga teng bo'ladi, xolos (2.2, 2.3-rasmlar). Umuman olganda, yer po'sti bu sxemada go'yoki yupqa po'stga o'xshab tasvirlangan. Hozirgi tasavvurlar bo'yicha Yer juda murakkab ko'p sferali obyekt. Har bir geosfera o'ziga xos murakkab strukturaga va geofizik maydonlarning ko'rsatkichiga ega.



2.2-rasm. Seysmologik ma'lumotlar bo'yicha Yer sharining ichki qobiqlari.

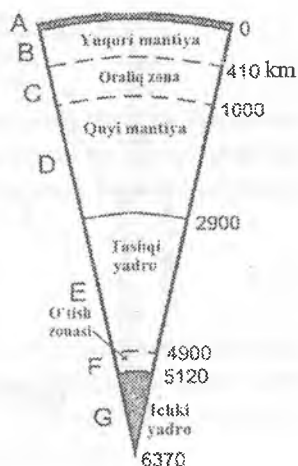
Bo'ylama va ko'ndalang to'liqlarning yer sharidan o'tib seysmik stansiyalarga kelish vaqtlari haqidagi ma'lumotlarni yig'ish 1908–1911-yillarda G. Gerglotts va E. Vixertlar tomonidan birinchi godograflarning (to'liqinni kuzatish vaqtining qo'zg'atish manbayi va kuzatish nuqtalari oralig'idagi masofa bilan bog'liqligi) tuzilishiga olib keldi. Bu godografdan 1930–1940-yillargacha zilzilalar episentri

va episentral masofalarni aniqlashda foydalanilgan.

B.B.Golitsin (1960) seysmik nurlarning yer yuziga chiqish burchagini o'lchash orqali ularning yetib kelish vaqtini aniqlash uslubini ishlab chiqdi. Bo'ylama to'lqinlar godografi bunda nurning yer yuziga chiqishi tuyuluvchi burchagi va ko'ndalang to'lqinlar tarqalish tezligiga bog'liq. Ko'ndalang to'lqinlar tezligini B.B. Golitsin kuzatuvlardan olgan. Hisoblashlar natijasida olingan eksperimental godograf 1940-yillarda olingan godograflar bilan yaqin.

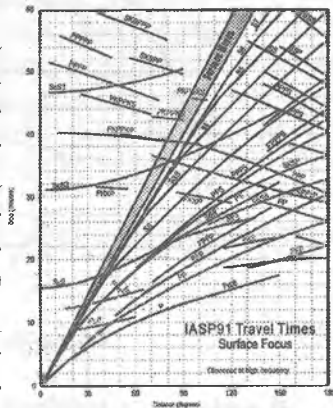
1950-yillarning boshida K. Bullen va G. Jeffrislar 0° dan 180° masofa va 700 km chuqurlikkacha bo'lgan R va S to'lqinlarning kelish vaqtlari jadvallarini tuzishgan (Rixter, 1963). Jeffris-Bullen godografi hozirgi kungacha jahon seysmik stansiyalari tomonidan ishlatilib kelinadi (2.4-rasm).

Olingan godograflar asosida P va S to'lqinlar tezligining chuqurlik bo'yicha o'zgarishi grafiklari tuziladi (2.5-rasm). Bu rasmdagi ma'lumotlar yerning asosiy geosferalarini ajratish imkonini beradi (2.6-rasm): A – yer qobig'i, 30–40 km gacha chuqurlikda ajratiladi va unga tezliklarning birinchi maksimumlari to'g'ri keldi; mantiya – B, C va D qatlamlar, 2900 km chuqurlikkacha; yadro – E, F – oraliq yadro (ichki yadroga o'tish zonasi) va G – ichki yadro qatlamlari. Yer qobig'i, mantiya va ichki yadro chegaralariga bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar tezligining keskin o'zgarishlari to'g'ri keladi.

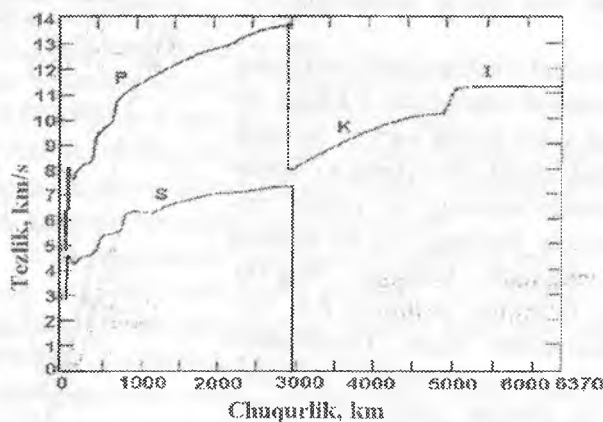


2.3-rasm. Seysmologik ma'lumotlar bo'yicha yerning qiyosiy chuqurlik tuzilish sxemasi.

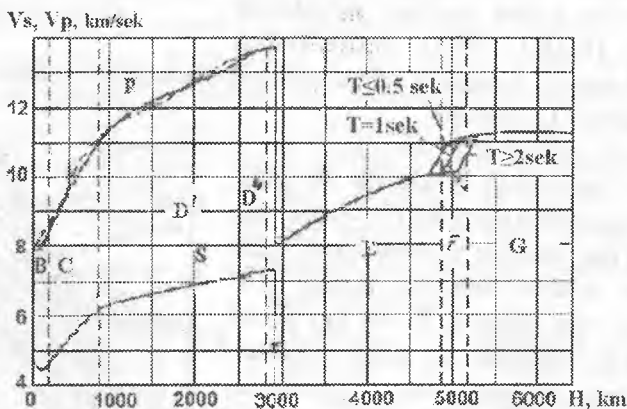
stansiyalari tomonidan ish-



2.4-rasm. Jeffris-Bullen godografi.



2.5-rasm. Bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlarning Yer ichki qismida tarqalishi.



2.6-rasm. Yerning asosiy qatlamlari.

B qatlami o'z tarkibiga tezliklari minimum bo'lgan 200 km chuqurlikkacha cho'zilgan zonani qamrab oladi. C qatlamida tezliklar 900 km chuqurlikkacha tez ortib borib, shu yerdan uning grafigi buriladi va tezlikning oshishi gradiyenti kamayadi.

2.2. Yerning ichki va tashqi yadrosida hajm to'liqlarining tarqalishi

Yer yadrosi va mantiyasi orasidagi chegara aniq chegara hisoblanadi va bu chegaraning aniqligi $R_s R$ va ScS qaytgan to'liqlar jadalligi bilan isbotlanadi. Seysmik nurlar vertikal tushganda nurlarni qaytarish sharti quyidagicha bo'ladi:

$$\left| 2\pi \frac{\delta}{T} \frac{1}{\Delta V} \right| \ll 1 \quad (2.1)$$

bu yerda: δ – bir muhitdan boshqa muhitga o'tish qatlamining qalinligi; ΔV – muhitlardagi tezliklar farqi; T – tebranishlar davri. Masalan, yadro chegarasi va bo'ylama to'liqlar uchun $\Delta V = 5.5$ km/sek, $T \approx 10$ soniya. Demak, o'tish qatlamining qalinligi $\delta \ll 10$ km bo'ladi.

2.3. Seysmologik ma'lumotlar bo'yicha yer geosferalarini ajratish

Yer qobig'ida seysmik to'liqlar va ularning tezliklarini taqsimlanishi, yer qobig'ining turlari (seysmologik ma'lumotlar bo'yicha): okean va kontinental yer qobig'i; litosfera va astenosfera qobiqlari yoritilgan.

Yuqorida berilgan ma'lumotlar bo'yicha, yer asosiy sferalarining holati haqida ba'zi bir xulosalarni shakllantirish mumkin. B, C va D qatlamlarda ko'ndalang to'liqlarning o'tishi ularning qattiq holatda ekanligini ko'rsatadi. Bu to'liqlarning tashqi yadroda kuzatilmagani (E qatlami), bu qatlamning suyuq holatdaligini yoki u yerda juda kuchli to'liq yutilishi jarayoni mavjudligini taxmin qilsa bo'ladi. Lekin bu yutilish jinslarning ichki ishqalinishidan hosil bo'ladigan samara emasligi aniq.

Turli chuqurlikdagi V_p va V_s tezliklarni bilish yerning muhim mexanik parametrlarini aniqlash imkonini beradi:

$$V_s^2 = \frac{\mu}{\rho}; \quad (2.2)$$

$$\frac{K_s}{\rho} = V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 = F; \quad (2.3)$$

$$\frac{K_s}{\mu} = \left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - \frac{4}{3}; \quad (2.4)$$

$$\sigma = \frac{1 - \frac{2\mu}{3K}}{2 + \frac{2\mu}{3K}} \quad (2.5)$$

bu yerda: K_s – adiabatik siqilish moduli; σ – Puasson koeffitsiyenti. Yuqoridagi tenglamalarni tahlil qilish quyidagi xulosalarga olib keladi:

C qatlamni bir jinsli deb bo'lmaydi. Bu qatlamda jinslarning kimyoviy tarkibi o'zgaradi yoki fazaviy o'zgarishlar sodir bo'ladi. Ikkala holat ham kuzatilishi mumkin.

Yuqori mantiya (B qatlam) ham bir jinsli emas, u dunit, peridotit va eklogitlardan tarkib topgan.

1925-yilda Konrad tomonidan bo'ylama to'lqinlarning yana bir fazasi aniqlanib, bu seysmik chegara ham xuddi Moxo chegarasi singari deyarli barcha hududlardagi yer qobig'ida seysmologlar tomonidan ajratiladi. Bu chegara Konrad chegarasi nomini olgan bo'lib, u granit qatlamidan bazalt qatlamini (yuqori qavat va quyi qavatni) ajratib turadi.

Zilzila va portlashlardan hosil bo'lgan to'lqinlarning tarqalishi so'nggi yillarda jadal o'rganilmoqda. Bunda singan («переломленных волн») va qaytgan («отраженных волн») to'lqinlar usullari qo'llanilgan izlanishlar natijalarini quyida ko'rib chiqamiz.

Tadqiqotchilarning kuzatishlari natijasida bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlarning tezliklari:

granitda – $V = 4,0-5,7$ km/s, $V_s = 2,1-3,4$ km/s;

bazaltda – $V_p = 5,4-6,4$ km/s, $V_s = 3,2$ km/s;

gabbroda – $V_p = 6,4-6,7$ km/s, $V_s = 3,5$ km/s;

dunitda – $V = 7,4$ km/s, $V_s = 3,8$ km/s;

eklogitda – $V_p = 8,0$ km/s, $V_s = 4,3$ km/s ni tashkil qiladi.

Bulardan tashqari, granit qatlamining o'zida ba'zi bir hududlarda to'lqinlarning tezliklari va qatlam ichidagi chegaralar bir-biridan farq qiladi. Okean ostida, shelfdan keyin granit qatlamining o'zi mavjud emas. Kontinentlarda granit qatlamining quyi chegarasi Konrad chegarasiga to'g'ri keladi.

Hozirgi kunda Moxo va Konrad chegaralari aniq ko'rsatkichlarga ega. Bir qancha kontinental oblastlar uchun bo'ylama to'liqlar tezliklari 6,5 km/s dan 7,0 km/s gacha, 7,0 km/s dan 7,5 km/s gacha. Diorit va gabbro qatlamlari mavjud bo'lib, ularning tezliklari $V = 6,1$ km/s va gabbroda $V = 7,0$ km/s. Okeanlar ostida Moxo chegarasi 10 km chuqurlikda yotadi. Ko'p kontinentlar uchun Moxo chegarasining chuqurligi platformalarda 35–40 km, tog'li rayonlarda esa 50 km va undan yuqori. Tog'li rayonlarda Moxo chegarasi chuqurroq joylashgan (tog' ildizlari). Bu tog' ildizlari fanda birinchi bor gravitatsion ma'lumotlar asosida aniqlangan.

Yer qobig'i qobiqosti jinslaridan tuzilishi va kimyoviy tarkibi bilan farqlanadi. Yer qobig'i mantiya litosferasidan Moxo chegarasi bilan ajralib turadi. Bu yerda seysmik tezliklar sakrab, keskin 8,0–8,2 km/s gacha o'zgaradi. Yer qobig'ining yuzasi har xil yo'nalishli tektonik harakatlarning ta'siri natijasida relyefning hosil bo'lishiga, so'ng denudatsiyalarning ta'sirida ushbu relyefning yemirilishi va cho'kindi yig'ilishi hisobiga o'zgarib turadi. Natijada doimo shakllanayotgan va tekislana-yotgan yer qobig'ining yuzasi juda murakkab. Relyefning maksimal farqlari hozirgi tektonik faollik yuqori joylarda kuzatiladi. Masalan, Peru-Chili okean chuqur novi va And tog'lari orasidagi relyefning farqi 16–17 km ni tashkil etadi. Litosfera plitalarining to'qnashuvi (subduksiya, kolliziya zonalari) joylarida, masalan, Alp-Himolay burmalanishi (notekis) mintaqalarida bu farq 7–8 km ni tashkil etadi.

Okean turidagi yer qobig'ining tarkibi soddaroq tuzilishga ega. Uning kesimida uchta asosiy qavat ajratiladi. Ulardan birinchisi – cho'kindi qavati. Bu qavat asosan karbonat cho'kindilardan tarkib topib, 4,0–4,5 km chuqurlikkacha tarqalgan. Bundan chuqurroqda karbonatsiz chuqur suvlarda hosil bo'lgan qizil gillar va kremniyli gillar tarqalgan.

Ikkinchi – bazalt qavati toleit tarkibli bazalt lavalardan tarkib topgan. Seysmik ma'lumotlar bo'yicha okean qobig'ining bazalt qavati 1,5–2 km ni tashkil etadi. Okean qobig'ining gabbro serpentin qavati 4,5–5 km ga yetadi. Shunday qilib, okean qobig'i cho'kindi qavatsiz 6,5–7 km ni tashkil qiladi. Pastdan okean qobig'i yuqori mantiyaning kristallik jinslaridan tashkil topgan. O'rta okean tizmalari cho'qqilari ostida okean qobig'i mantiyadan ajralib chiqqan bazalt lavalari o'choqlari ustida joylashgan.

Okean qobig'i o'rta okean tizmalari rift zonalarida ro'y berayotgan jarayonlar natijasida, qaynoq mantiyadan ajralayotgan bazalt eritmalarining separatsiyasi natijasida hosil bo'ladi. Har yili bu zonalarda astenosferadan ko'tarilib, okean tubiga 5–6 km³ bazalt eritmaları quyilib, okeanning ikkinchi qobig'ini tashkil etadi. Bu ulkan tektonomagmatik jarayonlar o'rta okean tizmalarida doimiy ravishda kechib, yuqori seysmiklikni keltirib chiqaradi. Kontinentlarda bunday holatlar mavjud emas.

Kontinental turdagi yer qobig'ining tarkibi va tuzilishi okean qobig'idan tubdan farq qiladi. Uning qalinligi orollar yoyida va o'tish zonalarida 20–25 km dan yerning yosh o'lkalari Andlar, Alp-Himolay notekis mintaqalarida 80 km gacha yetadi. Qadimgi platformalarda yer qobig'ining qalinligi o'rtacha 40 km ni tashkil etadi.

Kontinental qobiqning tuzilishi bir jinsli emas, ayniqsa, platformalarda uchta asosiy qatlam ajratiladi: yuqori cho'kindi qoplam, granit va bazalt qatlamlari. Cho'kindi qatlamning qalinligi qadimgi platformalarning qalqon qismlarida 0 km dan kontinentlarning sust chekkalarida 10–12 km va hatto 15 km gacha yetishi mumkin. Proterozoy platformalarida cho'kindilarning o'rtacha qalinligi 2–3 km ni tashkil etib, ularning tarkibi gilsimon yotqiziqlar va karbonat jinslardan iborat.

Konsolidatsiyalashgan (jipslashgan) kontinental qobiqning yuqori qismi asosan tokembriy jinslaridan tashkil topgan. Bu qatlam «granit» qatlami nomini olgan. Ya'ni bu nom bilan ushbu qatlam kesimi jinslarida granit tashkil etuvchi qatorning bazalt qatoridan ustuvorligi ta'kidlanadi.

Yer qobig'ining yanada chuqurroq qismida (15–20 km atrofida) ko'p hollarda bo'ylama to'lqinlarning tezliklari keskin 0,5 km/s ga oshadi. Bu Konrad chegarasi bo'lib, undan quyida «bazalt» qatlami yotadi. Ba'zi joylarda Konrad chegarasi ajratilmaydi, ya'ni seysmik to'lqinlar tezliklari keskin oshmaydi.

Litosfera va astenosfera. Yerning yuqori mantiyasi seysmik va boshqa geofizik usullar bilan ancha yaxshi o'rganilgan. Yuqori mantiya Moxo chegarasidan boshlab 400 km chuqurlikkacha tarqalgan. Litosfera yerning yuqori qattiq tosh qatlami. Uning qalinligi yer sharining turli o'lkalarida 50–150 km gacha o'zgaradi. Litosfera yer qobig'i va yuqori mantiyaning ustki qismini o'z ichiga oladi, bu yerda mantiya moddasi sovishga ulgurib qattiq tog' jinsiga aylanib bo'lgan.

Litosferadan chuqurroqda past tezlikli zona mavjud. Bu zona litosferaning quyi chegarasidan 300–400 km gacha tarqalib astenosfera qavati nomini olgan. Astenosfera moddalari siljish kuchlanishlari taʼsirida qayishqoqligi tufayli yengil deformatsiyalanadi. Moddaning oʻzini bunday tutishi astenosferada togʻ jinslari birmuncha erigani sabablidir. Astenosfera qavatidan koʻndalang toʻlqinlarning oʻtishi bu yerda gi moddalarning erishi qismanligini va moddaning oʻzi deyarli qattiq holatda ekanini koʻrsatadi. Erish miqdori baʼzi maʼlumotlar boʻyicha 20% gacha yetishi mumkin. Astenosferaning bu holati koʻndalang toʻlqinlarning kuchli yutilishiga olib keladi.

Litosfera chuqurligi boʻyicha va gorizontalar (lateral) yoʻnalishda har xil tarkibga va xususiyatga ega. Litosferaning asosiy strukturasi yer sathi tuzilishiga qarab tushunsa boʻladi. Birinchi qarashda, yer yuzi okean sathidan yuqori boʻlgan kontinental hudud va okean sathidan past boʻlgan botiqlikdan iborat. Kontinental hududga shelf, kontinental qiyalik kiradi, kontinental qiyalik tugashi bilan okean qobigʻi boshlanadi. Okeanlarda «sochilib ketgan» orollar, orollar zanjirlari, orollar yoylari mustaqil strukturalardir. Ularning oʻziga xos tuzilishi va geologik rivojlanish tarixi mavjud.

2.4. Yer poʻstining chuqurlik tuzilishini aniqlashda zilzila toʻlqinlaridan foydalanish. Zilzilalar toʻlqinlarining almashinuvchi usuli (MOVZ)

Zilzila insoniyat uchun katta xavf-xatar, halokat va moddiy zarar manbai boʻlishiga qaramasdan, zilzilalar natijasida hosil boʻladigan toʻlqinlardan yer poʻstining ustki qismidan toki yuqori mantiyagacha boʻlgan chegaralarni ajratishda zilzila toʻlqinlarining almashinuvchi usuli (ZTAU – MOVZ) uchun qoʻl keladi.

Bu usul qidiruv seysmologiyasining usullaridan biri boʻlib, tabiiy zilzilalarning almashinuvchi sinq toʻlqinlardan foydalanishga asoslangan. Yer sharida har kuni inson sezmaydigan, lekin seysmik stansiyalar qayd qiladigan bir necha yuzlab zilzilalar sodir boʻladi. Ushbu zilzilalar toʻlqinlari MOVZ usulining tadqiqot predmetidir. MOVZ usuli yordamida yer poʻstining choʻkindi poydevor qavati hamda Moxo chegarasi va boshqa toʻlqin tezliklari bilan bir-biridan farqlanuvchi turli seysmogeologik chegaralarni ajratish mumkin.

Katta jadallikdagi almashinuvchi to'liqlar yuqori mantiya va yer po'sti ichki chegarasida seysmik to'liqlarining sinishidan hosil bo'ladi. Chegaralarning yotish elementlari birlamchi (ko'ndalang yoki bo'ylama) va almashinuvchi (bo'ylama-ko'ndalang yoki ko'ndalang-bo'ylama) to'liqlarning qabul qilish punktiga kelish vaqtining farqi bilan aniqlanadi. MOVZ almashinuvchi to'liqlarning kinematik va dinamik xarakteristikasidan foydalaniladi va zilzila o'chog'ining o'rini aniq bilishdan, uning hosil bo'lish vaqtidan hamda to'liq kelishining absolut vaqti bilan bog'liq bo'lmaydi. MOVZ ayrim regionlarning chuqurlikdagi geologik tuzilishini o'rganishda regional geologik-geofizik komplekslarning asosini tashkil qiluvchisi sifatida qo'llaniladi. MOVZ ning dala ishlari vaqtida seysmik to'liqlarini qabul qilish va ro'yxatga olish regional tipdagi uch-to'rt komponentli seysmik stansiyalar yordamida amalga oshiriladi. Seysmik kuzatuvlar punkti profillarda joylashadi yoki maydon bo'ylab to'planib stansiyalar oralig'i 1 dan 20 km uzoqlikda bo'ladi. Elastik to'liqlarni ro'yxatga olish har bir punktda 8–30 sutkada uzluksiz amalga oshiriladi. Dala kuzatuvlari harakatlantiruvchi bir nechta stansiyalarning (10–20 va undan ortiq) yordamida bajariladi. Bo'ylama-ko'ndalang (PS) to'liqlardan foydalanganda bu usuldan uzoq masofadagi zilzilalarni kuzatishda foydalanish mumkin, ko'ndalang-bo'ylama (SP) to'liqlar modifikatsiyasida ro'yxatga oluvchi stansiyalarning zilzila episentridan optimal joylashishi 100–500 km masofada bo'lishi mumkin. SP usulining PS ga qaraganda chuqurligi kamroq (10–15 km gacha). Bu usullar birgalikda qo'llanilganda yer po'sti tuzilishi haqidagi ma'lumotlar mukammalroq va ishonchli bo'ladi. MOVZ usulida almashinuvchi o'tuvchi to'liqlarning kuzatish materiallarning ahamiyati ko'proq; boshqa tipdagi almashinuvchi to'liqlar (asosiy, qaytgan) chegaralangan miqdorda qo'llaniladi. PS tipdagi o'tuvchi to'liqlar qo'llanilgan vaqtda eng aniq axborotlar ro'yxatga oluvchi stansiyalar zilzila o'chog'idan 4–8 ming km va undan uzoqroqda bo'lganida olinishi mumkin. Ko'pincha almashinuvchi to'liqlarning chastotalari 1–5 Hz ni tashkil qiladi. MOVZ materiallarining asosida almashinuvchi va monotip to'liqlarni (Δt) ro'yxatga olish vaqtining farqidan foydalanish yotadi; godograflar ikkilamchi ahamiyatga ega. Monotip to'liqlarining yotish burchagining almashinish chegarasi bilan katta bo'lganda (chegara va nur bilan oraliq burchagi

100 gacha bo'lganda) chuqurlikni (N) quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$H=\Delta t V_p,$$

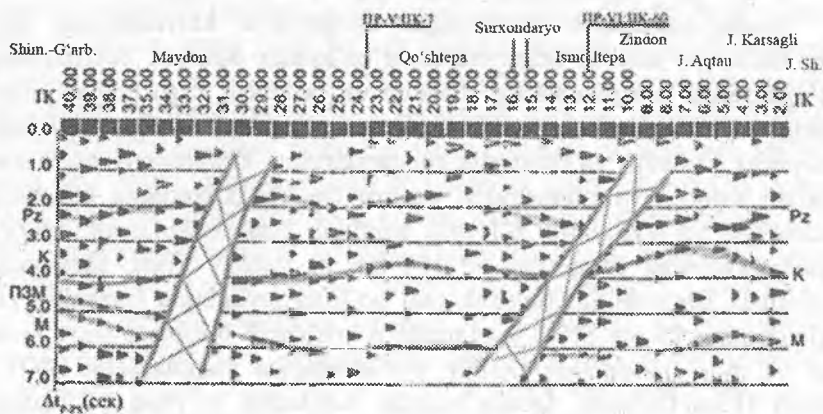
bunda: V_p – bo'ylama to'lqinning o'rtacha tezligi;
 $k=vp/V_s$, V_s – ko'ndalang to'lqinning o'rtacha tezligi.

Oraliq punktlarda hisoblangan chuqurliklar korrelatsiyasi sifatiy mezonlar asosida (almashinuvchi to'lqinlar dinamik belgilarining o'xshashligi, chegaralarning chastota va tanlanish xususiyatlari, ularning o'zaro joylashish xarakterlari va boshqalar) amalga oshiriladi. Seysmik kesimlar va chuqurlik chegaralarining strukturaviy sxemasini tuzish aniqligi va ishonchligi sindiruvchi chegaralarining kuzatilish xarakterli va tezliklarini o'lchash aniqliligi bilan belgilanadi. MOVZ tadqiqotlarining chuqurligi 50–100 km ni tashkil qiladi; kesmaning ajratilish ishonchligi. seysmik faol bo'lgan rayonlarda (mahalliy zilzilalarining PS va SP to'lqinlaridan foydalanish hisobiga) ortib boradi va mos sharoitlarda GSZlar mufassalligiga yaqinlashadi. MOVZ usuli O'rta Osiyoda, Qozog'istonda, Kavkazda ko'proq qo'llaniladi (N.K. Bilin).

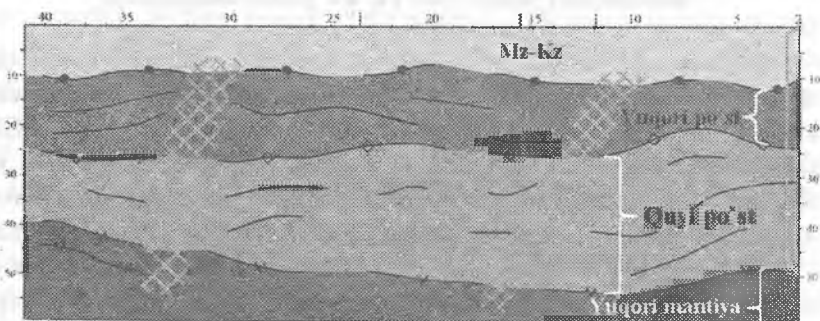
2.5. O'zbekiston hududida zilzila to'lqinlarining almashinuv usuli. MOVZ bo'yicha tadqiqotlar

O'zbekiston hududining chuqurlik gorizontining geologik tuzilishini o'rganish maqsadida turli yillar davomida seysmorazvedkaning GSZ (chuqurlik seysmik zondlash) MOVZ usullari o'tkazilgan. GSZ izlanishlari (R.I. Abramson, M.I. Astafyev, A.V. Yegorkin, 1963) natijasida Surxondaryo cho'kmasi o'q qismida burmali fundamentning yotish chuqurligi 8,3 km deb topildi. Keyinchalik MOVZ materiallari (1983–1985) to'planib borgani sari almashinish yaralishi chegaralarining (paleozoy) sxematik strukturali xaritalari tuzildi, ular yer qobig'ining qatlamli-blokli tuzilishini hamda chuqurlikdagi regional yoriqlarni ko'rsatdiki, ular bo'ylab cho'kindi qobig'ining yuqori komplekslari bo'ylab ma'lum antiklinal chiziqlar tashkil topgan va ushbu o'rganilgan hududlarning neft-gazga mahsuldorligini oshirish maqsadida geologik-geofizik ma'lumotlarni umumlashtirish bo'yicha mavzuli ishlar

(B.B. Tal-Virskiy, T.L. Babadjanov, V.V. Rubo) tomonidan olib borilgan. O'rta Osiyo hududi, jumladan, O'zbekiston hududi MOVZ usuli orqali bir nechta regional profillar orqali o'rganilgan va sifatli natijalar olingan. Bunga misol qilib, mualliflardan biri D.X. Atabayev rahbarligida Surxondaryo megasinklinali va Zarafshon botiqligi hududlari bo'ylab MOVZ tadqiqotlari o'tkazilganligini keltirish mumkin.

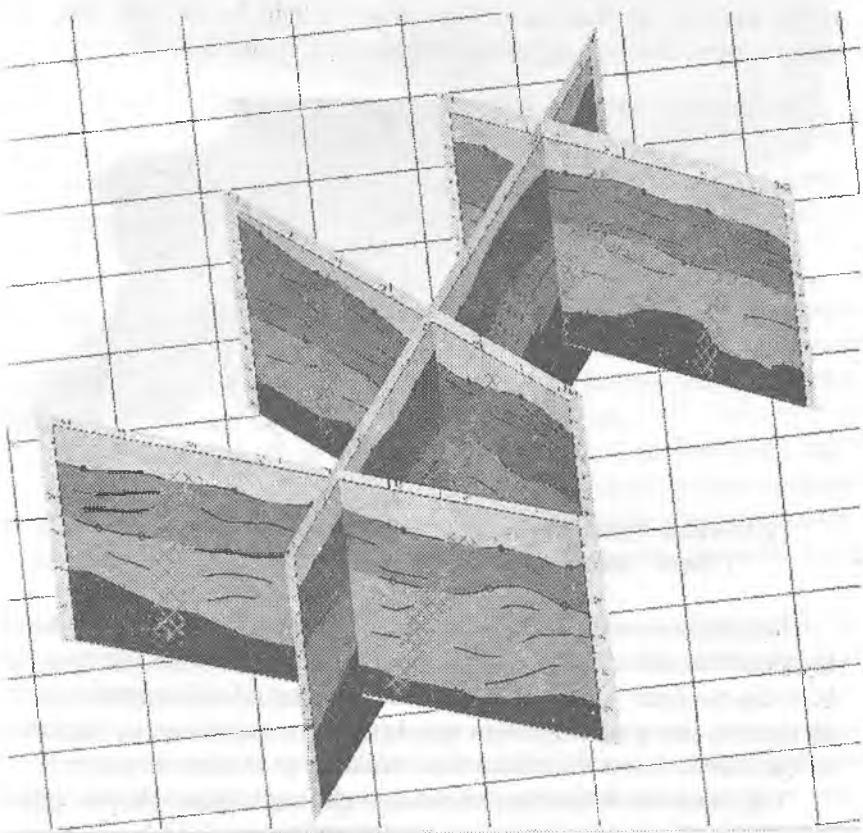


2.7-rasm. Sherobod-Zarabog' profili bo'yicha seysmik kesim.



2.8-rasm. MOVZ va geofizik tadqiqotlar natijasida I-I Sherobod-Zarabog' (vaqtli kesimi yuqorida) profili bo'yicha qurilgan seysmogeologik kesim (tuzuvchilar: D.X. Atabayev, Sh.S. Radjabov).

Surxondaryo megasinklinali hududi doirasida olib borilgan MOVZ tadqiqotlari 4 ta: I-I, III-III, IV-IV, V-V-profillari bo'yicha olib borilgan (2.9-rasm) bo'lib, tadqiqotlar natijasida bir nechta Kelif-Sherobod, Cho'lbad-Hisor va boshqa bir nechta yirik yer yoriqlari ajratilgan, ushbu yer yoriqlarining zamonaviy tektonik strukturalar va chuqur yer yoriqlari xaritasi hamda Surxondaryo megasinklinalining 1:200 000 miqyosdagi paleozoy yotqiziqlarining izogips xaritalari qurilgan.



2.9-rasm. Surxondaryo megasinklinalida o'tkazilgan MOVZ tadqiqotlari natijasida qurilgan profillar bo'yicha 2D-modeli.

Mezozoy va paleozoy yotqiziqlari yosh hosilalari ostiga koʻmilgan va ular Surxondaryoning togʻli, shimoliy va gʻarbiy atroflarida ochilmalar hosil qilgan.

Paleozoy strukturalari kenglik yoʻnalishiga ega, bunga magnit anomalialarining yoʻl-yoʻlliklarini ketma-ket kelishi misol boʻla oladi. Shu munosabat bilan B.B. Tal-Virskiyning bildirgan fikri oʻrinli: «...geofizik maʼlumotlar (geomagnit anomalialari) gersin strukturalarining kenglik yoʻnalishlariga ega ekanligi dalil boʻla oladi, ular eng yangi orogen hosil qilgan strukturalarga mos emas»¹.

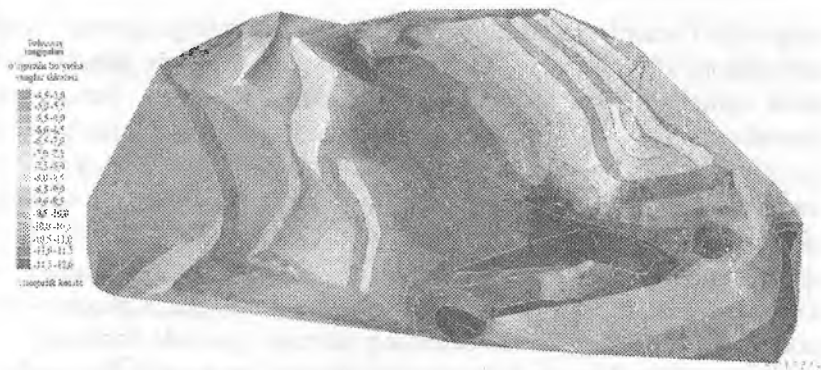


2.10-rasm. Surxondaryo megasinklinali relyefining raqamli modeli (Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) kosmosurati).

Surxondaryo megasinklinalida paleozoy strukturalarining birlamchi koʻrinishi shimoli-gʻarbiy yoʻnalishga ega boʻlgan. MOVZ maʼlumotlari boʻyicha tuzilgan paleozoy fundamenti ustining relyefi sxematik xaritada shimoli-sharqiy yoʻnalishga ega, kenglik yoʻnalishdagi koʻtarilmalar va choʻkishlar hosil qiluvchi ayrim strukturalar bundan mustasno.

Togʻorasimon relyefning markaziy yoki eng chuqur qismini egallagan tekis ostki qismida paleozoy fundamentining usti 11,5–12 km chuqurlikda yotadi (2.11-rasm).

¹ *Таль-Вирский Б.Б. Геофизические поля и тектоника Средней Азии.* –М.: Недра, 1982. –С.238.



2.11-rasm. Surxondaryo megasinklinali paleozoy yotqiziqlari ustki qismi izogipslari o'zgarishi bo'yicha MOVZ tadqiqotlari natijasida qurilgan 3D-model (D.X.Atabavev).

Depressiyaning tagi janubi-g'arbga tomon sekin-asta kengayib boradi va Jarqo'rg'on shahri kengligida ayrim kenglik yo'nalishdagi ko'tarilmalar va botiqliklar bilan uziladi. G'arb va sharq tomondan botiqlikning tekis tagi tik o'yiqlar bilan chegaralanadi.

G'arbiy o'yiqlik tik va baland, plandagi shakli Cho'lbair yer yorig'i shakli bilan va uning davomi bo'lgan Kelif-Sherobod fleksura uzilmali zonasi bilan o'xshash. Shimolda g'arbiy o'yiqlikning chekkasi depressiya tagidan 6,0 km baland, Amudaryoning yaqinida bu balandlik 1,5–2 km ni tashkil qiladi.

Cho'lbair va Boysun-Ko'hitang yer yoriqlarining bo'g'inidan janubda, Sherobod botiqligining hududida paleozoy ustki qismining keskin tekislanishi kuzatiladi.

Depressiyaning sharqiy o'yiqligi nisbatan qiya va baland emas (1,5–2,0 km); valsimon yo'nalishli ko'tarilish bilan murakkablashgan va u, o'z navbatida, Surxondaryo vodiysi yo'nalishi bilan parallel. Surxondaryo chap bortidagi paleozoy fundamenti usti ko'tarilmasi bular-dan ajralib chiqqan Lalmikor, Dasmonog'a va boshqa morfostrukturalari shakli bilan o'xshash.

Tabiiyki, ko'rilayotgan sxematik xarita mufasssal emas. Baribir ta'kidlash mumkinki, paleozoy fundamenti ustining tuzilishi bilan ho-

zirgi relyef orasida yaqin aloqa bor (2.9, 2.10-rasmlarga qarang). Xuddi relyefga (2.10-rasm) o'xshab paleozoy fundamenti usti planda yoysimon egilishlar bilan tavsiflanadi (2.11-rasm). Masalan, Surxondaryo Amudaryoga quyiladigan yeridagi anomal qiyshayishlari bilan bir xilda.

Olingan ma'lumotlarning guvohlik berishicha, mezozoy-kaynozoy vaqti davomida ushbu hudud ko'proq pastlashib borgan. Surxondaryo depressiyasi o'q qismining pastlashib borishi jami 10–12 km ni tashkil qiladi. Taxmin qilinishicha, ilk mezozoyda Surxondaryo depressiyasi kenglik yo'nalishidagi keng botiqlikdan iborat bo'lgan, u Buxoro-Hisor zonasida jadal egilgan. Mezozoyning ikkinchi yarmida subkenglik siqilishi meridional bosim bilan murakkablashib, asta-sekin Surxondaryo o'qining shimoliy-sharqiy qismi cho'kib borgan.

Yuqoridagi fikrlarni umumlashtirish asosida shunday xulosaga kelish mumkinki, O'rta Osiyo hududida zilzilalar to'lqinlari almashinuv usuli (MOVZ)dan foydalanish hududning chuqurlik tuzilishidagi qatlamlanish haqida sifatli natijalar berib qolmasdan, balki ushbu tadqiqotlar natijasida hududlarning tektonik, chuqurlik, geodinamik va seysmogen holati haqida qimmatli ma'lumotlar olish mumkin, yuqorida keltirilgan tadqiqot ishlari natijalari bu fikrni tasdiqlaydi.

Tayanch iboralar:

Yadro, sfera, godograf, litosfera, astenosfera, GSZ, MOVZ, mega-sinklinal, orogen, depressiya.

Nazorat savollari:

1. Yerning ichki tuzilishi, seysmik chegaralar haqida tushuncha bering.
2. Jeffris-Bullen godografi nima uchun xizmat qiladi?
3. Yerning ichki va tashqi yadrosida bo'ylama to'lqinlarning tarqalish tezliklari haqida ma'lumotlar keltiring.
4. Moxo va Konrad chegaralari haqida tushuncha bering.
5. Zilzilalar to'lqinlarining almashinuvchi usuli (MOVZ) va chuqurlik seysmik zondlash (GSZ) usullarini O'rta Osiyo hududida qo'llash samaradorligi haqida tushuncha bering.

III BOB.

LITOSFERA PLITALARI TEKTONIKASI TEKTONIK ZILZILALAR OBYEKTI SIFATIDA

Litosfera plitalari tektonikasi, litosfera plitalari tezligi, spreading zonalari, yo'l-yo'lli magnit anomalionalar: Benyof zonasi, chuqur nov-lar, orollar yoyi, yoyoldi va yoyorti havzalar, faol kontinental chetlar, rifllar, divergent yoki konstruktiv chegaralar, konvergent yoki destruktiv chegaralar, subduksiya, obduksiya, kolliziya.

Hozirgi kunda zilzilalar tasnifi bo'yicha eng ko'p sodir bo'luvchi va insoniyat uchun eng katta xavf soluvchi hodisa tektonik zilzilalardir. Tektonik zilzila natijasida yer qatlamlarini o'zgartirib tog'lar hosil qiluvchi energiya (kuch) zarbidan zilzila vujudga keladi.

Eng ko'p zilzilalar (75%) Tinch okean litosfera plitalari chegara-sida sodir bo'ladi, 22% – O'rtayer dengizi Osiyo seysmik belbog'ida va faqat 3% o'rta okean ko'tarilmasida va litosfera plitalarining ichki qismida sodir bo'ladi. Ushbu tektonik jarayonlar natijasida vujudga keladigan zilzilalar sabablarini *litosfera plitalari tektonikasi nazariya-si* izohlaydi.

3.1. Litosfera plitalari tektonikasi nazariyasi

Litosfera plitalari tektonikasi – litosferaning harakati haqidagi za-monaviy geologik nazariyaga muvofiq yer po'sti nisbatan yaxlit blok-lardan – litosfera plitalaridan tuzilgan va ular bir-biriga nisbatan doimiy harakatda bo'ladi. Kengayish zonalari (o'rta okean tizmalari va kon-tinental riftlarda) spreading tufayli yangi okean po'sti hosil bo'ladi, es-kisi subduksiya zonalari quruqlik plitasi ostiga yutiladi. Bu nazariya litosfera plitalari chegaralarida joylashgan zilzilalar, vulkanizm va tog' hosil bo'lish jarayonlarini tushuntirib beradi.

Hozirgi davrda Shimoliy Amerika plitasi Yevrosiyo plitasiga nisba-tan asta-sekin g'arbga yiliga 1 sm masofadan ortiq siljimoqda.

Ushbu ikkita litosfera plitalari orasidagi chegara mavjud bo'lib, bu – balandligi 1–2 km gacha bo'lgan Atlantika okeanidagi o'rta okean tiz-masi sanaladi. Yangi okean po'sti o'rta okean tizmasi zonasida deyarli

uzluksiz hosil bo'lmog'da. O'rta okean tizmasi Atlantika okeanida Islandiyani qirqib o'tadi. Islandiyaning g'arbiy qismi Shimoliy Amerika plitasiga, sharqiy qismi esa Yevrosiyo plitasiga kiradi. Bu plitalar bir-biridan uzoqlashayotganligi uchun Islandiyaning o'lchami yiliga 2 sm ga oshmoqda.

1915-yilda nemis geofizigi, metrolog, kontinentlar dreyfi nazariyasining asoschisi Alfred Lotar Vegener, kontinentlar dreyfi gipotezasini haqidagi maqolasini chop qildirgandan keyin, qattiq tanqidga duch kelsa-da, oradan 50 yilcha vaqt o'tgandan so'ng, Vegener nazariyasining to'g'riligi ko'pgina olimlar tomonidan tan olindi.

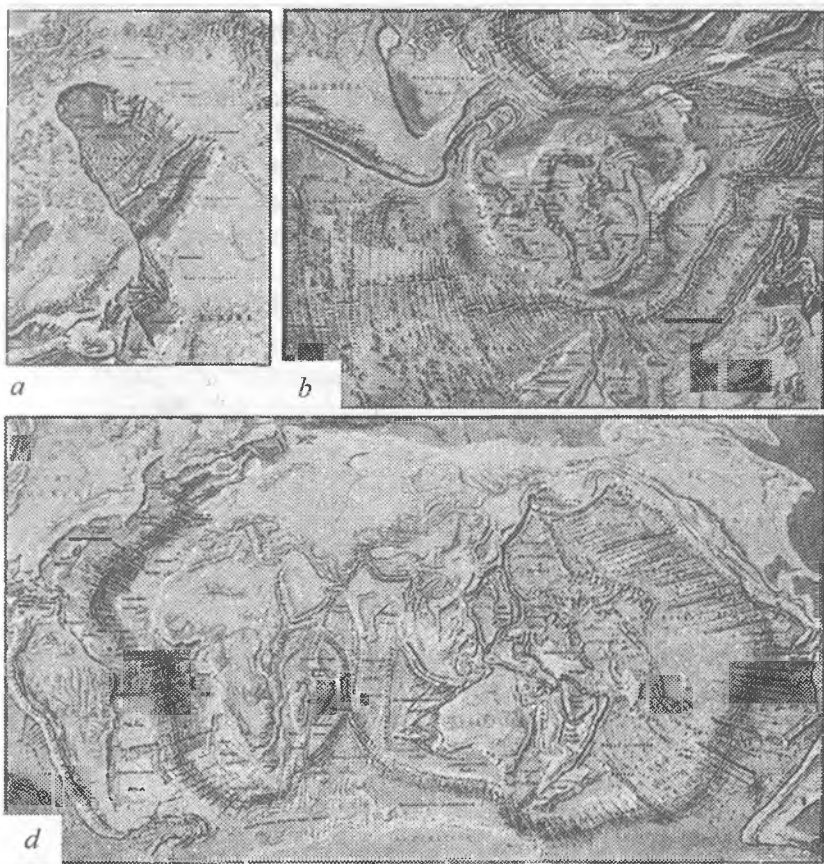
XX asrning 50-yillaridan keyin okeanlar tubini o'rganish bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida A.Vegener g'oyalarini tasdiqlovchi magnit maydoni anomalialarining o'zgarishi, okean tubining balandliklar bo'yicha o'zgarish topografiyasi, okean po'stining yoshi va boshqa muhim yangi ma'lumotlar olindi. Zilzilalar va vulqonlarning taqsimlanishi ham Vegenerning dunyoqarashiga muvofiq kelgan. Zilzilalarning va vulqonlarning ko'pchiligi litosfera plitalari orasidagi chegara bo'ylab sodir bo'ladi.

Gorizontal harakatlarni istisno qiluvchi fiksistlar va kontinentlarning gorizontal harakatlarini qo'llab-quvvatlovchi mobilistlar orasida kechgan sust kurash 1960-yillarda juda keskinlashib ketdi.

1960-yillarda shakllangan litosfera plitalari tektonikasi nazariyasi ham kontinentlar dreyfini tasdiqlaydi. Ikkita okean plitalari yoki okean va kontinental plitalari o'zaro yaqinlashayotganda subduksiya zonasi shakllanadi – okean plitasi kontinental plita ostiga so'rilib, yo'qolib ketadi.

1960-yillarning boshlarida Dunyo okeani tubi relyefining xaritasi tuzildi. Unda okeanlarning o'rtasida cho'kindilar bilan qoplangan abissal tekisliklarga nisbatan 1,5–2 km baland ko'tarilgan o'rta okean tizmalarining joylashganligi ko'rsatilgan edi (3.1-rasm)

R. Dis va Garri Xess tomonidan 1962–1963-yillarda spreading gipotezasining yaratilishiga sababchi bo'lgan ushbu ma'lumotlar koinotdan olingan Yer sharining ilk tasvirlarida okean ostidagi oy dog'iga o'xshab akslangan okeanosti tog'larining mavjudligini tasdiqlovchi suratlar bilan mos keldi. Spreading gipotezasiga muvofiq mantiyada 1 sm/yil tezlikdagi konvektsiya jarayonlari kechadi.



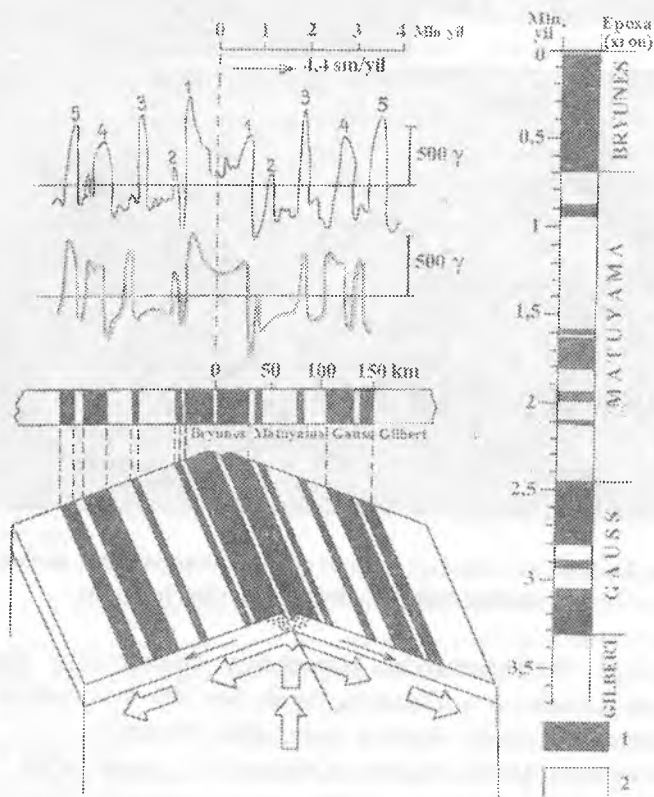
3.1-rasm. Dunyo okeanlaridagi transformali yer yoriqlari: *a* – shimoliy qutb; *b* – janubiy qutb; *d* – dunyo okeanlari bo'yicha.

Yuqoriga harakatlanuvchi konveksiya oqimlarining tarmoqlari o'rtaokean tizmalari o'q qismining tagida har 300–400 yilda bir marta okean tubini yangilovchi mantiya materialini chiqaradi.

Kontinentlar, Alfred Vegener o'ylaganidek, okean po'sti yuzasida emas, balki litosfera plitalari mantiya yuzasida suriladi. Spreding konsepsiyasiga muvofiq, okean havzasi strukturalari doimiy, barqaror emas, kontinentlar esa barqarordir.

1963-yili spreding gipotezasi okean tubida yo'l-yo'lli magnit anomalialarining kashf etilishi tufayli qat'iy tayanchga ega bo'ldi. Ular okean tubidagi bazaltlarda magnitlanishni qayd etuvchi Yer magnit maydoni inversiyasi yozuvi sifatida talqin qilindi (3.2-rasm).

Hozirgi vaqtda litosfera plitalari tektonikasi nazariyasi litosfera plitalari harakat tezligini bevosita o'lchovchi aniq asboblardan biri sifatida tasdiqlandi. Shunday qilib, olib borilgan ko'p yillik tadqiqot natijalari litosfera plitalari tektonikasi nazariyasining asosiy holatlarini tasdiqladi.



3.2-rasm. Sharqiy Tinch okean ko'tarilmasi (51° j.k.) orqali kesishuvchi chiziqli magnit anomaliasi (gammada)ning simmetrik sistemasi.

O'tgan XX asrning ikkinchi yarmida geologiya fanidagi inqilobiy o'zgarishlar o'z nihoyasiga yetdi. Uzoq vaqt hukm surgan geosinklinalar nazariyasi o'z vazifalarini bajarib bo'ldi va asta-sekin nazardan qola boshladi. Hozir uni deyarli hech kim tilga ham olmaydi. Uning o'miga litosfera plitalari nazariyasi kirib keldi va qisqa vaqt ichida bu nazariyaning asoslari, tamoyillari, yangi atamalar bazasi yaratildi. Spreading (kengayish), subduksiya (so'rilish, yutilish), kolliziya (to'qnashuv) kabi tushunchalar shular jumlasidandir.

Yuqoridagi profil aeromagnit tasvirlash ma'lumotlari bo'yicha, quyidagisi – magnitoxronologik shkala bo'yicha hisoblangan (o'ng tarafda ko'rsatilgan), Vayna modelidan – ikki taraflama spreading jarayonidagi (quyidagi blok diagrammada) Metyuz geomagnit qaydi bo'yicha, F. Vayn (1966) va A.Koks (1969) bo'yicha: 1 – to'g'ri qutblilik; 2 – teskari qutblilik.

Ilmiy tahlil jarayoniga butunlay yangi bo'lgan Benyof zonasi, chuqur novlar, orollar yoyi, yoyoldi va yoyorti havzalar, riftlar kabi yangi geologik tuzilmalar kirib kela boshladi va tezda o'z o'mini egalladi¹.

Yerning ustki qattiq qismi mo'rt litosferaga va plastik astenosferaga bo'linadi. Litosfera plitalarining harakati astenosferadagi konvektiv oqim hisobiga sodir bo'ladi.

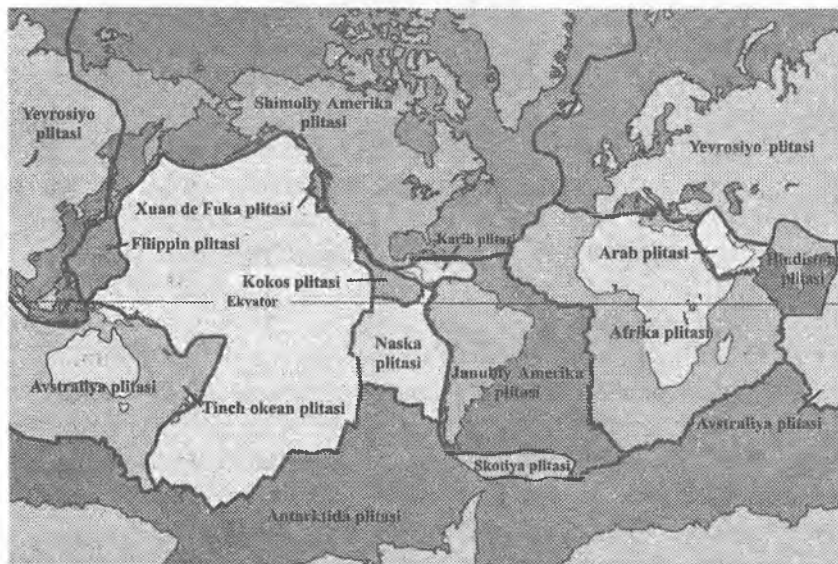
Yer yuzasining 90% dan ortiq qismi yirik va o'rtacha kattalikdagi 15 litosfera plitalari bilan qoplangan (3.3-rasm). Bular: Avstraliya plitasi, Antarktika plitasi, Arab subkontinenti, Afrika plitasi, Yevrosiyo plitasi, Hindiston plitasi, Kokos plitasi, Naska plitasi, Tinch okean plitasi, Skotiya plitasi, Shimoliy Amerika plitasi, Somali plitasi, Janubiy Amerika plitasi, Filippin plitasi, Xuan de Fuka plitasi.

Litosfera plitalarini siljituvchi kuchlar. Litosfera plitalarining gorizontal harakatlari mantiyaning issiqlik-gravitatsion oqimlari – konveksiya tufayli sodir bo'ladi. Bu oqimlar energiyasining manbayi bo'lib, Yerning markaziy qismlari va yuzasidagi haroratlar farqi hisoblanadi. Yer yadrosidagi harorat juda yuqori, taxminan 5000 °C deb baholanadi.

Qovushqoq mantiya moddasining harakatga keltiruvchi kuchi konvektiv oqimning pastki va ustki qismlarida zichlikning o'zgachaligidan kelib chiqadi.

¹ T.N.Dolimov, V.I.Troitskiy. Evolyutsion geologiya. – T., 2005.

Zichlik mantiya oqimining ko'tarilgan qismida past bo'lib, oqimning cho'kadigan joyi tomon yaqinlashgan sari ortib boradi. Yer po'stining cho'kayotgan oqim ustidagi og'irlik kuchi shunday yuqoriki, vaqti-vaqti bilan po'stning mustahkamligidan oshib ketadi (eng past mustahkamlik va eng yuqori kuchlanish joylari), ya'ni po'stning noelastik (plastik, mo'rt) deformatsiyasi – zilzila vujudga keladi. Bunda po'stning deformatsiyalanuvchi joylaridan butun bir tog' tizmalari, masalan, Himolay siqib chiqariladi. Plastik (mo'rt) deformatsiya juda tez (zilzila vaqtida po'stning surilish tezligida) susayib, zilzila o'chog'i markazida va uning atrofida kuchlanish kamayadi.



3.3-rasm. Litosfera plitalarining o'zaro joylashuv sxemasi.

Shunday qilib, litosfera plitalarining harakati – Yerning markaziy qismidan juda qovushqoq magma bilan issiqlik olib kelinishi oqibati hisoblanadi. Bunda energiyaning bir qismi ishqalanish kuchini yengib o'tish uchun mexanik ishga aylanadi, bir qismi esa yer po'stidan o'tayotganda, atrofdagi bo'shliqqa tarqab ketadi. Demak, bizning say-yora ma'lum ma'noda issiqlik dvigateli ham sanaladi.

3.2. Yer po'stining strukturalari

Faol kontinental chetlar: Faol kontinental chet kontinent ostiga okean po'sti kirgan joylarda paydo bo'ladi. Janubiy Amerikaning g'arbiy sohillari bunday geodinamik vaziyatlar etaloni sanaladi va uni And tipidagi kontinental chet deyishadi. Faol kontinental chetlar uchun ko'p sonli vulqonlar va umuman, kuchli magmatizm xos bo'ladi.

Kontinental chetlar ostida okean va kontinental litosfera plitalarining o'zaro kuchli mexanik ta'siri kechadi. Okean po'stining harakat tezligi, yoshi va qalinligiga bog'liq holda muvozanat turlicha kechishi mumkin. Agar litosfera plitasi sust harakatlansa va uncha qalin bo'lmasa, unda kontinent cho'kindi qoplamasi bilan birga qo'shilib ketadi. Cho'kindi jinslar kuchli burmalanishga uchraydi va kontinental po'stning bir qismiga aylanib ketadi. Bunda hosil bo'luvchi struktura akkretsion pona deyiladi. Agar cho'kayotgan litosfera plitasining tezligi yuqori, ammo cho'kindi qoplamasi qalin bo'lmasa, unda okean po'sti kontinentdan qirilib, mantiyaga so'riladi.

Orolli yoylar: Orolli yoylar – bu bir okean litosfera plitasining ikkinchisi ostiga sho'ng'ish joyida hosil bo'lgan subduksiya zonasi ustida rivojlangan vulqon orollarining zanjiridir. Orolli yoylarining namunasi sifatida hozirgi Aleut, Kuril, Mariana orollari va boshqa arxipelaglarni ko'rsatish mumkin. Yapon orollarini ham ko'pincha orollar yoyi deyishadi, ammo ularning fundamenti juda qari va turli vaqtlarda vujudga kelgan bir qancha orollar yoyi majmuasidan iborat. Shuning uchun ham Yapon orollari mikrokontinent hisoblanadi.

Orolli yoylar ikkita okean litosfera plitalarining to'qnashuvidan hosil bo'ladi. Bunda litosfera plitalaridan biri ikkinchisining ostida qolib, mantiyaga so'rilib ketadi. Ustki litosfera plitasida orollar yoyining vulqonlari paydo bo'ladi. Orollar yoyining qavariq tomoni yutiluvchi litosfera plitasi tomoniga qaragan bo'ladi. Shu tomonda chuqur suvli nov va yoyoldi botiqligi joylashgan.

Orollar yoyining ortida yoyorti havzasi joylashgan bo'lib (masalan, Oxota, Janubiy Xitoy va boshqa dengizlar), ularda ham spreading kechishi mumkin.

Kontinentlarning to'qnashuvi. Kontinental litosfera plitalarining to'qnashuvi po'stning burmalanishiga va tog' tizmalarining paydo bo'lishiga olib keladi. Bu jarayon kolliziya deyiladi. Bunday kolliziya jarayoniga misol qilib Tetis okeanining yopilishi hamda Yevrosiyo plitasining Hindiston va Afrika plitalari bilan to'qnashuvi tufayli vujudga kelgan Alp-Himolay tog' qambarini ko'rsatish mumkin. Bunda yer po'stining qalinligi ancha oshgan, Himolay tog'ida u 70 km ga boradi. Shu o'rinda qayd etish kerakki, 2015-yil oktabr oyida Himolay tog'larining g'arbiy etagida sodir bo'lgan zilziladan so'ng Himolay tog'larining g'arbiy etagidagi o'tkazilgan yuqori aniqlikdagi geodezik o'lchovlar natijasida tog' balandligi 5 metrgacha o'sganligi qayd qilingan. Bundan shunday xulosaga kelish mumkinki, hozirgi Himolay tog'lari plitalari to'qnashuvidagi kollizion harakatlar natijasida nafaqat zilzilalar sodir bo'ladi, balki tog'lar o'sadi. Ehtimol Alp burmalanish davrida sodir bo'lgan plitalarning to'qnashuvi Himolay tog'larini hozirgi baland tog'larga aylantirgandir.

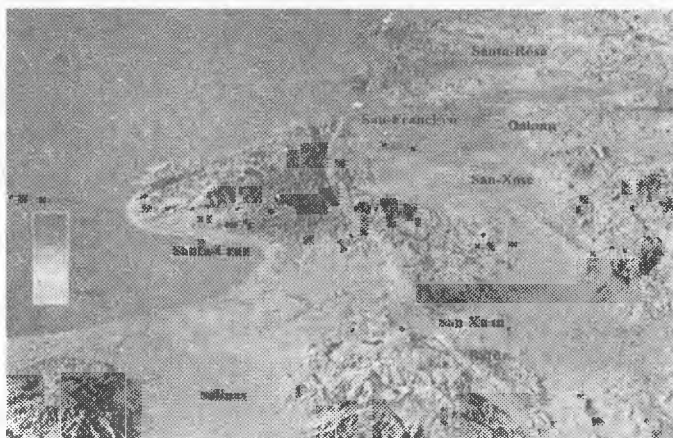
Divergent yoki konstruktiv chegaralar – plitalar bir-biridan ajralgan holatda paydo bo'ladi. Ular orasida vujudga kelgan bo'shliq (riftlar) astenosferadan ko'tarilayotgan bazalt magmasi hosilalari bilan to'lib boradi.

Konvergent yoki destruktiv chegaralar – plitalar qo'shilishida (yaqinlashuvida) vujudga keladi. Bu vaziyatda plitalardan biri mantiyaga cho'kadi. Cho'kish mobaynida plita qisman erib, magma hosil qiladigan o'choqlar paydo bo'lishiga sabab bo'ladi, cho'kish zonasi ustida esa vulkanizm jarayonlari kuzatiladi. Mazkur chegaralar bo'ylab yangi kontinental po'st shakllanadi va jarayon plitalar bir-biri bilan uchrashganda ayniqsa jadallashadi.

Plitalar ajralishida va yaqinlashuvida sodir bo'ladigan geologik jarayonlar muhim ahamiyatga egadir, chunki ular okeanik va kontinental po'stlar hosil bo'lishiga sababchi hisoblanadi¹.

Kontinentlardagi siljima strukturalar. Kontinentlardagi litosfera plitalarining siljish chegaralari ancha siyrak uchraydi. Shimoliy Amerika litosfera plitasini Tinch okeandan ajratib turuvchi San-Andreas yer yorig'i ularning orasida eng faoli sanaladi (3.4-rasm).

¹ T.N.Dolimov, V.I.Troitskiy. Evolutsion geologiya. – T., 2005.

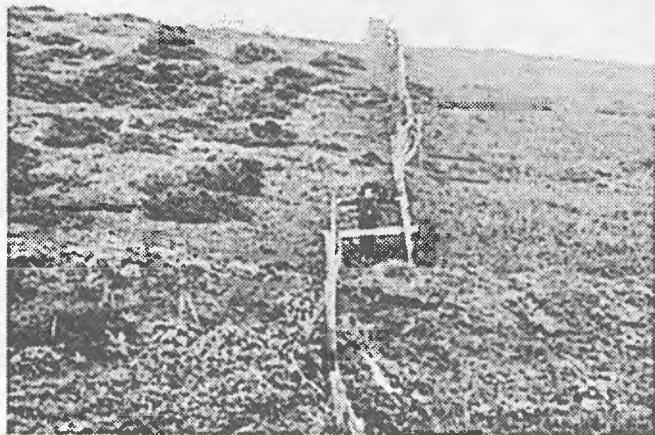


3.4-rasm. San-Andreas yer yorig'ining relyefda ko'rinishi.

San-Andreas – transformali yer yorig'i turiga xos bo'lgan, sayyoramizdagi eng seysmofaol hududlardan biri sanaladi¹. 1906-yilda San-Fransiskoda magnitudasi $M=5$ ga teng bo'lgan kuchli zilzila sodir bo'lgan, buning natijasida 1500 kishi qurbon bo'lgan, yuzlab inshootlar vayronaga aylangan. 3.5-rasmda San-Andreas yer yorig'i hududiga to'g'ri keluvchi mahalliy fermer o'z hududi chegarasini yog'ochli panjara to'siqlar bilan ajratgan va zilziladan keyin sodir bo'lgan siljishlar inson qulochi kattaligida to'g'ri chiziq bo'ylab o'tkazilgan panjarani bir-biriga nisbatan siljitgani tasvirlangan, bunday surilishlar litosfera plitalarining bir-biriga nisbatan siljishi oldida daryodan tomchidek. Tinch okean plitasi San-Andreas yer yorig'i bo'ylab Shimoliy Amerika plitasiga nisbatan shimoli-g'arbga yiliga 5–6 sm tezlikda siljimoqda. Unda magnitudasi 6 birlikdan yuqori bo'lgan zilzilalar o'rtacha har 22 yilda bir marta sodir bo'ladi. San-Fransisko shahri ushbu yer yorig'i yaqinida joylashgan. Transformali yer yoriqlari uchun fokusli zilzilalar xos².

¹ 1906 San Francisco earthquake centennial field guides. Field trips associated with 100th Anniversary Conference, 18-23 April 2006, San Francisco, California. 2006.

² Earthquake Science and Seismic Risk Reduction_ Francesco Mulargia and Robert J.Geller. Netherlands. 2003.



3.5-rasm. San-Andreas yer yorig'i bo'ylab 1906-yildagi San-Fransisko zilzilasi natijasida relyefning gorizontaal siljishi.

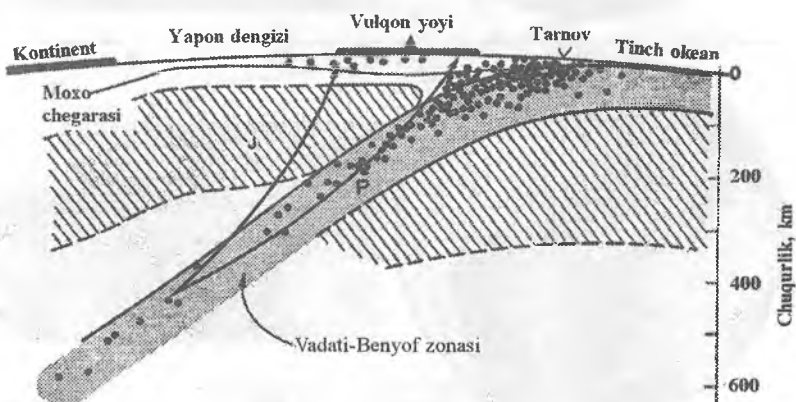
Daunvellingslar yoki sleblar mantiyaning yadro bilan chegarasigacha botuvchi sovigan litosfera massasidan iborat.

Bunday botish mumkinligi o'tgan asrning 30-yillarida isbotlangan edi. F. Vening-Meynes Indoneziyada gravimetrik kuzatuvlarni tahlil qilish jarayonida chuqur suvosti novlardagi bir qator manfiy anomalialarni aniqladi. Benyof zonasi bo'ylab yengil qobiq massalarining so'rilishi to'g'risida xulosa chiqarildi. Keyinchalik K.Vadati bu jarayon qit'a ostiga kirib boruvchi qiya joylashgan, zilzila o'choqlari mujassamlangan hududda seysmofokal zonada sodir bo'lishini aniqladi. B. Gutenberg, Ch. Rixter, H. Benyof, A.N. Zavaritskiy tadqiqotlari tufayli K.Vadatining seysmofokal zonalari okean litosferasining qit'a ostiga so'rilib kirishi jarayonini aks ettirishi va bu jarayonning chuqur fokusli zilzilalar o'choqlarida ulkan seysmik energiya ajralib chiqish bilan birga kechishini isbotlandi (3.6-rasm).

G.Shtille okean po'stining botib borishi jarayonida, uning qayta erishini taxmin qilgan. Shtille bu jarayonning hosilasi sifatida orollar yoyidagi vulqonlarni ko'rsatgan. Bu jarayonning yorqin misoli bo'lib

Tinch okean chekkasidagi vulqonlardan tashkil topgan «olovli halqa»ni ko'rsatish mumkin. Keyinchalik okean litosferasining qit'a ostiga so'rilish jarayoni *subduksiya* nomini oldi.

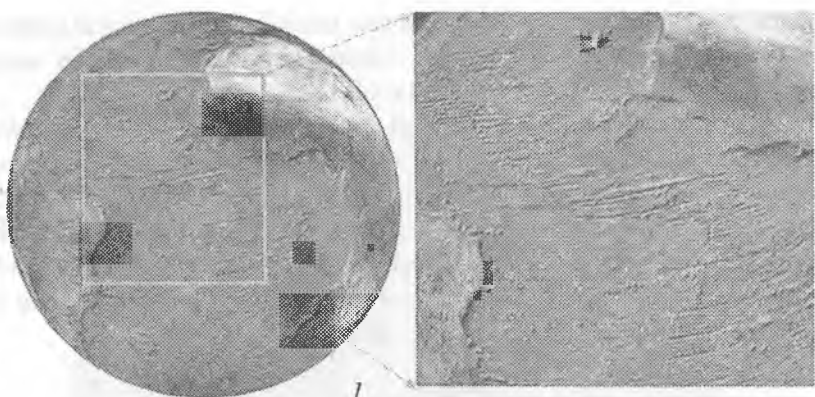
Mantiyada subduksiya zonalari yaqqol ko'rinib turadi va yadro chegarasigacha kirib boruvchi qiya yoki subvertikal joylashgan yuqori tezlikli geologik jismlar aniqlangan. Cho'kayotgan litosfera o'zining yuqori qayishqoqlik xossalari va seysmik to'lqinlarning yuqori tezligi bilan ajralib turganligi uchun, u mantiyadan ancha farq qiladi. Bunday okean litosferasi cho'kayotgan seysmofokal zonalar tuzilishining bir qancha turlari (daunvellinglar yoki sleblar) kuzatiladi



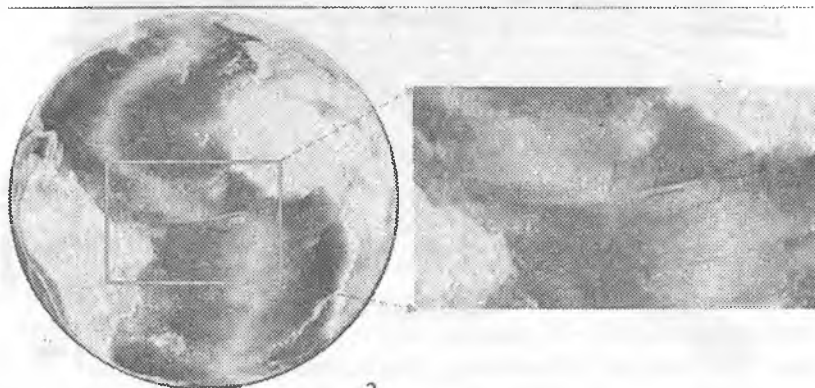
3.6-rasm. Yapon dengizi ostida (Vadati-Benyof zonasida) vulqonlar shakllanishi.

Okeanik plitaning quruqlik plitasi ostiga so'rilish joylarida vulqonlar paydo bo'ladi, zilzila giposentri esa qiya tekislikda, ya'ni Vadati-Benyof zonasida shakllanadi (3.6-rasm). Demak, plitalar tektonikasi nafaqat tektonik zilzilalar sodir bo'lishiga sabab bo'ladi, balki bevosita vulqon zilzilalari ushbu tektonik harakatlar natijasida vujudga keladi.

Okeanosti transform chegaralari yoki spreading zonalari – litosfera kesimini to'liq o'tuvchi transform yer yoriqlari bilan birga kuzatiladi. Mazkur yoriqlar bo'ylab plitalar bir-biriga nisbatan gorizontal ravishda siljiydi (3.7 va 3.8-rasmlar).



1

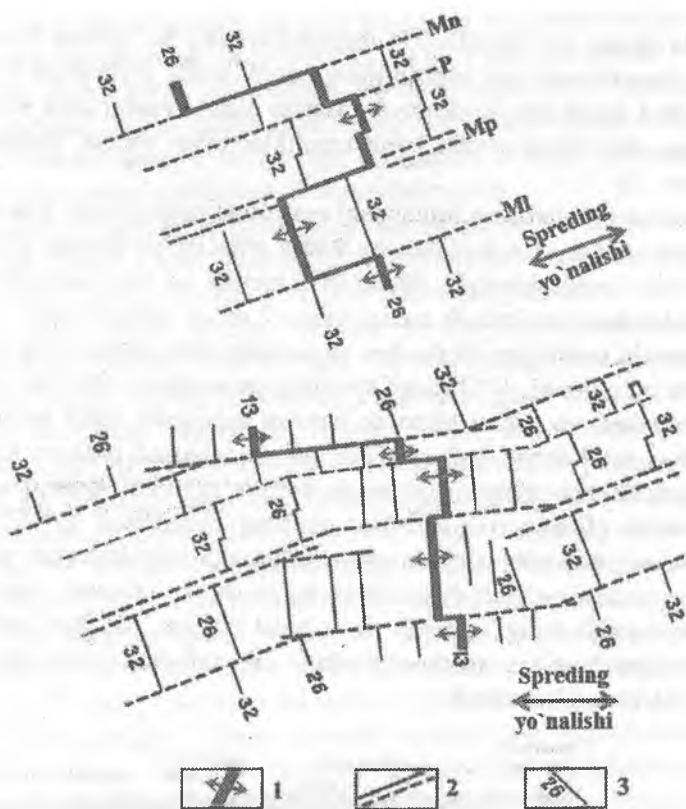


2

3.7-rasm. Sun'iy yo'ldoshlar orqali olingan okeanosti tog'ları yoki spreading zonalarining kosmik tasviri: 1 – radarli; 2 – radiolokatsion tasvirlash bo'yicha.

Sayyoramizdagi mavjud seysmik mintaqalarni plitalar chegaralari sifatida qabul qilib, litosfera plitalarini ajratish qiyin emas. Ular faqat okeanik yoki kontinental bo'lishi mumkin, ba'zida yer po'sti tuzilishiga bog'liq holda okeanik va kontinental hududlarni ham o'z ichiga oladi¹.

¹ Earthquakes plate tectonics and Earthquake Hazards. Timothy Kusky, Ph.D. USA. 2008. P.35–36.



3.8-rasm. Spreading sistemalarining tuzilishi va yo'nalishi, Tinch okeanning shimoliy-sharqidagi spreading yo'nalishi o'zgarishida transform yer yoriqlari va chiziqli magnit anomalialar (G.Menard bo'yicha, 1969-yil): 1 – spreading o'qi; 2 – transform yer yoriqlari, ularning yaxlit chiziqdan ajratilgan faol qirg'inlari (Mn – mendosino, P – payonir, Mi – malokay); 3 – chiziqli magnit anomalialar va ularning raqami.

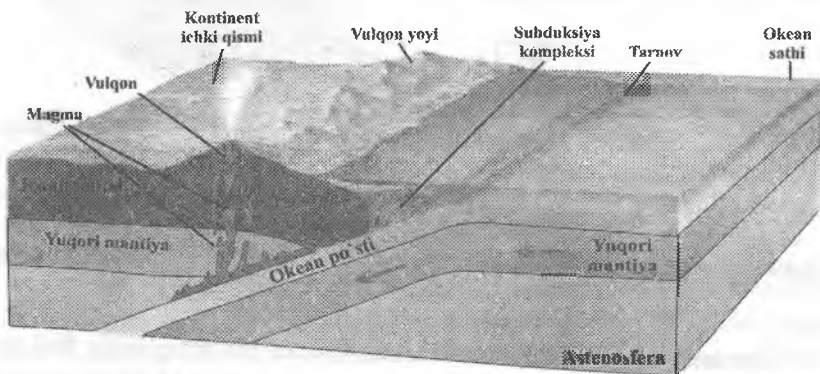
Tizmaning segmentlari orasida transformali yer yorig'ining faol qismi joylashgan. Bu joylarda doim zilzilalar va tog' hosil bo'lish jarayonlari kuzatiladi, yer yorig'ining atrofida ko'plab tayanch strukturalari – ustsurilmalar, burmalar va cho'qqilar shakllanadi. Natijada yer yorig'i zonasida mantiya jinslari ochilib qoladi.

O'rta okean tog'lari (O'OT) segmentlarining har ikkala tomonlari bo'ylab transformali yer yoriqlarining passiv qismi joylashgan bo'ladi. Ularda faol harakatlar kechmaydi, ammo ular okeanlar tubi relyefida uzoqlarga cho'zilgan o'rtasi botiq tepaliklar bilan yaqqol ifodalangan (3.7-rasm, 2).

Litosfera plitalarining siljishidagi maksimal nisbiy tezlik Tinch okeanda qayd etilgan. Tinch okean va Naska plitalari bir-biridan yiliga 17 sm tezlikda uzoqlashmoqda. Shimoliy Amerika va Yevrosiyo plitalarining bir-biridan uzoqlashish tezligi yiliga 2 sm ni tashkil etadi.

Yuqorida keltirilgan fikrlardan umumlashtirish asosida shu xulosa-ga kelish mumkinki, O'OTdagi spreading jarayonlari, litosfera plitalarining harakati va ushbu tektonik harakat natijasida sodir bo'ladigan obduksiya, subduksiya, kolliziya kabi geodinamik jarayonlarni tektonik zilzilalarni keltirib chiqaruvchi asosiy omillar qilib ko'rsatish mumkin.

Litosfera plitalari rivojlanishida ularning chegaralari bo'ylab sodir bo'layotgan jarayonlar alohida ahamiyatga ega. Ajralayotgan plitalarining chegaralari bo'ylab sodir bo'layotgan asosiy jarayon – spreading. Uning natijasida yangi okeanik po'st hosil bo'ladi. Mazkur jarayonda hosil bo'lgan markaziy okean tizmalari, rift vodiylari ajralayotgan plitaning markazini ko'rsatadi¹.



3.9-rasm. Subduksiya bilan kechuvchi jarayonlar sxemasi.

¹ Y.X.HU, S-C. Liu W. Dong. Earthquake Engineering. Great Britain, Oxford. 1996. – P.14.

Konvergent chegaralar bo'ylab bir-biriga yaqinlashayotgan plitalar sharoitida bir plitaning ikkinchisi tagiga so'rilishi kuzatiladi¹. Okeanik plitaning kontinental plita ostiga so'rilishi *subduksiya* deyiladi (3.9, 3.10-rasmlar), aynan ushbu subduksiya zonalarida, masalan, Yaponiya-da ko'plab zilzilalar sodir bo'ladi. Aksincha, okeanik plitaning kontinental plita ustiga surilishini *obduksiya* deyiladi.

Umumiy siqilish natijasida kontinental plitalar to'qnashuvida burmalanish sodir bo'ladi. Mazkur jarayon *kolliziya* nomini olgan² va bunda hosil bo'lgan tuzilmalar kollizion tuzilma deyiladi.

Zilzilalar ikkita plitalar nafaqat bir-biriga ishqalanishida, balki to'qnashgan joylarda bo'lib o'tadi. Ba'zan ulardan biri ikkinchisining ostiga so'riladi. Bunda plitalarning chekkalari emas, yuzalari tutashadi. Muhim darajadagi ishqalanish vujudga keladi, negaki tutashish yuzasi keng ko'lamli bo'ladi va shuning uchun kuchlanish ko'p marotaba oshib boradi. Bu eng katta buzuvchi zilzilalarning sababchisidir. Bunday joylar sayyoramizning o'ta xavfli hududlaridir. Bu yerda barcha seysmik energiya 90 % hosil bo'ladi. Sayyoramiz zilzilalarning sodir bo'ladigan hududlari ikkita seysmik kamarlar yoki mintaqalarga ajratiladi:

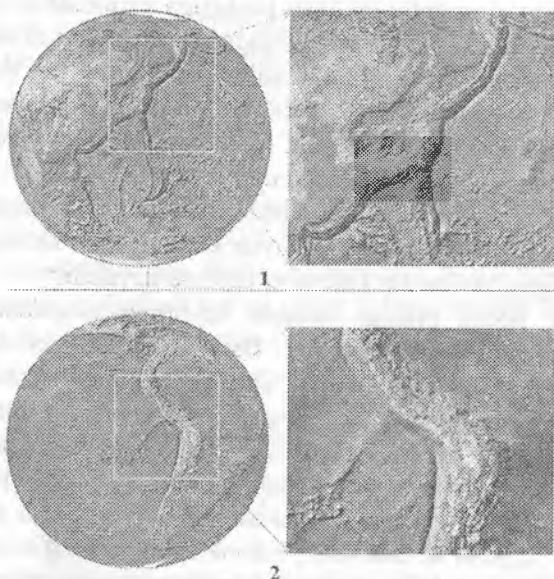
Tinch okean seysmik kamari – okeanni o'rab turgan Amerika qit'asining tog'li hududlari, Aleut, Kamchatka, Kuril orollari, Yangi Gvineya, Alyaska. Yaponiya hududlari (3.10-rasm, 1).

O'rtayer dengizi – Osiyo seysmik kamari (yoki Alp-Himolay seysmik mintaqasi) – O'rtayer dengizi, Karpat, Kavkaz, Markaziy Osiyo tog'lari orqali Oloy, Sayan, Baykaldan Indoneziyagacha hududlar kiradi.

Kontinentlar yer po'stining ikki qatlamligini asoslash, uning tarkibida ajratilgan ustki mo'rt va pastki nisbatan kvaziplastik qatlamlar kesmalarining geologik xossalari o'zgarishi bilan bog'liq ustki po'stloqda zilzilalar o'choqlarining to'planishini, kollizion viloyatlarda burmal strukturalar disgarmoniyasini va boshqa ko'plab hodisalarni tushuntirish imkonini berdi. Aynan shu hol litosfera plitalari tektonikasi umumiy nazariyasini, ya'ni ularning ikki toifali geodinamikasini mukammallashtirishga asos bo'lib xizmat qildi (L.I. Lobkovskiy).

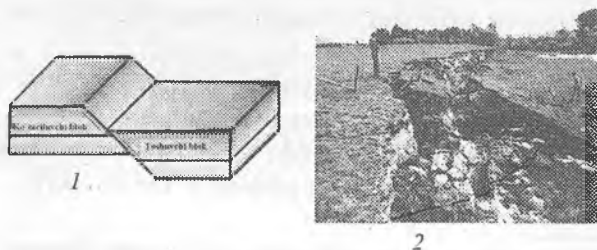
¹ Earthquakes plate tectonics and Earthquake Hazards. Timothy Kusky, USA. 2008. – P.46.

² Earthquakes plate tectonics and Earthquake Hazards. Timothy Kusky, USA. 2008. – P.56.

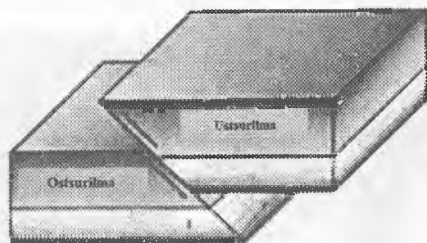


3.10-rasm. Yer sharining koinotdan olingan eng faol subduksiya zonalari tasviri: 1 – Yaponiya hududi; 2 – Janubiy Amerikada And tog‘larining shakllanishi.

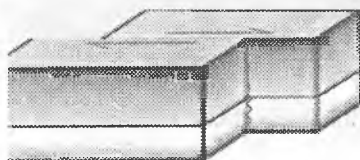
Shunday qilib, plitalar tektonikasi tektonik zilzilalar hosil bo‘lishining asosiy manbayi hisoblanadi. Ushbu tektonik harakatlar vertikal (3.11 va 3.12-rasmlar) va gorizontal (3.13-rasm) harakatlar vaqtida va natijasida sodir bo‘ladi.



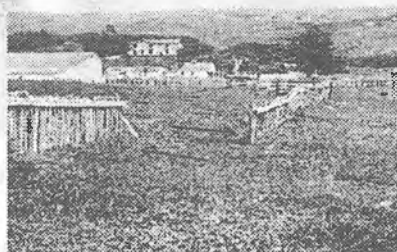
3.11-rasm. 1 – bloklar tushishi va ko‘tarilishi bo‘yicha zilzila sodir bo‘lishi mexanizmi; 2 – 1987-yildagi Yangi Zelandiya zilzilasiidagi yer yorig‘i bo‘ylab uzilishi.



3.12-rasm. Zilzila sodir bo'lishining ustsurilma va ostsurilmali harakatining ko'rinishi.



1



2

3.13-rasm. 1 – relyefning bir-biriga nisbatan gorizontal siljishi; 2– 1906-yildagi San-Fransisko zilzilasi tuproqning bir-biriga nisbatan gorizontal siljishi natijasida to'siq panjaraning ajralishi.

Hozirgi kunda ham plitalar tektonikasining faol harakatlarini na faqat sun'iy yo'ldoshlar va aniq geodezik o'lchovlar bo'yicha, balki o'zimiz ham guvohi bo'lmoqdamiz, jumladan 2018-yil 30-mart kuni Internetda Royal Xollouey London universiteti tadqiqotchisi Lusiya Perez Diaz o'zining «Ulkan yer yorig'i Afrikani ikki bo'lakka ajratib qo'yishi mumkin» nomli onlayn maqolasini chop qildi.

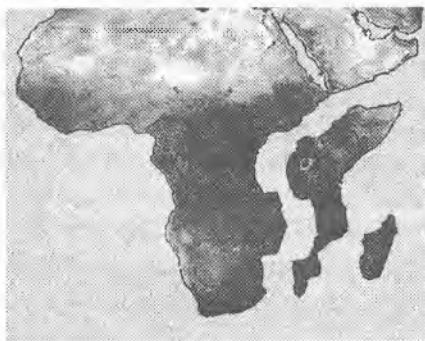
Unga ko'ra Keniya janubi-g'arbida paydo bo'lgan katta yer yorig'i Nairobi-Narok shossesi bir qismining vayron bo'lishiga olib keldi (3.14-rasm). Ko'plab kilometrga cho'zilgan yer yorig'i hududdagi seysmik faollik natijasida paydo bo'ldi¹.

¹ <https://www.sciencealert.com/there-s-mounting-evidence-that-the-african-continent-is-splitting-in-two>. Lucia Perez Diaz.

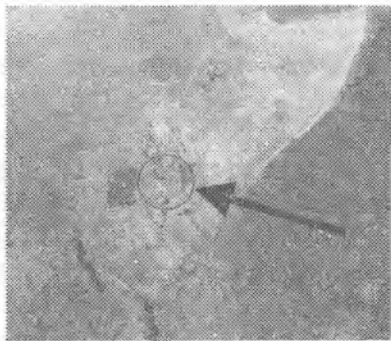


3.14-rasm. Sharqiy Afrika yorig'ining relyefdagi tasvirlari.

Rift vodiysini hosil qilgan Sharqiy Afrika yer yorig'i 3000 kilometr-ga cho'zilgan bo'lib, Afrika plitasini ikkita teng bo'lmagan qismga – Somali va Nubiya plitasiga bo'lgan, ular yiliga 6–7 mm tezlikda bir-biridan ajralmoqda.



1



2

3.15-rasm. Sharqiy Afrika yorig'i: 1 – kosmik surati; 2 – qit'aning uzoq geologik kelajakda ajralish tasviri.

138 million yil avval xuddi shunday qit'a yorilishi natijasida Atlantika okeani paydo bo'lgan. O'shanda Afrika va Janubiy Amerika bir-biridan ajralgan – hozirgacha ularning qirg'oq chiziqlari bir-biriga mos kelishini kuzatish mumkin. Shunga o'xshash holat Afrika rift vodiysida ham yuz berishi mumkin, shunda okean yoriqni to'ldiradi, Afrika qit'asining bir qismi (Efiopiya va Somalini o'z ichiga oluvchi) katta orolga aylanadi (3.15-rasm) deb yozadi tadqiqotchi.

Tayanch iboralar:

Litosfera, plita, spreading zonalar, chuqur novlar, orolli yoylar, faol kontinental chetlar, divergent va konvergent chegaralar, subduksiya, obduksiya, kolliziya.

Nazorat savollari:

1. Litosfera plitalari nazariyasining asoschisi va uning shakllanish tarixi haqida tushuncha bering.
2. Orolli yoylar sayyoramizning qaysi mintaqalarida uchraydi?
3. Okeanosti tog'lari bo'ylab yo'l-yo'lli magnit anomalialar hosil bo'lish sababini izohlang.
4. Divergent va konvergent chegaralar deganda nimani tushunasiz?
5. Vadati-Benyof zonasi vulqon zilzilalari bilan aloqadorligi haqida tushuncha bering.
6. Faol kontinental chetlar deganda nimani tushunasiz?
7. Obduksiya, subduksiya jarayonlari qanday kuch evaziga sodir bo'ladi?
8. O'rta Osiyo hududida kollizion harakatlar mavjudmi?
9. Spreading zonalarida sodir bo'luvchi zilzilalar necha foiz ulushni tashkil etadi va u yer shari uchun ahamiyat kasb etadimi?

IV BOB. ZILZILA TASNIFLARI

Zilzilalar, ularning o'chog'i, giposentr, episentr, episentral masofa; zilzilalarning tasniflari, tektonik, vulqon, denudatsion, texnogen, meteoritlar tushishi natijasida sodir bo'ladigan zilzilalar, sunami, geografik tarqalganligi.

Har yili Yerda seysmograflar yuz mingdan ortiq zilzilalarni qayd qiladilar. Insonga shulardan o'n mingga yaqini seziladi, o'nga yaqini esa halokatli natijalarga olib keladi. Bu zilzilalar, bir tomondan, kuchli talaftolarga olib kelsa, ya'ni ko'plab kishilarning qurbon bo'lishi, iqtisodiy jihatdan vayronagarchilik va hokazo, ikkinchi tomondan, geofiziklar uchun Yerning ichki tuzilishini o'rganishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Hozirgi kunga kelib, seysmologiya fanida zilzilalar paydo bo'lishi va sodir bo'lishiga qarab 5 tasnifga ajratiladi. Zilzilalarning tasnifi quyidagi 4.1-jadvalda keltirilgan.

4.1-jadval

Zilzila turi	Umumiy soni % hisobida	Magnitudasi
Tektonik	95% ga yaqin	9 gacha
Vulqonli	5% gacha	8 gacha
Denudatsion yoki ko'chki zilzilalari	1% dan kamroq	5 gacha
Texnogen	0,1% dan kamroq	5 gacha
Meteoritlar tushishi natijasida	0,00001% atrofida	9 gacha

Zilzilalar Yer sharining tektonik jihatdan eng faol bo'lgan tog' tizmalari joylashgan hududlarda ko'proq bo'ladi. Bu joylar geologik iborada Yer yuzining belbog'li (mintaqali) buzilish joylari deb yuritiladi.

Yer sharining kuchli zilzilalar sodir bo'ladigan mintaqalarini seysmik jihatdan faolligiga qarab uchta asosiy hududga bo'lish mumkin: birinchisi, geografik kenglik yo'nalishida Alp, Karpat, Kavkaz, Kopetdog', Tyanshan, Pomir, Himolay; ikkinchisi O'rta

dengizi Osiyo seysmik belbog'i, bunga Yevrosiyo plitasining Janubiy Hindiston va boshqa plitalar bilan tutashgan joylari kiradi, shuning uchun Markaziy Osiyo seysmik jihatdan faol bo'lgan Kopetdog', Tyanshan, Pomir, Himolay tog'lari tufayli seysmik faol mintaqaga kiradi. Uchinchisi meridional yo'nalishda – Tinch okeanning ikki qirg'og'i bo'yicha va qisman quruqlik mintaqasida joylashgan. Bunday seysmik faollashgan joylarga Janubiy Amerikadan Antarktidagacha, Yevropa va Osiyo qit'asining shimoliy qismi, Markaziy va G'arbiy Afrika, Avstraliya va boshqa hududlar kiradi.

Tektonik zilzila o'chog'i deganda qisqa, 1–3 daqiqa oralig'ida yerning biror hajmida yer moddasining yemirilishi (yorilishi) tushuniladi. Amalda shu yoriq bo'ylab yer moddasi bir-biriga nisbatan harakatga keladi. Ushbu harakat ro'y bergan joy *giposentr* deb ataladi.

Aynan mana shu joyda, ya'ni giposentrda – zilzila o'chog'idan ancha uzoqlarda vayronagarchiliklarga sabab bo'luvchi seysmik to'lqinlar generatsiyasi (hosil bo'lishi) boshlanadi. Giposentrning yer yuziga proyeksiyasi *zilzila episentri* deb ataladi (4.1-rasm).

O'choqning o'lchamlari va elastik kuchlanishlarning miqdori seysmik to'lqinning energiyasi va zilzila magnitudasini belgilaydi. Masalan, magnitudasi 7,0 bo'lgan zilzila o'chog'ining uzunligi 50 km dan oshadi. Eng chuqur zilzila o'chog'i Indoneziya hududida joylashgan, uning chuqurligi 720 km gacha yetadi.

O'choqning kattaligini ko'rsatuvchi parametrlardan biri *seysmik moment* – tog' jinslari siljish modulining yoriq maydoni va siljish amplitudasiga ko'paytmasiga teng.

Zilzilaning yer yuzida bir xil kuch bilan namoyon bo'lgan nuqtalarini tutashtiruvchi chiziqqa *izoseyst chizig'i*, zilzila kuchining hududda tarqalishini ko'rsatuvchi izoseystlar to'plamiga *izoseystlar xaritasi* deyiladi.

Bu xarita juda katta amaliy ahamiyatiga ega, uning shakli va ko'rinishiga qarab zilzila tarqalgan joyning kengligini, undan zarar ko'rgan obyektlarni aniqlash mumkin. Bundan tashqari, izoseyst zilzila sodir bo'lgan joyning chuqurligi to'g'risida dastlabki xulosa chiqarish imkonini beradi. Haqiqatda, zilzila qanchalik chuqurda bo'lsa, izoseystlar qamrab olgan maydon shunchalik keng, izoseystlar oralig'i ham keng bo'ladi. Zilzila o'chog'i qanchalik chuqur bo'lsa, Yer yuzasi-

dag'i punktlar oralig'idagi izoseystlar ham keng bo'ladi (4.1-rasm). Bu nolatni tadqiq qilish natijasida olimlar zilzila o'chog'i va izoseystlar joylashuvi oralig'ida ma'lum bog'liqlik borligini aniqlashgan va bu bog'liqlik quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$\frac{1}{3}(I_0 - I) = \lg \sqrt{1 + \left(\frac{R_I}{h}\right)^2} + 0,06 \sqrt{1 + \left(\frac{R_I}{h}\right)^2} \quad (4.1)$$

bu yerda: I_0 – zilzilaning episentridagi kuch, ballarda; I – izoseystlar bo'yicha zilzila kuchi; R_I – izoseystlarning o'rtacha radiusi; h – zilzila o'chog'i chuqurligi.

Zilzila episentrida silkinishlarning jadalligini quyidagi formula bilan topish mumkin:

$$I_0 = 1,5 + 3 \lg \left(\frac{R^2}{h^2} + 1 \right) \quad (4.2)$$

bu yerda: I_0 – zilzilaning episentridagi kuchi (eng kuchlisi); R – zilzila tarqalgan maydonning o'rtacha radiusi; h – zilzila o'chog'i chuqurligi.

Qatlamlarning siljishiga qarab seysmik o'choqning turi surilish (сдвиг), tashlama (сброс), surilma (надвиг) yoki bularning majmuyidan (kombinatsiyasidan) iborat murakkab ko'rinishda bo'lishi mumkin.

Seysmik o'choqlarning chuqurligi bo'yicha zilzilalar quyidagicha bo'linadi:

- *kichik fokusli* – yer qobig'i ichidagi, taxminan 70 km chuqurlik-kacha bo'lgan zilzilalar, ular barcha zilzilalarning 51% ini tashkil etadi;
- *oraliqdagi* – yuqori mantiyada, chuqurligi 70–300 km gacha, ular barcha zilzilalarning 36% ini tashkil qiladi;
- *chuqur fokusli* – chuqurligi 300–700 km gacha, bu zilzilalar barcha zilzilalarning 13% ini tashkil etadi. Chuqur fokusli zilzilalar subduksiya zonalari (litosfera plitasining mantiyaga surilib kirishi) bilan bog'liq.

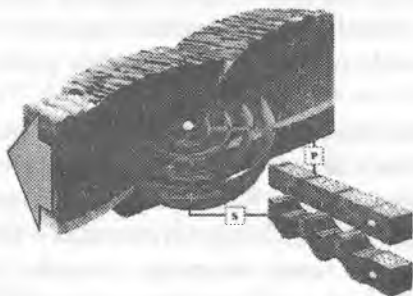


4.1-rasm. Seysmik o'choq parametrlari.

4.1. Tektonik zilzilalar

Tektonik zilzilalar barcha zilzilalarning asosiy qismini tashkil qiladi. Ular tog' hosil bo'lishi, litosfera plitalarining Yer yoriqlari bo'ylab harakatlari bilan bog'liq. Yerning yuza qismini (taxminan 100–150 km chuqurlikkacha) Yerning ulkan bo'laklari (bloklari) – *litosfera plitalari* (bu haqda 3-bobda ma'lumotlar keltirilgan) tashkil qiladi. Yer litosfera plitalari astenosferadagi konvektiv oqimlar natijasida doimiy gorizonttal harakatda bo'ladi. Litosfera plitalari bir-biriga nisbatan yaqinlashib, to'qnashishi natijasida (kolliziya) tog' hosil bo'lish jarayonlari ro'y beradi. Masalan, Hind-Avstraliya litosfera plitasining Yevrosiyo litosfera plitasi bilan to'qnashishi natijasida Hindukush-Himolay tog'lari hosil bo'lgan va bu jarayon hanz davom etmoqda. Bu jarayonlar esa ushbu tog'liklarning nihoyatda seysmik faolligini belgilaydi. Bu yerda chuqurligi 300 km gacha bo'lgan zilzila o'choqlari mavjud. Boshqa hollarda litosfera plitalari bir-biridan uzoqlashishi (spreding) yoki bir-biriga nisbatan ishqalanib, surilishi (transform) hollari ham (masalan, Kaliforniyadagi San-Andreas yorig'i) katta zilzilalarni keltirib chiqaradi.

Tektonik zilzilalar asosan yer po'stida ro'y beruvchi turli tektonik jarayonlar natijasida ro'y beradi. Masalan, Qrimda 1923-yildan 1928-yilgacha 25 marta kuchli zilzila bo'lgan. Bu zilzilalar tektonik harakatlar sababli Qrim tog'larining ko'tarilishi va Qora dengizning cho'kishi natijasida ro'y bergan. Zilzila natijasida asosiy zarar yetkazuvchi 2 ta: P – bo'ylama va S – ko'ndalang to'lqinlar hosil bo'ladi (4.2-rasm).



4.2-rasm. Zilzila natijasida hosil bo'luvchi to'lqinlar harakat yo'nalishi.

Gorizontal harakatlar natijasida ro'y beruvchi vertikal surilishlar tog' jinslarining juda qisqa vaqt ichida ko'tarilishi yoki tushishiga olib keladi. Bunda siljishlar bir necha santimetrni tashkil qiladi, lekin milliardlab tonna tog' jinslarini mana shu santimetrlarga surgan energiya miqdori juda katta bo'ladi.

4.2. Vulqon zilzilalari

Vulqonlar yerda kuchli va sust bo'lgan zilzilalarga olib keluvchi tuzilmalar hisoblanadi. Vulqonli tog'lar ichidagi nihoyatda qizigan gaz va lavalalar yerning ustki qismidagi qatlamlarga yuqori bosim berib turadi. Shu vulqon ichidagi lavalarning harakatlari natijasida kichik kuchga ega bo'lgan zilzilalar seriyalari bo'lib turadi. Bular seysmologiya fanida «vulqonli tremor» («vulqonli titrashlar») nomini olgan. Vulqonning tayyorlanishi va otilishi jarayonlari bir necha yildan yuz yillargacha bo'lishi mumkin.

Yer sharida taxminan 600 ta faol bo'lgan vulqonlar hisoblab chiqilgan, ya'ni bular shunday vulqonlarki, ular ozmi-ko'pmi davom etuvchi muddatlardagi tanaffuslardan keyin yana qayta tug'ilishi, faollashishi mumkin. Ularning ko'pchiligi yer po'stining tektonik plitalarining tutashuvlarida joylashgan. Bunday tutashuvlarning biridagi, ya'ni Shimoliy Amerika va Tinch okean plitalarining tutashuvidagi Indoneziya bo'ylab Amerika qit'asining g'arbiy qirg'oqlarida yuzdan ortiq vulqonlarning juda katta tog'lari kuzatiladi. Bu hududlar, Tinch okeanning sharqiy qirg'oqlari – Kamchatka, Kuril orollari, Yaponiya bilan bir qatorda sayyoramizning eng faol vulqonli zonalarini hisoblanadi.

1974-yillarda okeanlarni tekshirishlar natijasida vulqonlarning qurqlik va okean ostida ma'lum bir yo'nalishda joylashganligi aniqlandi. Ular asosan ikki yo'nalishda bo'lib, birinchisi Tinch okean halqasi deb ataladi, bu yerda ma'lum bo'lgan barcha harakatdagi vulqonlarning 60% joylashgan. Tinch okeanning g'arbidan, Kamchatka yarimorolidan boshlangan bu vulqon halqasi Kuril orollari orqali janubiy-g'arbga davom etadi. Yaponiya, Fillipin, Yangi Gvineyadan o'tib Yangi Zelandiyagacha cho'zilib boradi. Tinch okeanning sharqidan Amerika materigining janubidagi Olovli Yer orolidan shimol tomonga – And, Kordilyera tog'larining yonidan o'tadi va shimolda Aleut orollari va Alyaska orqali

yana Kamchatka yarimoroliga tutashadi. Bu vulqon halqasi Tinch okean geosinklinal mintaqasi deb yuritiladi.

Bundan tashqari, Tinch okeanning markaziy qismida ham bir qancha harakatdagi vulqonlar bor. Masalan, ekvator yaqinidagi Galapagos orolida ikkita harakatdagi vulqon bor, undan junubda Pasxa va Xuan Fernandes, g'arbda Samoya, Tonga, Kermadek vulqonli orollari bor.

Ikkinchi yirik vulqon halqasi yosh tog'lar o'lkasida joylashgan, ya'ni g'arbda O'rtayer dengizidagi Apennin yarimoroli orqali Kavkaz va Kichik Osiyoga o'tib boradi va unga Italiyadagi Vezuviy, Etna vulqonlari, Lipari orollaridagi va Egey dengizidagi vulqonlar (Santorin), Kavkaz tog'laridagi so'ngan Elbrus, Kazbek, Ararat, Erondagi Demavenit vulqonlari kiradi.

O'rtayer dengiz halqasi sharqqa tomon davom etib, Tibet tog'i, Hindukush tog' tizmalari orqali Malayya arxipelagiga borib tutashadi. Malayya arxipelagi va undan janubdagi harakatlanuvchi vulqonlarga Sumatrada 11 ta, Yavada 15 ta, Kichik Zont orollarida 3 ta vulqon kiradi, ular Tinch okean halqasiga borib qo'shiladi.

Eramizning 79-yili 24–25-avgustida Neapol ko'rfazi qirg'oqlarida, Neapol (Italiya)dan 16 km sharqda joylashgan, so'ngan deb hisoblangan Vezuviy vulqoni otilgan. Vulqon otilishi natijasida Pompey, Gerkulanuma, Oplontiya, Stabiya shaharlarining koshonalari va tog' oldi qishloqlari yo'q bo'lgan. Pompey shahri vulqon krateridan 9,5 km, Vezuviy shahri 4,5 km uzoqlikda bo'lgan, Vezuviy tomonda vulqon lavasidan yong'in kelib chiqqan, vulqon kulidan nafas olish qiyin bo'lgan. Vulqonning mayda bo'laklari va kulidan 5–7 m qalinlikdagi qatlam hosil bo'lgan. Vulqon otilishi bilan birga 25-avgust kuni zilzila va sunami boshlangan. Pompey xarobalari XVI asr oxiriga kelib tasodifan topilgan.

1669-yil 11-martda Sitsiliyada Etna vulqoni iyulgacha (boshqa ma'lumotlar bo'yicha 1669-yil noyabrgacha) davom etgan. Vulqon otilishi natijasida kam kuchdagi ko'p sonli zilzilalar sodir bo'lgan. Nikolosi shahri va uning atrofidagi qishloqlar vulqon otilishining birinchi kunida yakson bo'lgan, vulqon hosilasining eng katta konusi Nikolosi shahri yaqinida hosil bo'lgan bo'lib, bu konus Monti Rossi (qizil tog') atamasi bilan mashhur. Etna vulqoni otilishi hajmi 830 mln. kub metr deb baholangan. 20 mingdan ortiq inson qurbon bo'lgan.

1883-yilda Indoneziyadagi Krakatau vulqoni otilishi natijasida Krakatau tog'ining yarmi portlab yo'q bo'lgan. Hosil bo'lgan zilzila va undan keyingi sunami natijasida Sumatra, Yava va Borneo orollaridagi juda ko'p aholi halok bo'lgan. Umuman, Indoneziya hududi va unga yaqin mintaqa hududlarida juda ko'p vulqonlar mavjud (4.3-rasm).

Vulqon harakatlanib turgan o'lkalarda zilzila kuchi 5–6 balldan (ba'zilarini hisobga olmaganda) oshmaydi. Masalan, Tinch okean atrofidagi Kamchatka yarimoroli, Kuril, Xokkaydo orollari shular jumlasidandir. Bu yerlarda zilzila o'chog'i 200–600 km chuqurlikda joylashgan.

Vulqon otilishi natijasida sodir bo'ladigan kuchli zilzilalar ko'p yillar davomida vulqon kraterlarida to'plangan katta bosim ostidagi lavaning qotib yotgan vulqon qopqog'ini otib yuborganda ro'y beradi. Ma'lumki, hozirgi davrda Markaziy Osiyoda harakatdagi vulqonlar yo'q bo'lganligi uchun bizning mintaqada vulqon zilzilari bo'lmaydi.

Islandiyada, Italiyada, Yaponiyada va dunyoning boshqa joylarida hozirgi kunda ham harakatdagi vulqonlar mavjud.



4.3-rasm. Indoneziyada yerusti vulqonlarining joylashuvi va nomlari (qora chiziq bilan plitalar orasi ko'rsatilgan).

4.3. Denudatsion (ko'chki) zilzilalar

Denudatsion zilzilalar. Yerning ichki qismlaridagi o'pirilishlar yoki yer sathida kuzatiladigan tog' ko'chkilari natijasida ham hosil bo'ladi. Bu hodisalar tektonik jarayonlar bilan bog'liq bo'lmagan holda ko'pincha yerosti suvlarining geologik harakati natijasida ro'y beradi.

1949-yil 10-iyulda Tojikistonning Hayib qishlog'iga magnitudasi $M=7,5$ ga teng bo'lgan zilzila natijasida juda katta hajmdagi tog' jinslari massasi bosib kelgan va buning oqibatida 17,5 ming kishi halok bo'lgan.

1974-yilda Perudagi And tog' tizmalarining Vikunaek tog'ida ikki kilometr balandlikdan 1,5 milliard kub metr tog' jinslari Mantaro dar-yosi vodiysiga ko'chib tushib, 400 kishilik qishloqni ko'mib yuborgan. Ko'chki natijasida hosil bo'lgan seysmik to'liqlar 3000 km uzoqlikdagi seysmik stansiyalarda qayd qilingan. Seysmik energiya esa magnitu-da bo'yicha 5 ga yetgan.

Ba'zan zilzila sodir bo'lmaydigan ko'chkilar ham kuzatiladi, ma-salan, tog' yonbag'irlarida va yerusti relyefida ham o'pirilishlar sodir bo'lishi mumkin. Tekis relyef ustida sodir bo'lishi mumkin bo'lgan o'pirilishlar ko'p hollarda yerosti suvlarining geologik ishi natijasida ohaktosh qatlamlarining yerosti suvi ta'siridan erib katta-katta chuqur g'orlar hosil qilishi mumkin. Karst relyefi keng tarqalgan o'lkalarda yopiq karstlarning ba'zilar juda katta bo'lib, ularning tepa qismi og'irlik kuchi ta'sirida bo'shliqqa o'pirilib tushadi. O'pirilgan joylarda ba'zan ko'l yoki voronkasimon katta chuqurlik hosil bo'ladi. Bunga Pomir tog'idagi Sarez ko'li misol bo'ladi. O'pirilish zarbasi natijasida yer lar-zaga keladi. O'pirilish natijasida o'ziga hos karst relyefi vujudga keladi.

Yerosti suvida osh tuzi (NaCl) eritmasi ko'p bo'lsa, gips minerali 2,5–3,5 baravar ko'p eriydi, agar oltingugurtli magniy kislotasi bo'lsa, gips yaxshi erimaydi. Gipsli, ohaktoshli hududlarda g'or va chuqurlik-lar vujudga keladi. Bularning diametrlari 100 m va bundan sal ortiqroq bo'ladi; ular yuza qatlamning yuvilishidan, erishidan ba'zan o'pirilishlar ham vujudga keladi. Ohaktoshdagi voronkalar tubida yoriqlar hamda kanallarni uchratish mumkin, bular ponorlar deb ataladi. Yer po'sti qa-vatlari orasida ohaktoshning erishidan hosil bo'lgan bo'shliqlar g'or deyiladi.

Yerosti suvlari yerusti relyefi va yerosti qatlamlariga kuchli ta'sir ko'rsatuvchi eng muhim geologik jarayonlarni shakllantiruvchi kuchdir. Quruvchilar bu hodisani e'tiborga olib, hududning muhandislik geologik grunt sharoitlariga ko'ra ish tutadilar. Qurilish ishlarini olib borishda siljiydigan yerlarda, sersuv gilli qatlamda, torf ustida, botqoqliklarda, gipsli jinslar va shunga o'xshash bo'sh cho'kindi ustida bino quradigan bo'lsalar-da, jiddiy texnik geologik ishlar olib boriladi. Masalan, botqoqli relyef ustiga ko'p qavatli inshoot qurish zarurati tug'ilganda, relyef ustidagi botqoqlik qavatni burg'ilab o'tib ostidagi nisbatan qattiq qatlamga inshoot ustunlari o'rnatiladi.

Ko'chkilar tektonik harakatga bog'liq bo'lmagan holda yerosti va yerusti suvlarining harakati natijasida sodir bo'lishi mumkin. Unga ko'ra ko'chkilarni keltirib chiqaruvchi sabablar quyidagilardir:

1. Yerosti suvlarining yer yuzasiga yaqin bo'lishi;
2. Yer qatlamidagi suvli gorizontning daryo yoki jar o'zanidan yuqori bo'lishi;
3. Qatlamning ozgina bo'lsa ham o'zanga qiya bo'lishi;
4. Sun'iy suv bostirish natijasida tuproqning haddan tashqari to'yinib ketishi va muvozanatning o'zgarishi;
5. Tuproqning bo'kib qolishi, tortish kuchini oshirishi;
6. Yer yuzasining faol (harakatchan) bo'lishi.

Ba'zan zilzila sodir bo'lishi natijasida ham ko'chki bo'lishi mumkin, bunda tik qiyali yoki nishabligi baland bo'lgan qoya yoki relyef shakllari zilzila vaqtidagi silkinishlar natijasida joyidan ajralib, og'irligi hisobiga pastga qulab tushadi. Tarixda eng yirik ulkan ko'chki 1911-yil 18-fevralda Pomirda (Tojikiston hududida) Sarez zilzilasi natijasida 5000 m balandlikka ega Muzkol tog'ining yonbag'ridan 2 mlrd. kub m tog' jinsi o'pirilib, Usay qishlog'ini bosib qo'ygan va Usay to'g'onini hosil qilgan. Pomirda sodir bo'lgan yana bir zilzila natijasida Murg'ob daryosi to'silib qolib, uzunligi 75 km, chuqurligi 500 m ga teng Sarez ko'li hosil bo'lgan.

Shunga o'xshagan yana bir ko'l Farg'ona viloyati Shohimardon qishlog'i markazidan 7 km uzoqlik janubiy-g'arbida, Qirg'iziston Respublikasi Batken viloyatida joylashgan Qurbonko'l (ko'k ko'l) ko'li 1766-yildagi zilzila natijasida hosil bo'lgan. Uzunligi 170 m,

kengligi 60 m, chuqurligi 5–10 m ni tashkil qiluvchi Qurbonko‘l dengiz sathidan 1724 m balandlikda, Oloy tog‘larining hududida hosil bo‘lgan.

Tarixiy ma‘lumotlar bo‘yicha Shohimardon janubida, soy bo‘yida, tik daraning yonbag‘ida qishloq bo‘lgan, 1766-yildagi zilzila vaqtida tog‘ qoyasi pastga tushib qishloqni butunligicha bosib qo‘ygan, shuning uchun bu ko‘lni Qurbonko‘l deb atashadi. Hozirda qoya uzilib tushgan joyni balandligi 200 m ni tashkil qiluvchi, tikka yaxlit, sirpanchiq, qirrador qiya relyef shaklida ko‘rish mumkin. Qishloqning bosilib qolgan joyi, ya‘ni daraning ko‘lni to‘siq turuvchi joyida esa diametri 5 sm dan 5–6 m gacha yetuvchi tosh bo‘laklari va yirik xarsang toshlar bor (4.4-rasm).



4.4-rasm. Qurbonko‘l (ko‘k ko‘l) ko‘li.

Markaziy Amerikada, Meksikaning shimolida joylashgan Gvatemalada XXI asrning birinchi o‘n yilligida ikki bor chuqur voronkasimon o‘pirilishlar kuzatilgan. 2010-yil 30-may kuni kunduzi shahar markazidagi chorrahalaridan biri 18 m kenglikda 91 m lik chuqurlikka qulab tushishi natijasida vertikal o‘ra hosil bo‘lgan. Bu Gvatemalada 3 yil ichida ikkinchi ulkan chuqur hosil bo‘lishi edi (4.5-rasm).



4.5-rasm. Gvatemaladagi o'pirilish.

Shunga o'xshash voqea 2007-yil 23-fevralda AQSHning Texas shtati San-Antonio atrofida sodir bo'lgan, ulkan o'pirilish bir uyni 20 m kenglikda, 150 m chuqurga yutib yuborgan (4.6-rasm). Geologlar hodisa sababini haligacha aniqlay olishmagan.

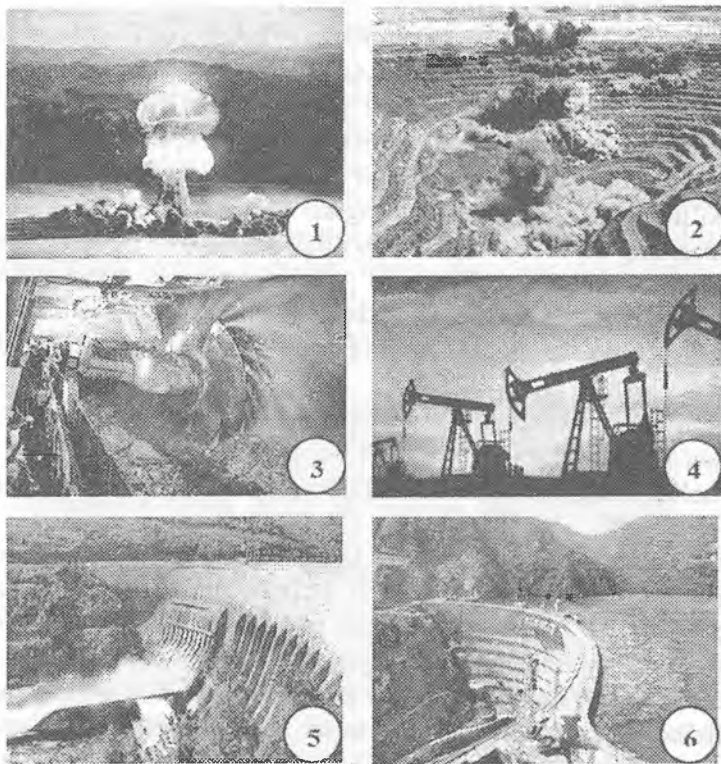
Voronkasimon chuqurning hosil bo'lish nazariyasi bo'yicha ushbu hodisa tabiiy geologik jarayon yer po'sti qatlamlari orasida ohaktosh qatlamining erishidan hosil bo'lgan yoki texnogen omil oqibatida, ya'ni kanalizatsiya tizimining shu joyga muntazam oqib tushishi uni yuvib chuqur hosil qilgan, deya taxmin qilingan.



4.6-rasm. San-Antoniodagi o'pirilish.

4.4. Texnogen zilzilalar

Texnogen zilzilalar insonning tabiatga ta'sir ko'rsatishi natijasida hosil bo'ladi. Bularning asosiy sababi yadro portlatishlar, yer qatlamlaridan neft va tabiiy gazlarni qazib olish, katta suv omborlariga suv yig'ish kabi yer qatlamlaridagi muvozanatni buzuvchi faoliyatdir (4.7-rasm).



4.7-rasm. Texnogen zilzilalar sodir bo'lishi mumkin bo'lgan holatlar:

1 – yadro qurollarining ishlatilishi; 2 – ochiq karyerlarni chuqur qazish va bu joydagi portlatish ishlari; 3 – yerosti ishlanmalari (shtolnya (gorizontal yoki qiyaroq kovlangan yerosti yo'li, tunnel va sh.k.) olib borilishi; 4 – yer ostidan katta miqdordagi neftni qazib olib o'rmini to'ldirmaslik; 5, 6 – ulkan suv omborlari gidroelektr stansiya va shunga o'xshash suv inshootlarining qurilishi.

Yer qa'rida 4000–5000 m chuqurlikda yotgan neft va gaz qazib chiqarilmoqda, juda katta miqdordagi mineral suvlar chiqarib olinmoqda. Daryo vodiylariga to'g'onlarning qurilishi natijasida maydoni bir necha yuz km², hajmi bir necha yuz km³dan katta bo'lgan suv omborlari vujudga kelmoqda. Masalan, Toktogul suv ombori, umumiy hajmi 2,1 mlrd. m³, suv sathi maydoni 3640 ga teng bo'lgan Chorvoq suv omborining qurilishlari.

Yer qa'rining odamlar ta'sir etish joylarida yig'ilayotgan energiya miqdorining u yoki bu darajada oshishi yoki kamayishi oqibatida sodir bo'lgan yer silkinishlari Hindiston, AQSH, O'zbekistonda kuzatilganligi fanda ma'lum. Jumladan, Chorvoq suv ombori qurilib bo'lingandan keyin bu hududda bir necha marta kuchsiz yer silkinishlari bo'lib o'tgan. Tekshirishlarning ko'rsatishicha, bu yer silkinishlari o'zlarining tayyorlanish, sodir bo'lish mexanizmlari bilan Chorvoq suv omboriga yig'ilgan 2,1 mlrd. m³ dan ortiq suv bilan to'latilishi jarayonida, ombor tubida yotuvchi tog' jinslarining siqilishi va taranglashishi oqibatida yuz beradigan mikrosiniqlar, darz ketishlarga sabab bo'lgan.

1967-yil 11-dekabrda Hindistonning Koyna suv omboriga suv to'ldirilishi natijasida magnitudasi 6,4 bo'lgan zilzila sodir bo'lgan. Bunday hollar Misrdagi Assuan, AQSHdagi Leyk-Mid suv omborlarida ham kuzatilgan.

Insoniyatning tabiiy relyefga ta'siri natijasida ham ko'chki sodir bo'lishi mumkin. Bunga 1963-yil Italiyaning Monte-Tots tog'ining yonbag'ri qulab tushganligini misol qilib keltirish mumkin. 1960-yili Venetsiya shimolidagi Pyave daryosining yuqori oqimida 265 m balandlikka ega bo'lgan Vayont suv ombori qurilgan. Suv ombori qurilishi mo'ljallangan hududda qurilish ishlari boshlanishidan oldin mufassal geologik tadqiqotlar o'tkazilgan. Geologik tadqiqotlar xulosasiga ko'ra, hududda ko'chki xavfi mavjud emas, deb baholangan. 1963-yil iyulda suv ombori suv bilan to'ldirilgach, Monte-Tots tog'ining yonbag'ri asta-sekin siljishni boshlagan.

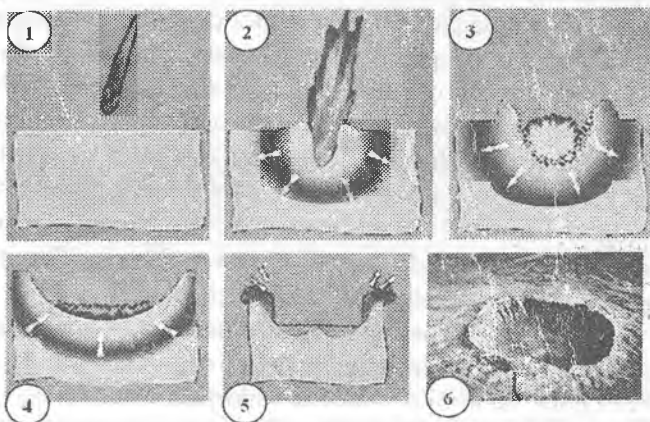
O'sha yili 1-oktabr kuni mahalliy aholi vakillari hayvonlarning tog' yonbag'ridan qochayotganini ko'rishgan. Keyinroq, 9-oktabr kuni kechki payt tog' yonbag'ri to'satdan 100 mln. m³ga yaqin toshlar bilan qulagan. Suv omboridan ko'tarilgan to'lqin 400 m balandlikdan qula-

gan, vodiya 40 mln. m³ suv yopirilib oqqan. Suv toshqinidan 2 mingga yaqin inson qurbon bo'lgan.

Xulosa qilib aytganda inson o'zining muhandislik faoliyati bilan yerosti komponentlariga muayyan ta'sir etishi, u yoki bu darajada o'zgartirishi texnogen zilzilalarning vujudga kelishiga sabab bo'ladi va pirovardida bundan faqatgina insoniyat o'ziga ofat yaratadi.

4.5. Meteoritlar qulashi

Meteoritlar koinotdan Yerga kelib tushishi oqibatida ham zilzilalar sodir bo'ladi (4.8-rasm). Bunday hodisalarning fojiali oqibatlariga sabab bo'lganligini yer geologik tarixining rekonstruksiya natijasida ko'rish mumkin. Kishilik tarixidagi bunday hodisani, ya'ni 1908-yil 30-iyunda Sibirming Tungus daryosi vodiysiga tushgan meteorit natijasida hosil bo'lgan yer silkinishlarini Irkutsk, Toshkent, Tbilisi, Venadagi seysmograflar qayd qilgan. 2013-yildagi diametri 17 m bo'lgan meteoritning Uralsk shahriga tushishi natijasida ham seysmik tebranishlar hosil bo'lgan.



4.8-rasm. Meteoritning Yerga qulashi va ta'sir jarayoni: 1 – yer tortishish kuchi natijasida meteoritning relyefga harakati; 2 – urilish vaqti va zarbali to'liq; 3 – zarba kuchining tarqalishi; 4 – zarbali to'liqning deformatsiyalanishi yoki aks qaytishi; 5 – meteoritning issiqlik tarqalib, sovishi; 6 – relyef ustida hosil bo'lgan shakl (Arizona krateri misolida).

4.6. Sunami

Zilzila o'chog'i okeanda bo'lganda, bir qancha zilzilalar qirg'oqqa tomon harakatlanuvchi, kuchli to'lqin keltirib chiqaradi. Bu sunami deb ataladi. Ba'zan u noto'g'ri – suvning ko'tarilish to'lqini deb ataladi. Sunami yaponcha atama bo'lib, «bandargohda to'lqin» degan ma'noni anglatadi. Sunami ham zilzila kabi vayronkor tabiiy ofat hisoblanadi.

1756-yildagi Lissabon zilzilasi kuchli sunamini keltirib chiqargan. Sunamidagi suv to'lqini Portugaliya, Ispaniya, Marokash qirg'oqlarini vayron qilgan. Lissabonda to'lqin balandligi 5 m ga yaqin bo'lgan. To'lqin butun Atlantika okeanidan ko'tarilib borgan, uning to'lqini Angliya, Niderlandiya, Azor orollari, Vest-Indiyada kuzatilgan. Tinch okeanda sunamilar Gavayi orollari, Yaponiya, Kuril, Filippin qirg'oqlarida ko'proq qayd qilingan.

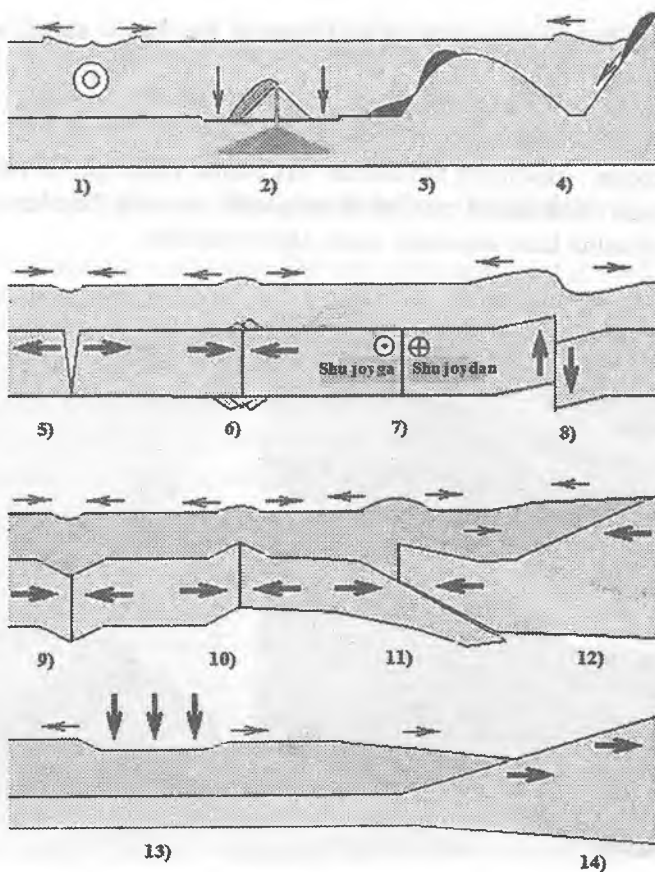
Gretsiyada 1873-yilning 26-oktabrida yuz bergan zilzila natijasida dengiz ostiga 426 metr chuqurlikda yotqizilgan telefon tarmog'i uzilib ketgan. Keyingi tadqiqotlar natijasida tarmoqning ikkinchi uchi 609 metr chuqurlikdagi tog' jinslari bo'laklari ostidan topilgan. Bu shundan dalolat beradiki, zilzila paytida dengiz tubi deyarli 150 metrga cho'kib ketgan, ko'tarilib qolgan qismida esa tog' jinslari uyumi paydo bo'lgan.

Oradan besh yil vaqt o'tgandan so'ng, ya'ni 1878-yilda zilzila yana takrorlangan va telefon tarmog'i uzilib, 40 metrga siljigan. Uzilgan joydagi dengiz tubi relyefi keskin o'zgargan. Zilzila so'nggi yillarda bir necha bor takrorlangan va har birida yuqoridagi jarayon kuzatilgan.

Keltirilgan misollar zilzila natijasida dengiz tubi tuzilishining qanchalik o'zgarishi haqida yetarli tasavvur beradi. Dengiz tubida bo'ladigan bunday o'zgarishlar natijasida sunami hosil bo'lishi mumkin. Sunami sodir bo'lganda hosil bo'ladigan ulkan suv to'lqinlari qirg'oqqa urilib, u yerdagi obyektlarni vayron qiladi. Sunami sodir bo'lishining asosiy 14 ta holat sxemasi 4.9-rasmda keltirilgan.

Atlantika okeanida 1884-yili yuz bergan zilzila natijasida 12 km uzunlikdagi aloqa tarmog'i uch joyidan uzilgan. Keyingi tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, bu uchta uzilgan joy bir chiziqda sodir bo'lmagan. Undan so'ng zilzila natijasida dengiz tubi keskin o'zgarganligi aniqlangan¹.

¹ H. Otaboyev. Zilzila. – T.: ToshDU «Universitet» nashriyoti, 1998.



4.9-rasm. Sunami hosil bo'lishiga sabab bo'luvchi harakatlar sxemasi:

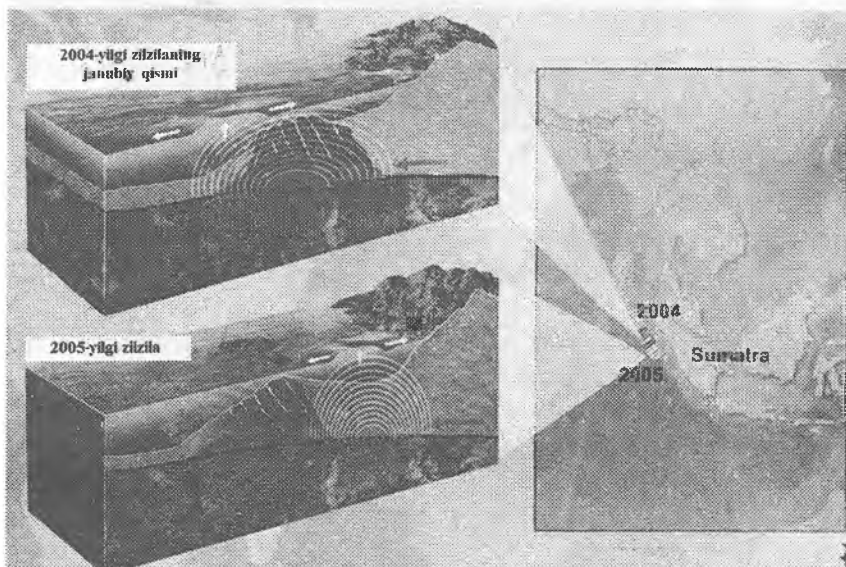
- 1 – portlash; 2 – suv ostida vulqon otilishi; 3 – zilzila natijasida sodir bo'luvchi suvosti ko'chkilari; 4 – tog'li qirg'oqlarda ko'chkining suvga qulashi va suvning o'rni egallab, uni harakatga keltirishi; 5 – okeanosti po'stining kengayishi yoki ajralishi (transform yer yoriqlari); 6 – siqilish (o'rta okean tog'lari hosil bo'lishi); 7 – okeanosti po'stining gorizontal siljishi; 8 – okean osti po'stining vertikal siljishi; 9 – bukilish yoki botiqlik hosil bo'lishi; 10 – siqilish natijasida ko'tarilishi; 11 – subduksiya; 12 – qirg'oqning suvga kirib kelishi; 13 – atmosfera bosimining o'zgarishi; 14 – qirg'oqning suvlikdan ortga chekinishi.

Hozirgi kunda sunami hosil bo'lishining 3 ta asosiy sababi mavjud, ular quyidagilar:

Tektonik – plitalar harakati natijasida;

Tabiiy – atmosferaning o'zgarishi natijasida;

Texnogen – insoniyat tomonidan suv ostida yadro quroli yoki shunga o'xshash moddalarni portlatish natijasida suvning harakatiga ta'sir qilish natijasida ham sunamini sodir qilish mumkin.



4.10-rasm. Sumatra orollarida 2004, 2005-yillarda sodir bo'lgan sunamilarning hosil bo'lish sxemasi.

Tarixda eng vayronkor sunami 1946-yil 1-aprelda Gavayi qirg'oqlarida sodir bo'lgan. Sunami Aleut tarmovida 7,5 magnitudali zilzila sodir bo'lishi natijasida yuzaga kelgan. Sunami natijasida 150 dan ortiq inson halok bo'lgan, ko'plab insonlar jarohat olgan, moddiy zarar miqdori 25 mln. dollarga yetgan.

2004-yil 26-dekabr kuni Grinvich vaqti bilan 07:58:53 da Hind okeanida 8,9 magnitudali Sumatra zilzilasi sodir bo'lgan, uning o'chog'i

Hind okeanida 25–30 km chuqurlikda bo‘lgan, ketidan Sumatra orollarida sunami sodir bo‘lib, 225–250 ming inson qurbon bo‘lgan. 2005-yil 25-dekabrda ham sunami takrorlanishi natijasida bir necha ming inson qurbon bo‘lgan¹ (4.10-rasm).

4.7. Sayyoralarda sodir bo‘luvchi zilzilalar

Oy va Marsdagi zilzilalar. Quyosh sistemasidagi sayyoralarning va ularning yo‘ldoshlarining seysmikligi haqida ma’lumotlar ko‘payib bormoqda. Masalan, Venera (Zuhro) sayyorasida vulqonlar faoliyatining kuchliligi, Venera silkinishlarining mavjudligi aniqlandi. AQSHning «Ganimed» sun‘iy yo‘ldoshi Yupiterning yo‘ldoshi Ioda ham katta vulqonlar borligini tasvirga tushirgan. Umuman, vulqon faoliyati Quyosh sistemasining chekka gigant sayyorolari va ularning yo‘ldoshlarida kuchliroq ekanligi aniqlangan.

Oyda birinchi seysmograflar 1969-yilda AQSHning «Apollon» kosmik kemalari tomonidan o‘rnatilgan. Bir-biridan 1000 km gacha masofada joylashtirilgan 5 ta past chastotali (2,2–15 s davrli) seysmograflar yiliga 600 dan 3000 tagacha seysmik tebranishlar yozuvini 1977-yilgacha Yerga jo‘natib turgan. Tebranishlarning aksariyati magnitudasi 2 va undan past bo‘lgan. Qayd qilingan Oy silkinishlari uch guruhga ajratilgan:

- Yerning va Quyoshning tortish kuchlari ta’siridagi («прилив») zilzilalari, ularning chuqurligi 800–1000 km;
- tektonik zilzilalar – chuqurliklari o‘rtacha 25–200 km;
- meteorit va boshqa kosmik jismlarning tushishidan hosil bo‘lgan zilzilalar.

Oy seysmogrammalari bir-biriga o‘xshash. Ularning asosiy xususiyatlari shundan iboratki, ular Yerdagidan ko‘ra uzoq vaqtlı yozuvga va tebranishlarning juda kichik bo‘lgan so‘nish koeffitsiyentiga ega. Ba’zi seysmogrammalarning nisbatan yuqoriroq chastotali yozuvlarida yuzaki to‘lqinlar ham ajratilgan. Bu seysmogrammalar Oyning bir necha qatlamı borligini ko‘rsatadi.

¹ Forces of nature Earthquakes. S.L. Hamilton. USA, North Mankato. 2012. P.22.

1976-yilda «Viking» kosmik apparati Marsga seysmik asboblarni tushirdi. Lekin seysmograflar modulning oʻzida qoldi. Ular Marsning gruntiga oʻrnatish imkoniyati boʻlmadi. Marsda juda kuchli shamollar esishi tufayli olingan seysmogrammalarda xalaqit beruvchi tebranishlar koʻp boʻldi. Bu seysmogrammalarni seleksiya qilish natijasida juda katta ehtimollik bilan bitta magnitudasi 3 ga teng boʻlgan Mars zilzilasi ajratildi. Koʻndalang va boʻylama toʻlqinlar ajratilib, episentral masofa 110 km ekanligi aniqlandi. Bu zilzila tektonik zilzila deb taxmin qilinmoqda.

Tayanch iboralar:

Eritsentr, giposentr, oʻchoq, ball, tektonik, denudatsion, texnogen, meteorit, sunami, Oy, Mars, Venera, Ganimed.

Nazorat savollari:

1. Zilzila episentri, giposentri, oʻchoq tushunchalarini taʼriflang.
2. Zilzilalar tasnifi boʻyicha nechta turga boʻlinadi va ular qaysilar?
3. Tarixda sodir boʻlgan qanday kuchli koʻchki zilzilalarini bilasiz?
4. Texnogen zilzilalar sodir boʻlish sabablarini bayon eting.
5. Vulqon zilzilalari sodir boʻluvchi mintaqalar haqida maʼlumot bering.
6. Sunami qanday jarayonlar taʼsirida sodir boʻladi?
7. Boshqa sayyoralar va Oyda zilzilalar mavjudmi?

V BOB. ELEMENTAR SEYSMOLOGIYANING FIZIK ASOSLARI

Elastiklik nazariyasining asosiy tenglamalari, kuchlanish modullari va ularning o'zaro bog'liqligi, elastiklik xususiyatlari, elastiklik modullari, Yung moduli, Puasson koeffitsiyenti, Guk qonuni, siljish moduli, siqilish-kengayish deformatsiyalari, normal kuchlanishlar, Reley va Lyava to'liqlari, Gyuygens, Ferma qoidasi, Snellius qonuni, dispers muhit, superpozitsiya nuqtayi nazari, o'zaro bog'liqlik nuqtayi nazari, yutilish koeffitsiyenti.

5.1. Elastiklik nazariyasining asoslari

Yer qobig'ini tashkil etuvchi tog' jinslarini qattiq elastik jism deb ko'rish mumkin. Shuning uchun tog' jinslariga berilgan kuchlar ta'sirida bo'lib o'tadigan jarayonlarni aniqlash uchun elastiklik nazariyasi qonunlaridan foydalanish mumkin. Elastiklik nazariyasining asosiy tenglamalari O.L. Koshi va S.D. Puassonlar tomonidan XIX asrning 20-yillarida aniqlangan. Ta'sir etuvchi kuchlarning ta'sirida qattiq jismlar deformatsiyalanadi, ya'ni shakli va hajmini o'zgartiradi.

5.2. Kuchlanish modullari va ularning o'zaro bog'liqligi

Izotrop muhitda elastiklik xususiyatlari yo'nalishga bog'liq bo'lmaydi. Elastiklik modullari soni ikkitagacha kamayadi, bular λ va μ – Lamé koeffitsiyentlari. Bu eng oddiy holda kuchlanishlar komponentlari deformatsiyalar komponentlari orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$\sigma_x = \lambda\theta + 2\mu\gamma_{xx}; \quad \tau_{xy} = \mu\gamma_{xy}; \quad (5.1)$$

$$\sigma_y = \lambda\theta + 2\mu\gamma_{yy}; \quad \tau_{xz} = \mu\gamma_{xz}; \quad (5.2)$$

$$\sigma_z = \lambda\theta + 2\mu\gamma_{zz}; \quad \tau_{yz} = \mu\gamma_{yz}; \quad (5.3)$$

$$\theta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}; \text{ bu yerda } \theta - \text{hajmiy deformatsiya (dilatatsiya).}$$

Har xil masalalar yechilayotganda λ va μ bilan birgalikda izotrop muhitni quyidagi elastiklik modullarining beshtasi ifodalaydi:

1. Yung moduli (E), (bo'ylama cho'zilish moduli) – jismning cho'zilishi yoki bo'ylama siqilishiga qarshiligini ko'rsatadi.

2. Puasson koeffitsiyenti (σ) – o'zak (sterjen) cho'zilishi yoki siqilishi natijasida hosil bo'ladigan ko'ndalang deformatsiyaning bo'ylama deformatsiyaga nisbati ko'rsatkichi.

3. Har taraflama (hajmiy) siqilish moduli (K) – hajmiy deformatsiya (dilatatsiya) bilan har taraflama bir xilda berilgan bosim orasidagi bog'liqlikni ifodalaydi.

4. Siljish moduli (μ) – siljish ta'sirida jismning shakli o'zgarishini ifodalaydi. Bunda urinma kuch ta'sirida jismning shakli va to'g'ri bur-chaklari o'zgaradi, hajmi esa o'zgarmaydi.

5. λ moduli – siqilish-kengayish deformatsiyalari va normal kuchlanishlarni ifodalovchi tenglamalarda dilatatsiya koeffitsiyenti. Suyuq va gazsimon muhitlarda, ya'ni siljish moduli ($\mu = 0$) bo'lganda, λ moduli qiymati har taraflama siqilish moduli (K) ga teng bo'ladi.

Quyida izotrop muhit uchun yuqoridagi modullarning o'zaro bog'liqligining asosiy tenglamalari berilgan:

$$K = \frac{1}{3} \frac{E}{1-2\sigma} = \frac{2\mu(1+\sigma)}{3(1-2\sigma)} = \lambda + \frac{2}{3}\mu; \quad (5.4)$$

$$\mu = \frac{1}{2} \frac{E}{1+\sigma} = \frac{3K(1-2\sigma)}{2(1+\sigma)} = \frac{3}{2}(K - \lambda) = \frac{\lambda(1-2\sigma)}{2\sigma}; \quad (5.5)$$

$$\lambda = \frac{\sigma E}{(1+\sigma)(1-2\sigma)} = \frac{3K\sigma}{1+\sigma} = K - \frac{2}{3}\mu = \frac{2\sigma\mu}{1-2\sigma}; \quad (5.6)$$

Bulardan E va σ qiymatlarini topish mumkin.

X, Y, Z orqali dV elementar hajmga ta'sir etayotgan kuchlarni belgilaylik, j_x, j_y, j_z – inersiya kuchlari qo'zg'agan dV hajmning og'irlik markazi tezlanishining koordinata o'qlari bo'yicha proyeksiyasi bo'lsin. Dalamber prinsipiga asosan, ta'sir etuvchi kuchlar tezlanishga proporsionaldir.

Hajm elementi muvozanat holatida izotrop muhit uchun har qanday kuchlar maydoni quyidagicha ifodalanadi:

$$((\lambda+\mu) \frac{\partial \theta}{\partial x} + \mu \nabla^2 u + \rho X = \rho \frac{d^2 u}{dt^2}; \quad (5.7)$$

$$(\lambda+\mu) \frac{\partial \theta}{\partial y} + \mu \nabla^2 v + \rho Y = \rho \frac{d^2 v}{dt^2}; \quad (5.8)$$

$$(\lambda+\mu) \frac{\partial \theta}{\partial z} + \mu \nabla^2 w + \rho Z = \rho \frac{d^2 w}{dt^2}; \quad (5.9)$$

$$\nabla^2 = \frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2} + \frac{d^2}{dz^2} - \text{Laplas operatori.} \quad (5.10)$$

Tashqi kuchlar yo'l bo'lsa, ya'ni faqat tebranish harakatlari natijasida hosil bo'lgan inersiya kuchlari ta'sir qilayotgan bo'lsa, $X = Y = Z = 0$, oddiy almashtirishlardan so'ng ikkita fundamental tenglamaga ega bo'lamiz.

$$\nabla^2 \vec{u} = \frac{1}{v_p^2} \frac{\partial \vec{u}}{\partial t^2}; \quad (5.11)$$

$$\nabla^2 \vec{u} = \frac{1}{v_s^2} \frac{\partial \vec{u}}{\partial t^2}; \quad (5.12)$$

Birinchi tenglama bo'ylama (kompression) to'lqinlarni, ikkinchisi ko'ndalang (siljish) to'lqinlarining tarqalishini ifodalaydi. Elastiklik parametrlari va zichlik orqali bu to'lqinlar tezliklari quyidagicha bo'ladi:

$$v_p = \sqrt{\frac{(\lambda+2\mu)}{\rho}}; \quad (5.13)$$

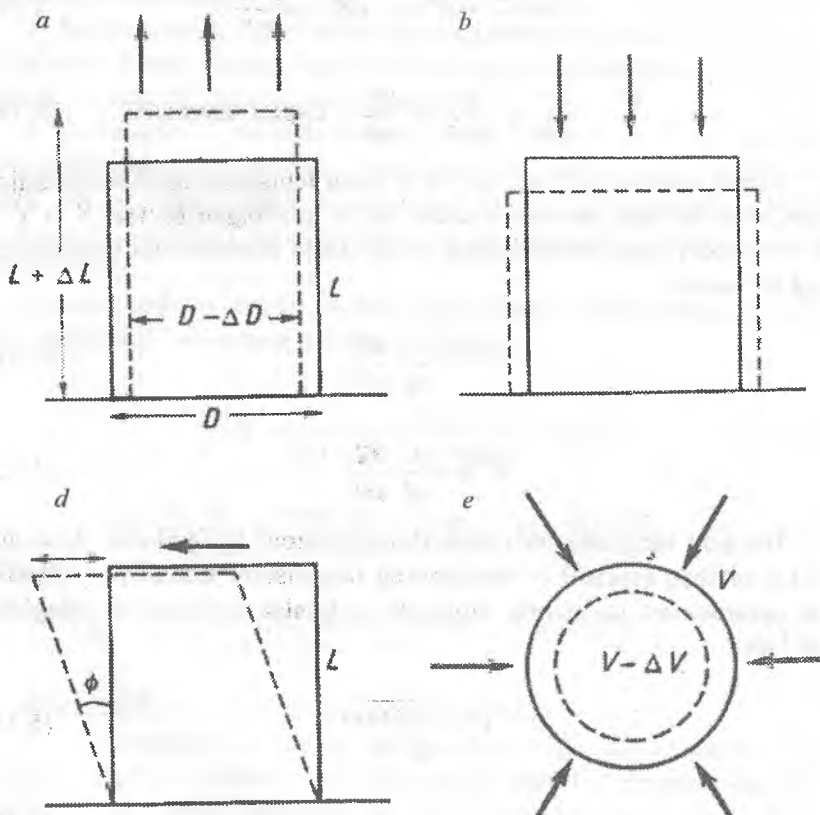
$$v_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}; \quad (5.14)$$

Ularning nisbati faqat Puasson koeffitsiyentiga bog'liq bo'ladi:

$$\frac{v_s}{v_p} = \gamma = \frac{\sqrt{(1-2\sigma)}}{\sqrt{2(1-\sigma)}}; \quad (5.15)$$

Bundan, Guk qonuni bajarilayotgan tutash muhitlarda, $\frac{v_s}{v_p} \frac{1}{\sqrt{2}} (\sigma \geq 0)$ dan katta bo'la olmaydi.

Inersiya kuchlari natijasida hosil bo'lgan ko'ndalang va bo'ylama to'liqlar hajmiy to'liqlar deyiladi.



5.1-rasm. Elastik deformatsiyalar turi: a – cho'zilish; b – siqilish; d – siljish; e – hajmiy siqilish.

Tashqi kuchlar ta'sirida qattiq jism o'z shaklini va hajmini o'zgartiradi, ya'ni deformatsiyalanadi. Elastik jismda hosil bo'lgan deformatsiyalarni hajm va shakl (yoki siljish) deformatsiyalari deyiladi. Mutlaq elastik jism – bu har qanday kuch ta'siridan so'ng avvalgi shakli va hajmi to'liq tiklanadigan jismdir. Agar kuch ta'siridan so'ng jismning avvalgi shakli va hajmi tiklanmasa, bu jismni plastik (qayishqoq emas) deb ataladi.

Hamma tog' jinslari deformatsiyani turli tezlikda uzatish xususiyatiga ega. Bu uzatishlar va uning tezliklari elastik deformatsiyalar (elastik modullar) va ularni hosil qiluvchi kuchlanishlar (F/S) orasidagi bog'lanishga bog'liq. Mutlaq elastik jinslar uchun bu bog'lanish to'g'ri proporsionaldir (chiziqlidir) va u Guk qonuni bilan ifodalanadi:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{F}{S} \cdot \frac{1}{E}; \quad (5.16)$$

$$\frac{\Delta d}{d} / \frac{\Delta \ell}{\ell} = \nu \quad (5.17)$$

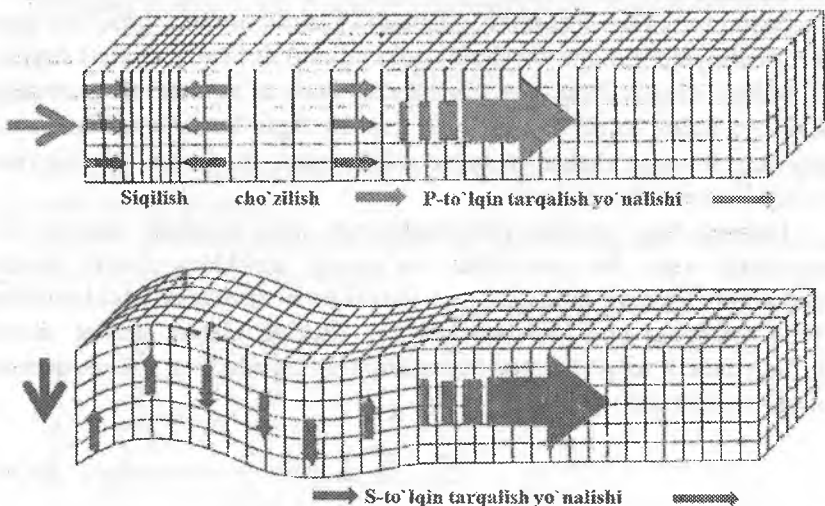
Bu yerda E – Yung moduli (bo'ylama cho'zilish moduli) – jismning cho'zilishi yoki bo'ylama siqilishiga qarshiligini ko'rsatadi;

l, d, S – silindrik jismning uzunligi, diametri va ko'ndalang kesimi, $\Delta l, \Delta d$ – uzunlik va diametr deformatsiyalari (5.1-rasm, a, b);

F – ta'sir etuvchi kuch; ν – Puasson koeffitsiyenti moduli (elastik jism geometrik shaklining o'zgarish o'lchovi).

Tog' jinslarda $\nu = 0,18$ ch. 0,5, suvda $\nu = 0,5$ ga teng.

Qo'zg'atish (zarba) elastik to'liqlari nuqtasidagi ta'sir etuvchi kuch vaqt oralig'ida tez o'zgaradi, u avval ko'tarilib (max), keyin pasayadi (min). Natijada muhitdagi deformatsiyalar va kuchlanishlar ham Guk qonuniga asosan vaqt bo'yicha o'zgaradi. Bu esa elastik muhit zarralarining tebranishiga olib keladi. Tebranishlar bir zarradan ikkinchisiga uzatilib, muhitda elastik to'liqinni hosil qiladi. Elastik to'liqlar hajmli va yuzaki bo'ladi. Tebranish qoplagan maydon bilan ular hali yetib bormagan sonli maydonni ajratib turuvchi yuza to'liqin fronti deb ataladi.

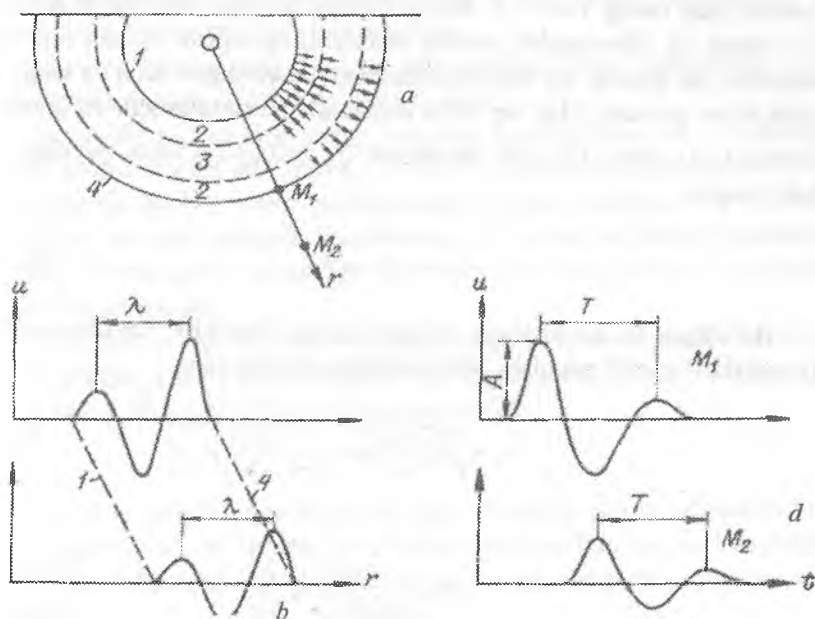


5.2-rasm. Bo'ylama (R) va ko'ndalang (S) to'lqinlardagi zarralarning siljishlari.

Elastik muhitda ikki turli deformatsiyalar hosil bo'lishi mumkin: siqilish (cho'zilish) va siljish. Shuning uchun seysmologiyada o'rganiladigan elastik to'lqinlar ikki turga ajraladi: «siqilish-cho'zilish» to'lqinlar va «siljish» to'lqinlar. «Siqilish-cho'zilish» to'lqinlarni bo'ylama R to'lqinlar (5.2-rasm) deb ataladi. Bo'ylama to'lqin tarqalganda muhitning zarralari to'lqin tarqalish yo'nalishi bo'yicha siljiydi (tebranadi) va hajm deformatsiyasi yuz beradi.

Siljish to'lqinlari ko'ndalang S to'lqinlar deb ataladi. S to'lqin tarqalganda muhitning zarralari to'lqin tarqalish yo'nalishiga ko'ndalang (perpendikular) bo'lgan yuzada siljiydi va shakl deformatsiyasi hosil bo'ladi (5.2-rasm). S to'lqin faqat qattiq muhitlarda tarqaladi.

Bir jinsli muhitda qo'zg'atish piketini kengayishning nuqtali manbasi deb ko'rish mumkin. Birinchi vaqtda (momentda) zarralar siljishi manbadan yo'naltirilgan bo'lib, to'lqin frontida siqilish zonasi hosil bo'ladi. To'lqin muhitda tarqaladi, shuning uchun muhitda vaqt davomida (kechroq) to'lqinning oldingi va orqa tomondagi frontlar bilan ajralgan uchta yarimsferik sohalar hosil bo'ladi (5.3-rasm, a).



5.3-rasm. Bir jinsli muhitdagi bo'ylama to'lqinlarning tarqalishi: *a* – muhitdagi zarralarning siljish sxemasi; *b* – to'lqin profili (kesmasi); *d* – zarralarning tebranish grafigi (to'lqin grafigi); 1 – frontning orqa tomoni; 2 – siqilish; 3 – cho'zilish (siyraklashish); 4 – to'lqin fronti.

Manba impulsli bo'lgani uchun tebranish bo'lgan sohada zarralar siljish yo'nalishi bir marta bo'lsa ham ishorasini o'zgartiradi. Impulsli qo'zg'atish bo'lganda zarralar har xil chastota bilan tebranadi (0 dan $+\infty$ gacha). Shuning uchun seysmik to'lqin amplitudasi, davri, chastotasi va to'lqin uzunligi tushunchalariga ko'rinarli yoki ortiq deb ataluvchi atamalar qo'shiladi. Manbadan chiqqan ixtiyoriy «*r*» radius bo'ylab zarralarning tinch holatidan siljish «*u*» grafigi seysmik to'lqin profili deyiladi (5.3-rasm, *b*). Ikkita qo'shni bir xil ishorali siljish ekstremumlari (bukur yoki botiq) oralig'i *to'lqin uzunligi V* deyiladi.

To'lqin fronti o'tgan paytda muhitning ixtiyoriy *M* nuqtasida vaqt bo'yicha zarralar siljishining o'zgarish grafigi *to'lqin grafigi* deyiladi. Eng katta siljishni amplituda *A*, ikkita qo'shni bir xil ishorali ampli-

tudalar vaqt oralig'i *davr* T , davrga teskari qiymat *chastota* f deyiladi (5.3-rasm, *d*). Shuningdek, muhit zarralarining siljishi to'liqin tarqalish masofasi (to'liqin qo'zg'atish manbasidan uzoqlashgan sari) va vaqti ortishi bilan so'nadi. Har bir bitta chastotali monoxromatik to'liqinning uzunligi (λ), davri (T) yoki chastotasi (f), tezligi (v) bilan quyidagicha bog'langan:

$$\lambda = v \cdot T = v / f \quad (5.18)$$

Bo'ylama va ko'ndalang to'liqin tezligi elastiklik koeffitsiyentlari (modullari) orqali quyidagi ifodalar bilan belgilanadi:

$$V_p = \sqrt{\frac{K + 4\mu/3}{\sigma}} = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\sigma(1-2\nu)(1+\nu)}} \quad (5.19)$$

$$V_s = \sqrt{\frac{E}{2\sigma(1+\nu)}} = \sqrt{\frac{\mu}{\sigma}} \quad (5.20)$$

Bu yerda σ – jins zichligi. $V_p > V_s$, $V_p \approx 1,7V_s$. Ko'p jinslarda $V_p / V_s = 1,73$ ga teng.

Suyuq va gazsimon muhitlarda faqat bo'ylama to'liqin tarqaladi (chunki ularda $\mu=0$ bo'lgani sababli $V_s=0$ bo'ladi).

Bo'ylama va ko'ndalang to'liqlar *hajm to'liqlari* deyiladi, chunki ular tarqalayotganda, tebranish jarayoni jinsning ma'lum bir hajmini qamrab oladi.

Agar muhitning bir nuqtasida qo'zg'atish yoki zarba berish voqeasi ro'y bersa, unda elastik to'liqin (seysmik to'liqin deb ataladi) hosil bo'ladi. To'liqinning tebranish tezligi muhitning elastiklik xususiyatiga bog'liq. To'liqin tarqalishi natijasida muhit bo'laklari tebranadi. To'liqin tarqalishi natijasida tebrangan joy bilan hali tebranish yetib bormagan joy orasidagi ajratib turuvchi yuza *to'liqin fronti* deb ataladi. Impulsli manbadan qo'zg'atilgan tebranishlar ma'lum vaqt o'tgandan so'ng so'nadi. Bunda tinch holatdagi zarralar maydoni asta-sekin kengaya boradi. Uning chegarasi esa frontning orqa tomoni hisoblanadi (5.3-rasm, *a*).

Yuzaki to'liqlar *Reley (R)* va *Lyava (L)* to'liqlari deyiladi (5.4-rasm). Ular Yer yuzasi bo'ylab tarqaladi.

Reley to'liqlari hosil qilgan tebranishlar uning uzunligiga teng bo'lgan qalinlikdagi qatlarni qamrab oladi.

Reley (R) to'liqning tezligi Puasson koeffitsiyenti va ko'ndalang to'liqning tezligiga bog'liq va $V_R \approx 0.9 V_s$ qiymatidan oshmaydi.

Reley to'liqlari muhit zarralarining vertikal tekislikda nur (to'liq tarqalish) bo'ylab elliptik trayektoriya bo'yicha siljishiga sababchi bo'ladi. Tebranishlar keskinligi yer yuzasidan chuqurlikka uzoqlashganda tez kamayadi.

(L) Lyava to'liqlari muhit zarralarining gorizontall tekislikda elliptik trayektoriya bo'yicha nurga ko'ndalang siljishiga sabab bo'ladi. L to'liqning tezligi R to'liq tezligidan kichik:

$$V_L < V_R.$$

R va L to'liqlarning energiyasi katta. Shuning uchun zilziladan hosil bo'lgan R va L to'liqlari yer yuzasiga kuchayib keladi va binolarni, yer yuzasini buzishda katta kuchga ega. Lekin chuqurlik bo'yicha tez so'nadi.

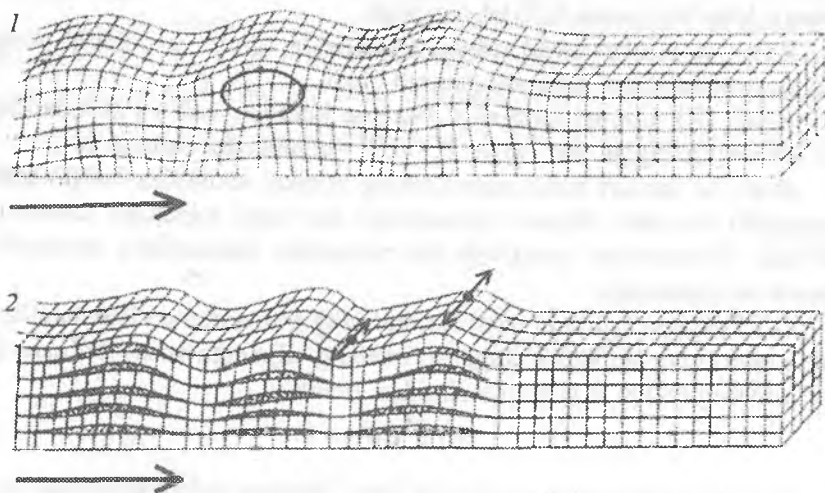
Elastik to'liqning kinematik tarqalish qonuni geometrik optikaning qonunlariga asoslangan.

To'liq frontiga o'tkazilgan perpendikular chiziqli *seysmik nur* deyiladi. Shu nurlar bo'yicha seysmik to'liq energiyasi harakat qiladi (ko'chadi). Nuqtali manbadan hosil bo'lgan to'liq fronti aylana (sferik) ko'rinishida; manbadan uzoqlashgan sari deyarli tekis yuzaga intiladi.

Har bir bitta chastotali monoxromatik to'liqning uzunligi (λ), davri (T) yoki tebranish chastotasi ($f=1/T$), fazoviy tezligi (V) bilan bog'langan:

$$\lambda = T \cdot V = V / f. \quad (5.21)$$

Elastik impulsda monoxromatik to'liqning superpozitsiyasi (turli to'liqlarning ustma-ust kelishi natijasida hosil bo'lgan yig'indisi) kuzatiladi. Har birining fazoviy tezligi (V_n), amplitudasi Ansin ($\omega_n t + \varphi_n$), aylanma chastotasi ($\omega_n = 2\pi f_n$) bilan belgilanadi (bu yerda t - vaqt). Impulsning fazoviy tezligi o'zgaras bo'lganda, uning guruhli tezligi (U) fazoviy tezlik bilan ustma-ust tushadi.



5.4-rasm; 1 – Rele va 2 – Lyava to‘lqinlar tarqalish yo‘nalishi.

Dispers (to‘lqin yutiladigan) muhitda (fazoviy tezlik chastota bo‘yicha o‘zgarishi) impulsning shakli tarqalish natijasida o‘zgaradi. Bunda $U > V_n$, agar f kattalashsa, V_n oshib boradi, $U < V_n$, agar f – kichraysa, V_n kamayib boradi.

5.3. Seysmik to‘lqinlar tarqalishining o‘ziga xos xususiyatlari

Seysmik to‘lqinlarning tog‘ jinslarida tarqalish qonunlari geometrik optikaning Gyuygens, Ferma, Snellius nuqtayi nazarlariga asoslangan.

Gyuygens nuqtayi nazariga binoan to‘lqin frontining har bir nuqtasini mustaqil tebranish manbasi, ya’ni ikkilamchi to‘lqin manbayi deb hisoblash mumkin: bunga asosan berilgan to‘lqin frontining ayrim holatlariga qarab, boshqa holatdagi to‘lqin frontini belgilash mumkin.

Ferma nuqtayi nazariga binoan ikkita nuqta orasida to‘lqin eng kichik qarshilik etuvchi yo‘l bo‘ylab tarqaladi, ya’ni eng qisqa vaqt

sarf qiladigan yo'lni bosib o'tadi. Uning fikriga asosan (izotrop) muhitlarda seysmik nur to'g'ri chiziqdan iborat, chunki ularda tezlik doimo bir xil. Gradiyentli muhitlarda (tezlik asta-sekin uzluksiz o'zgarib turganda) seysmik nur egri chiziq holiga keladi.

Superpozitsiya nuqtayi nazari. Muhitda bir necha to'liq bir vaqtning o'zida tarqalganda ularning har biri xuddi boshqalari yo'qdek harakat qiladi. Lekin to'liqlar muhitning biror nuqtasiga bir vaqtda yetib kelganda, zarralarning tebranishlari to'liqlarning bir-biriga ustma-ust tushish natijasidek namoyon bo'ladi (interferensiya kuzatiladi).

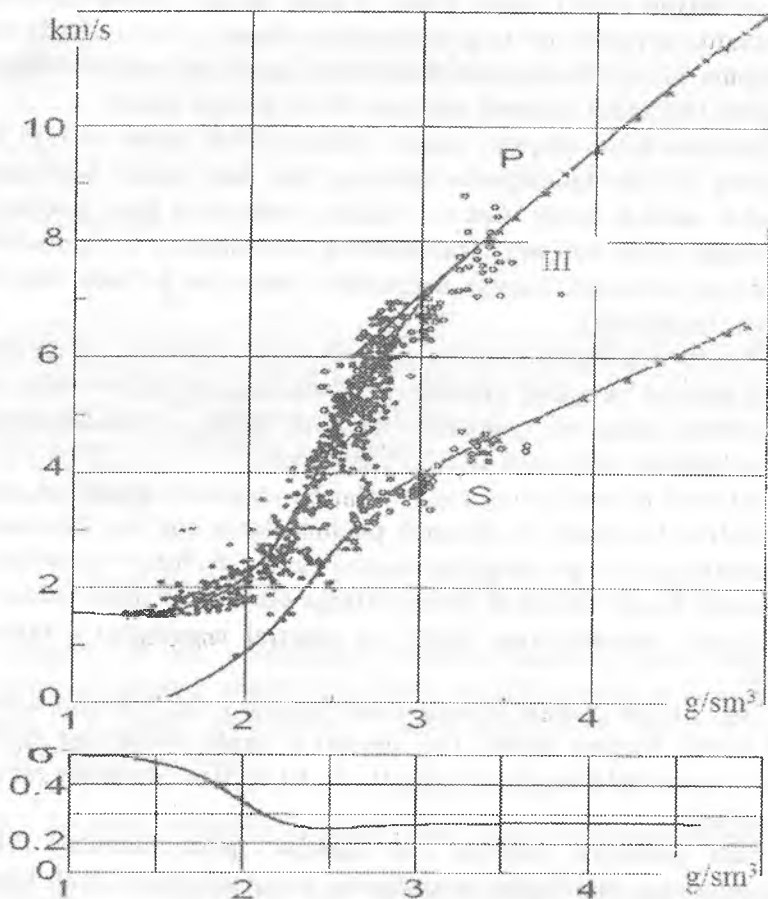
O'zaro bog'liqlik nuqtayi nazari. Agar seysmik tebranishni qo'zg'atuvchi va qabul qiluvchi manbalarning joylarini o'zaro almashtirilsa, unda shu nuqtalarda kuzatish vaqti, to'liqning shakli va zarralarning tebranish sifati o'zgarmaydi.

Seysmik to'liqlarning tog' jinslarida tarqalishi murakkab jara-yon bo'lib, kinematik va dinamik parametrlarga bog'liq. Kinematik parametrlarga to'liq tarqalish vaqtini, uning frontlari va nurlarini o'rganish kiradi. Dinamik parametrlarga esa to'liq amplitudasi va energiyasi, impulslarning shakli va spektral xossalari o'rganish kiradi.

Tog' jinslari zichliklarining oshib borishi bilan tezliklar oshadi (5.5-rasm). Buning sababi, tog' bosimi ta'sirida jinslarning zichla-shuvi va elastiklik modullarining (E , K , μ) sezilarli darajada oshishi kuzatiladi.

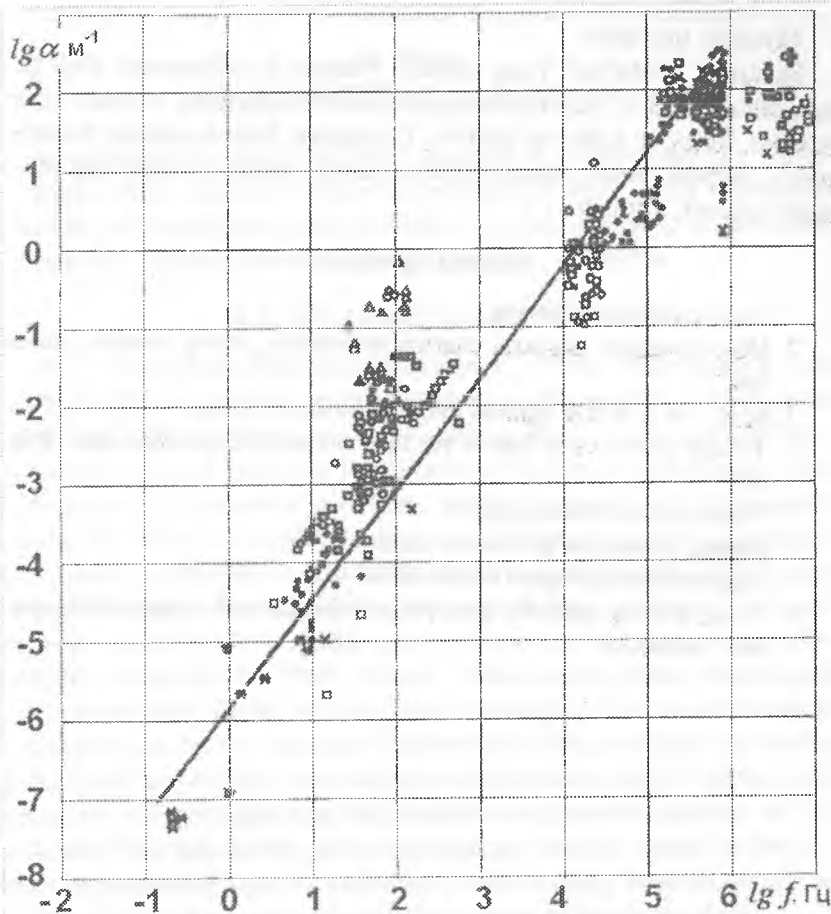
Real geologik muhitda, har qanday qattiq jismdagi kabi, to'liqlarning amplitudasi masofaning uzoqlashishiga qarab kama-yadi. Bunda yuqori chastotali komponentlar to'liqlar dispersiyasi tufayli, past chastotali komponentlarga nisbatan kuchliroq yutiladi. Shuning uchun manbadan uzoqlashgan sari past chastotali impuls-lar seysmogrammalarda ko'paya boshlaydi.

Seysmik to'liqlarning masofa bo'yicha so'nishi seysmik chega-ralarda to'liqlarning sinishi yoki qaytishi bilan bog'liq bo'lmagan holda, ya'ni, xususan, yutilish, $\exp [-\alpha(f)r]$ ko'rinishda bo'ladi, bu yerda α – tebranish chastotasi f dan bog'liq bo'lgan yutilish koeffi-tsiyenti, r – to'liq bosib o'tgan masofa.



5.5-rasm. Har xil tog' jinslari uchun V_p va V_s tezliklarning zichlikka va Puasson koeffitsiyentiga (σ) bog'liqligi (Puziryov, 1997).

Tajribalarning ko'rsatishicha, keng diapazonda yutilish koeffitsiyenti to'lqinning chastotasi bilan chiziqli bog'liq (5.6-rasmda bo'ylama to'lqinlarning tog' jinslarida yutilishining seysmologik (-2-1), seysmorazvedka (0-2), akustik karotaj va laboratoriya ma'lumotlari (4-7) bo'yicha natijalari ko'rsatilgan).



5.6-rasm. Har xil litologik tarkibga ega tog' jinslarining yutilish ko'effitsiyentining to'liq chastotasiga bog'liqligi (Puziriyov, 1997).

Yutilish ko'effitsiyenti α bilan (o'lchami m-l) birga, seysmikada o'lchamsiz yutilish parametri Q (добротность – sifatlilik, mustahkamlik) kiritilgan. α bilan Q orasida quyidagicha bog'liqlik bor: $Q = \pi f / V\alpha = \pi / \lambda\alpha$.

Tayanch iboralar:

Elastiklik modullari, Yung moduli, Puasson koeffitsiyenti, Guk qonuni, siljish moduli, siqilish-kengayish deformatsiyalari, normal kuchlanishlar, Reley va Lyava to'liqlari, Gyuygens, Ferma qoidasi, Snellius qonuni, dispers muhit, superpozitsiya nuqtayi nazari, o'zaro bog'liqlik nuqtayi nazari, yutilish.

Nazorat savollari:

1. Yung modulini ta'riflang.
2. Demormatsiya deganda nimani tushunasiz, uning qanday turlari bor?
3. Reley va Lyava to'liqlari haqida nimalarni bilasiz?
4. To'liqin profili va to'liqin fronti tushunchalari haqida nimalarni bilasiz?
5. Dispers muhit nima degani?
6. Ferma, Gyuygens qoidalarini keltiring.
7. Superpozitsiya nuqtayi nazari nima?
8. Yorug'likning tushishi, qaytishi, sinishi seysmik chegaralarda qanday yuz beradi?

VI BOB.

SEYSMOMETRIYA ASOSLARI

Seysmometriya, zilzila jadalligi, magnituda, Rixter shkalasi, MSK-64, zilzila kuchi, zilzila energiyasi, seysmograf, akselerograf, vibrograf, mayatnik, tebranishlarni qayd qilishning optik, mexanik, elektrodinamik usullari, seysmogramma, akselerogramma, aftershok.

6.1. Seysmometriya asoslari

1875-yil Italiyada Filippo Sekki soatni o'z ichiga olgan birinchi tebranish paytida va birinchi kelgan to'liqinni yozib oluvchi seysmografni konstruksiyaladi. Seysmik yozuvlar ushbu asbob yordamida 1887-yilgacha qayd qilindi. Shundan keyin sohada tuproq tebranishlarini qayd qilish uchun instrumental asboblarni yaratish jarayoni tezlashib ketdi. Yaponiyada ishlovchi angliyalik seysmolog olimlar guruhi ular ichida Miln, Yuing va Greytlar zilzila tebranishlarini (yaqin zilzilalarni) qayd qiluvchi, birinchi yetarlicha qulay bo'lgan asbobni yaratishdi. Shundan keyin tez muddatda Yevropada bunday asboblarni yaratish va takomillashtirish boshlandi va 1900-yillarda Milna asbobi bilan jihozlangan 40 ta stansiyadan iborat bo'lgan dunyo seysmik to'ri tarmoqlashtirildi. Keyinchalik bu to'r kengaytirildi (birinchi bobga qarang) va tuproq harakatlarini qayd qiluvchi asboblarni mukammallashtirildi. Instrumental kuzatuvlar seysmologiyani fan sifatida rivojlanishida asos bo'lib hisoblanadi. Shuning uchun seysmometriya seysmologiyani bo'limi sifatida, instrumental kuzatuv usullarini ishlab chiqadi, seysmik to'liqlar nazariyasi bilan bir qatorda seysmologiyani tayanchi sanaladi.

Tuproq tebranishlarini qayd qilish uchun ishlab chiqariladigan asboblarni *seysmograflar* deb ataladi.

Seysmometriyaning vazifalari yerdagi elastik to'liqlar ta'siri natijasida yer ustidagi nuqtalar (tuproq)ning siljishi haqida ma'lumot olish sanaladi. Tuproq siljishini osongina o'lchash mumkin, agar deformatsiyalanmaydigan aylanuvchi yer bilan bog'liq, inersial koordinata sistemasida datchik o'rnatish imkoni bo'lsa. Lekin bu imkonsiz, sababi asboblarni real (deformatsiyalanadigan) yer ustki qismiga joylashtirilgan va tuproqning siljishi bilan bir vaqtda joyini o'zgartiradi. Bu esa fizi-

kaning boshqa sohalaridagi kuzatuvlaridan seysmometriyani prinsipial farqlash imkonini yaratadi.

Shuning uchun tuproqning siljishini qayd qilish uchun inersiya prinsipi: mayatnik yoki yukdan foydalaniladi, tuproq bilan bog'liq, prujinaga osilgan, inersiya kuchida yuk ostidagi harakatni bir onda kuzatib bo'lmaydi, shu sababdan mayatnik harakati nisbatan yuk ostida bo'ladi, inersial koordinata sisternasiga nisbatan qaysidir darajada tuproq harakatini aks ettiradi. Boshqa usul, garchi qo'llanilmagan bo'lsa-da, konstruktiv murakkablik kuchida keng ommalashmagan – bu deformatsiyani o'lchash, ya'ni yer ustki qisimidagi turli darajadagi ikkita nuqtaning nisbatan siljishidir.

6.2. Zilzila jadalligi

Zilzila jadalligi ballarda o'lchanadi, uni aniqlashda zilzila sodir bo'lgan joydagi inshootlarni ko'rikdan o'tkazish, aholi bilan zilzilani qanday his qilganligi haqida so'rovnomalar o'tkazish yoki shu rayon uchun formulalar orqali hisoblangan empirik ma'lumotlarga asoslaniladi.

Zilzila haqidagi birinchi ma'lumotlarni uning magnitudasi orqali beriladi, chunki yaqin atrofdagi seysmostansiyalardagi yozuvlar bo'yicha avval magnituda aniqlanadi. Jadallik esa zilzilaning magnitudasi, uning giposentri chuqurligi va yer yuzasida namoyon bo'lishi bilan bog'liq.

Ommaviy axborot vositalarida zilzila haqida xabar berilayotganda ko'pincha Rixter magnitudalar shkalasi jadallik shkalasi bilan chalashtiriladi. Natijada «Rixter shkalasi bo'yicha ... ball» degan noto'g'ri ma'lumot beriladi (ularning taqqoslanishi 6.1-jadvalda berilgan). Zilzilaning yer yuzida namoyon bo'lishi ballarda aniqlanganligi bilan zilzilaning aniq quvvatini ballar ifodalamaydi. Shuning uchun zilzilaning haqiqiy kuchini ko'rsatuvchi o'lcham magnituda hisoblanadi. Xalqaro ma'lumotlarda zilzila kuchi magnituda orqali Rixter shkalasida beriladi. Zilzila o'chog'ining chuqurligi yer yuziga yaqin bo'lsa, jadallik ham yuqori bo'ladi. Masalan, magnitudasi 8 bo'lgan o'choq 10 km chuqurlikda bo'lsa, yer yuzasidagi jadallik 11–12 ball bo'ladi deylik. Lekin agar shu magnitudali zilzila o'chog'i 50 km chuqurlikda joylashgan bo'lsa, jadallik 9–10 ball bo'lishi mumkin.

Seysmik shkalalarning taqqoslanishi

Rixter shkalasi bo'yicha magnituda	4,0–4,9	5,0–5,9	6,0–6,9	7,0–7,9	8,0–8,9
MSK-64 shkala bo'yicha kuch- lanish	IV–V	VI–VII	VIII–IX	IX–X	XI–XII

Magnituda arab raqami bilan, kuchlanish esa rim raqamlari bilan belgilanishi xalqaro miqyosda qabul qilingan.

Zilzila magnitudasi seysmograflar yozuvini tahlil qilish natijasida aniqlanadi. Bu shkalani 1935-yilda amerikalik seysmolog Ch.F.Rixter taklif etgan va uning sharafiga *Rixter shkalasi* deb nom berilgan¹. Rixter shkalasi 1 dan 9,5 gacha bo'ladi. Bu shkalada magnitudaning 1 ga o'sishi tuproq siljishining 10 barobarga o'sishiga, ya'ni tebranish amplitudasining o'sishiga olib keladi. Energiyaning o'sishi taxminan 30 martaga oshadi. Ya'ni magnitudasi 6 ga teng zilzila natijasidagi siljish, magnitudasi 5 bo'lgan zilzila natijasida hosil bo'lgan siljishdan 10 barobar katta, energiyasi esa – 30 barobar. Quyida Rixter shkalasi bo'yicha zilzilalar tasnifi keltirilgan.

T.r.	Magnituda	Zilzila turi
1.	0–4,2	kuchsiz
2.	4,3–4,8	mo'tadil
3.	4,9–6,2	kuchli
4.	6,3–7,2	o'ta kuchli
5.	7,3–8,9	halokatli

¹ Forces of nature Earthquakes. S.L. Hamilton. USA, North Mankato. 2012. – P.8.

Zilzila magnitudasi seysmik to'liqning maksimal amplitudasining (A) boshqa standart zilzilaning shu to'liqlarining amplitudasiga (A_x) nisbatining o'nli logarifmi orqali aniqlanadi:

$$M = \log \frac{A}{A_x} \quad (6.1)$$

O'tgan asrning 30-yillarigacha zilzilalarning kuchi keltirgan zararlari bilan o'lgangan. Buzilishlar silkitish kuchiga bog'liq deb taxmin qilishardi. Biroq bu unday emas. Masalan, toshloq tuproqda pishiq qurilgan uylar ofatning kuchli zarbalariga bardosh beradi, bu vaqtning o'zida qumli tuproqda barpo qilingan yengil inshootlar kuchsiz zarbada ham og'ir buzilishlarga uchraydi. Shuning uchun zilzilalar kuchini aniqlashda ancha takomillashgan usuldan foydalanadilar. 1935-yilda Rixter zilzilalar kuchini 12 balli shkalada aniqlashni taklif etdi. Nol belgisi seysmografda mutlaqo sokin tuproqni bildiradi, bir ball kuchsiz yer silkinishini ko'rsatadi, har bir keyingi ball avvalgisidan o'n marta kuchliroq silkinishlarni bildiradi. Shunday qilib, 9 balli zilzila 8 balldan o'n barobar kuchliroq, 7 ballni yuz marotaba oshib o'tadi va nihoyat, yer po'stidagi bir balli kuchdagi tebranishlardan yuz million kuchliroq bo'lib o'tadi. Har yili sayyoramiz million martadan ortiq silkinadi. Ushbu zilzilalarning 99,5% i – yengil, ularning kuchi Rixter shkalasi bo'yicha 2,5 dan oshmaydi. Qolgan zilzilalar kuchli kechadi. Juda kamdan kam 8–9 ballarga yetadi. Katta kuchdagi zilzilalar hozirgacha faqat ikki marotaba: 1906-yilning 31-yanvarida Ekvador qirg'oqlari bo'ylab (kuchi oqibatlariga qarab hisoblab chizilgan) va 1933-yilning 20-martida Yaponiyaning shimoliy-sharqida bo'lib o'tgan hamda uning episentri dengiz tubi ostidan chuqurda joylashgan. Bunda junbishga kelgan va harakatlangan kuchlar tasavvurga sig'maydi.

Magnitudalarning turli xil shkalalari mavjud, lokal magnituda (ML), yuza to'liqlar orqali hisoblangan magnitudalar shkalasi (MS), hajm to'liqlari orqali topilgan magnituda shkalasi (mb), seysmik moment bo'yicha (MW). Hozirgi paytda MW shkalasi qo'llaniladi.

1960-yil 22-mayda sodir bo'lgan Chilidagi zilzila instrumental aniqlangan eng kuchli zilzila hisoblanadi. Uning (moment) magnitudasi $MW = 9,5$ ni, hajmiy to'liq bo'yicha $M = 8,7$ ni tashkil etgan.

Eng kuchli magnitudaga ega zilzilalar 1906-yil Kolumbiyada ($M = 8,9$), 1923-yil Yaponiyada ($M = 8,9$) aniqlangan. Maksimal amplitudasi 1 mkm bo'lgan zilzilaning 100 km episentral masofadagi magnitudasi 0 ga teng deb olingan.

Yuqorida keltirilganidek, zilzilalarning aksariyat qismi yer qa'ridagi tektonik jarayonlar bilan bog'liq. Yerning ustki qismida turli xil bloklarda deformatsiyalar ortib borishi natijasida potensial energiya yig'ilib boradi. Bu energiya tog' jinslarining mustahkamligidan ortib ketsa yoriq vujudga keladi. Jadvalda magnituda ortib borishi bilan o'choq uzunligining va o'choq kengligining o'zgarishi keltirilgan.

6.3-jadval

Magnituda	O'choq uzunligi, km	O'choq kengligi, km
5,0	11	6
6,5	26	18
7,0	50	30
7,5	100	35
8,0	200	50

6.3. Zilzilalar kuchini o'lchash

XVI–XVII asrlardan boshlab zilzila kuchini o'lchash uchun turli usullardan foydalanib kelingan. Hozirgi vaqtgacha ko'pgina mamlakatlarda olimlar tomonidan ellikdan ortiq seysmik shkalalar taklif etilgan. Ulardan eng ko'p tarqalganlari va ko'pchilik mutaxassislariga ma'qul bo'lgani uchta bo'lib, birinchisi 1917-yilda Xalqaro seysmik assotsiatsiya tomonidan qabul qilingan 12 balli Merkalli-Kankani-Ziberg shkalasi hisoblanadi va undan hozirgacha bir qancha Yevropa davlatlarida foydalanib kelinmoqda. Ikkinchisi 1931-yilda AQSH tadqiqotchilaridan Vud va Nyumanlar Merkalli shkalasiga biroz o'zgartirishlar kiritib, mukammallashtirgan 12 balli MM shkalasi hisoblanadi. Uchinchisi S.V. Medvedev (Rossiya), V.Shponxoyer (Germaniya) va V. Karnik

(Chexiya)lar tomonidan 1964-yilda ishlab chiqilgan (MSK-64) 12 balli xalqaro shkaladir.

Bundan tashqari, Yaponiyada 9 balli YAMA (Yapon meteorologik agentligi) shkalalari qo'llaniladi.

Seysmik jadallikni baholashda O'zbekistonda va boshqa ko'pchilik mamlakatlarda MSK-64 12 balli shkalasidan foydalaniladi. Mazkur shkala 1964-yilda Parijda, UNESCO ning seysmologiya va seysmobardosh qurilish bo'yicha o'tkazilgan davlatlararo yig'ilishida tavsiya etilgan.

Bu shkala oddiy (zilzilabardoshligini oshirish uchun konstruksiyalari kuchaytirilmagan) inshootlar uchun taalluqli bo'lib, unga ko'ra zilzila ballari quyidagicha belgilanadi.

1 ball. Sezilmas zilzila. Tebranishlar jadalligi past, tuproq tebranishi faqat seysmograflar orqali qayd qilinadi.

2 ball. Kuchsiz zilzila. Tebranishlarni faqat bino ichidagi, ayniqsa, yuqori qavatlardagi ayrim kishilar sezadi.

3 ball. Kuchsiz zilzila. Bino ichidagi ayrim kishilar sezadi. Ochiq maydonda sezilarli emas. Tebranishlar xuddi yengil yuk mashinasi o'tganda hosil bo'ladigan tebranishga o'xshaydi. Ba'zi osilgan jismlarning tebranishi kuzatiladi.

4 ball. Sezilarli tebranish. Bino ichidagi ko'p kishilar uchun sezilarli, ko'chada ayrim kishilar sezadi. Ba'zi holatlarda uyqudan uyg'otadi. Tebranishlar xuddi og'ir yuk mashinasi o'tganda hosil bo'ladigan tebranishlarga o'xshaydi. Deraza oynalari va idish-tovoqlar zirillaydi. Devorlarning va pollarning g'ijirlashi, mebellarning qaltirashi kuzatiladi. Osilgan jismlar tebranadi. Idish ichidagi suyuqliklar to'lqinlanadi. Bir joyda turgan avtomobilda turtki seziladi.

5 ball. Deyarli hamma uxlayotgan kishilar uyg'onadi, idishlardagi suyuqliklar to'lqinlanadi, ba'zi yengil jismlar ag'darilishi, idishlar siniishi mumkin. Binolarga shikast yetmaydi.

6 ball. Kishilarda qo'rquv paydo bo'ladi, tebranishlar yurishga xalaqit beradi. Binolar chayqaladi, osilgan jismlar kuchli tebranadi. Idish-tovoqlar ag'dariladi va sinadi, polkalardagi jismlar tushib ketadi. Mebellar siljishi mumkin. Shiftdan changlar tushadi, devor suvoqlarida mayda yoriqlar paydo bo'ladi.

7 ball. Kuchli qoʻrquv paydo boʻladi. Tebranishlar oyoqda turishga xalaqit beradi. Mebellar siljishi va qulashi mumkin. Har qanday binolarda yoriqlar paydo boʻladi, suvoqlarda yoriqlar paydo boʻlib tushib ketishi mumkin, bloklar va pardevorlarning ulangan joylaridagi suvoqlar koʻchadi.

8 ball. Turgan kishilarni yiqitadi. Yerda va qiyaliklarda yoriqlar paydo boʻladi. Har qanday binolarga shikast yetadi, pardevorlar qulashi mumkin. Asosiy devorlarda yoriqlar paydo boʻlishi, suvoqlarning sochilib ketishi, bloklarning siljishi va ularda yoriqlar paydo boʻlishi kuzatiladi.

9 ball. Yerning koʻp joylarida yoriqlar paydo boʻladi. Qiyaliklarda koʻchkilar sodir boʻladi. Barcha binolarda pardevorlar qulaydi. Asosiy devorlarning bir qismi buzilishi, baʼzi bir panellarning siljishi mumkin.

10 ball. Vayron qiluvchi zilzila. Koʻpchilik binolar va koʻpriklar qulaydi, oʻpirilish va koʻchkilar hosil boʻladi.

11 ball. Halokatli zilzila. Barcha binolar qulaydi, landshaftda oʻzgarishlar roʻy beradi.

12 ball. Juda katta halokat. Ommaviy qirgʻinga, relyefning katta hududda oʻzgarishlariga olib keladi.

1998-yilda Xalqaro Yevropa mikroseysmik shkalasi (EMS-98) ishlab chiqilgan boʻlib, hozirda Oʻzbekiston hududlarini mikroseysmik rayonlashtirish xaritalarini tuzishda ushbu EMS-98 shkalasi inobatga olingan holda tuziladi.

Zilzila kuchini baholash uchun quyidagilardan foydalaniladi: A – magnituda, M – giposentrdagi zilzilaning nisbiy kuchi. Magnituda seysmik toʻlqinlarning toʻla energiyasini xarakterlaydi:

$$M = \lg \frac{A}{A_0}, \quad (6.2)$$

bu yerda: A – zilzila oʻchogʻidan biron-bir masofadagi maksimal zilzilaning amplitudasi; A_0 – minimal yoki nolinchil zilzila amplitudasi.

Magnitudaning uch turi mavjud:

1) Rixter ML ;

2) Hajmiy boʻylama toʻlqinlar MR boʻyicha;

3) Sirt to'liqlari MS bo'yicha;

1 ballik I_0 – zilzilaning yer yuzidagi (episentrdagi) shiddati. U yer sirtining silkinish miqdori bilan o'lchanadi (amplituda, chastota, tezlik).

Har bir ball quyidagi formula yordamida aniqlangan seysmik tezlanishga ega α (mm/s²):

$$\alpha = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot A}{T^2}, \quad (6.3)$$

bu yerda T – tebranish davri. I_0 va M orasida quyidagi bog'lanish mavjud:

$$I_0 = 1,5 M + 3,5 \lg H + 3,$$

bu yerda H – zilzila o'chog'i chuqurligi, km da.

Zilzila energiyasi

Yer yuzidagi barcha zilzilalarning bir yillik quvvati 1025...1026 MW; atom portlashlarning bir yillik quvvati 1018...1020 MW; Yerdan koinotga ajralib chiqqan issiqlik quvvati 1026 MW ni tashkil qiladi.

Zilzila energiyasi 100 kW atom bombasining energiyasidan ($1000 \cdot 10^{18}$ erg) bir necha million barobar katta. Masalan, Ashxobod (1948); zilzilasida 10^{23} erg, Xait (1949) zilzilasida $5 \cdot 10^{24}$ erg, Chili (1960) zilzilasida 10^{25} erg energiya ajralib chiqqan. Butun Yer shari bo'yicha bir yilda o'rtacha zilzilalardan $\approx 0,5 \cdot 10^{36}$ erg energiya ajraladi. Zilzila quvvati erg (E) yoki joulda o'lchanadi.

6.4. Seysmik moment

Zilzila kuchi nafaqat energiyasi bilan baholanadi, balki o'choqqa mos keladigan juftlik kuchining momenti kattaligiga ham bog'liq. 5-bobda ko'rsatilganidek, bo'ylama to'liqida siljish, yer yorig'i bo'yicha undalgan siljish bilan, vaqt momenti $M_0(t)$ proporsional olingan. Bu miqdor seysmik moment deb ataladi va quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$M_0 = \lim_{h \rightarrow 0} Kh \quad (6.4)$$

K «kuchni» yer yorig'iga, yer yorig'i maydoni S ga o'rtacha kuchlanish ko'paytmasi sifatida ko'rib chiqish mumkin, a kuchlanish – bu siljish deformatsiyasiga muvofiq keluvchi siljish moduli ko'paytmasi. Bu holatda deformatsiyani yer yorig'iga nisbatan o'rtacha siljish sifatida baholash mumkin, shuning uchun seysmik moment taxminan quyidagi:

$$M_0 = \mu \left(\frac{D}{h} \right) Sh = \mu \bar{D} S \quad (6.5)$$

ifodaga tengdir.

Yer yorig'i maydoni S va siljish orqali zilzila natijasida paydo bo'lgan umumiy energiyani ifodalash mumkin, agar u «o'rtacha» kuchlanish bilan bajarilgan ish deb hisoblansa yer yorig'i chekkalarining masofaga siljishi

$$E = \bar{\sigma} S D \quad (6.6)$$

orqali amalga oshiriladi. Seysmik to'liqin energiyasi bu energiya-ning bir qismini tashkil qiladi. U holda seysmik energiya-ning nisbati seysmik moment

$$\frac{E_s}{M_0} = \frac{\eta \bar{\sigma}}{\mu} \quad (6.7)$$

ga teng bo'ladi. Ushbu

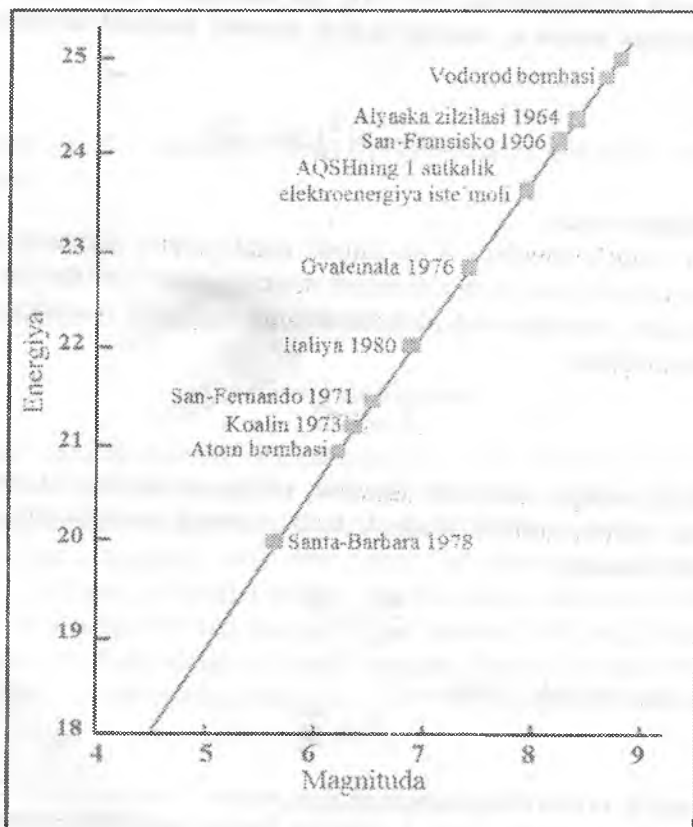
$$\eta \bar{\sigma} = \frac{\mu E_s}{M_0} \quad (6.8)$$

kattalik *tuyuluvchi kuchlanish* deb ataladi. Agar seysmik energiya magnituda qiymati bo'yicha baholansa, boshqa usul bilan seysmik momentni aniqlab tuyuluvchi kuchlanishni baholash mumkin.

Kuchli zilzila seysmik momenti, ma'lum yer yoriqlari yer yuzasida aks etsa, qiymatni o'lchash yo'li bilan bevosita 6.5-formuladan aniqlash va aftershok o'choqlari joylashgan hudud bo'yicha yer yorig'i maydonini baholash mumkin.

1964-yildagi $M=8,5$ magnitudali Alyaska zilzilasi seysmik momentni $M_0 \sim 10^{25}$ din.sm¹ deb baholangan. 1966-yildagi $M=6,5$ magnitudali Parkfild zilzilasi uchun $M_0 \sim 10^{25}$ din.sm ga tengligini ko'rsatdi. Uning koeffitsiyenti 0,1–0,001 ni tashkil qildi. Tuyuluvchi kuchlanish qiymati 1–10 bar. chegarasida o'zgaradi.

Seysmik momentni seysmik to'liq spektri bo'yicha baholash mumkin.



6.1-rasm. Zilzila energiyalari va magnitudalarini boshqa yuqori energiyali jarayonlar bilan taqqoslash.

¹ din.sm (yunonchadan dina – kuch demakdir) – SGS tizimida kuch o'lchovi (SI tizimida kuch o'lchov birligi – Nyuton). 1 din = 1 g·sm/s².

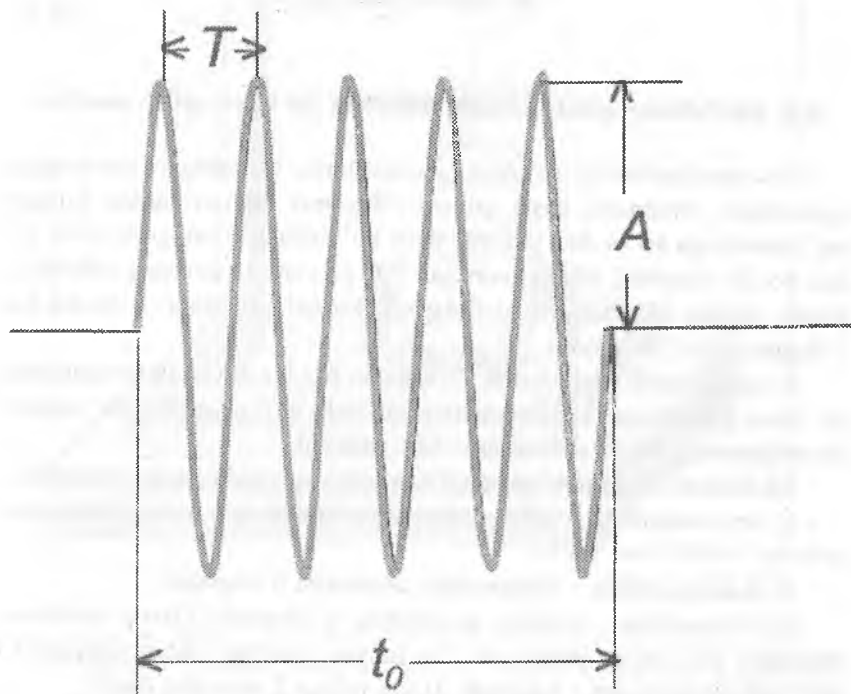
6.5. To'liqin energiyasi

Garmonik tebranayotgan to'liqinning to'liq energiyasi $E=W+P$ ga teng bo'ladi. Bu yerda W – to'liqinning kinetik energiyasi; P – to'liqinning potentsial energiyasi.

Agar to'liqin harakati garmonik tebranishlar davri T bilan namoyon bo'lsa, bir xil A – amplituda va davomiyligi t_0 bo'ladi (6.2-rasm).

To'liqinning harakatlanish tenglamasi:

$$u = A \sin \frac{2\pi t}{T}, \quad (6.9)$$



6.2-rasm. Seysmogrammadagi to'liqin tebranishlarining ko'rinishi.

Yuqoridagi formuladan hosila olsak, to'liqning oniy tezligi kelib chiqadi:

$$\dot{u} = \frac{2\pi A}{T} \cos \frac{2\pi t}{T}, \quad (6.10)$$

To'liqning potensial energiyasi:

$$P = \frac{4\pi^2 A^2}{T^2} p c \phi_0^{t_0} \cos^2 \frac{2\pi t}{T} dt \quad (6.11)$$

$\int_0^{2\pi} \cos^2 x dx = \pi$ bo'lsa, u holda to'liq energiyasi quyidagiga teng bo'ladi.

$$E_r = P = \frac{2\pi^2 A^2}{T^2} p c t_0. \quad (6.12)$$

6.6. Zilzilalarni qayd qiluvchi asboblarning usullari

Yer qimirlashlarini seysmik stansiyalarga o'rnatilgan seysmograf apparatlari yordamida qayd qilinadi. Seysmik stansiyalardan olingan ma'lumotlarga ko'ra, har yili Yer shari bo'yicha 100 mingdan ortiq zilzila bo'lib, ularning ichida taxminan 100 ga yaqini vayronagarchilik va bittasi falokat keltiradigan hisoblanadi, kuchsiz zilzilalar o'rtaicha har 5 daqiqada bo'lib turadi.

Seysmik xavfli hududlarda joylashgan har bir davlatda seysmograf-lar bilan jihozlangan seysmostansiyalar tashkil qilingan bo'lib, bunday seysmostansiyalar O'zbekistonda ham mavjud.

Zilzilalarni qayd qilish quyidagi asboblarning yordamida amalga oshiriladi:

1) seysmograflar – tebranishlarning amplitudasi o'lchanadi. Asboblarning aniqdigi 0,0001 mm gacha;

2) akselerograflar – tebranishlarning chastotasi o'lchanadi;

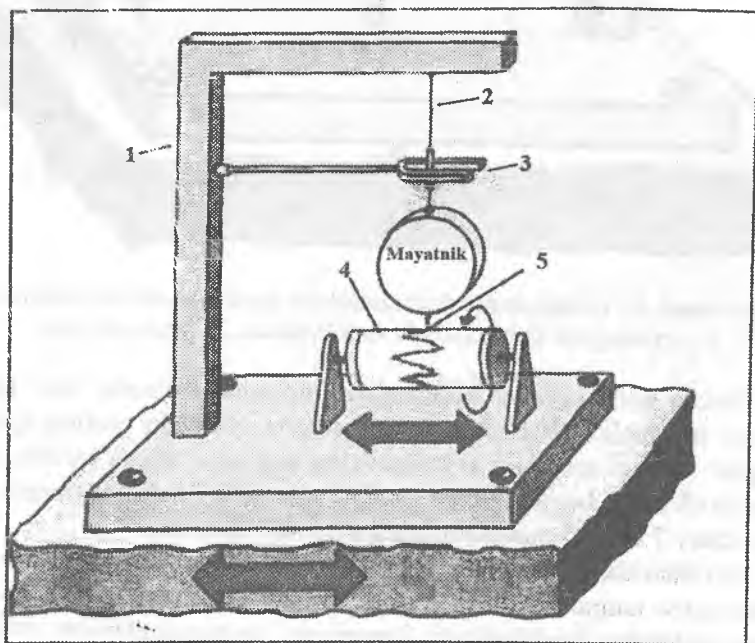
3) vibrograflar – sezilarli ko'chishlarning o'lchanadi. Zilzila shiddatini baholash 1952-yilda Rossiyada Yer fizikasi instituti ishlab chiqqan 12 balli shkala bo'yicha o'lchanadi. U o'z ichiga 2 alomatni oladi:

1) asosiy – vayron bo'lgan binolar soni va shikastlanish darajasini;

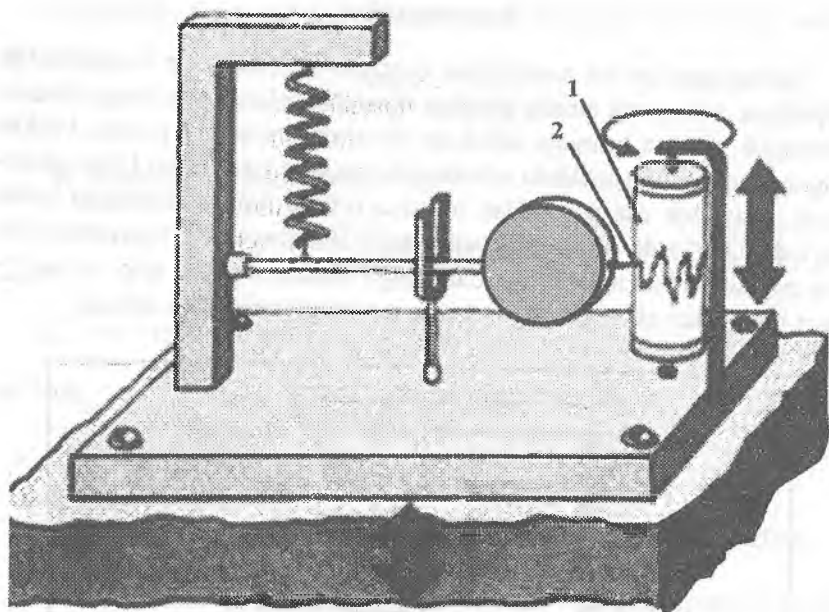
2) yo'ldosh – gruntlardagi qoldiq izlar, yerosti suvlari tartibining o'zgarishi, tebranishlarning sezilishi.

Seysmograflar

Seysmograf po'lat toshchadan yasalgan mayatnikdan iborat bo'lib, u prujina yoki yuqa simda grunitga mustahkamlangan to'singa ilinadi. Mayatnik qog'oz tasмага uzluksiz ravishda chizuvchi peroga biriktirilgan. Tuproqning tezlikda tebranishlarida qog'oz u bilan birga qimir-laydi, mayatnik esa pero bilan inersiya tufayli harakatlanmagan holda bo'ladi. Qog'ozda tuproq tebranishlarini ifodalovchi to'liqinsimon chiziq qoladi. Ohista aylanuvchi barabanga mahkamlangan qog'oz tasma-dagi pero bilan chizilgan egri chiziq *seysmogramma* deb ataladi.



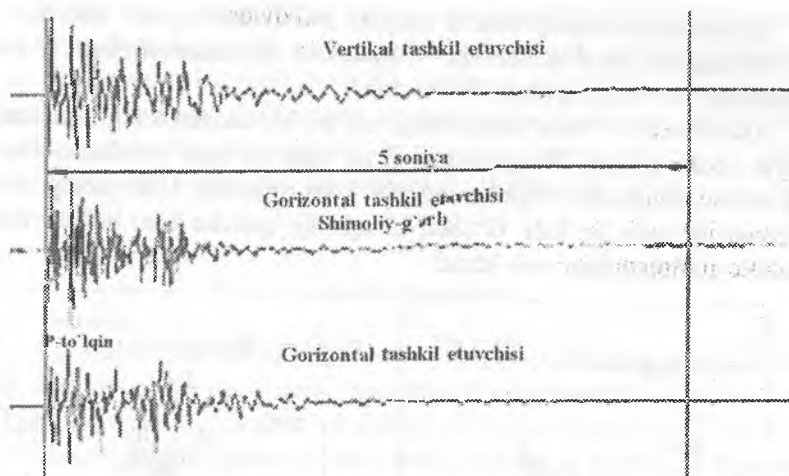
6.3-rasm, a. Yerdagi gorizontaal tebranishlarni qayd qiluvchi seysmograf:
1 – us‘un; 2 – simdan yasalgan ilgak; 3 – amortizatsiyalovchi magnit;
4 – seysmogrammani qayd qiluvchi baraban; 5 – yozuvchi pero.



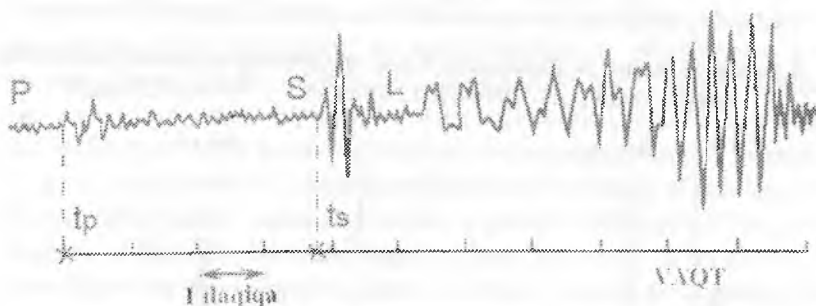
6.3-rasm, b. Yerdagi vertikal tebranishlarni qayd qiluvchi seysmograf:
1 – seysmogrammani qayd qiluvchi baraban; 2 – yozuvchi pero.

Barcha seysmograflar uchta asosiy elementdan iborat, ular: tebranuvchi mayatnik, qayd qiluvchi (registr) va yozuvchi qurilma (pero). Registr – tashqi tomoniga fotosezuvchan qog‘oz o‘ralgan baraban doimiy birxil tezlik bilan o‘z o‘qi atrofida aylanadi. Baraban aylanish tezligi odatiy 7 dan 60 mm/daqiqagacha bo‘lishi mumkin.

Zilzilalar silkinishi, kuchsiz, juda kichik bo‘lishi mumkin. Seysmograflar yozuv natijalarini oshirish (kuchaytirish) uchun turli xil mexanik, optik usullardan foydalaniladi. Zamonaviy seysmograflarning oshirish koeffitsiyenti 100000 gacha yetadi. Oddiy seysmograflar katta oshirish koeffitsiyenti bilan juda uzoqlikdagi kuchli va mahalliy kuchsiz zilzilalarni qayd qilish uchun foydalaniladi. Hozirgi vaqtda ishlab chiqilayotgan va magnit lentaga yozuvchi (shular qatorida raqamli) seysmograflar keng qo‘llaniladi. Bunda nafaqat qog‘oz tejaladi, balki yozuv natijalarini to‘g‘ridan to‘g‘ri kompyuterda qayta ishlash va saqlash mumkin.



6.4-rasm. Uch xil harakat tashkil etuvchilari bo'yicha seysmogramma.



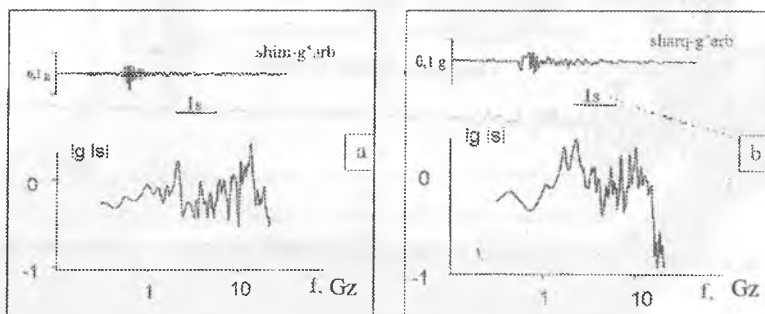
6.5-rasm. Seysmogrammada bo'ylama (P), ko'ndalang (S) va yuzaki (L) to'lqinlar.

Seysmogrammalar

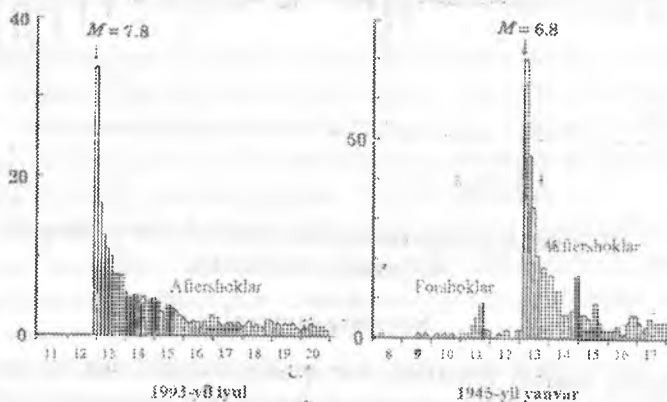
Zilzila vaqtida gruntning har qanday nuqtasi uch xil yo'nalishda harakatda bo'ladi. Shuning uchun ham har bir seysmograf uch xil mayatnikdan (seysmometridan) tashkil topgan bo'ladi, uch xildagi harakat (o'zaro perpendikular gorizontaal va vertikal yo'nalishda) bo'yicha bir-biriga muvofiq uchta seysmogrammalarni olish imkonini beradi.

Seysmogrammalarda zilzila vaqtida, zilziladan keyin – aftershoklar va zilzilagacha qayd qilinuvchi – forshoklar deb ataluvchi keskin diagrammalar bo‘lishi mumkin (6.7-rasm).

Aftershoklar – bular kam energiyali bo‘lib, asosan kuchli zilziladan keyin sodir bo‘ladi. Magnitudasi 7 ga teng bo‘lgan zilziladan keyin, bir necha mingta aftershoklar sodir bo‘lishi mumkin. Ular asosiy zilzila o‘chog‘ida sodir bo‘ladi. O‘choq chuqurligi qancha kam bo‘lsa, shuncha ko‘p aftershoklar yuz beradi.



6.6-rasm. «Ozero-1» stansiyasida Gazli zilzilasining tezlanish va aftershok spektri yozuvi: a – 1984-yil 22-aprel va b – 1984-yil 25-aprel.



6.7-rasm. Yaponiyada sodir bo‘lgan ikkita kuchli zilziladan keyin kuchli aftershoklar va forshoklar gistogrammasi¹.

¹ Яновская Т.Б. Основы сейсмологии. – СПб., 2008. – С.124.

Forshoklar – bu nisbatan kuchsiz zilzilalardir, ular kuchli zilzila so-dir bo'lguncha bir necha kun yoki hafta davomida sodir bo'lishi mum-kin. 6.7-rasmdan ko'rinib turibdiki, 1993-yil 2-iyuldagi zilziladan oldin, forshoklar umuman bo'lmagan seysmograflar faqatgina zilzila silkini-shini va undan keyingi aftershoklarni qayd qilgan, 1945-yil 13-yanvar-dagi zilziladan oldin esa bir haftagacha forshoklar faolligi kuzatilgan (6.7-rasm).

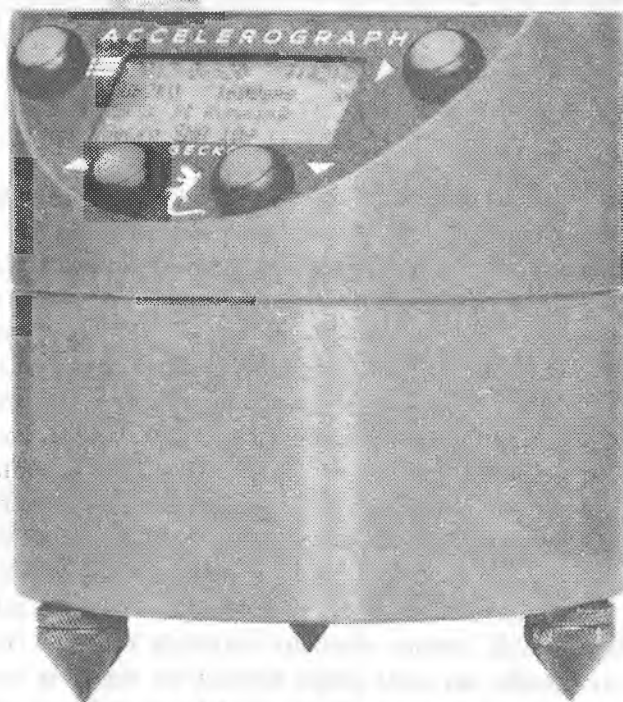
Akselerograflar

Ko'pincha muhandis-loyihachi va quruvchilarni yaqin zilzilalar paytida gruntlarning kuchli tebranishi natijasida binolar va insho-otlarning qanday harakat qilishlari ko'proq qiziqtiradi. Zilzila pay-tida binolar va inshootlarda ularning massa va dinamik xususiyat-lariga hamda gruntlari tezlanishiga bog'liq bo'lgan inersial kuch-lar hosil bo'ladi. Asboblarni tuproq siljishini o'lchay olmaydi, lekin uning tezlanishini o'lchay oluvchi asbob *akselerograf* deb ataladi. Ushbu akselerograf asbobi yordamida qayd qilingan yozuvlar esa *akselerogramma* deb atalib, seysmogrammaga o'xshashligiga qara-masdan, boshqa kinematik xususiyatga ega uning ikkinchi hosilasi-dir. Akselerograflar yaqindagi kuchli zilzilalarni qayd qilish uchun mo'ljallangan. Ular mahalliy kuchsiz va uzoqdagi kuchli zilzilalar-ni qayd qila olmaydi. Seysmografdan farqli o'laroq akselerograflar doimo ishlamaydi, ammo «kutish» rejimida ishlaydi. Ular zilzila vaqtida avtomatik ravishda ishga tushadi va elektr ta'minotini ak-kumulator batareykalaridan oladi, zilzilalar kuchli bo'lganda elektr tokining manbayi uzilishi mumkin. Seysmografdan farqli ravish-da, kattalashtirish (sezuvchanlik) koeffitsiyenti katta emas va 1–20 chegarasida joylashgan.

Bundan tashqari, ular nisbatan kuchli zilzila vaqtida maxsus quril-ma (reley) yordamida avtomatik ravishda faollashadi va 40–50 soniya ichida grunt tezlanishini doimiy ro'yxatga olishni ta'minlaydi. Keyin-chalik kuchli zarbalarda ular yana ulanadi.

Akselerograflar nafaqat grunt yuzasiga, balki binolarning turli sat-higa, yo'llar, ko'priklar, suv ombori, atom stansiyalari va boshqa insho-otlarga o'rnatiladi.

Hozirgi kunda zamonaviy akselerograflar to'g'ridan to'g'ri raqamli va tovushli ko'rinishda hamda Internetga yozish xususiyatiga ega bo'lgan quti ko'rinishida yasaladi.

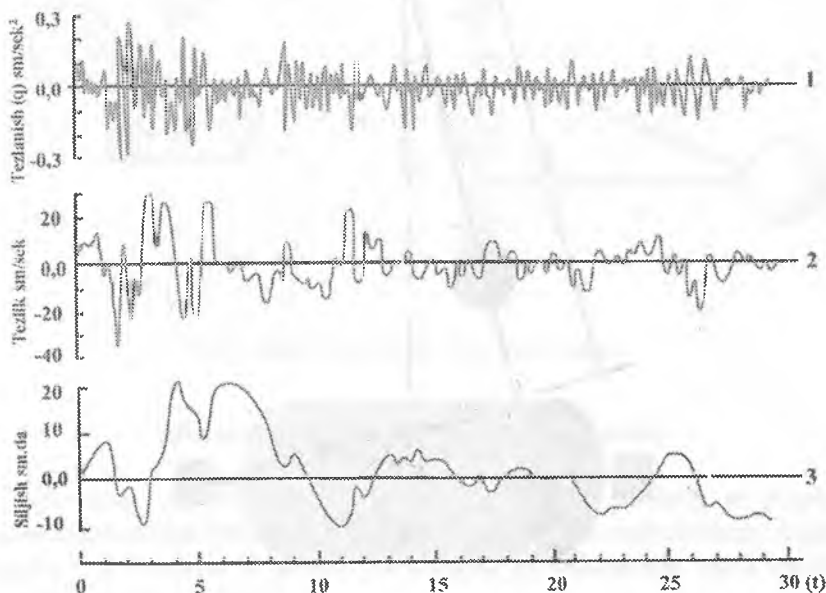


6.8-rasm. GECKO-SMA akselerografi.

Velisograflar

Seymologiyada seysmograf va akselerografdan tashqari, zilzila vaqtidagi gruntlar harakatining tezligini yozib oluvchi xuddi shunday asboblari qo'llaniladi. Bunday asboblari *velisograflari*, ularning yozuvlari esa *zilzila velisogrammasi* deb ataladi. Zilzila velisogrammalari asosan zilzila intensivligi (ballarda) va uning energetik xususiyatini aniqlashda foydalaniladi.

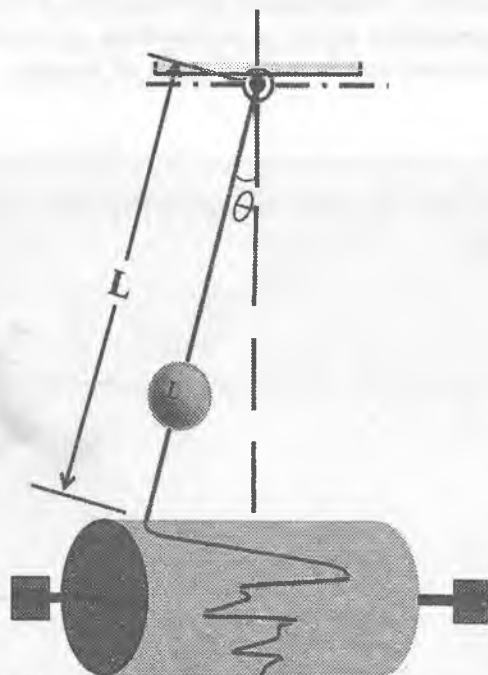
Barcha zamonaviy elektromagnit seysmograflar, velisograflar va akselerograflar gruntlarning tezlik va tezlanishini, gorizontal va vertikal siljishlarini qayd qilish uchun mo'ljallangan (6.9-rasm).



6.9-rasm. Kuchli zilzilalar akselerogrammasi (1) va ularni integrallash yo'li bilan olingan velisogramma (2), seysmogramma (3), vaqt, sekundda (t).

6.7. To'g'ridan to'g'ri qayd qiluvchi seysmograflar Mexanik usul

Bu usuldan seysmologiya rivojining dastlabki bosqichlarida foydalanilgan. Mayatnik oxirida joylashgan pero aylanish o'qidan L masofada (6.10-rasm). Indikator o'zgarishi – x tebranish markazi o'zgarishi x_c – o'zaro nisbati $x = x_c \cdot \frac{L}{r}$ bilan bog'liq, bunda L – mayatnik uzunligi keltirilgan.



6.10-rasm. Qayd qilishning mexanik usuli.

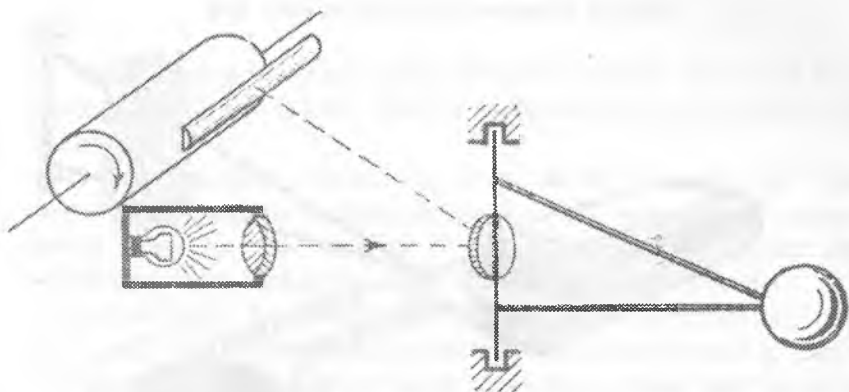
Bu holda asbobning kuchayishi mos ravishda $V = \frac{L}{l}$ ga teng.

Qayd qilish izli qog'ozga o'tkaziladi, keyinchalik maxsus mahkamlovchi tarkibga qoplab ustiga yoziladi.

Biroq mexanik qayd qilish seysmografi mayatnigida perani qog'ozga kuchli surkagan. Bu izni kamaytirish uchun juda katta massali mayatnik zarur bo'lgan.

Optik usul

Aylanish o'qiga oyna mahkamlanadi, ya'ni obyektiv orqali yoritadi, qaytgan nur fotoqog'ozga tushadi, aylanuvchi barabanga o'raladi (6.11-rasm). Agar optik richag uzunligi A bo'lsa, unda kuchayishi $V = \frac{2A}{l}$ ga teng bo'ladi.



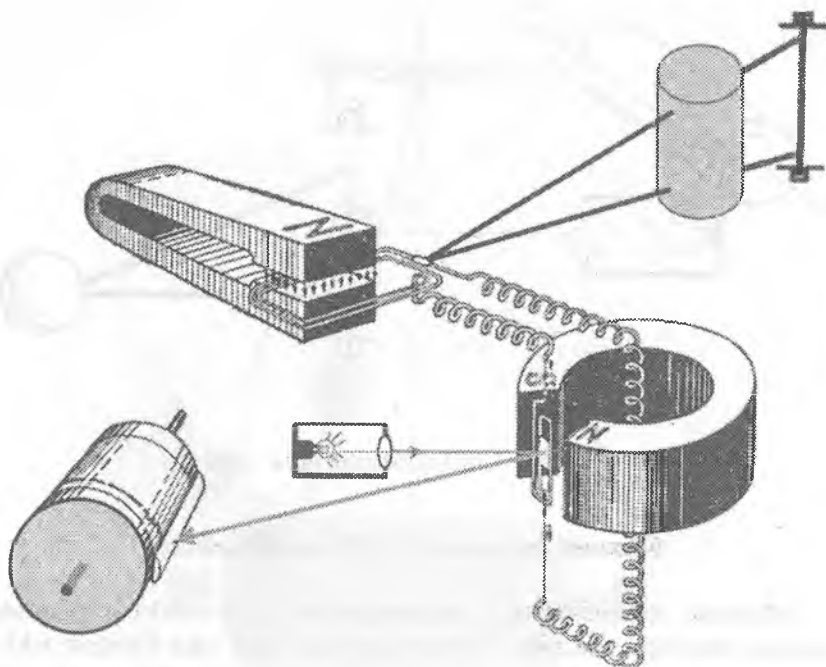
6.11-rasm. Qayd qilishning optik usuli.

Mexanik tebranishlarni o'zgartirgichlar

Mexanik tebranishlarni o'zgartirgichlar turli elektrik usullarda amalga oshirilishi mumkin. Seysmologiyada uzoq vaqt Golitsin taklif qilgan, elektrodinamik usulga asoslangan galvanometrik qayd qilish usulidan foydalanilgan.

Mayatnik bilan qattiq mahkamlangan induksion g'altak doimiy magnit maydonida joylashgan (6.12-rasm). Mayatnik tebranishlarida magnit oqimi o'zgaradi, g'altakda elektrodinamik usul vujudga keladi va tok oynali galvanometrda qayd qilinadi. Galvanometr oynachasiga yorug'lik nuri yo'naltiriladi va qaytgan nur xuddi optik usuldagi kabi fotoqog'ozga tushadi.

Biroq shu narsa aniqki, bu usulda biz mayatnik tebranish markazi harakatini emas, boshqasini qayd qilamiz, kattaligi esa tebranishlar tezligiga bog'liq bo'lganligi sababli induksiyalangan tok tezlikka proporsional. Shuning uchun ham, agar amplitudali-chastota xususiyati to'g'ridan to'g'ri qayd qilinsa, uzoq davrda T^{-2} kabi tushib ketadi, bunday hollarda mayatnik siljimagani qayd qilinadi, uning tezligi esa amplituda-chastotali xususiyati T^{-3} kabi tushib ketadi, negaki uzoq davrli tebranishlar qayd qilinishi chegaralanadi.



6.12-rasm. Qayd qilishning elektrodinamik usuli.

Shuning uchun, so'nggi vaqtlarda parametrik o'zgartirgichlar deb ataluvchilar olingan. Bu o'zgartirgichlarda mexanik (mayatnik mas-sa harakati) yoki qandaydir elektrik zanjir parametrlari (masalan, elektrik qarshiligi, sig'imi, induktivligi, yorug'lik oqimi va boshq.) o'zgarishlariga olib keladi.

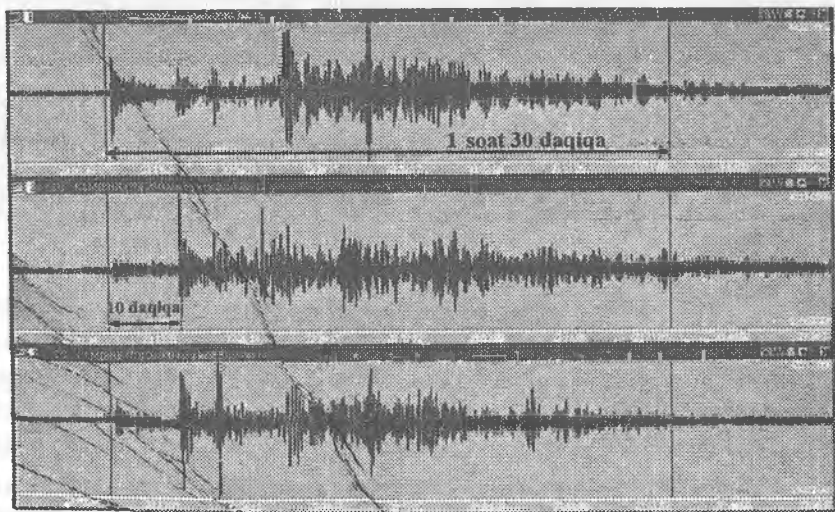
Bu parametrlarning o'zgarishi zanjirdagi tok o'zgarishiga olib kela-di va bu hollarda aynan mayatnik siljishi (uning tezligi emas) elektrik signal kattaligi aniqlanadi. Seysmometriyada ko'p sonli turli xil para-metrik o'zgartirgichlardan, asosan ikki xil – fotoelektrik va sig'imli o'zgartirgichlardan foydalaniladi.

6.8. Olis masofadagi seysmik to'ldin¹

20° dan ortiq masofada sodir bo'luvchi zilzila *olis* (yoki *teleseysmik*) zilzila deb ataladi. Shartli ravishda belgili mezonlarga ajratiladi.

1) Qayd qilingan voqealarning katta umumiy davomiyligi. Agar teleseysmik masofalarda zilzila bo'lsa, u holda, keng polosali stansiyalarda uning yozuvlar uzunligi 30 daqiqadan (yuzaki to'ldinlar faol bo'lishi) bir yarim soatgacha davom etishi mumkin (6.13-rasm).

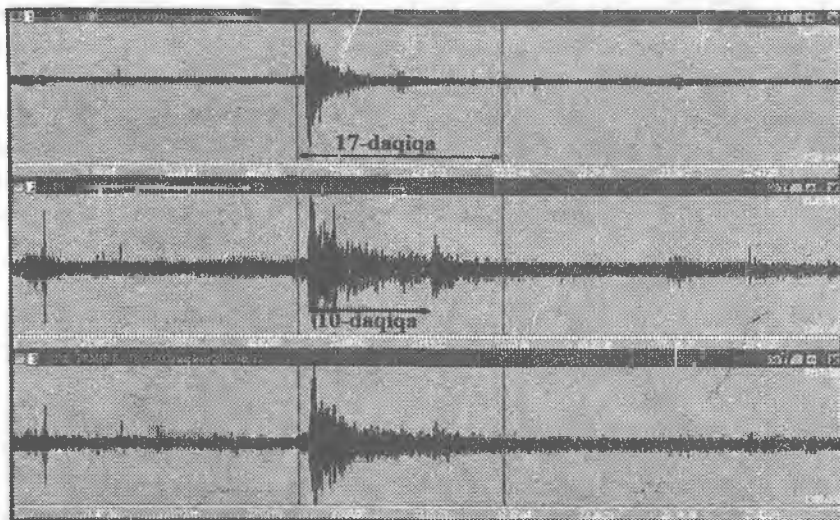
Agarda zilzila 6.13-rasmda ko'rsatilgani kabi keng polosali stansiya yozuvlarida unchalik kuchli hisoblanmasa, lekin yuzaki to'ldinlar filtratsiya yordamida ishonchli ajratilsa, u holda voqea davomiyligini qayd qilishda eng muhim shaklni o'zgartirmaydi va 30–90 daqiqali tartibni tashkil qiladi.



6.13-rasm. Kuchli teleseysmik zilzila keng polosali «Permikovo» stansiyasi yozuvda (namuna).

¹ Конечная Я.В., Иванов Е.В., Шахова Е.В. Основы теории и практики обработки цифровых сейсмических записей. Екатеринбург, 2013. – С.45–47.

Qisqa davrli stansiyalar uchun yuzaki to'liqlar amalda ko'rsatilmaydi, teleseysmik zilzilalar davomiyligi nisbatan kam – 30 daqiqagacha mo'ljallangan (6.14-rasm). Birgina bu mezon faqat qisqa davrli stansiya yozuvida teleseysmik va regional zilzilani ajratish qiyinligiga tegishlidir.



6.14-rasm. Kuchli teleseysmik zilzila qisqa davrli «Permilovo» stansiyasi yozuvida (namuna).

2) Agar bo'ylama (R) va ko'ndalang (S) to'liqlarning kelish vaqt-lari o'rtasidagi farq to'rt daqiqadan ko'proq vaqtни tashkil qilsa, u hol-da bu hodisa birday teleseysmikka taalluqlidir (6.13, 6.14-rasmlar). Bu hodisa stansiyalar xususiyatlariga bog'liq emas, ya'ni ular qisqa davrli va keng polosali hisoblanadi. Bu belgi zilzilaning o'zi va u to'g'ridan to'g'ri qayd qiluvchi stansiya bo'yicha olisligiga bog'liq – qanchalik uzoq hodisa bo'lsa, P va S to'liqlarning kelish vaqtlarida shuncha ko'p farq bo'ladi.

Teleseysmik hodisalar yozuvlarini detal holatda ko'rib chiqilsa, ko'pincha ikkilamchi faza: PP, PcP, SS, SSS va boshqa kelishlari-ni ajratish mumkin. Ular aynan keng polosali stansiyalarda yaxshi

namoyon bo'ladi. Qisqa davrlida, odatda, barcha ikkilamchi PP va PSP fazalarda mavjudligi cheklanadi, lekin ular uzoq (har bir hodsada emas) kuzatiladi.

Agar zilzila qayd qilish uchun yetarlicha kuchli hisoblanmasa, uni dastlabki filtrlanmagan signalga va filtrlardan foydalanishda 0,7–1,4 Hz (barcha tipdagi stansiyalar uchun) va 0,033–0,069 Hz (faqat keng polosali kanallar uchun) birinchi kelishlar sifatida ajratish mumkin va shunday ikkilamchi fazalar, zilzila bo'lganda, katta darajadagi ehtimollik bilan teleseysmik hisoblanadi.

6.9. Seysmik shovqin

Seysmogrammalarda seysmik hodisalar yo'qligida ham har doim mikroseysmlar deb ataluvchi tebranishlar yuz beradi. Ular esa zilzilalardan kelib tushadigan signallarga xalaqit beradi. Shuning uchun seysmometriyaning vazifasi ham seysmik shovqinni kamaytirishdir.

Mikroseysmlar turli xil manbalar (shamol, atmosfera bosimining o'zgarishi, okean to'lqinlari, haroratning o'zgarishi, transportlar harakati va boshqa hodisalar) hisobiga yuzaga keladi. Mikroseysmlar intensivligi joylar va grunt sharoitlariga qarab har xil stansiyalarda turlicha bo'lib, u mavsumiy va sutkalik o'zgarishlarga ham ega.

Mikroseysmlar makon va zamon tengsizligidan tashqari, intensivlikning chastotasiga teng bo'lmagan taqsimlanishi bilan xususiyatlanadi, ularni keltirib chiqaruvchi sabablar farqiga bog'liq. Garchi mikroseysmlar intensivligiga bog'liqligi turli stansiyalarda har xil chastotalarda bo'lsa-da, barcha stansiyalar uchun umumiy xususiyatga ega hisoblanadi, aynan, aniq ravishda yuqori chastotaning mavjudligi taxminan 0,15 Hz, chastotada kamroq ifodalangan qiymat $\sim 0,07$ Hz, minimumi 0,002–0,03 Hz oraliqda va chastotaning kamayishi bilan intensivlik oshadi.

Shovqin spektri siljish, tezlik yoki tezlanish turiga qarab, har xil ko'rinishga ega bo'ladi.

6.10. Mikroseysmalarni qayd qilish usuli

Mikroseysmalarni qayd qilish usuli boshqa instrumental usullar bilan birgalikda jinslarning rezonansli tavsifini baholash uchun qo'llaniladi. Birinchi bosqichda samarali bo'lgan kuzatuv usulini tanlash uchun mahalliy mikroseysm o'chog'ini amplituda-chastotali xarakteristikalarini va ularning spektrli-vaqtli o'zgaruvchanligini o'rganish maqsadida tajribaviy uslubiy ishlar olib boriladi. Buning uchun muhandislik-geologik tuzilishi aniq bo'lgan bir necha punktlarda kun-u tun sinxron kuzatishlar olib boriladi. Tog' jinslari harakatlarining uch komponentlari yozib boriladi – ikkitasi gorizontal va bittasi vertikal.

Noma'lum makroseysmli o'choqlarni chegaralab qo'yish uchun uch komponentli yozuvlarni spektrli-polarizatsion tahlil qilinadi. Mikroseysmik yozuvlardan jinslarning amplituda-chastotali xarakteristikalari va seysmik faolligining oshishi aniqlanadi. Kuchli yer qimirlashlarining jadalligini o'rganishni, ya'ni uning mikrotebranishlarining maksimal amplitudasini u yoki bu vaqtda aniqlash uchun quyidagi formuladan foydalaniladi.

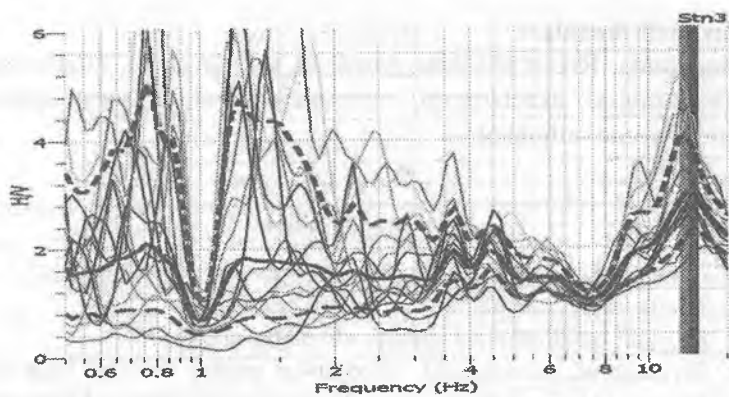
$$\Delta J = 2lg \frac{A_{max_i}}{A_{max_j}} \quad (6.13)$$

A_{max_i} ba A_{max_j} – mikrotebranishlarning o'rganilayotgan va etalon jinsda maksimal amplitudasi.

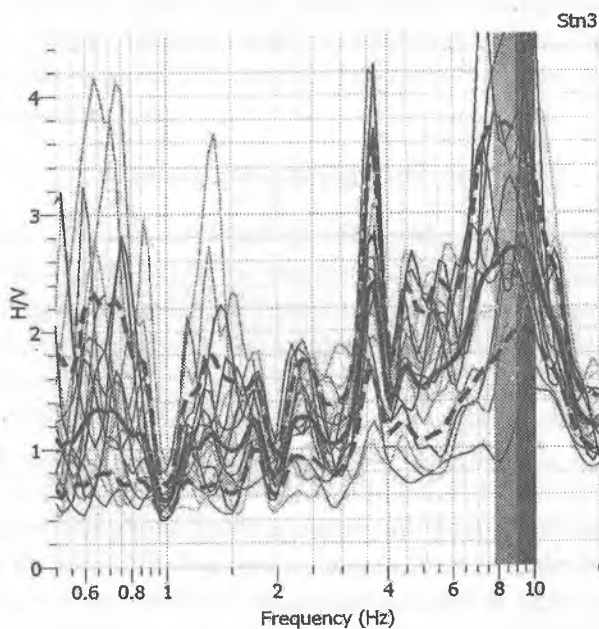
EHM dasturi yordamida mikroseysmik yozuvlarni diskret vaqtli intervallarga ajratib, har bir vaqt spektrini alohida hisoblab chiqiladi. Undan keyin o'rtacha qiymati olinadi va signal spektrining minimum, maksimum, o'rtacha qiymatlari hisoblanadi.

Nakamura usuli (HVSR)

Bu usul relyef to'lqinlarining elliptikligiga asoslangan bo'lib, uch komponentli seysmometr yordamida tabiiy mikroseysmlarni aniqlab jinslarning muhim xarakteristikalarini keltirib chiqaradi. Tebranishlar spektrini hisoblash uchun gorizontal va vertikal komponentlar nisbati olinadi. Grafiklarda qayd qilish punktlarida spektr nisbatlari HV keltirilgan (6.15-rasm, a va b).



6.15-rasm, *a*. №1 nuqta uchun HVSR-spektri.



6.15-rasm, *b*. №2 nuqta uchun HVSR-spektri.

Tayanch iboralar:

Magnituda, Rixter shkalasi, MSK-64, zilzila kuchi, zilzila energiyasi, seysmograf, akselerograf, vibrograf, mayatnik, seysmogramma, akselerogramma, aftershok.

Nazorat savollari:

1. Zilzila jadalligi va magnitudasi deganda nimani tushunasiz?
2. Zilzila energiyasi haqida tushuncha bering.
3. Zilzilani qayd qiluvchi qanday shkalalar mavjud?
4. Seysmograf, akselerograf, vibrograflar qanday vazifani bajaradi?
5. Tebranishlarni qayd qilishning usullari haqida tushuncha bering.
6. Seysmogramma ayni vaqtda o'zida nimani aks ettiradi?
7. Aftershok nima va u seysmogrammada qanday aks etadi?

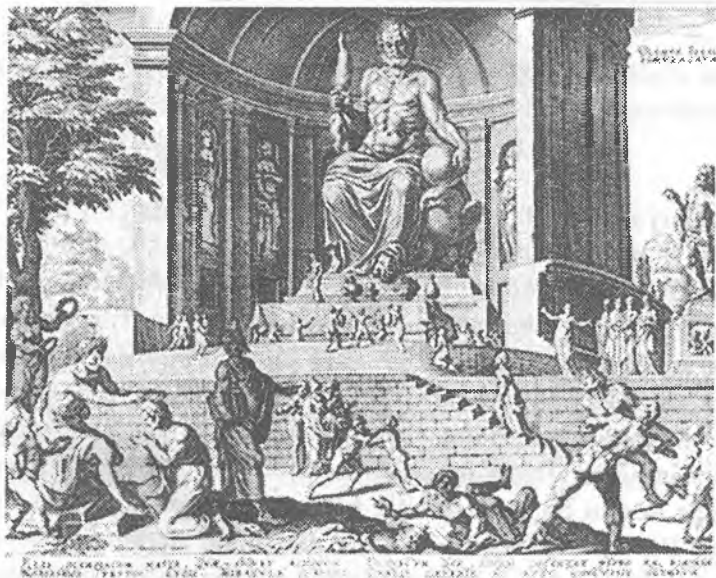
VII BOB. ZILZILALAR KATALOGI

7.1. Qadimgi dunyo va zilzila

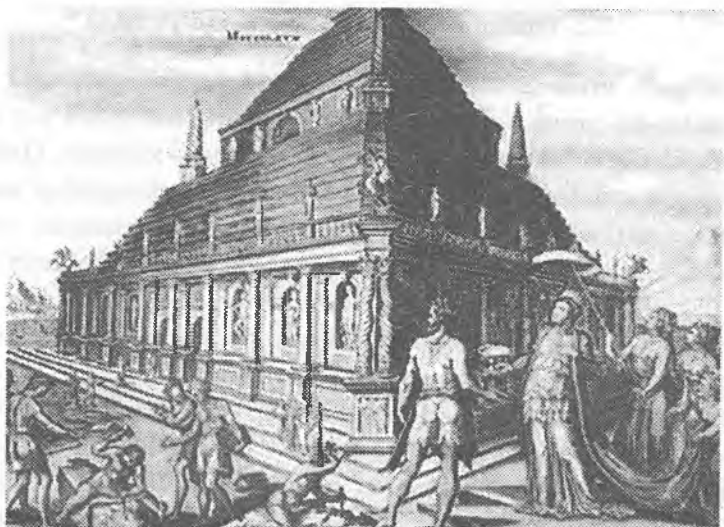
Insoniyat tarixida yuzlarcha falokatli zilzilalar bo'lib o'tgani yozma manbalardan ma'lum. Yunonistondagi Qadimgi Pompey xarobalari shundan dalolat beradi. Olimlar ummon tubidan ko'plab qadimiy shaharlarning xarobalarini topishgan. Hozirgi kunda Issiqko'l qirg'oqlari bo'ylab ham ko'hna davr inshootlari, saroylari va qasrlarning qoldiqlari hamon saqlanib, o'sha qadimiy yer silkinishlaridan guvohlik berib turibdi. Qadimda ham kishilik jamiyati uchun halokatli hodisa sanalgan zilzila insoniyat hayotiga zomin bo'lgan va ular barpo qilgan inshootlarni barbod qilgan. Bu fikrlar isbotini uzoq o'tmishdan qadimgi dunyoning 7 mo'jizasidan 4 tasi zilzila natijasida vayron bo'lganligi misolida ko'rib chiqamiz.

7.2. Qadimgi dunyoning yetti mo'jizasi

Qadimda insonlar zilzilalar qanday sodir bo'layotganini aniq bilmasalar-da, uning xavfli ekanligini va uning natijasida yer silkinishini bilishgan va undan qo'rqishgan, g'arbda, xususan, Qadimgi Yunoniston mifologiyasida yer xudosining jahli chiqqanligi uchun, u yerni qimirlatyapti, deb hisoblashgan bo'lsalar, sharqda zilzilalar ko'p bo'lganligi bois yerni ho'kiz 2 ta shoxida ko'tarib turadi, u charchaganda shoxlarida almashtirib ko'targanda zilzila sodir bo'ladi, deb o'ylashgan. Qadimgi dunyo va kishilik tuzumi shunday bir g'aroyib davr bo'lganki, insoniyat o'z qo'li bilan yaratgan inshoot va go'zalliklar afsonaga aylangan, ular shunday mo'jizalar yaratishdiki, bu mo'jizalarni biz hozirda qadimgi dunyoning yetti mo'jizasi deb ataymiz, ular: Misr ehromlari, Bobil osma bog'lari, Zevs haykali, Artemida ibodatxonasi, Galikarnas daxmasi, Rodosdagi haykal, Iskandariya mayog'i.



7.1-rasm. Olimpdagi Zevs haykali.



7.2-rasm. Galikarnas daxmasi.

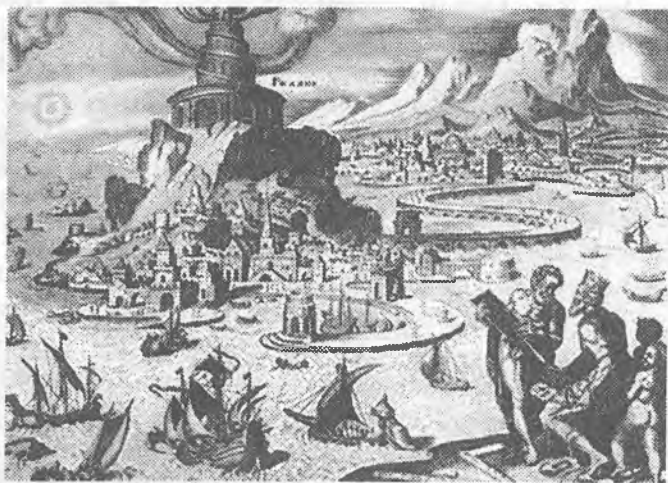
Olimpdagi Zevs haykali – eramizdan avvalgi V asrda yunon haykaltaroshi Fidiy tomonidan yasalgan. Bu haykal Olimpiya oʻyinlari oʻtkaziladigan Olimp togʻidagi Zevs ibodatxonasining markazida boʻlgan. Afsonaviy yunon xudolari qiroli Zevsning oʻtirgan haykali 14 metrni tashkil qilgan boʻlib, Zevs oltin, fil suyagi, qora daraxt va qimmatbaho toshlardan ishlangan taxtda oʻtirgan. Uning boshi qalay va oltindan ishlangan zaytun daraxti novdalaridan yasalgan gulchambar bilan bezatilgan. Zevs haykali – toʻrtinchi «moʻjiza»dir. Afsuski, bu haykal bizgacha yetib kelmagan: eramizning VI asrida yuz bergan kuchli zilzila va keyinchalik Konstantinopolning yoqib yuborilishi oqibatida buzilib ketgan.

Dunyoning beshinchi «moʻjiza»si hisoblanuvchi Galikarnas daxmasi Kichik Osiyoda, eramizdan avvalgi 353-yili vafot etgan Kariya qiroli Mavsolga atab marmardan ishlangan.

Galikarnas daxmasi hozirda Turkiyaning janubi-gʻarbida joylashgan boʻlib, uni qirolicha Artemisiya eri va akasi sharafiga qurdirgan. Kuchli zilzila tufayli daxma buzilib ketgan va keyinchalik undan qurilish materiallari sifatida foydalanilgan. Hozirda daxmadan faqatgina baʼzi parchalar saqlanib qolgan, xolos.



7.3-rasm. Rodosdagi haykal.



7.4-rasm. Iskandariya mayog'i.

Rodosdagi haykal – qadimgi yunonlarning quyosh xudosi Geliosning bronzadan ishlangan ulkan haykali er.av. taxminan 280-yilda qurilgan. Rodos qo'ltig'iga kirishni qo'riqlaydigan bu haykal Kichik Osiyo qirg'oqlaridagi yunon orollaridan birida joylashgan. Afsonaga ko'ra, ushbu haykal 32 metr balandlikni tashkil etgan.

Miloddan avvalgi IV asrda Rodos oroliga Iskandar Zulqarnayn sarkardalaridan biri – Antigonning o'g'li Demetriy hujum qiladi. Biroq erksevar rodosliklarning mardona kurashganligi tufayli bu makkor sarkarda boy va qudratli orolni qo'lga kiritmaydi. Mana shu ajoyib g'alabadan xotira qoldirish uchun mudofaachilar dunyoda eng katta haykal o'rnatmoqchi bo'ladilar.

Rodoslik Koloss (yunonlar baland haykalni shunday atashgan) nomi bilan mashhur bo'lgan bu haykal dunyoning oltinchi mo'jizasi hisoblanadi. Maydonda balandligi 37 metrli bronzadan yasalgan o'spirinning qiyofasi qad ko'targan. Uning baquvvat oyoqlari sal kerilgan, o'ng qo'lining kafti esa ko'zlari ro'parasiga qadar oldinga ko'tarilgan. Qaddini bir ozgina orqaga tashlab, nigohini uzoq-uzoqlarga qaratgan (7.3-rasm). Boshi atrofga nur sochib turgan gulchambar bilan bezatilgan. Er.av. 224-yildagi zilzila haykalni yakson qilgan.

Iskandariya mayog'i – Misrning Iskandariya shahri yaqinida joylashgan qadimiy mayoq. Ushbu mayoq Ptolemey II davrida, er.av. taxminan 280-yilda qurilgan bo'lib, balandligi 120 metrni (40 qavatli bino balandligi bilan teng) tashkil etgan. Uning eng baland qismiga olov yoqib qo'yilardi, bu esa dengizchilarning manzilni tez topib olishlari uchun qulay bo'lardi. 955-yilda ro'y bergan bo'ron va zilzila natijasida mayoq ancha zarar topdi, XIV asrgacha esa zilzila oqibatida umuman buzilib ketgan.

Miloddan avvalgi 227-yilda zilzila natijasida vayron bo'lgan yettinchi «mo'jiza» Misrda Nil daryosining dengizga quyilish joyida, Faros orolida bo'lgan. Uni Iskandariya mayog'i deb atashgan. Iskandar Zulqarnayn Misrni zabt etgandan keyin o'ziga yangi poytaxt – Iskandariya shahrini quradi. Shahar dengiz sohilida bunyod etilganligi uchun savdo-sotiq rivojlanib, tez orada yuksak madaniyatli, fan taraqqiy etgan shaharga aylanadi. Hashamatli saroylar, qasrlar, go'zal binolar quriladi. Shaharga kemalar qatnovini yaxshilash uchun miloddan avvalgi 280-yilda Faros orolining sharq tomonida – Iskandariya shahri yonida mayoq qurishga qaror qilindi. Uning loyihasini o'z zamonasining mashhur va iste'dodli me'mori knidlik Sostrat yaratgan. Mayoq minora shaklida qurilgan. U uch qavatli bo'lib, mayoq poydevori kvadrat shaklida, har bir tomoni 30,5 metrga teng edi. Uni dastlab xarsang plitalar bilan ishlab, ikkinchi qavatini sakkiz qirrali toshlardan qurishgan va ajoyib mannar plitalar bilan pardoz berishgan. Minoraning qirralari sakkiz tomondan esadigan asosiy shamol yo'nalishlariga mo'ljallab qurilgan. Uchinchi qavati esa yumaloq qubbali minora shaklida bo'lib, uning ustiga dengiz xudosi Poseydonning bronzadan ishlangan ulkan haykali o'rnatilgan edi. Uchinchi qavatning qubbalarini granit ustunlar tutib turar edi. Xuddi mana shu yerda gulxan yoqilardi. Gulxan alangasi uzoq masofadan ko'rinib turishi uchun maxsus ko'zgular o'rnatilgan edi. Yoqilg'ini eng yuqori qavatgacha eshaklarga ortib olib chiqishgan. Aylanma zinalar shunday qurilgan ediki, ustiga yoqilg'i ortilgan eshaklar bu zinalardan bimalol yuqoriga chiqqa olgan. Mayoqdagi xonalarda butun boshli bir garnizon askarni joylashtirsa bo'lardi. Mayoq kemalarga yo'l ko'rsatibgina qolmay, o'ziga xos kuzatuv punkti ham bo'lgan. Arab tarixchilarining yozishlariga qaraganda, mayoqning ikkinchi qavatini, ya'ni sakkiz

qirrali m'inorani juda ko'p bronza haykalchalar bezab turgan. Haykalchalardan biri Quyosh qaysi tomonga o'tsa, o'sha tomonga qarab olarkan. Boshqa bir haykalcha kecha-yu kunduzi har soatda bir marta bong urgan. Yana bir haykalcha dushman kemasi yaqinlashayotganda harakatga kelib, dengizga ishora qilgan va ovoz chiqarib xabar bergan. Albatta, bu hikoyalar mubolag'adan xoli emas, lekin shu narsa aniqki, Farosdagi mayoq dunyoda tengi yo'q, yagona inshoot bo'lgan. Zamonlar o'tishi bilan nam havo va to'xtovsiz shamollar mayoqqa o'z ta'sirini o'tkazdi. XIV asrdagi zilzila natijasida mayoq batamom vayron bo'lgan. Bizgacha mayoqning poydevorigina yetib kelgan. Insoniyat tomonidan bunyod qilingan dunyoning yetti mo'jizasidan bizgacha birgina Misrdagi piramidalar yetib kelgan, xolos. Bobil osma bog'lari dengiz bostirishi sababli yakson bo'lgan bo'lsa, Artemida ibodatxonasi yoqib yuborilgan, qolgan yuqorida keltirilgan 4 ta mo'jiza (Zevs haykali, Galikarnas daxmasi, Rodosdagi haykal, Iskandariya mayog'i) zilzila natijasida vayron bo'lgan.

7.3. Zilzilalar talafoti sana va raqamlarda

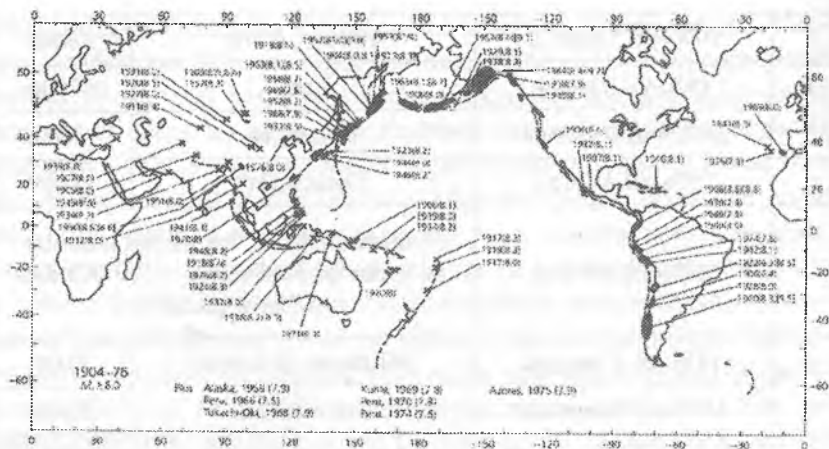
Har yili yerda seysmograflar yuz mingdan ortiq zilzilalarni qayd qiladilar. Insonga shulardan o'n mingga yaqini (2–3 balldan kuchli zilzilalar) seziladi. 2015-yil 10-may sanasidan 2015-yil 10-avgustiga qadar, ya'ni 90 kun ichida Yer sharida 5 dan 7,4 ballgacha oraliqdagi ballar kuchi bilan 94 ta zilzila qayd qilingan. Shulardan bir necha o'ntasi esa halokatli natijalarga olib keldi. Quyida 7.1-jadvalda yaqin 60 yil ichida sayyoramizda sodir bo'lgan eng talafotli zilzilalar haqidagi ma'lumotlar keltirilgan.

7.1-jadval

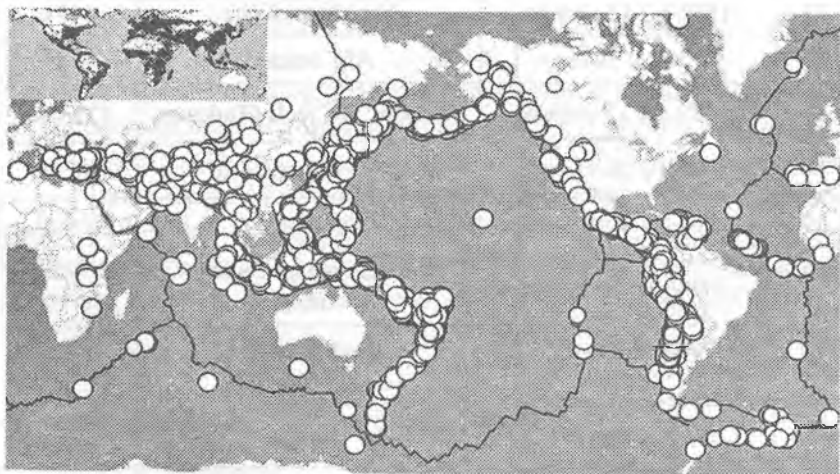
Eng vayron qiluvchi zilzilalar ro'yxati

№	Sodir bo'lgan sanasi	Hudud, mamlakat, shahar nomi	Qurbonlar soni
1.	1960-yil 29-fevral	Agadir (Marokash)	12000
2.	1960-yil 22-may	Chili	5000

3.	1970-yil 5-yanvar	Yunnan, Xitoy	16000
4.	1970-yil 31-may	Peru	67000
5.	1972-yil 22-dekabr	Nikaragua	6000
6.	1976-yil 4-fevral	Gvatemala ¹	23000
7.	1976-yil 28-iyul	Tyanshan (XXR), har xil ma'lumotlar bo'yicha qurbonlar soni – 300 000 dan 655000 gacha ² .	
8.	1976-yil 17-avgust	Mindanao (Filippin)	8000
9.	1978-yil 16-sentabr	Tebes (Eron)	25000
10.	1985-yil 19–20-sentabr	Mexiko (Meksika)	25000
11.	1988-yil 7-dekabr	Spitak (Armaniston)	25000
12.	1990-yil 21-iyun	Eron	50000
13.	1995-yil 17-yanvar	Yaponiya, Kobe	6434
14.	1998-yil 30-may	Afg'oniston	5000
15.	1999-yil 17-avgust	Istanbul, Xo'jaeli (Turkiya)	171 000
16.	2001-yil 26-yanvar	Bhuj (Hindiston)	20000
17.	2003-yil 26-dekabr	Bam (Eron)	30000
18.	2004-yil 26-dekabr	Indoneziyadagi Sumatra oroli	230000
19.	2006-yil 27-may	Indoneziya	5100
20.	2008-yil 12-may	Sichuan (XXR)	70000
21.	2010-yil 12-yanvar	Gaiti	230000
22.	2011-yil 11-mart	Yaponiya ³	20000



7.5-rasm. XX asrda sodir bo'lgan kuchli zilzilalar joylari.



7.6-rasm. Yer sharida magnitudasi 7 va undan yuqori bo'lgan, 1900–2015-yillarda sodir bo'lgan kuchli zilzilalar o'chog'i (tepadagi qirgimda sayyoramizdagi aholining joylashuv zichligi – to'q rangda).

Magnitudasi 8,5 dan yuqori bo'lgan eng kuchli zilzilalar

Sana	Joyi	Magni- tuda
1700-yil 26-yanvar	Kaskadli tog'i, AQSH va Kanada	8,7–9,2
1730-yil 8-iyul	Valparaiso, Chili	8,7–9,0
1755-yil 1-noyabr	Lissabon, Portugaliya qirolligi	8,7
1833-yil 25-noyabr	Sumatra, Indoneziya	8,8–9,2
1906-yil 31-yanvar	Kolumbiya – Ekvador	8,8
1911-yil 4-yanvar	Verniy, Rossiya, hozirgi Qozog'iston	9,0
1952-yil 4-noyabr	Kamchatka va Kuril, Rossiya	9,0
1960-yil 22-may	Valdiviya, Chili	9,5
1964-yil 27-mart	Alyaska, AQSH	9,2
1965-yil 4-fevral	Kris oroli, Alyaska, AQSH	8,7
1988-yil 7-dekabr	Spitak (Armaniston)	9-10
2004-yil 26-dekabr	Hind okeani, Sumatra, Indoneziya	9,3
2005-yil 28-mart	Sumatra, Indoneziya	8,6–8,7
2010-yil 27-fevral	Maule, Chili	8,8
2011-yil 11-mart	Senday, Yaponiya	9,0

AQSH geologiya xizmati ma'lumotlari bo'yicha eng ko'p inson qurbon bo'lgan zilzilalar katalogi (100 000 dan ortiq inson halok bo'lgan zilzilalar keltirilgan)

№	Sana	Joyi	Qurbon-lar soni	Mag-nitu-da	Izoh
1.	1556-yil 23-yanvar	Shensi, Xitoy	830 000	8,0	
2.	1976-yil 28-iyul	Tanshan, Xitoy	242 419	8,2	Norasmiy ma'lumotlar bo'yicha 655 000 dan ortiq inson halok bo'lgan
3.	525-yil 21-may	Antioxiya, Vizantiya imperiyasi (hozirgi Turkiyada)	250 000	8,0	Ma'lumotlar: Prokopiya Kesariy va Ioann Efesskiy
4.	1920-yil 16-dekabr	Ninsya-Gansu, Xitoy	240 000	7,8 yoki 8,5	Ko'p sonli yer yoriqlari va ko'chkilalar bo'lgan
5.	2004-yil 26-dekabr	Indoneziya, Sumarta oroli	230 210	9,2	Asosiy talafot sunami natijasida bo'lgan
6.	1138-yil 11-oktabr	Aleppo, Suriya	230 000	8,5	Qurbonlar haqidagi ilk ma'lumot XV asrda qayd qilingan
7.	2010-yil 12-yanvar	Port-o-Prens, Gaiti	212 000	7	193 891 inson jarohat olgan
8.	856-yil 22-dekabr	Damgan, Eron	200 000		
9.	893-yil 23-mart	Ardebil, Eron	150 000		

10.	1923-yil 1-sentabr	Kanto region, Yaponiya	143 000	7,9	Tokioda ulkan yong'in
11.	1908-yil 28-dekabr	Messina, Italiya	123 000	7,1	Messinada 93% imorat buzilgan.
12.	1948-yil 6-oktabr	Ashxobod, Turk- maniston	110 000	7,3	
13.	1703-yil 31-dekabr	Edo, Yaponiya	108 800	—	Asosiy talafot sunami natijasida bo'lgan

1755-yil 1-noyabrda Portugaliyaning poytaxti Lissabonda juda kuchli zilzila ro'y bergan. Paleoseysmodislokatsiyalar va tarixiy manbalardan foydalanib hozirgi zamon seysmologlari bu zilzila magnitudasi taxminan 8,6 ga teng bo'lganligi haqida xulosa chiqarishgan. Ertalab soat 9 da yerostidan gumburlagan ovoz kelgan va u olti daqiqa davom etgan. Bu uchta eng asosiy zilzilalarning birinchisi edi. Tirik qolgan odamlar vayron bo'layotgan shaharni tark etishga harakat qilishgan. Birinchi yer silkinishidan bir soatcha vaqt o'tgach dengiz ortga chekinib, balandligi 5–7 metr bo'lgan sunami to'lqinlari hosil bo'lgan va qirg'oqqa urilgan. To'lqin toshlardan qurilgan qirg'oqbo'yi inshootlarini va shaharning bir qismini, aholisi bilan birga umuman yuvib ketgan. Bu zilzilada 50 000 kishi qurbon bo'lgan.

Turkiyada ilk zilzilalar haqida tarixiy yozma ma'lumotlar er. avv. 411-yildan boshlangan. Eramizning 342-yilgacha 14 ta kuchli zilzila bo'lgan va buning oqibatida ko'plab insonlar qurbon bo'lgan.

Turkiyada 1903–1999-yillar oralig'ida 58 ta kuchli zilzila qayd qilingan va ushbu zilzilalar oqibatida 100 mingdan ortiq inson qurbon bo'lgan, 150 mingdan ortiq inson jarohat olgan, 420 mingta uylar vayron bo'lgan. Turkiya hududida va uning tarixida 100 dan ortiq 7 va undan yuqori ballni tashkil qiluvchi kuchli zilzilalar qayd qilingan. Quyidagi 7.4-jadvalda Turkiya hududida magnitudasi 6,5 dan yuqori bo'lgan, 1903-yildan 2015-yilgacha sodir bo'lgan zilzilalar haqida ma'lumot keltirilgan.

№	Sana, sodir bo'lgan shahar yoki joy nomi	Rixter shkalasi bo'yicha magnituda	Qurbon bo'lganlar soni	Vayron bo'lgan imoratlar soni
1.	1903-yil 28-aprel, Malazgirt	7	3500	12000
2.	1912-yil 9-avgust, Myurefte	7,4	2800	25000
3.	1914-yil 3-oktabr, Bodrum	7	4000	17000
4.	1939-yil 26-dekabr, Erinjan	7,8	32700	
5.	1942-yil 20-dekabr, Erbaa	7,3	1100	5000
6.	1943-yil 26-noyabr, Ladik	7,6	4000	75%
7.	1944-yil 1-fevral, Gerede	7,4	2790	50000
8.	1953-yil 18-mart, Yenitse-Gonen	7,3	1070	1000
9.	1966-yil 19-avgust, Varto	6,8	2529	
10.	1970-yil 28-mart, Gediz	6,9	1086	12000
11.	1971-yil 22-may, Bingel	6,9	1000	90%
12.	1975-yil 6-sentabr, Diyorbakir	6,7	2300	
13.	1976-yil 24-noyabr, Turkiya va Eron chegarasida	7,3	5000>	
14.	1983-yil 30-oktabr, Erzurum-Kars	7,6	1342	
15.	1999-yil 17-avgust, Istanbul, Xo'jaeli, Sakariya.	7,6	17118	
16.	2011-yil 23-oktabr, Van (7.7-rasm)	7,2	260	



7.7-rasm. 2011-yil 23-oktabrdagi zilziladan keyin Turkiyaning sharqida Van shahri yaqinidagi Erkis shahri.



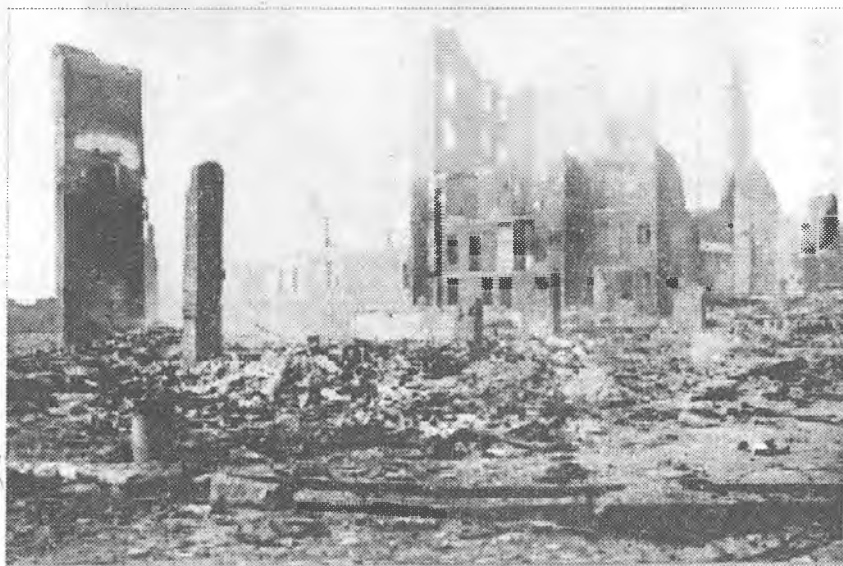
7.8-rasm. San-Andreas yer yorig'ining aerosurati.

7.4-jadvalda keltirilgan zilzilalardan tashqari, Turkiya hududida 2014-yil 6-dekabrda Egey dengizi Lesbos va Xios orollari oralig'ida, 2015-yil 8-yanvarda Turkiyaning janubi-sharqida Gaziantep shahridan 48 km uzoqlikda Rixter shkalasi bo'yicha 4,6 magnitudali, 2015-yil 10-yanvar kuni Turkiyaning g'arbida Izmir shahridan 24 km uzoqlikda 4,3 magnitudali zilzilalar sodir bo'lgan.

1906-yil 19-aprelda Kaliforniyada magnitudasi 8,3 bo'lgan kuchli zilzila oqibatida, yer yuzida kengligi 6 metr, uzunligi esa 450 km

bo'lgan yeri yong'it hosil bo'lgan (San-Andreas yer yong'it, 7.8-rasm). Zilzila uchta asosiy silkinishdan iborat bo'lib, bir daqiqadan uzoq davom etgan¹. Gaz uzatgich quvurlar yorilib, yong'in chiqqan va San-Fransisko shahrining ko'p qismi vayron bo'lgan (7.9-rasm). Ko'plab insonlar qurbon bo'lgan².

1960-yil 22-mayda Chilida juda kuchli zilzila ro'y berib, u Konsepsyon shahrini vayron qilgan, ko'plab sanoat markazlari – Puerto-Mont, Valdiviya va Osorno shaharlarida millionlab chililiklar boshpanasiz qolganlar³. Zilzila oqibatidagi sunami Yaponiyagacha yetib borib, u yerda 120 kishi halok bo'lgan.



7.9-rasm. 1906-yil San-Fransisko zilzilasiining vayronalari.

¹ 1906 San Francisco earthquake centennial field guides. Field trips associated with 100th Anniversary Conference, 18–23 April 2006, San Francisco, California. 2006. – P.1–3.

² Earthquake Science and Seismic Risk Reduction. Francesco Mulargia and Robert J. Geller. Netherlands. 2003. – P.205.

³ Forces of nature Earthquakes. S.L. Hamilton. USA, North Mankato. 2012. – P.27.

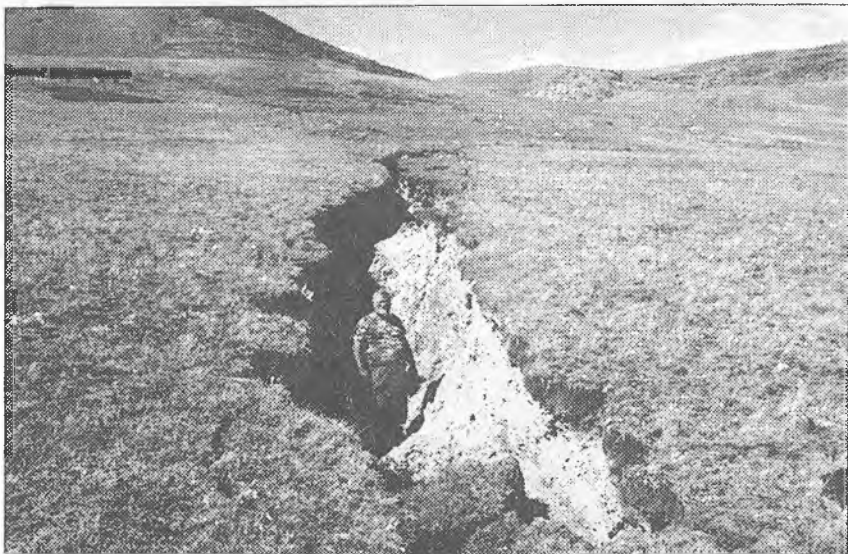
1972-yilda *Eron*da magnitudasi 7,1 bo'lgan zilzila sodir bo'lgan. Bunda Kir shahri butunlay vayronaga aylanib, 5400 kishi halok bo'lgan. Eron o'ta seysmik faol mintaqada joylashganligi sababli, u yerda tez-tez zilzilalar ro'y berib turadi. 1978-yilda Tebes shahri yaqinida magnitudasi 7,7 bo'lgan zilzila 15000 kishining umriga zavol bo'lgan. 2003-yil 26-dekabrda magnitudasi 6,6 bo'lgan zilzila natijasida 16200 kishi halok bo'lgan. Bam shahrining 85 % inshootlari vayronaga aylangan, zilzila jadalligi Rixter shkalasi bo'yicha magnitudasi 9 ga teng bo'lib, Bam yaqinidagi Baravat shahrida 8 ga teng bo'lgan. Zilzila o'chog'i 10 km chuqurlikda bo'lgan.

1976-yil 28-iyul soat 3:40 da Xitoyning Tanshan shahri yaqinida XX asrning eng kuchli zilzilasi sodir bo'lgan. Zilzila magnitudasi 8,2 ni tashkil etib, juda halokatli oqibatlarni keltirib chiqargan. Uy-joylar va sanoat inshootlari bir zumda vayronaga aylangan, ko'priklar qulab, temiryo'l relslari qiyshayib ketgan, avtostradalar buzilgan, turli mahsulotlar, jumladan suv uzatuvchi quvurlar yorilgan. Bir yarim million kishi yashaydigan shaharning deyarli yarim aholisi nobud bo'lgan.



7.10-rasm. Yaponiyaning Kobe zilzilasidan qulagan yo'l o'tkazgich.

1995-yil 17-yanvarda Yaponiyaning Kobe shahrida soat 05:46 da magnitudasi 6,9 ga teng bo'lgan kuchli zilzila sodir bo'ldi. Giposentr markazi 16 km chuqurlikda bo'lgan. 6434 kishi qurbon bo'lgan, 300 ming kishi boshpanasiz qolgan. 200 mingga yaqin imoratlar vayron bo'lgan. Zilzila 102,5 mlrd. dollar miqdoridagi iqtisodiy zarar keltirgan. Shahar markazidagi Xansen tez yurar shossesi ko'prigining (yo'l o'tkazgich) 1 km lik qismi yaxlit holda qulagan.



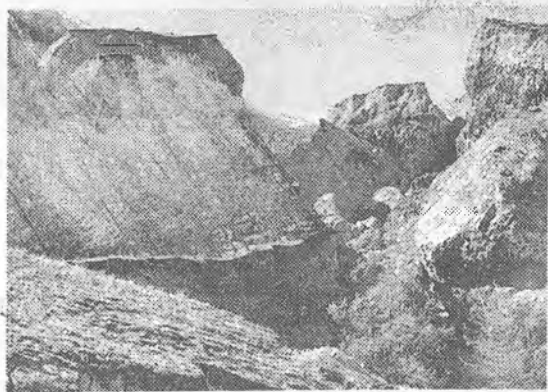
7.11-rasm. Oltoy. Zilzila vaqtida tog' yonbag'ir relyefida hosil bo'lgan yoriq.

2003-yil 27-sentabrda Rossiyaning Mo'g'uliston bilan chegarasi yaqinida (Oltoyda) 7,3 magnitudali zilzila sodir bo'lib, u Novosibirsk, Abakan, Kemerovo va boshqa shaharlarda sezilgan. Zilzila o'chog'i 16 km chuqurlikda bo'lgan. Zilzila oqibatida ko'plab insonlar qurbon bo'lgan. Relyef ustida yer yoriqlari hosil bo'lgan. 7.11-rasmda tasvirlangan, kengligi 1,5–2 m ni tashkil qiluvchi yer yorig'i yer po'stining harakati natijasida hosil bo'lgan. 2004-yil 17-sentabrda Janubi-Sharqiy Oltoyda Taldura daryosining vodiysi (Chagan daryosining quyilish joyi), 4 km janubi-g'arbda, Janubiy Chuy tog'i shimoliy makroqiyaligi

relyefida eni 1–2 m ga teng bo‘lgan bir nechta parallel yer yoriqlari hosil bo‘lgan (7.12-rasm). Oltoy tog‘larida hosil bo‘lgan ushbu zilzila natijasida nafaqat yer yoriqlari hosil bo‘lgan, balki tog‘ yonbag‘irlarida katta hajmdagi relyef usti buzilishlari sodir bo‘lgan, blok shaklidagi relyef xarsanglari bilan birga ignabargli daraxtlar ham tepaga-pastga harakat qilgan (7.13-rasm).



7.12-rasm. Oltoydagi zilziladan hosil bo‘lgan relyefdagi yoriqlar.



7.13-rasm. Oltoydagi zilziladan hosil bo‘lgan relyef usti o‘zgarishlari.

Xitoyning Sichuan provinsiyasida 2013-yil 22-aprelda magnitudasi 7 ga teng bo'lgan kuchli zilzila sodir bo'ldi. Qurbonlar soni 200 kishi, jarohat olganlar soni 12 ming kishini tashkil qilgan. Sin-chu provinsiyasining 115 uezdida milliondan ortiq aholi zilziladan aziyat chekkan. Zilzila o'chog'i 13 km chuqurlikda joylashgan. Zilzila oqibatida Lushan provinsiyasida 2013-yil 21-aprel kuni kuchli ko'chki sodir bo'lgan. Zilzila natijasida yo'llarda ko'plab yoriqlar paydo bo'lgan (7.14-rasm).



7.14-rasm. Sichuan provinsiyasi. Zilzila natijasida sodir bo'lgan yo'ldagi yoriqlar (2013-yil 21-aprel).

2013-yil 1-iyunda Filippinning Karmen shahridan 5 km uzoqlikda 5,6 magnitudali zilzila sodir bo'ldi. Zilzila o'chog'i 16 km chuqurlikda joylashgan, ushbu zilzila natijasida bir qancha turarjoy uylari va yo'llar vayron bo'ldi (7.15-rasm).



7.15-rasm. Karmen shahri yaqinida zilzila natijasida yorilib ketgan avtomobil yo'li.

7.4. Sunamilar katalogi

7.5-jadvalda so'nggi 50 yil ichida kuchli zilzilalar natijasida sodir bo'lgan eng kuchli sunamilar (AQSHning okean va atmosferaviy tadqiqotlar milliy boshqarmasining manbalari bo'yicha) ro'yxati keltirilgan.

7.5-jadval

№	Sodir bo'lgan yili va joyi	Magnituda	Qurbonlar soni	To'lqin balandligi (m)
1.	22.05.1960-y., Chili	9,5	1263	25
2.	23.02.1969-y., Indoneziya, Makassar botiqligi	6,9	600	4
3.	16.08.1976-y., Filippin	8,1	4456	8,5
4.	12.12.1979-y., Kolumbiya	7,7	600	6

5.	12.12.1992-y., Indoneziya, Flores dengizi	7,8	2500	26,2
6.	17.07.1998-y., Papua-Yangi Gvineya	7	2183	15
7.	26.12.2004-y., Indoneziya, Sumatra oroli	9	227898	50,9
8.	17.07.2006-y., Indoneziya, Yava oroli	7,7	664	10
9.	27.02.2010-y., Chili	8	528	11,2



7.16-rasm. Yaponiya, Miyako shahrida 2011-yil
11-martdagi sunamining to'liq zarbi.

7.5. O'zbekiston hududida sodir bo'lgan kuchli zilzilalar

Tarixiy ma'lumotlarga ko'ra, o'tmishda yurtimiz hududining ko'pchilik shaharlarida talafotli zilzilalar bo'lib o'tgan: Farg'onada 838, 1822, 1829-yillarda, Buxoroda 818, 942-yillarda, Urganchda 818, 1208–1209-yillarda, Samarqandda 1490, 1602, 1797–1798-yillarda,

Namanganda 1494-yilda, Axsikentda 1620-yilda. Mutaxassislarning ma'lumotiga ko'ra birgina Toshkentning o'zida 5 marta kuchli zilzila (1868, 1886, 1924, 1966 va 1980-yillar) bo'lganligi qayd qilingan. Bu zilzilalar xalq xo'jaligiga juda katta miqdorda moddiy zarar yetkazish bilan birga, ko'plab odamlarning o'limiga sabab bo'lgan. Afsuski, bu ma'lumotlar unchalik to'la emas, ko'pgina tarixiy ma'lumotlar bizgacha yetib kelmagan.

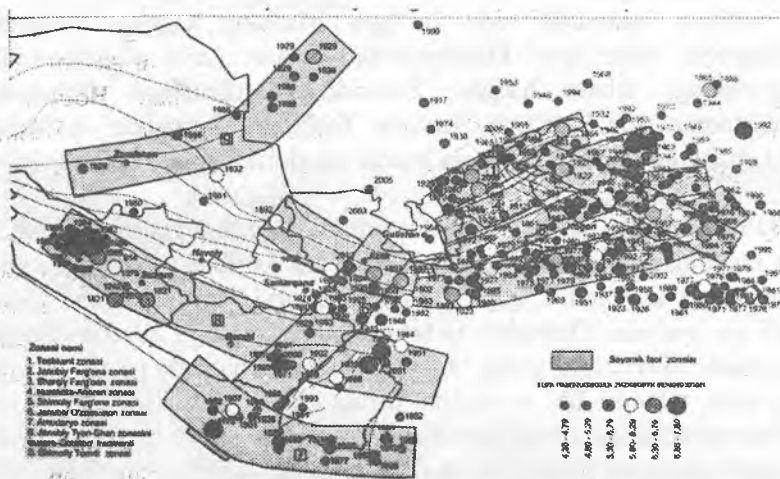
Yurtimiz hududida sodir bo'lgan zilzilalar haqidagi dastlabki ma'lumotlar Abu Sayd Gardiziyning «Kitobi Zayn al-Ahbor»idan Farg'onadagi zilzila haqida, Zahiriddin Muhammad Boburning «Boburnoma»sida Farg'ona, Andijon, Toshkent, Zarafshon va Samarqand shaharlarida sodir bo'lgan kuchli zilzilalar haqida yozib qoldirilgan.

O'rta Osiyoda zilzilalar haqida qadimgi tarixshunoslarning, hind va arab sayyohlarining qo'lyozmalarida, Abu Ali ibn Sino va boshqa o'zbek olimlarining kitoblari qayd qilingan. Zahiriddin Muhammad Bobur (XVI asr boshida) Qandahor (Afg'oniston) shahridagi zilzilani bunday tasvirlaydi: «Bu damda andog' zilzila bo'ldiki... Shaharda va qishloqlarda ko'p uylar tekis bo'lib, uy va tom ostida qolib o'lgani ko'p bo'lib edi, ba'zi tarafi belcha past yorilgan. Yerga ba'zi yerda kishi sig'ar edi. Zilzila bo'lgan zamon tog'larning «boshidan» to'fon ko'tarildi». Shu bilan birga Zahiriddin Muhammad Bobur bir kunda 33 marta zilzila bo'lganini va u bir yilcha takrorlanib turganini ko'rsatib o'tgan.

XIX asrning ikkinchi yarmida Toshkentda yashagan bir yozuvchi o'zining tojik-fors tilida yozilgan «Tarixi jadidayi Toshkent» («Toshkentning yangi tarixi») asarida quyidagi satrlarni yozadi: «Toshkent shahrida kuchli zilzila voqea bo'ldi, mozorlarning 11 gumbazi, Hazrat Ahror Valiy masjidi Jomiyning (Chorsudagi) gumbazi kunfayakun bo'ldi, ko'p kishilar g'aflatda yotgan edi, aholi imoratlar tagida qoldi. Baraqxon madrasasi gumbazi tagida 4 tolibi ilm mullabachcha halokatga yetdi. Kuchli silkinish 4 daqiqa davom etdi. Zilzila tinchigandan keyin ham kechalari bedor bo'lgan kishilarga qariyb bir oy davomida yer harakati ma'lum bo'lib turdi».

XX asr boshida «Andijon fojiasi» deb tarixga muhrlangan Andijon zilzilasi (1902-yil 16-dekabr) 50 ming aholi yashaydigan shaharni bir necha soniyada vayronaga aylantirgan.

O'zbekistonda kuchli va talafotli zilzilalar 1902-yilda (8–9 balli) Andijonda bo'lgan. 1946-yilda Namanganda (Chotqol tog'larida), Toshkentda 1868 va 1886-yillar (8 ball), 1966 (7–8 ball) (1000 martagacha), Gazlida (1976 va 1984) 8, 9, 10 ball, Tojikistonda 1907, Hisorda 9–10 ball, 15 ga yaqin qishloqlar yakson bo'lgan, 1000 ga yaqin odam halok bo'lgan. O'zbekistonda XX asrda sodir bo'lgan zilzilalar haqidagi ma'lumotlar to'la saqlangan va u quyidagi 7.6-jadvalda keltirilgan.



7.17-rasm. O'zbekiston hududlarida 1821-yildan beri yuz bergan kuchli ($M \geq 5$) zilzilalar episentrlari xaritasi¹.

7.6- jadval

O'zbekistonda 1900–2013-yillardagi kuchli zilzilalar ro'yxati

T.r.	Sana	Magnitudasi	Ball	Joy
1.	16.12.1902	6,4	9	Andijon
2.	28.03.1903	6,1	8	Oyim
3.	21.10.1907	7,4	9	Qoratog'

¹ Взаимосвязь между периодами сейсмической активизации в различных сейсмоактивных зонах / Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л., Мирзаев М.А. // Геология и минеральные ресурсы. – 2015. – № 1. – С. 56–64.

4.	12.07.1924	6,5	8-9	Qurshob
5.	12.08.1927	6,0	8	Namangan
6.	02.10.1932	6,2	7	Tomdibuloq
7.	05.07.1935	6,2	8	Boysun
8.	18.12.1937	6,5	7-8	Piskom
9.	18.01.1942	5,9	7	Yortepa
10.	02.11.1946	7,5	9-10	Chotqol
11.	02.06.1947	5,9	8	Nayman
12.	19.07.1955	5,2	7	Baxmal
13.	24.10.1959	5,7	7-8	Burchmulla
14.	03.08.1962	5,4	7-8	Markay
15.	17.03.1965	5,5	7	Qo'shtepa
16.	26.04.1966	5,3	7-8	Toshkent
17.	13.03.1968	5,1	7	Qizilqum
18.	08.04.1976	7,0	9	Gazli
19.	17.05.1976	7,3	9-10	Gazli
20.	06.12.1977	5,3	7	Tovoqsoy
21.	10.12.1980	5,5	8	Nazarbek
22.	06.05.1982	5,8	8	Chimyon
23.	17.02.1984	5,6	7-8	Pop
24.	20.03.1984	7,3	9-10	Gazli
25.	15.05.1992	5,5	8	Izboskan
26.	31.10.1998	5,2	7-8	Qamashi
27.	25.05.2013	5,6	7	Tuyabo'g'iz
28.	26.05.2013	6,2	7-8	Marjonbuloq

7.6. Toshkent zilzilasi

1966-yildagi Toshkent zilzilasining sabablari chuqur o'rganilgan va alohida kitob qilib chop etilgan.

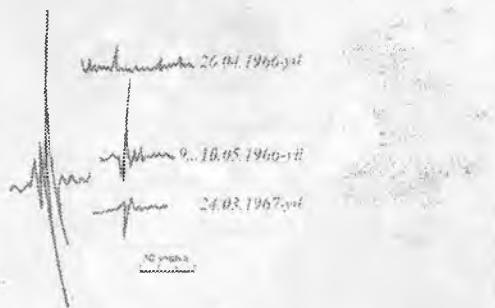
1966-yil 26-aprel ertalab mahalliy vaqt bilan soat 5 dan 23 daqiqa (Grinвич bo'yicha 25-aprel soat 23 dan 23 daqiqa) o'tganda Toshkentda kuchli zilzila tinch uyqudagi aholini uyg'otib yuborgan. Zilzila to'liqlari birinchi zarbasining kuchi episentrda 7,5–8 ball (5,3 magnitudadan ortiqroq) bo'lgan. Kuchli tuproq qimirlashi 2–3 Hz bilan 10–12 soniya davom etgan. Uning episentri shaharning markazida, giposentri esa 9–10 km chuqurlikda joylashgan. Bu zilzila natijasida 7 ballga mo'ljallangan imoratlarda darz ketish va hatto qulash hodisalari ro'y bergan (7.18-rasm). Birinchi zilzila zarbasidan keyin 4 oy davomida Toshkent seysmik stansiyasi 800 martadan ortiq silkinish bo'lganligini qayd etgan. Bundan 5 tasi: 10.05; 24.05; 5.06; 29.06 va 4.07 da bo'lib, 7 balldan kam bo'lmagan, ularning magnitudasi 3,5–4,5 ga teng bo'lgan.



7.18-rasm. Zilzila natijasida vayron bo'lgan aholi uylari.

Zilzila natijasida Toshkentning markaziy qismi, 2 mln. m² dan ko'proq aholi yashash maydoni, 236 ta ma'muriy bino, 700 ga yaqin umumiy ovqatlanish va savdo-sotiq uylari, 26 ta kommunal tashkilotlar, 181 ta ta'lim muassasasi, 36 ta madaniyat tashkiloti, 185 tibbiyot va 245 ta sanoat inshootlari vayron bo'lgan.

Zilzila tufayli 8 kishi qurbon bo'lgan va 100 dan ortiq insonlar jaro-hat olgan. 78 ming oila yoki 300 ming aholi boshpanasiz qolgan. Zilzila o'chog'i shaharning ostida bo'lganligi va episentrdan vertikal tebranish-lar sodir bo'lganligi uchun imoratlar kuchli shikastlangan, lekin ular qulab tushmagan. Shuning uchun qurbonlar soni kam bo'lgan.

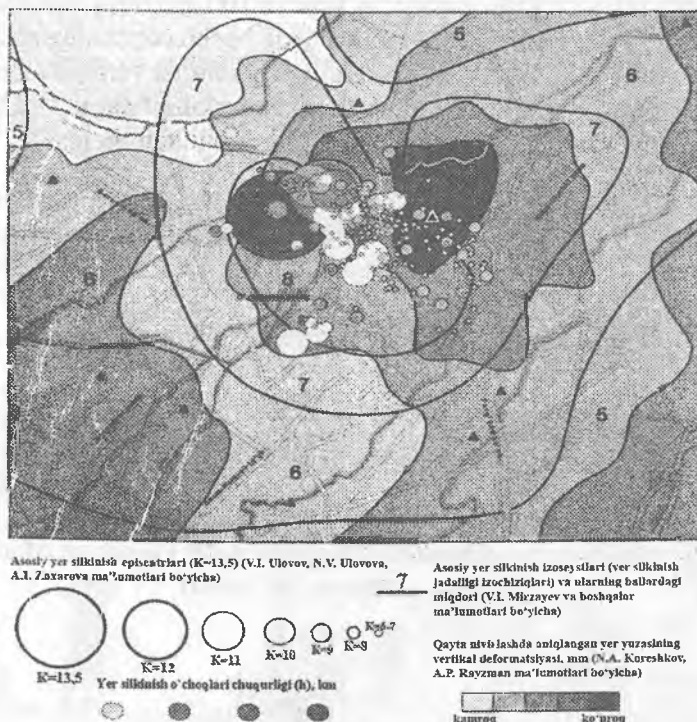


7.19-rasm. Toshkent 1966-yil zilzilasi va undan keyingi qayta silki-nishlar vaqtida yozib olingan seysmogrammalar (Toshkent Markaziy seysmik stansiyasi bo'yicha).



7.20-rasm. 1966-yildagi Toshkent zilzilasidan keyin o'rnatilgan Mardlik monumenti.

Zilziladan keyin vayron bo'lgan 1 qavatli loydan qurilgan uylar o'rniga yangi to'rt qavatli uylar qurilib, 3,5 yil ichida shahar to'liq tiklangan. Xotira majmuyi sifatida Mardlik monumenti o'rnatilgan, monument oldidagi soat har doim 5:23 zilzila sodir bo'lgan vaqtni ko'rsatib turadi.



7.21-rasm. 1966-yil 26-apreldagi Toshkent zilzilasining seysmik effekti.

7.7. Gazli zilzilasi

Magnitudasi 7,0–7,3 bo'lgan zilzilalarning 8 yil muddat oralig'ida uch marta takrorlanishi jahon seysmologiya amaliyotida kamdan kam uchraydigan hodisadir¹. Bu hol gaz qazib oluvchi Gazli shahri yaqinida sodir bo'lgan Gazli zilzilasida kuzatilgan.

¹ Разрушительные землетрясения XX века. – М., 2004.

Seysmik faolligi kuchsiz hisoblangan Markaziy Qizilqum cho'lida Gazli zilzilasi sodir bo'ldi. Ushbu zilzila Turon plitasida platformali hudud uchun kuchli zilzila hisoblanadi¹.

Birinchi zilzila 1976-yil 8-aprel kuni mahalliy vaqt bilan soat 7 dan 41 daqiqa o'tganda sodir bo'lgan. Zilzila magnitudasi Rixter shkalasi bo'yicha 7.0 magnitudali, episentrida esa MSK-64 shkalasi bo'yicha 8-9 ballni tashkil qilgan, zilzila natijasida Gazli shahrining yarmi vayron bo'lgan.

Ikkinchisi, shu yili 17-may kuni yanada kuchli zilzila sodir bo'lgan, ikkinchi zilzila magnitudasi Rixter shkalasi bo'yicha 7,3 ga teng bo'lgan. Seysmik faollikning 12 balli shkalasi bo'yicha episentrida seysmik effekt 9-10 ballgacha yetgan. Zilzila natijasida Gazli shahri yer bilan tekislangan, 90% bino va inshootlar buzilgan. Zilziladan 20 mingdan ortiq inson aziyat chekkan. Ikkinchi zilzila boshqa yaqin shaharlarda turli xil kuchlarda sodir bo'lgan. Ular: Buxoro va Romitanda 7, Kogon, Zarafshon, Tomdibuloq, Qorako'l va Chorjo'y (Turkmaniston-Buxoro viloyati chegarasi)da 6, Beruniy, Urganch, Xiva, Navoiy, Kattaqo'rg'on, Samarqand va Jizzaxda 5, Toshkent, Olmaliq, Angren, Chirchiq, Qarshi, Denov va Termizda 4, Nukus, Andijon, Farg'onada 3 ballni tashkil qilgan. Aholi yana kuchli zilzilalar sodir bo'lishi mumkinligi haqida seysmologlar tomonidan ogohlantirilgan, shuning uchun ko'pchilik halokatdan qutulib qolishgan (aholining katta qismi 8-apreldan chodirli lagerda yashashgan).

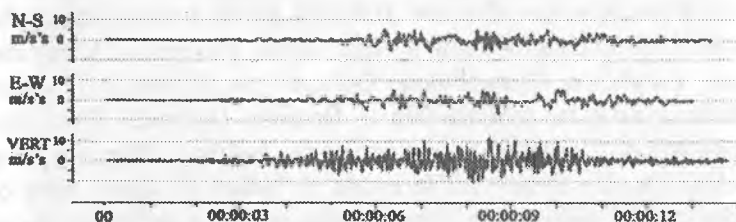
Keyingi kuchli yerosti silkinishi 1984-yil 20-martda 7,2 magnituda bilan avvalgi zilzilalar o'chog'idan salgina g'arbga siljigan. Buning oqibatida qaytadan tiklangan shahar bino va inshootlarining yana bir qanchasi yakson bo'lgan.

Gazli hududi 1976-yilgacha 6 balli (12 balli shkala bo'yicha) zilzila sodir bo'lishi mumkin bo'lgan zonaga kiritilgan. Bu zilzilalar seriyasidan keyin, olimlar o'zlarining dalillarini qaytadan ko'rib chiqishgan va Gazli shahar hududini nisbatan yuqori seysmik hududga kiritishgan.

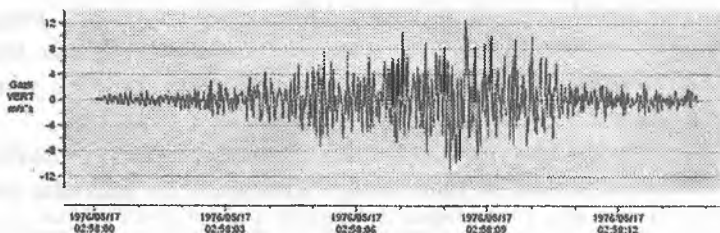
¹ Возникновение Газлийских землетрясений в центре Туранской плиты подтвердило долгосрочный прогноз, опубликованный мною в статье // Каржаув Т.К., Уломов В.И. Проявления современной тектоники и сейсмичность Кызылкумов. Узб. геол. – Т., 2010.



7.22-rasm. Ma'muriy bino ikkinchi zilziladan keyin, 1976-yil 17-may.

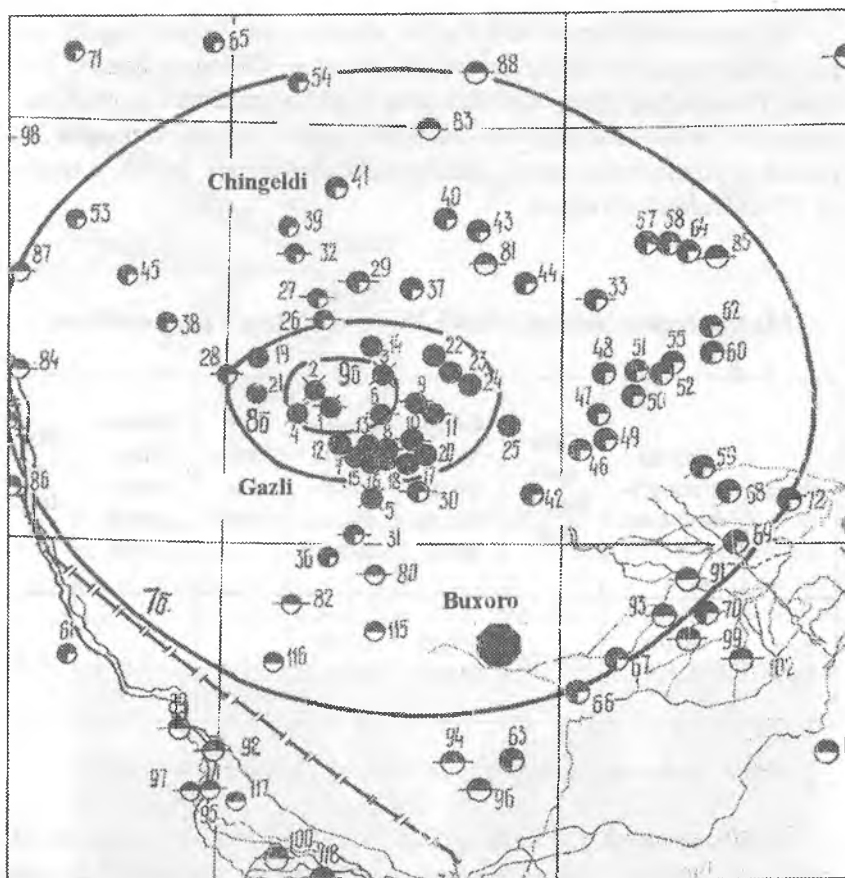


7.23-rasm. 1976-yil 17-maydagi Gazli zilzilasi uch komponentli yozuvi, $M=7,3$, $I=9$, episentr oralig'i $R=22$ km l.



7.24-rasm. Gazli zilzilasi vertikal tezlanish komponentli yozuvi.

¹ Сейсмическая опасность территории Узбекистана в величинах максимальных ускорений / Т.У. Артиков, Р.С. Ибрагимов, М.А. Мирзаев. // Геология и минеральные ресурсы. – 2012. – № 2. – С. 46–51.



7.25-rasm. Gazli zilzilasiining $M=7,3$ izoseyst xaritasi.

7.8. Marjonbuloq zilzilasi

Marjonbuloq zilzilasi O'zbekiston hududidagi kuchli ikkinchi silkinish – Tuyabo'g'iz zilzilasidan 8 soat 10 daqiqa keyin, 2013-yil 26-may kuni soat 3:18 da sodir bo'ldi, zilzila Toshkent viloyatida $M = 5,6$ magnituda bilan qayd qilingan.

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Seysmologiya instituti Yalpi ekspeditsiyasi (Samarqand, Andijon, Chorvoq, Jizzax, Toshkent, Tomdibuloq, Farg'ona, Qumariq, Pachkamar, Batkent, Piskom va boshq.) seysmik stansiyasi ma'lumotlarini qayta ishlash natijasida Marjonbuloq zilzilasi asosiy parametrlari aniqlangan¹ bo'lib, u quyidagi 7.7-jadvalda keltirilgan.

7.7-jadval

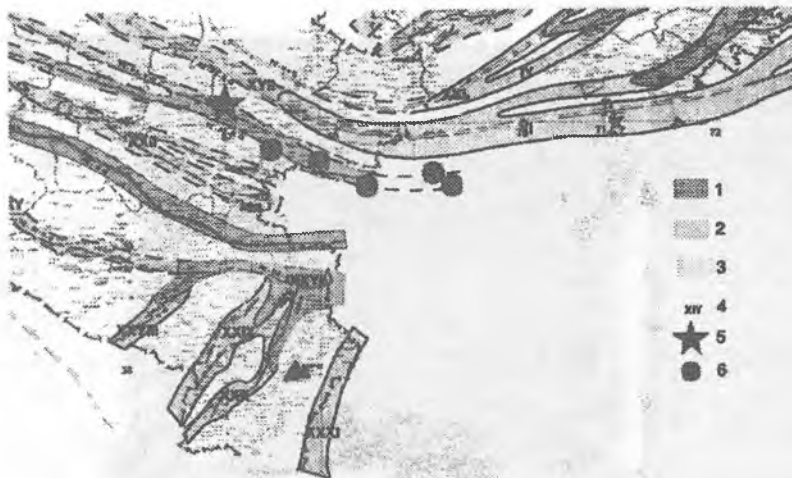
Marjonbuloq zilzilasi (26.05.2013-y.) o'chog'i parametrlari

Sana	Zilzila o'chog'i-dagi vaqt	Chuqur-ligi, h, km	Geog-rafik kenglik, ϕ , grad.	Geog-rafik uzunlik, λ , grad.	Aniqlik sinfi	Zilzila-ning-ener-getik sinfi	Mag-ni-tuda m_s
S26.05.13	06.08.16.1*	15–18	39,20 SH.K.	67,40 SH.U.	a	15	6.2

**Izoh: Seysmologiya amaliyotida Grinvich vaqtidan foydalaniladi.*

Seysmotektonik ma'lumotlar bo'yicha, Marjonbuloq zilzilasi Shimoliy va Janubiy Nurota tektonik yer yoriqlari orasida (7.26-rasm) cho'zilgan seysmogen zona doirasida, Shimoliy Kuljuktog'-Turkiston yer yoriqlari tizimida sodir bo'lgan. Ularning faolligi barcha cho'zilgan yer yoriqlari zonasi bo'yicha ko'p sonli qoldiq deformatsiya, yuqori amplitudali siljigan yangi va to'rtlamchi davr yotqiziqlari hamda Qadimgi zilzilalarning izi – paleoseysmodislokatsiya mavjudligi bilan ifodalanadi.

¹ Маржанбулакское землетрясение 26 мая 2013 г. / Усманова М.Т., Нурматов У.А., Джураев А. и др. //Геология и минеральные ресурсы. – 2015. – № 2. – С. 29–35.



7.26-rasm. 2013-yil 26-maydagi zilzilaning seysmotehtonik sharoiti (R.N. Ibragimov, U.A. Nurmatov, 2013). Zilzilani yuzaga keltiruvchi seysmogen zonalar M: 1 – < 7.5 ; 2 – < 6.5 ; 3 – < 5.5 ; 4 – seysmogen zonalar raqami; 5 – 2013-yil 26-maydagi zilzila episentri; 6 – zilzila episentrlari.



7.27-rasm. Jizzax viloyati G'allaorol tumani Paxtaboshi qishlog'i asfalt yo'lidagi ochiq yoriq. 2013-yil.



7.28-rasm. Jizzax viloyati G'allaorol tumani Kutal qishlog'ida aholi uylaridan birining devori qulashi, 2013-yil.

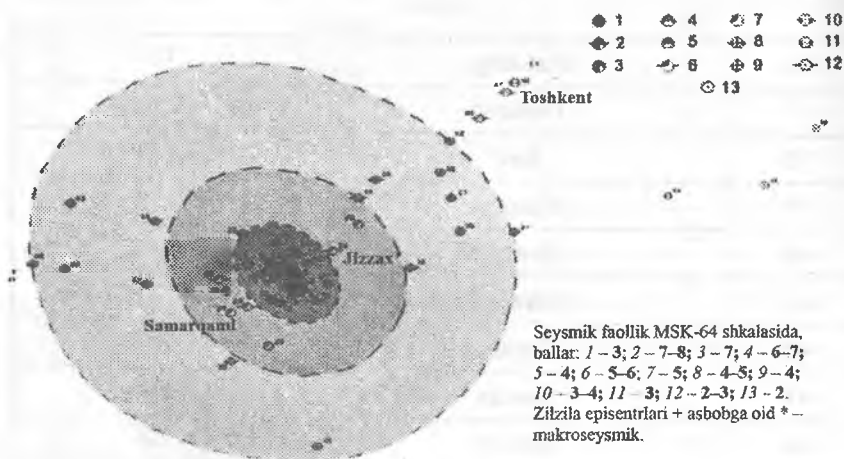
O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Seysmologiya institutining otryadi Marjonbuloq zilzilasiining episentral oblastida makroseysmik tekshirish ishlarini 2013-yil 26-maydan 4-iyungacha olib boshlagan. O'zbekiston hududining 56 ta aholi punktlari bo'yicha makroseysmik ma'lumotlarni qayta ishlash natijasida va ularni MSK-64 seysmik shkalasi bo'yicha baholab, episentral rayonda makroseysmik effekt o'rganilgan. Jadval ma'lumotlari asosida Marjonbuloq zilzilasiining izoseyst xaritasi qurilgan. Unda: 8-, 7-, 6 va 5-balli zonalar ajratilgan (7.29-rasm).

Marjonbuloq zilzilasining makroseysmik tekshiruvi aholi punktlarining ro'yxati, 2013-yil 26-may

№	Punkt	Episentrgacha masofasi, km
<i>8 balli</i>		
1.	Kutal	6
2.	Tayanch punkt OVD	7
3.	Marjonbuloq (karyer)	12
4.	Paxtaboshi	15
<i>7-8 balli</i>		
5.	Marjonbuloq (aholi yashash posyolkasi)	8
6.	G'allachi	10
7.	Qorovulbozor suv ombori	15
<i>7 balli</i>		
8.	Lalmikor	7
9.	Moltop	7
10.	Gabdun	8
11.	Oqtosh	18
<i>6-7 balli</i>		
12.	Xonaqo	17
13.	G'allaorol	18
14.	Chayonchi	22
15.	Erganakli	22
16.	Sayfin ota	24

17.	Usmat	28
18.	Juma	30
19.	Qo'ytosh	33
<i>6 balli</i>		
20.	Bulung'ur	22
21.	Saroy	29
22.	Chakar	48
<i>5-6 balli</i>		
23.	Jomboy	38
24.	Jizzax	40
25.	Chelak	48
<i>5 balli</i>		
26.	Ho'ja Ismoil	44
27.	Samarqand	49
28.	Urgut	62
29.	Gulzor	68
<i>4-5 balli</i>		
30.	Kitob dovoni	84
31.	Do'stlik	86
32.	Zomin	88
33.	Kattaqo'rg'on	98
34.	Gagarin	106
35.	Jo'sh	106

<i>4 balli</i>		
36.	Havotog'	127
37.	Guliston	134
38.	Baxt	142
39.	Hondiza	148
40.	Ziyaddin	156
41.	Bekobod	164
42.	Chinoz	165
43.	Nurota	166
44.	Navoiy	180
<i>3-4 balli</i>		
45.	Denov	190
46.	Yangiyo'l	194
47.	Toshkent	222
48.	Qiziltepa	225
49.	Vobkent	266
<i>3 balli</i>		
50.	ToshGRES seys. stansiyasi	233
51.	Chirchiq	257
52.	G'azalkent	275
53.	Yaypan	302
54.	Gazli	348
<i>2 balli</i>		
55.	Farg'ona	384
56.	Andijon	440



7.29-rasm. 2013-yil 26-maydagi Marjonbuloq zilzilasiining izoseyst xaritasi (tuzuvchilar: A. Jo'rayev, U. Nurmatov, M.T. Usmanova va boshqalar).

Tayanch iboralar:

Katalog, talafot, Turon plitasi, platforma, uch komponentli yozuv.

Nazorat savollari:

1. Zilzilaning talafotlari nima bo'yicha belgilanadi?
2. Insoniyat tarixida sodir bo'lgan eng kuchli zilzilalarni sanab bering.
3. O'zbekiston hududida sodir bo'lgan tarixiy zilzilalar haqida ma'lumot bering.
4. Gazli zilzilasi qachon yuz bergan va qancha muddatdan keyin takrorlangan?
5. Toshkent zilzilasi haqida ma'lumot bering.
6. Marjonbuloq zilzilasi haqida nimalarni bilasiz?

VIII BOB.

SEYSMOTEKTONIKA VA SEYSMIK RAYONLASHTIRISH

Seysmotektonika, seysmiklik, seysmik rejim, seysmik potensial, makroseysmik intensivlik, seysmik rayonlashtirish, umumiy seysmik rayonlashtirish, mikroseysmik rayonlashtirish, mukammal seysmik rayonlashtirish, O'zbekiston hududining seysmikligi.

8.1. Seysmotektonika

Seysmotektonika zilzila vujudga kelishining geologik sharoitlarini o'rganuvchi fan sifatida shakllandi. Seysmotektonikaning asosiy tadqiqot obyektlari quyidagilardir: mezozoy va kaynozoy geosinklinalari fonida ro'y beruvchi, Alp va Tinch okean burmalangan epigeosinklinal orogen viloyatlari; zamonaviy geosinklinalar (orogen jarayonlar boshlanish fazasidagi); epiplatformali orogenlar (ilgari konsolidatsiyalashgan strukturalar chegarasida antropogen tektonik harakatlar faollashgan viloyatlar); zamonaviy materik va okean riflari; Benyof zonalari; yangi tektonik harakatlar namoyon bo'luvchi intensiv uchashtalar.

Seysmotektonika sohasidagi tizimli tadqiqotlar o'tgan asrning 60–70-yillari boshidan boshlandi. Ular asosan seysmik rayonlashtirish va hududlarni mikrorayonlashtirish ishlarini o'tkazish uchun xizmat qildi. Shu sababdan biz seysmotektonika va seysmik rayonlashtirishni bitta bobda umumlashtirdik.

8.2. Seysmiklik tushunchasi

Seysmiklik – bu biror hududdagi zilzilalarning statistik dalilligidir. U zilzila o'choqlarining mavjudligi, ularning ma'lum davrda qaytarilib turishi bilan bog'liq. Yerning issiqlik oqimi, yer qobig'idagi strukturalarning izostatik muvozanati, unda kechayotgan endogen rejimlar haqida ma'lumot beradi. Bu rejimlar, o'z navbatida, tektonik jarayonlarning faollashishi yoki sustlashishini belgilab, ushbu hududning seysmotektonik potensialini belgilaydi.

Zilzila o'choqlarining tarqalish zonolari

Zilzilalar sodir bo'lishi bo'yicha Yer shari 3 zonaga bo'lingan:

- seysmik – zilzilaning tez-tez qaytarilishi;
- aseysmik – zilzilaning juda kam ro'y berishi;
- noseysmik – zilzila deyarli ro'y bermaydi.

Eng faol seysmik zonalar:

– Tinch okean seysmik kamari – barcha zilzilalarning 80%, ajralib chiqqan energiya 90%, yiliga 1500 gacha sezilarli zilzilar bo'lib turadi;

– O'rtayer dengizi-Osiyo seysmik kamari – barcha zilzilalarning 15%.

Seysmik faolligi kam bo'lgan zonalar: Afrika, Atlantika okeani, Antarktida.

Markaziy Osiyoda seysmik faol zona uning hududining 25% yoki 1187 ming km² ni tashkil etadi. Bu zona quyidagicha taqsimlanadi:

9 ballik – 22%;

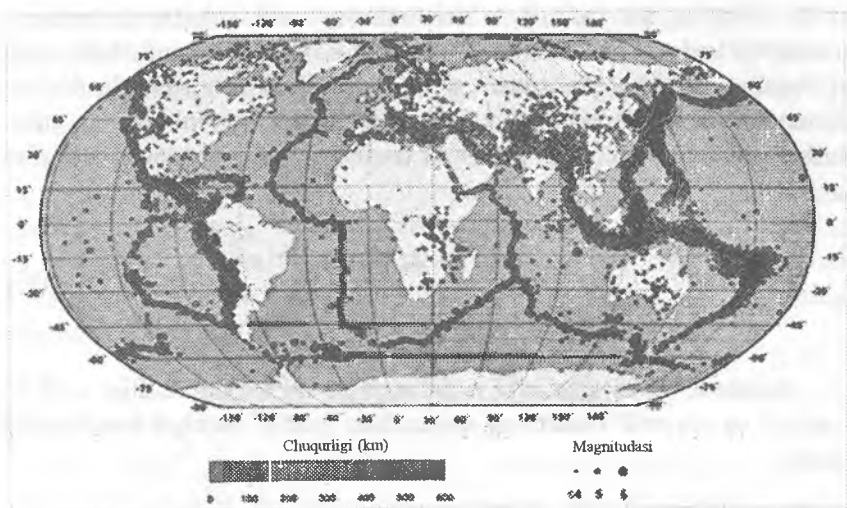
8 ballik – 26%;

7 ballik – 21%;

6 ballik – 31%.

Zilzilalarning takrorlanish qonuni

Shiddati yuqori bo'lgan zilzilalar past intensivli zilzilalarga nisbatan 2–3 barobar kam sodir bo'ladi, masalan, Toshkentda – taxminan 25 yilda bir marta – 7 ballik va 100 yilda bir marta – 8 ballik; Andijonda – 50 yilda bir marta – 7 ballik, 100 yilda bir marta – 8 ballik va 500 yilda bir marta – 9 ballik zilzilalar bo'lib turadi. Seysmik rayonlashtirish – mamlakat hududini bir-biridan seysmikligi va antiseysmik qurilishga talablari bilan farq qiladigan rayonlarga bo'lishdir. Seysmik rayonlashtirishning ikki turi mavjud: umumiy va mikroseyemorayonlashtirish.



8.1-rasm. Dunyoning asosiy seysmik kamarlari xaritasi.

Tarixda eng uzoq davom etgan zilzila Oʻrtayer dengizi (Janubiy Gretsiya)da sodir boʻlgan. Zilzila 1870-yil 29-iyulda boshlanib, 1873-yil avgustgacha koʻp sonli, 86 ming marotabalik seysmik tebranishlar qayd qilingan. Ulardan 300 tasi vayron qiluvchi kuchda sodir boʻlgan.

Seysmik xavfli zonada joylashgan dunyodagi eng koʻp, 26 mln. aholisiga ega shahar – Meksika poytaxti Mexiko hisoblanadi.

Sayyoramizda eng koʻp sonli (80% ga yaqin) zilzilalar okean tubida va faqat 20% materiklarda sodir boʻladi.

8.3. Uzoq vaqt davom etadigan seysmik rejim xarakteristikasi

Turli xil jadallikdagi tebranishlarning oʻrtacha va maksimal chastotasini seysmik xavfliligini miqdoriy taʼriflash uzoq vaqt davom etadigan seysmik jarayonlar xarakteristikasini aniqlashda qoʻl keladi. Bularga seysmik faollik A_{10} qaytarilishi grafigidagi burchak koeffitsiyentining koʻrsatkichi yer qimirlashi sonlarining energetik parametrlarida taqsimlanishi, sodir boʻlishi mumkin boʻlgan yer qimirlashining maksimal koʻrsatkichi M_{max} va masofa bilan seysmik taʼsiri jadalligining pasayishi

kiradi. Shuningdek jadallik ta'siri makroseysmik shkalasida ballar va maksimal tezlanish ko'rsatkichlarida ham bo'ladi. Yer qimirlashi qaytarilishining o'rtacha chastotasi uchun seysmologiya tajribasida ikki parametrdan foydalaniladi, ya'ni Gutenberg-Rixter qonunidagi yer qimirlashlar sonining energetik sinflarda taqsimlanishi bevosita to'g'ri o'rni aniqlanadi.

$$\begin{aligned} LgN_k &= A_0 - \gamma(K - 0) \\ K &= LgE, K \leq K_{\max} \end{aligned} \quad (8.1)$$

Bunda $K-10$ bo'lgan to'g'ri ordinata bo'lib seysmofaolligi A_{10} deb ataladi va seysmik muhitning qaytarilishi grafigi burchak koeffitsiyentidir.

8.4. Seysmik potensial

$M_{\max}$ ko'rsatkichni hisob-kitob qilish va xaritasini tuzish ikki bosqichda olib boriladi. Birinchi bosqichda seysmik o'choqlarni o'rganish va aniqlash usullariga tayangan holda $M_{\max}$ seysmologik xaritasi varianti quriladi. Ikkinchi bosqichda esa bu xaritaga seysmogen zonalari xaritasi (Ibragimov R.N., 1978) va endogen rejimlar xaritasi (Ibragimov R.N., Nurmatov U.A., 2002) qo'shilib, $M_{\max}$ umumiy xaritasi quriladi. Natijada seysmologik va geologik-tektonik parametr ko'rsatkichlari mujassamlangan xarita hosil bo'ladi. $M_{\max}$ xaritasi qurishning seysmologik varianti quyidagilardan iborat:

1. Korellatsion usuli $M_{\max} = M_{\max} (A_{10})$ (Riznichenko Y.V., 1985). An'anaviy yondashishni chetlab o'tib, ya'ni aylana shaklida emas, balki elliptik keltirilgan o'rganish hududi tanlab olinadi. Bunda ellips katta o'qining yo'nalishi aniq bir tektonik buzilishga qaratiladi. Har bir ellips o'qining o'zaro farqi 50 va seysmik jadalligi katta bo'lishi mumkinligi yo'nalishida tanlab olinadi. Shundan keyin jadalligi maksimal bo'lgan ko'rsatkichlari har bir energetik daraja uchun chegaraviy ko'rsatkichlari bilan taqqoslanadi. Bunday yondashish u yoki bu strukturaning seysmogen holati haqida ma'lumot olish mumkinligini ko'rsatadi. Hosil bo'lgan xaritadagi izolinialar konfiguratsiyasi katta yoriqlar cho'zilishi bilan

mos tushadi. Ammo ba'zi bir hududlarda sodir bo'lgan yer qimirlashlari ko'rsatkichidan $M_{\max}$ taxmin qilingan ko'rsatkichlari pastroq bo'ladi.

2. Seysmofaol qatlamning qalinligi va uzunligi masofasining $M_{\max}$ xaritasi (Shebalin N.V., 1971). Seysmofaol qatlam qalinligi deb hududda qayd qilingan o'choqda sodir bo'lgan yer qimirlashining maksimal chuqurligi qabul qilingan. Bu usul seysmofaol zonaning o'lchamlari chegaralangan yerda energiyaning yig'ilishi, shuningdek o'choq o'lchamlari va seysmofaol qatlamining qalinligiga asoslangan. O'zbekiston uchun o'choqning maksimal chuqurligi bilan ko'rsatkichi $M_{\max}$ orasidagi bog'liqlik topilgan (Yakovleva I.B., 1975):

$$M_{\max} = 3,86 + 0,22h - 0,0035h^2. \quad (8.2)$$

Bu uslub asosida qurilgan $M_{\max}$ xaritasiga kiritilgan $M > 3$ li 1955–2007-yillarda bo'lgan davr orasidagi yer qimirlashlar yuqori ma'lumotlarga ega ekanligini ko'rsatadi. Asosiy seysmogen yoriqlarning cho'zilishi bilan mos tushishi xarakterlidir. Shuningdek o'rganiladigan hududdagi kuchsiz seysmikligi orqali bir nechta ($M > 5.5$) yuqori seysmik uchastkalar aniqlanadi. Bu usulni qo'llashning asosiy qiyinchiligi, uning seysmik zonasining uzoq vaqt mobaynida seysmik sukunatda bo'lgan uchastkalari bilan o'xshashligida.

3. $M_{\max}$ ni hisoblash usuli, $M_{\max}$ ko'rsatkichlarini aniqlash yo'llari, kuzatilgan maksimal yer qimirlashining aniq magnitudasi bilan bog'liqdir. Shunda tebranish ko'rsatkichi $M_{\max}$ taxminan quyidagi formula bilan topiladi.

$$M_{\max} = M_{\max} + d, \quad (8.3)$$

bu yerda d – ba'zi bir tuzatma ko'rsatkichi.

Q bir soni bo'lib, $0 < Q < 1$ bo'ladi, N magnitudasi [$\check{E}_{\max}^{nab} - Q; \check{E}_{\max}^{nab}$] diapazonida bo'lgan qayd qilingan yer qimirlashlari soni. Bu formula $M_{\max}$ ko'rsatkichlarni har joylarda kattalashtirishning statistik chegarasi yo'qligini ko'rsatadi. Shu bilan birga kuzatilgan $M_{\max}$ ko'rsatkichlariga tuzatishlar kiritish unchalik shart emas.

4. Boshqa usullarning kamchiliklaridan farqli o'laroq Pisarenko V.F. usuli ham bor. Bu usul yer qimirlashining qaytarilish qonuniga asoslangan. Bu usulning murakkabligi kuchli yer qimirlashlarining statistik ko'pligi borligida aniq seysmik potensial ko'rsatkichlariga ega bo'lish mumkin. Geotektonik strukturalarning ko'pligida seysmik potensialni baholashda bu usuldan foydalanish mumkin.

5. M_{max} ko'rsatkichlarini hisoblashning yana bir usuli Ulomov V.I. (1990) ga tegishlidir.

M_{max} turli xil magnitudali yer qimirlashlarining o'choqlararo masofalarini katakli modellashirish asosida hisoblab chiqiladi. 2003-yilda Fadina R.P. tomonidan shu usul bilan M_{max} hisoblab chiqilgan xaritasini ko'rib chiqdi.

O'zbekiston hududida makroseysmik jadalligi masofa bilan kamayishi xususiyatlari o'rganildi va tahlil qilindi.

Chegara rayonlarida ham olingan makroseysmik ma'lumotlar kelishtirilganidan keyin oldingi olingan uzoqdagi ballilik ma'lumoti qayta ko'rib chiqish va aniqliklar kiritish kerakligini ko'rsatdi. Qo'shni davlatlar bilan makroseysmik va mavjud to'liq ma'lumotlar bilan almashinuvdan keyin, oldingi makroseysmik jadallikning masofa bilan kamayishi qonuniyatlari qayta ko'rib chiqildi va ba'zi bir ko'rsatkichlarning o'zaro bog'liqligi aniqlandi.

$$I = aM - k \lg \Delta + c, \text{ bu yerda } \Delta = \text{giposentr masofasi} \quad (8.4)$$

Bu izlanishlar Toshkentoldi rayonida makroseysmik tebranishlarning kamayish koeffitsiyenti Farg'ona vodiysi va G'arbiy O'zbekiston hududlari koeffitsiyentidan kattaligini ko'rsatdi. Tajribadan olingan izoseyst ma'lumotlari o'rtacha ma'lum bir o'lchamda turli xil ko'rsatkichli ellipsning katta va kichik yarimo'qlari bilan birgalikda Toshkentoldi rayoni uchun yer qimirlashining balliklarini keltirib chiqardi.

$I=1,5 M-3,3 \lg \Delta +2,5$ (umumiy holda)

$I=1,5 M-3,3 \lg \Delta +2,8$ (bo'ylamasida)

$I=1,5 M-3,3 \lg \Delta +2,2$ (kesishmasida)

Δ – giposentr masofasi

Bu formulalar bilan turli magnitudalarga ega bo'lgan yer qimirlashlari uchun nazariy izoseyslari hisoblanadi.

Tebranishning integralini hisoblash uslubi. Qayta-qayta tebranishlar chastotasining ma'lum bir jadalliligini hisoblash asosida integral yotibdi:

$$B_I = \int_v N_{\Sigma} dv, \quad (8.5)$$

Bu yerda N – ma'lum bir vaqtga tegishli va kutilayotgan yer silkinishlar soni hajmiga tegishli bo'lib, oddiy hajmda dv , joylashgan yer silkinishlar markazida sodir bo'ladigan tebranishlar bir balldan oshmaydi (Riznichenko Y.V., 1985). Asosiy yer silkinishlar miqdori I va yer silkinishlar qaytarilish qonuniyatini hisobga olgan holda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$B_I^{fon} = \int_v \frac{A_{K_0}^{fon}}{10^{0,5\gamma} - 10^{-0,5\gamma}} \left[10^{-\gamma(K-K_0)} - 10^{-\gamma(K_{max}-K_0)} \right] dv, \quad (8.6)$$

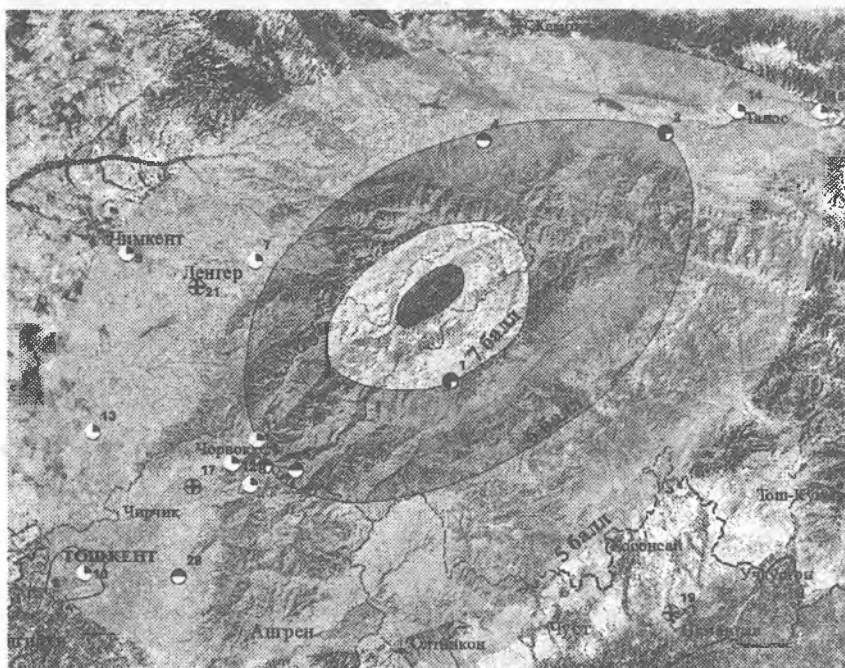
bu yerda: K – energetik klassga keltirilgan seysmik faollik; K_0 – oddiy hajmdagi yer silkinishning energetik darajasi bo'lib, kuzatuv punktida seziladigan bir balldan yuqori bo'lgan tebranishlar; $K_{max} - dv$ hajmdagi maksimal yer silkinishining ehtimoliy qo'zg'atkichi.

8.5. Makroseysmik intensivlik

O'zbekiston hududida sodir bo'ladigan kuchli yer silkinishlarining ko'pchilik qismi aftershoklar bilan birgalikda kuzatiladi. Ular asosiy zarbalar kabi seysmik ta'sir ko'rsatishadi. Ko'pgina sodir bo'lgan zilzilalarni o'rganish natijalariga ko'ra ular 30% dan 60% gacha silkinishlarni tashkil etadi. Ularning asosiy qismi aftershoklardir. Seysmik xavflilik choralarining ishonchli tavsifini bilish uchun uning asosiy silkinishlaridan va ularning aftershoklar oqibatlaridan hosil bo'ladigan chastotasi jadalligi kerak bo'ladi. Natijada quyidagi seysmik tebranish integrali hosil bo'ladi:

$$B \frac{\Sigma}{1} = \int_v \left(N \frac{fon}{\Sigma} + N \frac{af}{\Sigma} \right) dv. \quad (8.7)$$

Ma'lum bir silkinish intensivligi J davriy, ya'ni qaytish davriga aftershoklarning ta'sir darajasini bilish uchun testli variantlar $T = 1/V$ davrida $J = 7$ va $J = 8$ ballarda o'tkaziladi. Bu natijalar taqqoslanganda hisobga olingan aftershoklar yetarli darajada tebranishlarning qaytish davrini kamaytiradi va bu ko'rsatkichni seysmik xavflilikni baholashda inobatga olish kerak.



8.2-rasm. 1937-yildagi $M=6,5$ Piskom zilzilasi makroseysmik xaritasi.

8.6. Seysmik rayonlashtirish

Hozirgi kunda zilzila muammolari bilan shug'ullanadigan fan – seysmologiya fani zilziladan talafot ko'rmaslik choralari, yo'llari bor deb javob beradi. Buning uchun qayerda qanday kuch bilan zilzila sodir bo'lishini ko'rsatadigan seysmik rayonlashtirish xaritalarini tuzish va barcha qurilish ishlarini tuzilgan xaritalarga amal qilgan holda olib borish kerak bo'ladi.

Seysmik rayonlashtirish qo'llanilayotgan usullarga, miqyosiga qarab uch turga bo'linadi, ular quyidagilar:

- umumiy seysmik rayonlashtirish;
- mukammal seysmik rayonlashtirish;
- seysmik mikrorayonlashtirish.

8.6.1. Umumiy seysmik rayonlashtirish

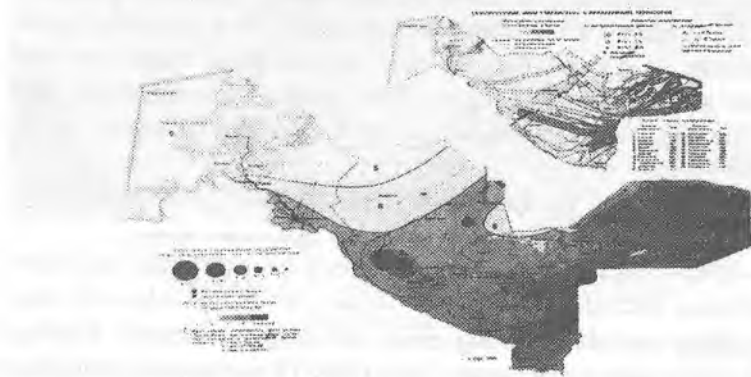
Umumiy seysmik rayonlashtirish barcha seysmofaol rayonlar uchun yaxlit bitta xarita tuzishdan iborat. Xarita, odatda, 1:10 mln., 1:5 mln. kabi mayda miqyoslarda tuziladi. Ilgarigi O'zbekiston hududining umumiy seysmik rayonlashtirish xaritalari 1930, 1958, 1968, 1978-yillarda tuzilgan. 2011-yilgacha hamma foydalanishi lozim bo'lgan, davlat qurilish boshqarmasi tomonidan tasdiqlangan xarita umumiy seysmik rayonlashtirish (USR)-78 xaritasi hisoblangan. Bu yerda 78 soni xarita tasdiqlangan 1978-yilni bildiradi.

Bunday xaritalarni to'g'ri tuzish uchun yerning tuzilishi to'g'risidagi, unda bo'lib turadigan seysmotektonik jarayonlar, fizik xossalari, geofizik maydonlari va h.k. bir necha o'nlab ma'lumotlarni birgalikda tahlil qilish talab qilinadi. O'rganiladigan o'nlab parametrlarning zilzila faolligini ko'rsatadigan va ko'rsatmaydiganlari bor. Zilzila faolligiga bog'liq parametrlar asosida xaritalar tuziladi. Bu muammolarni nihoyatda nozik matematik masalalarni, yer qatlamining fizik xossalari, geofizik maydonlari, tuzilishi va h.k.larni hisobga olgan holda yechilishi shart

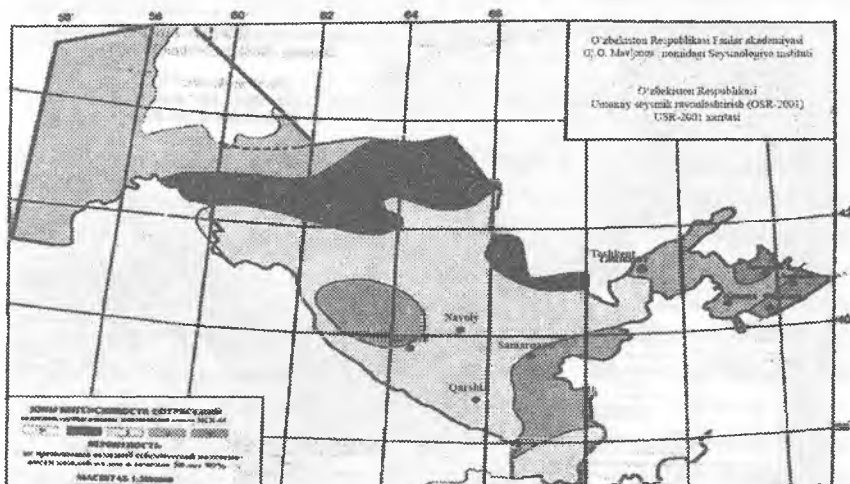
1975–1980-yillarda Seysmologiya instituti boshchiligidagi va Geologiya, geofizika instituti va Toshkent davlat universiteti olimlari ishtirokida tuzilgan xaritalar o'zining ancha puxtaligini ko'rsatdi. Keyingi yillarda bo'lib o'tgan o'nga yaqin zilzila OSR-78 xaritasining haqiqatga yaqinligini ko'rsatadi (8.3-rasm).

Xaritaning tez-tez qaytadan tuzilishiga sabab unda qayerda, qanday kuch bilan zilzila sodir bo'lishini hamma joy uchun ham to'g'ri ko'rsatishning qiyinligidadir. Xarita tuzilib bo'lingandan keyin tabiatning o'zi unga «tuzatish» kiritadi. Masalan, 1948-yilgi Ashxobod, 1970-yilgi Dog'iston, 1988-yilgi Spitak zilzilalaridan keyin xaritalarda 2–3 ballgacha xatoliklarga yo'l qo'yilgani ma'lum bo'ldi, 1976-yilgi Gazlidagi zilzilagacha USR-78 xaritasining dastlabki nusxasida Gazli ham 7 ballik zonaga kiritilgan edi. Afsuski, xarita tuzishdagi xatoliklar juda ham qimmatga tushadi. Ashxobod va Spitak zilzilalaridan keyin jami 100 mingdan ortiq insonlar qurbon bo'ldi. Bo'lib o'tgan zilzilalardan tashqari joylarning geologik, tektonik tuzilishlari yildan yilga mukammalroq o'rganilmoqda.

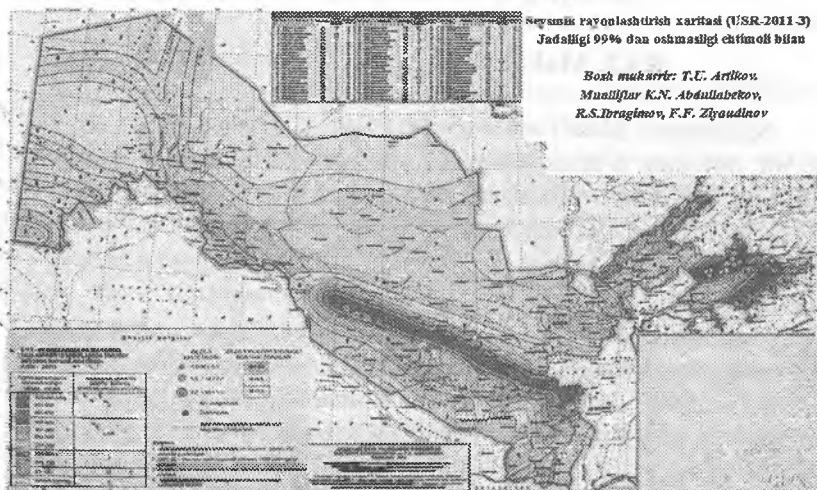
Undan tashqari, seysmik rayonlashtirishning avvalgilariga qaraganda puxtaroq, aniqroq usullari yaratiladi. Bu narsalarning hammasi har 10–20 yilda seysmik rayonlashtirish xartasini yangidan tuzishni taqozo etadi. Hozirgi kunga kelib USR-78 xartasi ancha eskirdi (8.3-rasm). U quruvchilarning talabiga to'la javob berolmayapti. Shuning uchun 2001–2003-yillarda Seysmologiya instituti tomonidan respublikaning 1:1 mln. miqyosli yangi umumiy seysmik rayonlashtirish xartasi – USR-2001 tuzilgan (8.4-rasm). Oradan biroz vaqt o'tib, 2011-yilda Seysmologiya institutining bir guruh olimlari tomonidan O'zbekiston hududining umumiy seysmik rayonlashtirish (USR-2011-3) xaritalari tuzildi (8.5, 8.6-rasmlar).



8.3-rasm. Umumiy seysmik rayonlashtirish xartasi (USR-1978).



8.4-rasm. Umumiy seysmik rayonlashtirish xaritasi (USR-2001).



8.5-rasm. Seysmik rayonlashtirish xaritasi (USR-2011-3). Jadalligi 99% dan oshmasligi ehtimoli bilan.

Ular zilzilaning o'rtacha tarqalish kuchini ko'rsatadi, xolos. Buning uchun seysmik mikrorayonlashtirish xaritasi tuziladi.

8.6.3. Mikroseysmik rayonlashtirish

Mikroseysmik rayonlashtirish – bu qurilish maydonini grunt (muhandislik-geologik) sharoitlari bo'yicha o'rtacha seysmiklikdan farq qiladigan seysmiklikni o'rnatishdir. Mikroseysmik rayonlashtirishni amalga oshirish uchun hududning seysmikligi, geologik-tektonik xususiyatlari, geomorfologik va gidrogeologik xususiyatlari, muhandislik-geologik ma'lumotlarni o'rganish asosida aniqlanadigan grunt turlari, kuzatuvlar natijasida belgilanadigan gruntlar tarkibi ma'lumotlarini o'rganish muhim hisoblanadi.

Mikroseysmik rayonlashtirish ishlari turli seysmik faollikka ega shahar yoki sanoat korxonalari uchastkalarini ajratish maqsadida olib boriladi. U «Qurilish me'yorlari va qoidalari» tarkibiga kiruvchi O'zbekiston hududining seysmik mikrorayonlashtirish xaritasi orqali aniqlanadigan seysmik faollik kattaligidan farq qilishi mumkin. Seysmik faollikning farqlanishi quyidagi sabablarga ko'ra belgilanadi.

1. Grunt fizik-mexanik xususiyatlari farqi va ularning tuzilishining asosiy xususiyatlari.

2. Uchastkalarining seysmotektonik zonalarga asoslanib joylashishi.

3. Zilzila o'choqlarining dinamik xususiyatlari.

Seysmik hududning asosiy xususiyatlari asosida tadqiqot ishlari olib boriladi. Bu ishlarga binoan loyihalashtirilayotgan inshoot maydonida kutilayotgan zilzilalar faolligini aniqlash imkonini hamda inshootga seysmik ta'sirini baholash imkonini beruvchi xaritalar tuzilishi mumkin.

O'lchash ishlari kutilayotgan grunt tebranishlarining amplitudasini aniqlash imkonini beradi. Bu gruntning fizik, mexanik xususiyatlari va geologik tuzilishi hamda zilzila energiyasiga bog'liq. Har bir alohida punktning spektral tebranish xususiyatlarini bashorat qilish muammosi hali yechilmagan. Lekin so'nggi yillardagi yutuqlar ayrim uchastkalar-da aniq natijalarni qo'lga kiritish imkonini berdi.

Zilzila va portlashlar vaqtidagi instrumental izlanishlar yuqori sifatli mikroseysmiklik fonini o'lchash orqali to'ldiriladi. Mikroseysmiklik

davri gruntning rezonans xususiyatlarini aniqlash imkonini beradi. Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, abadiy muzlik gruntlari sharoitida seysmik mikrorayonlashtirish ishlarini olib borish usullari hali to'liq ishlab chiqilmagan.

Mikroseysmik rayonlashtirish ishlari bir nechta institutlar tomonidan amalga oshiriladi. Shaharlarning seysmik mikrorayonlashtirish xaritalarini tuzishda rayonning umumiy seysmikligi tahlil qilinib, ayrim hollarda aniqlik kiritiladi. Ilgari olib borilgan izlanishlar natijasida qo'lga kiritilgan gidrogeologik va muhandislik-geologik ma'lumotlardan foydalaniladi. Agar bu ma'lumotlarning hajmi yetarli bo'lmasa, unda qo'shimcha dala izlanishlari olib boriladi. Mikro-seysmik rayonlashtirishda asosiy ishlardan biri, bu gruntning seysmik xususiyatlarini instrumental aniqlash hisoblanadi. Instrumental kuza-tuvlar bilan bir qatorda zarur hollarda portlashlar, zilzilalar natijasida kelib chiqadigan gruntlarning tebranishlarini o'lchash ishlari olib boriladi. Gruntlarning ayrim xususiyatlarini mikro-seysmiklikni o'rganish natijasida aniqlash mumkin.

Xullas, joylarning seysmik faolligini aniq hisobga olish uchun umumiy va mukammal seysmik rayonlashtirishdan tashqari, har bir shahar va yirik aholi punktlari uchun seysmik mikrorayonlashtirish xaritalari ham tuzish shart. Bu xaritalar har bir joyda zilzila kuchi o'rtachadan qancha ballga farq qilishini ko'rsatadi. Shuning uchun ham shaharlar, aholi zich yashaydigan yirik qishloqlar, yirik qurilish obyektlari, dambalar (suv omborlari), elektr stansiyalari, katta zavodlar va h.k.lar uchun mikrorayonlashtirish xaritasi albatta tuzilishi kerak. Hozircha bor-yo'g'i 30 ga yaqin shahar va sanoat markazlari uchun shunday xaritalar tuzilgan. Ularning yillik samarasi o'nlab milliard so'mdan ortadi. Oldinda yana yuzlab shahar va aholi zich yashaydigan maydonlarning xaritalarini tuzish muammosi turibdi. Masalaning muhimligi shundaki, ko'pincha joylarning seysmik holati inson faoliyati ta'sirida yomonlashmoqda. Bunga sabab yerosti suvlarining tabiiy yo'llarining ko'pincha berkitib qo'yilishi natijasida ularning sathi ko'tariladi. Yoki ilgari sug'orilmaydigan yerlar o'zlashtirilgandan keyin quruq tuproqlar ho'llanadi, ba'zan bo'kadi (ya'ni suvga to'ynadi) va seysmik holati qo'pol buziladi. Mintaqamiz bo'yicha ahvolni ko'rib chiqilsa, Orolga yeta olmagan suvlarning hammasi juda ko'p shaharlarda, tumanlarda,

sug'oriladigan yerlarda va ularning quyi qismlarda yig'ilib yotibdi, bu seysmik holatning qo'pol buzilishiga olib kelmoqda.

Seysmik mikrorayonlashtirish xaritalari yanada yirikroq miqyoslarda (1:10000, 1:5000, 1:25000, 1:50000) ayrim shahar, rayon, suv omborlari, yirik qurilish obyektlari, atom reaktorlari joylashgan maydonlar va boshqa joylar uchun tuziladi. Bu xaritada joyning geologik tuzilishi, undagi tog' jinslarining tarkibi, yerosti suvlarining chuqurligi kabi parametrlarning zilzila kuchiga ta'siri ko'rsatiladi.

Keyingi yillarda muhandislik seysmologiyasida izlanishlarning asosiy yo'nalishlari quyidagilar bo'lishi mumkin:

Turli faollikdagi zilzilalar vaqtida har xil gruntlarning tebranishlari haqidagi instrumental ma'lumotlarni to'plash;

Turli faollikdagi zilzilalar vaqtida grunt tebranishlari xususiyatlarining miqdorli usullarini aniqlash. Bunda seysmik ta'siming muhandislik tavsifi, kutilayotgan tebranishlar, gruntning seysmik xarakteristikasi nazarda tutilgan;

Turli shaharlarda olib boriladigan ishlar vaqtida turli grunt sharoitlarining seysmik xavfi ma'lumotlarini tahlil qilish. Bundan maqsad bu ma'lumotlarni kuchli zilzilalarning makroseysmik ta'siri bilan solishtirish;

Maydonda yalpi seysmik izlanishlar olib borish;

Kesimning yuqori qismida faollikka ta'sirini mufassal o'rganish;

Ultratovush yordamida modellarda izlanish ishlarini olib borish.

8.7. Hududlarni mikroseyismik rayonlashtirishda olib boriladigan seysmik tadqiqotlar

O'zbekiston hududining ayrim yirik shaharlarini mikroseyismik rayonlashtirish uchun seysmik ballikning orttirmasini hisoblashda o'rtacha grunt 10 metr qalinlikda va $V_p=1100$ m/s, $\gamma=1,8$ t/m³ tabiiy namlik bilan qabul qilingan.

ΔJ ni hisoblash formulasi bo'yichafaqat gruntning seysmik xossalari S.V.Medvedevning quyidagi formulasi orqali ifoda etiladi:

$$\Delta I = 1,67 \log \frac{V_c \rho_c}{V_1 \rho_1} + k e^{-0,04 h^2}; \quad (8.8)$$

bu yerda $V_c \rho_c$ – «oʻrtacha grunt»ning seysmik qattiqligi; $V_1 \rho_1$ – kuzatilgan nuqtada gruntning seysmik qattiqligi; ke – gruntlarning koeffitsiyenti (gruntlarning tipiga qarab 0 dan 1 gacha boʻlgan qiymatda oʻzgaradi); h – yer sathidan grunt suvlar sathigacha boʻlgan masofa.

Gruntning seysmik jihatdan suyulish koeffitsiyenti 1 dan 10 gacha boʻlgan oraliqda xavfsiz hisoblanadi.

Choʻkindi jinslar qatlamlarning qalinligini hisoblash quyidagi empirik tenglamalardan foydalangan holda olib boriladi:

$$(8.9)$$

bu yerda: h – choʻkindi jinslar qatlamining qalinligi; f_0 – gruntning rezonansli chastotasi. Koʻndalang toʻlqinning tezligini (V_s) aniqlash uchun quyidagi ifodadan foydalanilgan:

$$T = 4h/V_s; \quad (8.10)$$

bu yerda: T – gruntning rezonansli davri; h – choʻkindi qatlamning qalinligi; V_s – koʻndalang toʻlqinning tezligi.

Shuningdek, siklik taʼsir ostida boʻlgan gruntning suyulish koeffitsiyenti:

$$(8.11)$$

bu yerda: A – H/V nisbatlari; F_p – gruntning asosiy chastotasi.

Seysmik toʻlqinlarning jadallik orttirmasini aniqlashda quyidagi tenglik ishlatildi:

$$\Delta J = 2,2 \cdot Lg (A_i / A_{in}) \quad (8.12)$$

bu yerda: A_i – o‘rganilayotgan punktdagi amplituda signali; A_n – tayanch nuqtadagi amplituda signali.

8.8. Mikroseysmik rayonlashtirish uslubiyoiti

Yer silkinishining qaytarilishi o‘rtacha chastotasi xarakteristikasi uchun, seysmologiya amaliyotida ikkita parametr ishlatiladi. Gutenberg-Rixter fundamental qonunida, energetik sinflar bo‘yicha yer silkinishlarning tarqalishi quyidagicha ifoda etiladi:

$$\begin{aligned} LgN_k &= A_{10} - \gamma (K - 10), \\ K &= LgE, K \leq K_{max} \end{aligned} \quad (8.13)$$

To‘g‘ri chiziqli ordinata $K=10$ ga teng bo‘lganda seysmik faollik A_{10} deb ataladi va burchak koeffitsiyenti grafigi takrorlanganligi γ seysmik bo‘laklangan muhit deyiladi.

Turli energiyali, o‘rtacha chastotali takrorlangan zilzilani aniqlash uchun Buxoro shahrida va uning yon atrofida seysmik faollikni va seysmik bo‘laklanganlik (A_{10} va γ)larni xaritalash va hamma seysmofaol zonalarda zilzilalarning qaytarilish parametrlarini aniqlash ko‘zda tutilgan. Maydon bo‘yicha seysmik faollik an‘anaviy usullar bilan aniqlangan, bunda xaritalashni umumlashtirish va ajratish usullaridan foydalanilgan.

8.9. Seysmik faollikni maydon bo‘yicha ajratish

O‘zbekiston hududidagi shaharlarning mikroseysmik xaritasini tuzishda seysmik faollik maydon bo‘yicha ajratilgan bo‘lib, bunda asosan 4 usuldan foydalanilgan.

Doimiy harakat bo‘yicha ajratish usuli. A_{10} ning qiymati formula bo‘yicha ishlab chiqilgan:

$$A = \sum \left(\frac{N C_{k_i}}{T_{k_i}} \right) \frac{1000}{S_m}, \quad (8.14)$$

bu yerda N_i – zilzila K_i sinfining miqdori, o'rganiladigan maydonda kuzatilgan S o'rtacha T_{ki} muddati orasida namoyon bo'ladi, ya'ni bu sinfning kuzatish muddati belgilangan;

$$C_{ki} = 10^{\gamma(K_i - K_0)} \quad (8.15)$$

bu yerda K_i ekvivalent sinfning koeffitsiyenti, K_0 sinfiga nisbatan; $10^{\gamma(K_i - K_0)}$ – energetik sinflar namoyon bo'lish miqdori, bular takrorlanish va faollashish xaritasi va grafigini tuzish uchun foydalaniladi.

Doimiy harakat bo'yicha umumlashtirish usuli. A_{10} ni xaritalash quyidagi formulada asoslangan:

$$A = \frac{N_{\Sigma}(-10^{-\gamma})}{10 - \gamma(K_{\min} - K_0)} \cdot \frac{1000}{ST}, \quad (8.16)$$

bu yerda $K_{\min}$ – energetik sinfning hisoblangan diapazoni sinfi.

Agar xaritalash kuzatish davrida o'tkazilsa, kam yoki teng minimal muddatga o'tkazilsa, unda zilzila episentrining umumlashgan qiymati hisoblanadi, o'rtacha qiymat zonasiga tushganlik hisobiga. Agar T davr muddati oshsa, ba'zi ko'rilayotgan K diapazonida hisob quyidagicha

$$P_i = T_{\min} / T_{ki}, \quad (8.17)$$

bu yerda $T_{\min}$, T_{ki} – energetik sinfning namoyon bo'lish vaqti $K_{\min}$, K_i (Yakovleva, 1979) quyidagi ifodaga muvofiq

$$= \sum P_i N_i, \quad T \text{ o'rniga } T_{\min} \text{ bo'lishi kerak.} \quad (8.18)$$

Doimiy aniqlik bo'yicha ajratish usuli. A_{10} ni xaritalash uchun foydalanilgan ifoda alohida tarkibdagi formulalar uchun quyidagi ko'rinishda o'zgartiriladi:

$$S = \pi r^2 = \frac{10^{\gamma(K_i - K_0)} N_i}{T_i A} \cdot 1000 \quad (8.19)$$

Bu formula bo'yicha maydonning radius r qiymati hisoblanadi, ya'ni berilgan episentr N_i qiymati atrofida aniqlanadi. Bu holatda A miqdori oldinroq beriladi. Xaritalash jarayonida $A10$ har bir K sinfi uchun alohida hisoblanadi. $A10$ ning oxirgi qiymati xaritalash joyiga alohida sinflar bo'yicha olingan natijalarni o'rtacha arifmetik hisoblash yo'li bilan olinadi.

Doimiy aniqlik bo'yicha umumlashtirish usuli. Bu holatda agar $A10$ ning qiymati hisobiga, T vaqt davridagi kuzatuvlarda ma'lumotlar keltirilgan bo'lsa, ya'ni barcha foydalanilgan energetik sinflari keltirilgan maydon radiuslarining berilgan $N\Sigma$ zilzila soni hisobi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$S = \pi r^2 = \frac{N_{\Sigma}(1-10^{-7})}{10-\gamma(K_{\min}-K_0)AT} \cdot 1000. \quad (8.20)$$

Agar xaritalash zilzila haqidagi ma'lumot bo'yicha har xil muddatlarda o'tkazilgan bo'lsa, har bir episentr uchun umumiy

$$P_i = T_{\min} / T_{k_i} \text{ kiritilgan.}$$

8.10. O'zbekiston hududlarining seysmikligi

Zilzilalar yer qobig'ining turli ko'lamdagi bloklarining o'zaro ta'sirlari va deformatsiyalanishi bilan bog'liq bo'lib, bizning mintaqada butun Pomir-Oloy va Tyanshan litosferasining dinamikasi bilan to'g'ridan to'g'ri bog'liqdir. Geodinamik va seysmik jarayonlarning rivojlanishida ma'lum bir makoniy-zamoniylar va energetik qonuniyatlar mavjud. Bu ular hududlarining geodinamik faolligi va seysmik xavfliligi bo'yicha differentsiatsiyalashga imkon beradi.

Kuchli zilzilalar o'choqlari aralash-quralash emas, balki bir tartibda, tezkor tektonik siljishlarga juda muvofiqlashgan cho'ziq va nisbatan tor zonalar – faol yoriqlar bo'ylab joylashgan. Bunday seysmik faol bo'lgan geologik strukturalarning joylashish o'rinlari, shuningdek ular tomonidan yer yuzasida yaratiladigan seysmodinamik rejim va seysmik harakatlarning mufassal tadqiqotlar predmeti hisoblanadi va seysmik rayonlashtirishning asosini tashkil etadi.

O'zbekiston hududlarida bir nechta seysmik faol zonalar mavjud bo'lib, ularni yo'nalish magnitudasi $M=5$ bo'lgan zilzilani yuzaga keltirish xususiyatiga ega bo'lgan, yer po'stidagi yirik tektonik yoriqlarning yo'nalishiga mos keladi. O'zbekiston hududi va unga qo'shni viloyatlari tarixi va hozirgi bosqichida bir necha marotaba magnitudasi $M=7$ va tebranish jadalliklari episentrda 9–10 ball bo'lgan zilzilalar bo'lib o'tgan. O'zbekiston hududining seysmik xavfsizligini ta'minlash muammosi juda dolzarb sanaladi.

Seysmik rayonlashirish – bu ham seysmik ta'sir ko'rsatishning jadalliklarini nisbiy makroseysmik shkaladagi ballarda, zilzilalarda gruntning maksimal tezlanishi qiymatlari yoki seysmik tebranishlarning spektral tavsiflari ko'rinishidagi fizik kattaliklarda ifodalangan seysmik xavfilikni xaritalashdir.

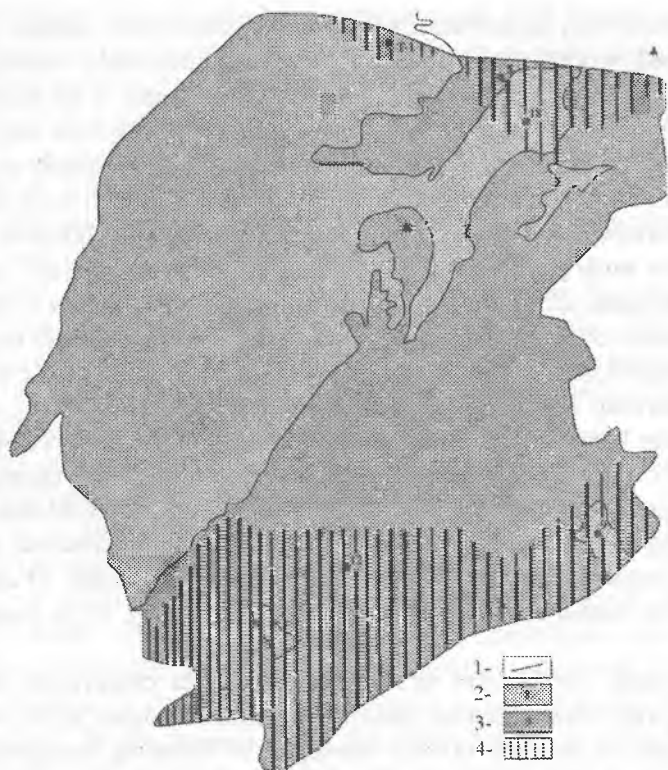
Oldiga qo'yilgan vazifalari, mufassal darajalari va xaritalash miqyosiga bog'liq holda bunday rayonlashtirish umumiy (USR, miqyosi 1:1000000 va mayda), mufassal (MSR, miqyoslari 1:500000–1:100000) va mikroseysmik (seysmik mikrorayonlashtirish – SMR, miqyosi 1:50000 va yirikroq) bo'ladi. USR – mamlakatning butun hududini egallaydi, MSR – alohida rayonlarning seysmik xavfiligini oydinlashtirish uchun qo'llaniladi. SMR – odatda shaharlar, yirik sanoat, gidrotexnik maydonlarni va shunga o'xshash seysmik mikrorayonlashtirishlarda foydalaniladi. Bunda noqulay grunt sharoitlari tufayli seysmik samaradorlik kuchlanishi muayyan omillari hamda mavjud bino va infratuzilmalarning qiymati va bog'liqliklari inobatga olinadi.

O'zbekiston hududida barcha seysmik faollikka qarshi chora-tadbirlarni o'tkazish uchun rasmiy tan olingan me'yoriy hujjat bo'lib O'zbekiston Respublikasining arxitektura va qurilish bo'yicha davlat qo'mitasining 2011-yilda tasdiqlagan umumiy seysmik rayonlashtirish USR-2011 xaritalar majmuasi xizmat qiladi. USR-2011 xaritalar majmuasi dunyo seysmologik fanining eng oxirgi yutuqlarini inobatga olgan holda tuzilgan. U ehtimoliy negizda respublikamiz hududlarida seysmik xavfilik tadqiq etilayotgan har uchastkasida zilzilada gruntning maksimal tezliklari qiymatlarining bir xil darajadagi o'lchovini makroseysmik ballarda hamda shkala bo'yicha (Yevropa makroseysmik shkalasi – EMS-98) o'tkazilishini ta'minlovchi sifatida tavsiflanadi.

O'zbekiston hududlarini seysmik rayonlashtirish xaritasi ikki bashoratlash moduliga asoslangan – seysmik tebranishlar manbayi modeli va ayrim manbalar majmuaviy seysmik o'zaro ta'sir modeli. Birinchi model doirasida seysmik faol zonalarining makonda tutgan o'rni aniqlanadi, ularning seysmik salohiyati baholanadi hamda ushbu zonalarda turli quvvat darajasidagi zilzilalarning o'rtacha uzoq muddatli qaytariluvchanligini tavsiflovchi parametrlar topiladi. Ikkinchi modelni bayon etish predmeti bo'lib, bevosita o'choq zonasidagi va undan turli darajada uzoqliklardagi berilgan quvvat darajasidagi o'choqning shakllanish chuqurliklari va silkinish turlari hamda seysmik manbalarining birgalikdagi seysmik samaradorliklari xizmat qiladi. Ko'rsatilgan modellarning har biri qayd etib bo'lingan zilzila va uning seysmik ta'siridan kelib chiqqan natijalarning namoyon bo'lishida aniqlangan makoniy va zamoniy hamda energetik qonuniyatlarga tayangan bashorat elementlariga ega. Seysmik faollikni baholashda zilzilalar manbayining modeli sifatida yer po'stining faol yoriqlar zonasida aniqlangan seysmik generatsiyalovchi zonalar ko'rib chiqiladi. O'zbekiston hududida kuchli zilzilalar ehtimoliy o'choqlarining 30 ta zonasi ajratilgan.

Seysmik xavfsizlikni ta'minlash maqsadida chaqirilgan seysmiklikka qarshi chora-tadbirlar zanjirining birinchi halqasi bo'lib, seysmik jarayonlar va seysmik ta'sirlar namoyon bo'lishining fundamental qonuniyatlarini har tomonlama va chuqur tadqiq etish asosida umumiy seysmik rayonlashtirish xaritasini yaratish hamda uning negizida hududlarimizdagi haqqoniy seysmik xavflarni bashoratlash hisoblanadi. Zamonaviy ilmiy va amaliy yondashuvda seysmik xavf tushunchasi – bu ma'lum vaqt oralig'ida berilgan seysmik ta'sir jadalliklarining oshib ketish ehtimolidir.

Toshkent hududining seysmikligi. Oxirgi 150 yil oralig'ida shahar va uning hududlarida bo'lib o'tgan zilzilalar haqidagi tarixiy va zamonaviy ma'lumotlarning tahlili shahardagi silkinishlarning chegaraviy jadalliklari 8 balldan oshmaganini ko'rsatadi. Bunda 8 balli silkinishlar o'rtacha 100–150 yilda bir marotaba, 7 ballilar – 25–30 yilda bir marotaba, 6 ballilari esa 3 yilda bir marotaba bo'lishi mumkin. Kuchsizroq, ammo seziluvchan silkinishlar tez-tez bo'lib turadi. Ularning soni yiliga 10 tadan oshib ketishi mumkin.



8.7-rasm. Toshkent shahri seysmik mikrorayonlashtirish xaritasi (2014).
Miqyosi 1:33000: 1 – turli ballardagi hududlarning chegaralari; 2 – jadalliklari 8 ball bo‘lgan hududlar, 3 – jadalliklari 9 ball bo‘lgan hududlar, 4 – 2014-yilda seysmik mikrorayonlashtirish bajarilgan qo‘shimcha maydonlar.

Hududlarni seysmik mikrorayonlashtirish xaritasiga ko‘ra, shahar 8 va 9 balli zonalarga bo‘lingan. Tarixiy ma’lumotlarga asosan Toshkent shahri hududida bir necha marotaba mahalliy va yirik masofadagi kuchli zilzilalar bo‘lib o‘tgan. Barcha ma’lum zilzilalardan eng seysmik jadallashgani sifatida shahardan 20–30 km masofada, 1868 va 1886-yillarda bo‘lgan $M=6,5$ va $M=6,7$, shuningdek 1946-yilda shahardan 200 km masofadagi Chotqololdi zonasida bo‘lib o‘tgan $M=7,6$ tarixiy zilzilalari aniqlangan.

1966-yilning 26-aprel kuni sodir bo'lgan Toshkent zilzilasi natijasida Toshkent markaziy qismidagi 2 million kvadrat metr turar-joy ins-hootlarining barchasi butunlay buzilib ketgan. Hozirgi paytda Toshkentdagi seysmik faol zonasi o'zining navbatdagi seysmik faollashuv bosqichiga kirayotgani to'g'risida bevosita Toshkent shahri chegaralarida bo'lib o'tgan (2008-yilning avgusti, 2010-yilning yanvari va boshqalar) bir qator sezilarli zilzilalar guvohlik bermoqda.

Tayanch iboralar:

Seysmik rejim, seysmik potensial, makroseysmik intensivlik, seysmik rayonlashtirish, deformatsiyalanish, geodinamik va seysmik jara-yon, Pomir-Oloy, Tyanshan litosferasi.

Nazorat savollari:

1. Seysmik rejim deganda nimani tushunasiz?
2. Seysmik potensial haqida tushuncha bering.
3. Makroseysmik intensivlik haqida tushuncha bering.
4. Seysmik rayonlashtirish xartasining tez-tez qaytadan tuzilishiga sabab nima?
5. Seysmik rayonlashtirishning qanday turlari mavjud? Ularni ta'riflang.
6. O'zbekiston hududining seysmikligida Pomir-Oloy va Tyanshan litosferasi plitalari qanday ahamiyat kasb etadi?
7. O'zbekiston hududida faol seysmik zonalar mavjudmi?
8. O'zbekiston hududi seysmik rayonlashtirish xartasi bo'yicha nechta boshqarilash moduliga asoslangan va ular qaysilar?
9. Seysmik faollik qanday baholanadi?

IX BOB.

SEYSMOLOGIYA MUAMMOLARI.

ZILZILANI PROGNOZLASH

Prognozlash. Radon emissiyasi. Geodinamik poligon. Elektrometriya, DEZ, impulsli elektromagnit maydon, pyezoelektrik effekt. Geomagnit darakhchilar. Kosmik surat. Lineament. Radar. Relyefning raqamli modeli. Radiolokatsion tasvirlash.

9.1. Zilzilani prognozlash bo'yicha olib borilgan tadqiqot ishlari

Zilzilani prognoz qilish seysmologiyaning eng dolzarb vazifalaridan biridir. Zilzilani prognozlash (bashoratlash) deganda berilgan muddat ichida bo'lajak zilzila va xususan, berilgan mintaqadagi kelasi kuchli zilzilaning sodir bo'lish vaqti, joyi va magnitudasini oldindan aytib berish tushuniladi. Bunda zilzilani taxmin etish amaliyoti tushunilmasligi kerak, chunki taxminlash berilgan mintaqada kelajak bir necha yil ichida zilzila sodir bo'lishi ehtimolligini aniqlash bo'lib, aniq natija berishni o'z oldiga vazifa qilib qo'ymaydi. Zilzilaning hosil bo'lish joyi va uning maksimal kuchi ehtimolini aniqlash borasida geologik, tektonik, tektonofizik, seysmotektonik usullar mavjud. Ular seysmiklikning turli xil mezonlari yoki belgilarini o'rganishga asoslangan. Zilziladan ogohlantirish tizimi ham zilzila bashorati emas, chunki bunday tizim zotan sodir bo'lgan zilzilani qayd etib, u qo'shni mintaqalarga yetib borganicha ularni bir necha soniya oldindan ogohlantirish uchun ishlatiladi. Foydali bo'lishi uchun zilzila bashorati tayyorgarlik ko'rish va faoliyat to'xtatilishiga ketadigan sarf-xarajatlar bekor bo'lmasligini kafolatlaydigan darajada aniq bo'lishi lozim. Aks holda soxta bashoratlar nafaqat iqtisodiy zarar keltiradi, balki bunday bashoratga ishonchni kamaytirib, samarasiga jiddiy putur yetkazadi. 1970-yillarda olimlar orasida zilzilalarni bashoratlash usuli ishlab chiqilishi mumkin, degan fikr kuchaygan edi, biroq 1990-yillarga kelib davom etayotgan muvaffaqiyatsizlik ko'p olimlarni zilzilani bashorat qilishning

umuman iloji bormi, degan savolga olib keldi¹. Bugunda ayrim olimlar yetarli resurslar bilan zilzilalarni bashorat qilish mumkin, deyishsa, boshqa olimlar bunday bashoratlarni amalga oshirishning hech qanday iloji yo'q, degan fikrda². Harakatlar zilzilalarini bashorat qilishning samarali usuli haligacha mavjud emas, biroq bunday usullar ishlab chiqish uchun muttasil izlanishlar olib borilmoqda. Bu urinishlar quyidagilarga asoslangan: hayvonlar xatti-harakati, zilziladan oldin hayvonlarning o'zini tutishida o'zgarishlar kuzatiladi, degan fikrlar bayon qilingan. Biroq bu fikr o'zini to'liq oqlamagan. Masalan, 1992-yili Kaliforniyadagi 7,3 magnitudali Landers zilzilasi episentridan 100 km uzoqda chumolilar ustidan o'tkazilayotgan tajriba paytida chumolilarning zilzilani na oldindan, na keyin sezgani kuzatildi³. Kemiruvchilar bilan o'tkazilgan boshqa tajribada esa g'ayrioddiy xatti-harakat qayd etilgan, biroq kemiruvchilarning bunday harakatlari zilzila emas, balki boshqa omillar tufayli bo'lgani aniqlandi⁴. Lekin 2011-yilgi 5,8 magnitudali Virjiniya zilzilasidan 5–10 soniya oldin Vashington hayvonot bog'idagi ba'zi hayvonlar bezovtalangani kuzatilgan; lekin bu zilzilani oldindan sezish belgisi bo'lmay, odamlar sezmagan kuchsiz birlamchi R-to'liqini sezgani tufaylidir, bu birlamchi to'liqin ketidan bir necha soniya o'tib kuchli ikkilamchi S-to'liqin yetib keldi⁵. Vp/Vs farqi seysmologiyadagi yana bir usul Vp (p – to'liqin tezligi) va Vs (s – to'liqin tezligi) nisbati o'zgarishini qayd etishga asoslanadi. Bu nisbatan tosh qobiq siqilayotgan paytda o'zgaradi, deb tax-

¹ Console, R. (30 August 2001), «Testing earthquake forecast hypotheses», *Tectonophysics* 338(3–4): 261–268.

² Nature Debates. *Nature* (25-fevral 1999).

³ Lighton, John R.B.; Duncan, Frances D. (15 August 2005), «Shaken, not stirred: a serendipitous study of ants and earthquakes», *Journal of Experimental Biology* 208: 3103–3107, doi:10.1242/jeb.01735, <http://jeb.biologists.org/content/208/16/3103.full.pdf> 9.

⁴ Robert G.; Skiles, Durward; Hayden, Page (1981), «Can animals predict earthquakes? A search for correlations between changes in activity patterns of two fossorial rodents and subsequent seismic events», *U.S. Geological Survey Open-File Report* 81-385, <http://pubs.usgs.gov/of/1981/0385/report.pdf> 10.

⁵ Miller, Sunlen; Patrick, Maggy; Capatides, Christina (24 August 2011), *Sixth Sense? Zoo Animals Sensed Quake Early*, ABC News, <http://abcnews.go.com/Travel/east-coast-earthquake-animals-zoos-reacted-temblor-egan/story?id=14371679>:11.

min etilgan. Bu usulga tayanib birgina 1973-yilgi 2,6 magnitudali Nyu-York zilzilasi muvaffaqiyatli bashorat qilingan¹. Bu usul bilan boshqa zilzilalarni oldindan aytishga urinishlar samarasiz chiqdi.

Radon emissiyasi tog' jinslarining aksariyati kichik miqdorda normal atmosfera gazlaridan izotopik farqlanuvchi gazlarni o'zida saqlaydi. Katta zilziladan oldin tog' jinslari darzlanib, gazlar emissiyasi kuzatilgan. Bu gazlardan biri radon bo'lib, u tog' jinslaridagi asorat uran radioaktiv parchalanishi natijasida kelib chiqadi. Radon emissiyasini kuzatish nisbatan qulay, chunki uning radiofaolligi va yetarli davom etuvchi yarim yemirilish davri (3,8 sutka) bilan xarakterlanadi. Biroq radon emissiyasi usulining jiddiy kamchiligi shundaki, u na aniq joy (xatoligi ming kilometrgacha), na aniq vaqt (xatoligi bir necha oygacha) va na aniq magnitudani ko'rsatadi².

9.2. O'zbekiston hududida zilzilani prognozlash bo'yicha olib borilgan ayrim tadqiqot ishlarining natijalari

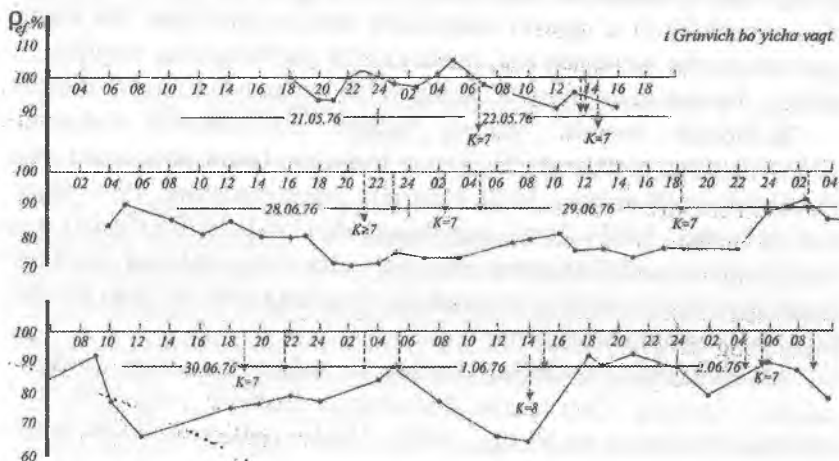
Zilzilalarni prognoz qilish muammosi fundamental asosining rivojlanishiga zalvarli hissa bo'lib, o'zbek seysmologlari tomonidan tabiatdagi zilzilalarning tayyorlanish jarayonlariga bog'liq avval noma'lum bo'lgan quyidagi hodisalarning kashf etilishi bo'ldi: «Zilzilalarda yerosti suvlarining gaz va komponent tarkibining o'zgarishi», «Zilzilalar tayyorlanishining so'nggi bosqichida elektromagnit nurlanishlar», «Tayyorlanayotgan zilzila o'chog'i ustida ionosfera elektron qatlamlari modifikatsiyalari». Ularni ko'plab mamlakatlar geofiziklari e'tirof qildilar. Tadqiqotlar natijalarini amalda qo'llash maqsadida seysmogeodinamik poligonlar tashkil etildi, zilzilaning geologik-geofizik maydonlar majmuyidagi darakhchilarini qayd qilish uchun uzluksiz kuzatuv stansiyalari tarmog'i yaratildi, qator zilzilalar prognoz qilindi.

¹ Aggarwal, Yash P.; Sykes, Lynn R.; Simpson, David W.; Richards, Paul G. (10 February 1975), «Spatial and Temporal Variations in P-Wave Residuals at Blue Mountain Lake, New York: Application to Earthquake Prediction», *Journal of Geophysical Research* 80(5): 718–732.

² International Commission on Earthquake Forecasting for Civil Protection (30 May 2011), «Operational Earthquake Forecasting: State of Knowledge and Guidelines for Utilization», *Annals of Geophysics* 54(4): 315391, doi:10.4401/ag-5350, <http://www.annalsofgeophysics.eu/index.php/annals/article/download/5350/5371>

Zilzilalarni prognoz qilishda Yerning sun'iy va tabiiy, doimiy va davriy elektr maydonini tadqiq etishga asoslangan elektrometriya usullaridan keng foydalaniladi. Ular orasida dipol qurilmalari modifikatsiyasidagi dipolli elektr zondlash (DEZ) usuli keng miqyosda ishlatiladi. DEZ usulining nazariy asoslari va undan turli xil geologik-geofizik masalalar yechishda amaliyotda foydalanish jihatlari ancha avval ishlab chiqilgan (Zaborovskiy, 1965).

O'zbekiston hududidagi geodinamik poligonlarda elektrometrik tadqiqotlar 1968–1990-yillarda amalga oshirilgan (Электрические и магнитные предвестники, 1983). Bu yo'nalishdagi sezilarli ko'zga tashlanuvchi tadqiqotlardan biri 1976-yilda Gazli zilzilasi episentrida amalga oshirilgan. Bu tadqiqotlardan asosiy maqsad – Gazli zilzilasi aftershok faoliyati bilan bog'liq bo'lgan elektr qarshilik o'zgarishlari xususiyatlarini aniqlashga qaratilgan edi. Quyidagi 9.1-rasmda 1976-yildagi Gazli zilzilasi davrida episentrida bo'lgan Qoraqir uchastkasida effektiv qarshilik qiymatlarining sutkalik o'zgarishlari keltirilgan.



9.1-rasm. Qoraqir (episentr) uchastkasida ρ_{ef} effektiv qarshilikning sutkalik o'zgarishlar grafigi¹.

¹ Газлийские землетрясения 1976 г. Геолого-геофизическая природа очагов. –М.: Наука, 1984. –С. 200.

Keyin esa Tomdibuloq hududida yer qobig'idagi jadal tektonik jarayonlar bilan bog'liq bo'lgan tog' jinslarining elektr qarshiligining vaqt bo'yicha o'zgarishlari o'rganilgan. Tektonik jarayonlar yer sathida vaqt mobaynida tezkor rivojlanuvchi darz ketishlar jarayoni sifatida qayd qilindi. Shunday maqsadlardagi tadqiqotlarni 1977-yilda Farg'ona poligonining sharqida, Janubiy Olamushuk hududida I. Mahkamjonov va boshqalar amalga oshirishdi.

Toshkent geodinamik poligoni hududida elektrometrik tadqiqotlar 1975–1987-yillar davomida, Chorvoq suv ombori hududida amalga oshirilgan. Bu tadqiqotlarning asosiy maqsadi – suv omborida suv sathi o'zgarishlarini suv ombori hududidagi samarali elektr qarshilik variatsiyalaridagi lokal o'zgarishlarni aniqlashdan iborat bo'lgan (Mahkamjonov va boshq., 1986).

Va nihoyat, 1979–1980-yillar davomida elektrometrik tadqiqotlar Farg'ona poligonida (Xo'jaobod tumani, Shirmonbuloq qo'rg'oni) yer qobig'idagi geodinamik jarayonlar bilan bog'liq bo'lgan tog' jinslari elektr qarshiligini o'rganish maqsadida amalga oshirilgan. Bu bajarilgan tadqiqotlar natijasida tog' jinslari elektr qarshiligining xarakteri, jaddalligi, davomiyligi bo'yicha farqlanuvchi variatsiyalari qayd qilingan.

Ta'kidlash lozimki, yanada batafsil elektrometrik tadqiqotlar 1960-yillarning o'rtalarida Tojikiston hududida Garm poligonida amalga oshirilgan (Barsukov, 1970, Прогноз землетрясений, 1989; Barsukov va boshq., 1973). Uzoq vaqt davomida (1967–1973-yillarda) tuyuluvchi elektr qarshiliklarning vaqt bo'yicha o'zgarishlarini muntazam kuzatishlar natijasida ularning mahalliy hududda sodir bo'lgan zilzilalar bilan bog'liqligi aniqlangan.

1980-yillarning boshidan boshlab bu tadqiqotlar yangi qurilma – uslubiy darajada Qirg'iziston hududidagi Bishkek poligonida tashkil etildi (Voliyxin va boshq., 1993). Ushbu poligonda ikkita magnitogidrodinamik (MGD) generator o'rnatilgan. Biroq past qarshilikka ega bo'lgan dipolni hosil qilish qiyinchiliklari MGD generatorlarning mavjud imkoniyatlaridan to'liq foydalanish imkonini bermagan. Shuning uchun elektromagnit zondlash ishlarining asosiy qismi kondensator batareyalaridan foydalanilgan holatda, shuningdek elektr tarmog'i liniyasidan tanlangan quvvatga ega bo'lgan turli xildagi elektroimpuls tizimlaridan foydalanilib amalga oshirilgan. Generator qurilmalari quv-

vatini va o'lov vositalarining o'lov aniqliklarini oshirish tadqiqotlar chuqurligini 10–15 km gacha oshirish imkonini bergan. Olingan natijalar asosida geofizik maydonlarning yer shari qobig'idagi turli makoniy miqyosdagi deformatsiya jarayonlari bilan bog'liq bo'lgan variatsiyalari to'g'risida muhim xulosalar qilingan. Hozirgi kunda Bishkek poligonida yer qobig'idagi deformatsiyalarning fazomakon bo'ylab taqsimlanishini elektromagnit usullari yordamida, xususan, magnitotellurik zondlash usuli yordamida tadqiq etish ishlari bajarilmoqda (Shelochkov va boshq., 2006).

Gretsiya hududida, ayniqsa, elektromagnit stansiyalar tarmog'i yaxshi rivojlangan bo'lib, ular yordamida ko'plab zilzilalar uchun darakchi anomalialar aniqlangan (Eftaxias et al., 2000).

AQSH hududida bir qator olimlarning bu yo'nalishdagi tadqiqotlarga ishonchsizlik bilan qarashi, ya'ni skeptitsizm kayfiyatidagi fikrlariga qaramasdan, ma'lum hududlarda sodir bo'luvchi zilzilalar kuchi va vaqtini ilmiy asoslarda prognoz qilishda elektromagnit maydon xususiyatlarini majmuaviy o'rganish ishlari davom ettirilmoqda (Geller et al., 1997).

Tog' jinslarining tabiiy impulsli elektromagnit nurlanishlari

Yer q'rida elektr razryadlari hosil bo'lish imkoniyatlari va bu hodisalarning zilzilalarning tayyorlanish jarayonlari bilan bog'liqligi haqidagi dastlabki fikrlar 1970-yillarda nashr etilgan [Vorobyov, 1970; Vorobyov va boshq., 1976]. Keyinchalik sodir bo'luvchi zilzilalar vaqtlarini tabiiy impulsli elektromagnit maydon ko'rsatkichlarining (TIEMM) o'zgarishi bo'yicha prognoz qilish imkoniyati qayd qilingan (Mavlyanov va boshq., 1979; Vorobyov, 1979).

Zilzilaning bu yangi darakchisi birinchi marta 1972–1973-yillarda Toshkent poligonida topildi. Ma'lum bo'lishicha, yer qimirlashidan bir necha kun oldin zilzila o'chog'idan impuls elektromagnit to'lqinlari ajralib chiqarilgan ekan. Ajralib chiqayotgan impulslar ma'lum chashtotaga va kuchlanishga ega bo'lib, oddiy radiopriyomniklar yordamida qabul qilinishi va o'lov asboblari voltmetr yoki boshqa potensiometrklar yordamida yozib olinishi mumkin. Impulslar deyarli barcha

radioto'lqinlar chastotasida uchraydi, lekin eng ko'p impulsar 10–15 kilogers chastotasida ajralishi aniqlandi. Zilziladan oldin impulsarning ham soni, ham amplitudasi keskin o'zgaradi. Oddiy tinch kunlarda impulsarning soni soatiga 10 tadan 100 tagacha bo'lsa, zilziladan oldin yuz ming va hatto millionga yetadi. Amplitudasi esa 4–5 martaga ortadi. Yangi usulning afzalligi shundaki, zilziladan oldin uning o'chog'i bamisoli radiostansiyani eslatadi.

Yerdan ajralib chiqayotgan impulsarni bamisoli radioto'lqinlarni qabul qilgandek yozib olish mumkin. Yana bir afzalligi shundaki, impulsar oldin yerda hosil bo'ladi va keyin xuddi radioto'lqinlar singari havoda tarqalishi mumkin. Kuzatishlar shuni tasdiqladiki, zilzila o'chog'i tarqalayotgan signallarni 1000–1200 kilometrgacha bo'lgan masofada yozib olish mumkin. Ularni yerning sun'iy yo'ldoshlari yordamida ham aniqlash mumkin.

Bu usulning yaratilish tarixi ham ancha chiziq. 1966-yilgi Toshkent zilzilasi dan keyin shahar markazida chuqurligi 500 m bo'lgan hudud qazildi va u yerda seysmopriyomniklar yordamida mayda zilzilalar yozib olinib boshlandi. O'sha davrda Toshkent zilzilasi juda ko'p takrorlanib turgan. 1966–1969-yillarda 3 mingga yaqin zilzila ro'y bergan. Ana shu takroriy zilzilalarning bir nechtasidan avval hududda tushirilgan kabelda g'alati voqealar kuzatildi. Kuchlanish manbalariga ulanmasa ham kabelda juda katta elektr kuchlanishlari sezildi. Hattoki quduqqa tushirilgan kabeldan kuchli pishillagan tovush eshitilgan. Ko'p qavatli kabelning qavatlari o'z-o'zidan izolatsiyasini kuydirib bir-biriga ulanib qolgani kuzatildi. Hisoblashlar hududda tushirilgan kabelga 5–10 kilovolt kuchlanish ta'sir qilganini ko'rsatdi. Shundan so'ng Toshkent poligonida Tomsk politexnika instituti xodimlari bilan birgalikda kuzatish ishlari boshlab yuborildi. Kuzatishlar tezda ijobiy natija berdi. Chorvoq suv ombori yaqinidagi shtolnyada va Yangibozor rasadxonasida 4–5 balli zilziladan 1–2 sutka oldin yerning tabiiy impuls elektromagnit maydonida odatdan tashqari kuchli o'zgarishlar ro'y berdi. Ana shu dastlabki olingan natija va undan keyingi kuzatish natijalari 1974-yilning may oyida Toshkentda o'tkazilgan zilzila darakchilarini qidirib topishga bag'ishlangan yirik xalqaro anjumanda ma'lum qilindi.

O'sha davrgacha yer qobig'ida kuchli elektr maydonlari hosil bo'lishi mumkinligi haqida ko'pgina moskvalik olimlarning laborato-

riya tajribalaridan va tomsklik A.A.Vorobyovning nazariy ishlaridan ma'lum edi. Lekin shunisi diqqatga sazovorki, yer qa'ridan kuchli elektr signallari ajralib chiqishi Toshkentdagi tajribalarda tasdiqlandi. Hattoki professor A.A.Vorobyovning «Yerosti momaqaldiroqlari» nazariyasi bo'lib, bu nazariyaga asosan yerda nihoyatda kuchli elektr maydonlari hosil bo'ladi va bu hosil bo'lgan kuchli elektr maydonlari yerda zilzila sodir bo'lishiga sababchi deb hisoblanardi. Albatta, zilzilani keltirib chiqaradigan asosiy kuch tektonik harakatlar deb hisoblangan va hozir ham shunday hisoblanadi. Elektr maydonlari zilzilani hosil qilolmaydi. Shunga qaramay Toshkentda olingan natijalar A.A.Vorobyov nazariyasining birinchi qismi to'g'ri ekanligini, ya'ni zilziladan avval uning o'chog'ida kuchli elektr maydonlari hosil bo'lishini isbotladi, desak bo'ladi.

TIEMM yo'nalishidagi tadqiqotlar 1980-yillarda keng rivojlandi. Bu yo'nalishdagi tadqiqotlar O'rta Osiyo, Kavkaz, Qozog'iston, Uzoq Sharq, G'arbiy Ukraina hududlarida amalga oshirilgan. Shuningdek, bu yo'nalishdagi majmuaviy tadqiqotlar zilzilalarni prognoz qilish maqsadlarida AQSH, Yaponiya, XXR va boshqa seysmik faol hududlarda amalga oshirilgan.

Tabiiy impulsli elektromagnit maydon (TIEMM, qisqartirilgan holatda – EMI – elektromagnit impuls) variatsiyasining zilzilalar bilan bog'liqligini tadqiq etish Toshkent, Farg'ona, Qizilqum geodinamik poligonlarida amalga oshirilgan. EMI variatsiyalarini kuzatishlar stasionar punktlarda va 1974-yilgi Oloy, 1976 va 1984-yillardagi Gazli, 1980-yilgi Nazarbek, 1982-yilgi Chimyon zilzilalari episentral zonalarida amalga oshirilgan (Электрические и магнитные предвестники землетрясений, 1983).

Turli tadqiqotchilar tomonidan aniqlangan EMining darakchi effektlari elektromagnit tebranishlarning ikkita sohasida joylashgan. Birinchi soha juda uzun va uzun to'liq radiodiapazonlarda (to'liq uzunligi yuzdan dastlabki ming metrlargacha, chastotasi bir necha mingdan million gersgacha), ikkinchi sohasi esa – ko'rinuvchi nur sohasida joylashgan.

Elektr effektlar tabiati bo'yicha umumiy qabul qilingan fikrlar hozirgi kunda mavjud emas. Yer qobig'ida yuqori elektr maydonlarning paydo bo'lishi to'g'risidagi faraz A.A.Vorobyov tomonidan keltirilgan

(1970). Uning fikricha, tog' jinslari razryadlanganda ajralib chiqadigan energiya qiymati $1,44 \cdot 10^{16}$ erg gacha yetishi mumkin. Razryad bir zumdada, 10^{-7} s davomida yuz bergani sababli uning oniy quvvati 10^{20} W gacha yetishi mumkin.

M.B.Goxberg, I.L.Gufeld, I.P.Dobrovolskiy (1980) elektromagnit effektlarning manbalariga zilzila o'chog'idagi mexanoelektrik jarayonlarni (pyezoelektrik effekt, Stepanov effekti, ikki elektr qatlamlarining ishqalanishida, buzilishida va uzilishidagi elektrlanish jarayonlari) va elektrokinetik hodisani va uyurmali elektr maydonlarni kiritishdi.

Pyezoelektrik effektga ega bo'lmagan qator materiallarda (NaCl, KCl, LiF, AgCl, MgO, CaF₂, dala shpatlari va boshqalar) elektr zaryadining hosil bo'lishi A.V.Stepanov tomonidan kashf etilgan. Bu hodisa eng keng tarqalgan tog' jinslarida – dala shpatlarida batafsil tadqiq etilgan (Shevsov va boshq., 1975).

K.N. Abdullabekov va boshqalarning (1982) tadqiqot ishlarida EMI variatsiyalarining dala sharoitida kuzatuv natijalari, tog' jinslarining mexanoelektrik xususiyatlarini laboratoriya sharoitlarida o'rganish ishlari natijalari zilzilalar o'chog'i fizikasi to'g'risidagi zamonaviy tushunchalardan kelib chiqib tizimlashtirilgan va umumlashtirilgan. Keyingi tadqiqotda (Поиск электромагнитных предвестников, 1988) zilzilalarning elektromagnit darakchilarini qidirish bo'yicha tajriba ishlarining asosiy natijalarining sharhi berilgan. Bunda elektromagnit darakchilari manbalarining fizik modellari ko'rib chiqilgan. Yer qobig'ida elektromagnit hodisalarning qo'zg'alishi jarayonlarini modellash bo'yicha natijalar keltirilgan.

Zilzilalarning impulsli elektromagnit darakchilari katalogi (1991) tuzib chiqilgan. Yer sharining seysmik faol regionlaridagi kuzatishlar va zilzilalar hududlari ustida sun'iy yo'ldosh orqali kuzatishlar natijalari keltirilgan.

Impulsli elektromagnit maydonning (EMI) darakchi o'zgarishlarining xarakteristikalarini tadqiq etish tabiiy va sun'iy xalal beruvchi omillar sharoitlarida o'tkaziladi. Tabiiy omillarga momaqaldirloqlar faoliyati, atmosfera va geliogeofizik sharoitlarga bog'liq bo'lgan meteorologik va magnitosfera-ionosfera jarayonlari kiradi. Sun'iy omillar sanoat qurilmalari va radioaloqalar tizimlarining ishlashi natijasida hosil bo'ladi.

Darakchi EMI hodisalarini aniqlash uchun qabul qilish nuqtasida o'rganilayotgan chastotalar diapazonida yuzaga keluvchi xalal beruvchi omillarning xususiyatlarini sinchiklab o'rganish talab qilinadi. Seysmik tabiatdagi anomal nurlanishlar mavjudligi to'g'risidagi qaror kuzatilayotgan signalning xususiyatlari xalal beruvchi omillarning xususiyatlaridan farq qilganda qabul qilinadi.

Magnitometrik kuzatuv natijalari bo'yicha zilzilani prognozlash

Magnit maydonining o'zgarishlari bilan zilzilalar orasidagi bog'lanish seysmologiya institutida 1967-yildan boshlab o'rganila boshlandi. Tadqiqotlar bir nechta yo'nalishda olib borildi. Dastlab Toshkent zilzilasi uchun yer magnit maydoni qanday qiymatga o'zgarishi mumkinligi hisoblab chiqildi. Hisoblashlar Toshkent zilzilasi uchun magnit maydonining o'zgarishi 20–25 nanoteslani tashkil qilishi mumkinligi aniqlandi.

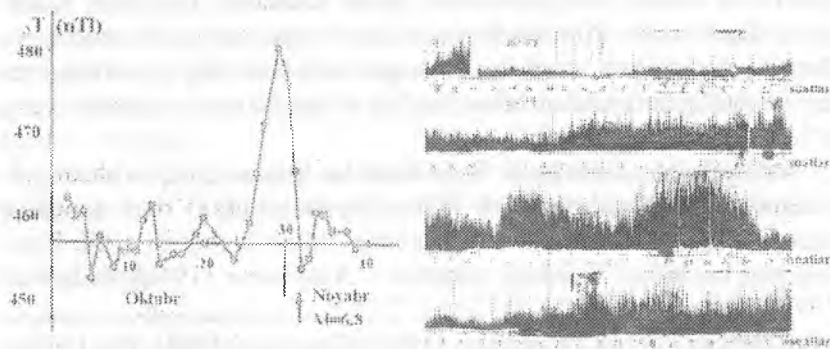
Nazariy hisoblar bilan bir qatorda laboratoriya sharoitida tog' jinslari magnitlik xossalari bosim va harorat ta'sirida o'zgarishlari aniqlandi. Tadqiqotlar O'zbekiston sharoitidagi tog' jinslarining qo'shimcha bosim va haroratga o'ta sezgirligini ko'rsatdi. Ana shu nazariy va amaliy tadqiqotlardan keyin Toshkent, Farg'ona, Qizilqum poligonlarida, Poltoratsk yerosti sun'iy gaz saqlagich atrofida va Chorvoq suv ombori atrofida yer magnit maydonining yerostidagi tabiiy va sun'iy jarayonlari bilan bog'liq o'zgarishlarni o'rganish keng ko'lamda boshlab yuborildi.

Natijalar uzoq kuttirmadi. Birin-ketin bir-biridan qiziq va ahamiyatli natijalar olinib boshladi. 1968–1990-yillar davomida O'zbekistonda va unga tutashgan hududlarda turli kuchdagi zilzilalar bo'lib o'tdi. Ularning eng kuchlilari Toshkent yaqinida – Abaybozor (1971), Xalqobod (1972), Tovoqsoy (1977), Nazarbek (1980); Farg'ona vodiysi atrofida Isfara-Botken (1977), Haydarkon (1977), Chimyon (1982), Pop (1984), Oloy (1978) va boshqalar; Qizilqumda 1976 hamda 1984-yilgi Gazli zilzilalari va boshqalar. Ana shu va boshqa zilzilalardan avval magnit maydonining o'rtacha davrli va qisqa muddatli yuzlab o'zgarishlari aniqlandi.

Bulardan tashqari, yerosti sun'iy gaz saqlagich maydonida hamda Chorvoq suv ombori hududida ham magnit maydonining qo'shimcha bosim tashkil qiluvchi texnogen jarayonlarga bog'liq o'zgarishlari aniqlandi.

Bu tajribalardan tashqari, muhim ahamiyatga ega bo'lgan yana bir tadqiqot bajarildi. Yer magnit maydonining yer qobig'idagi jarayonlar bilan bog'liq o'zgarishlarini ajratish maqsadida yer yuzidagi 160 ga yaqin magnit rasadxonalarining keyingi yuz yillik o'lchash natijalari o'rganib chiqildi. Yer yuzining seysmik va tektonik jihatdan eng faol qismlarida joylashgan magnit rasadxonalarida qiymati 50–70 nanoteslaga teng magnit maydonining o'zgarishlari topildi, ular turli regionlardagi seysmik faollik bilan bog'langanligi aniqlandi.

20 yildan ortiq davmi o'z ichiga olgan magnit maydonining zilzilalar bilan bog'liq o'zgarishlarini tadqiq qilish asosida magnit maydonining zilziladan avval bo'lgan o'zgarishlarining vaqt va maydondagi qonuniyatlari topildi. Bu qonuniyatlar asosida zilzilalarni oldindan aytib berishning bir nechta usullari ixtiro qilindi. Bu usullar 1980–1990-yillarda 20 dan ortiq stansiyalarda tajribada sinab ko'rilganda ular yordamida zilzilalarni taxminan 70 foiz aniqlikda oldindan aytib berish mumkinligi aniqlandi.



9.2-rasm. Geomagnit maydon va EMFning 1978-yilning 1-noyabridagi Oloy zilzilasi ($M=6,8$) bilan bog'liq bo'lgan anomal o'zgarishlari.

So'nggi yillarda turli geofizik va geologik ko'rsatkichlarning o'zaro bog'liqliklariga asoslangan formallashgan usullar yaxshi natijalar bermogda. Bunda seysmiklik bilan bog'liq bir qancha ko'rsatkichlar EHM larda turli xil dasturlar (programmalar) yordamida yer qobig'ining bir-biriga yaqin bo'lgan turlarini ajratib beradi va ularning seysmiklik bilan birgalikda qilinadigan tahlili yordamida xaritalar tuziladi. Yuqoridagi usullarning rivojlanishi hozirgi vaqtda zilzila joyini va berilgan hududda maksimal kuchini prognoz qilish uchun ancha ishonchli asos deb qaralmoqda.

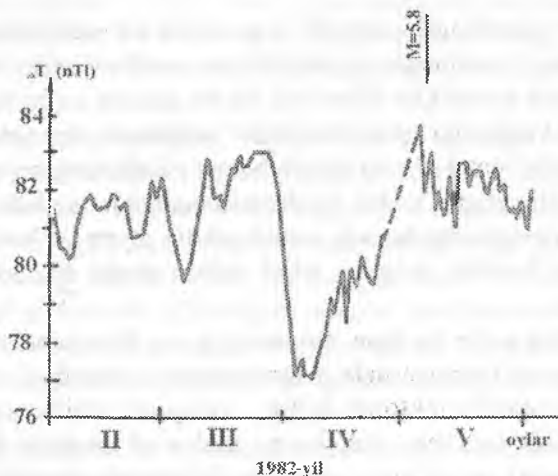
2013-yilda sodir bo'lgan Tuyabo'g'iz va Marjonbuloq zilzilalaridan so'ng tashkil etilgan dala magnitometriya otryadiga zilzilalar episentri maydonlarida tektonik birlik – orogenli platformadan (Turon plitasi) ajratib turuvchi chegaraviy hudud (I darajali dislokatsiya) hamda birinchi va ikkinchi darajali dislokatsiyalarning kesishgan zonalarida qayta magnitometrik kuzatuv punktlarini tashkil qilish vazifasi yuklatildi.

Hozircha, dastlabki episentral ishlarni o'tkazishda kelajakdagi o'lchovlar uchun zamin yaratildi, ammo tektonik jarayonlar, xususan, zilzilalar bilan bog'liq biror bir natija olinmadi. Lekin kompleks ekspeditsiya tomonidan uzoq yillar davomida o'tkazib kelina-yotgan statsionar magnitometrik kuzatuvlarning retrospektiv tahlili 2013-yilning 26-mayida sodir bo'lgan kuchli ($M = 6,2$) Marjonbuloq zilzilasining o'rta muddatli darakhisi Buxoro stansiyasida yaqqol ($+8,5$ nTl), Sho'rchi stansiyasida esa sustroq kechganligini ko'rsatadi¹.

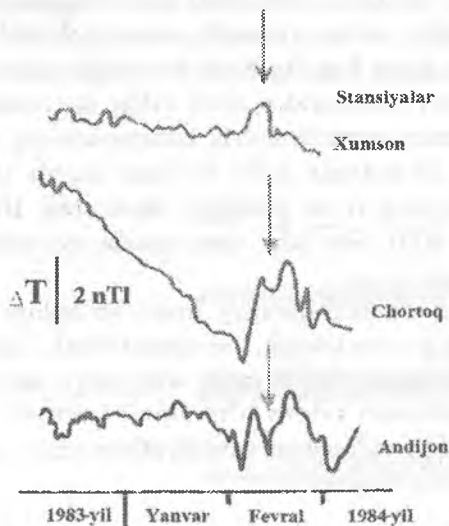
Geomagnit darakchilarning hosil bo'lishini nazariy jihatdan: pyezomagnit, pyezoelektrik, mexanoelektrik, elektrokinetik, magnitoaktiv massaning xususiyatini kimyoviy jarayon natijasida, bu massaning makonda tutgan o'rning o'zgarishi yoki uning elektr o'tkazuvchanligi va boshqa xususiyatlari orqali izohlash mumkin².

¹ M.Y. Mo'minov, A.I. To'ychiyev, Q.I. Qo'chqorov, V.R. Yusupov. Tuyabo'g'iz va Marjonbuloq zilzilalari episentri maydonlarida o'tkazilgan dastlabki magnitometrik kuzatuvlar haqida// Геология и минеральные ресурсы. – 2014. – № 4. – С. 41–44.

² Абдуллабеков К.Н. Электромагнитные явления в земной коре. – Т.: Фан, 1989. – С. 232.



9.3-rasm. «Chimyon» stansiyasida geomagnit maydonning 1982-yil 6-maydagi Chimyon zilzilasi ($M=5,8$) bilan bog'liq bo'lgan anomal o'zgarishi.



9.4-rasm. 1984-yil 17-fevraldagi Pop zilzilasi stansiyalar tarmog'ida qayd qilingan qisqa muddatli geomagnit anomal o'zgarishlari.

Amalda ko'proq zilzilalarning o'rta (bir necha oydan bir necha yilgacha) va qisqa muddatli (bir necha kundan bir oygacha), kamroq esa – uzoq muddatli (bir necha yildan o'nlab yillargacha) geomagnit darakchilari kuzatiladi. Tez o'zgaruvchan (bir necha soniyadan bir necha o'n soatgacha) zilzilaning geomagnit darakchilari va sodir bo'lgan zilzila natijasida tektonik bloklarning bir-biriga nisbatan harakatidan hosil bo'luvchi qo'shimcha magnit maydon o'zgarishlari ayrim holatda, hattoki, sodir bo'layotgan 8-10 balli kuchli zilzila o'choqlari ustida kuzatish ishlari olib borilgan taqdirda ham qayd qilinmadi¹.

Zilzilaning gidrogeokimyoviy darakchilari

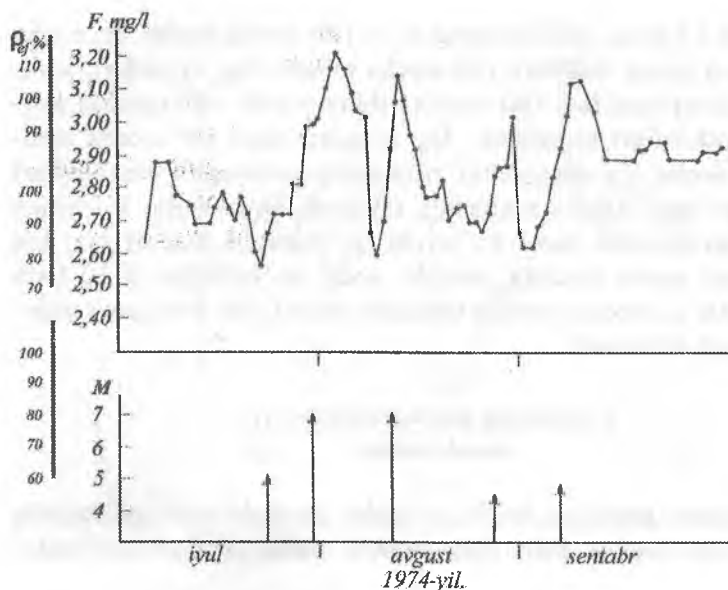
O'zbekiston hududida kuchli zilzilalar darakchilarini qidirishning gidrokimyoviy usullari bilan shug'ullanish tadqiqotlari 1970-yillardan boshlandi.

1976-yil 8-aprel va 18-maydagi Gazli zilzilasi davrida Toshkent geodinamik poligoni hududida alohida elementlarning o'zgarish xususiyatlari qayd qilingan².

Toshkentoldi artezian havzasidagi yerosti suvlarida (hududlar bo'yicha) 1971-yildagi Iskandar va 1972-yildagi Yangiyo'l zilzilalarining darakchilari aniqlandi. Zilzilani oldindan bashoratlashning qidiruv mezonlari sifatida 1970-yildagi Dog'iston va Sariqamish zilzilalari alohida gidrokimyoviy parametrlardan foydalanish imkoniyatini tasdiqladi.

¹ Муминов М.Ю. Пространственно-временные особенности проявления сейсмомагнитного эффекта в Узбекистане и их использование в прогнозировании землетрясений: Автореф. дисс... канд. физ.-мат. наук. – Т., 1990. – С. 18.

² Касымов Х.К., Воробьев Е.Л., Закиров Д.М. Попытка прогнозирования момента возникновения повторных толчков Ташкентского землетрясения по наблюдением за вариацией радона. – В кн.: Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 года. – Т.: Фан, 1971. – С. 192–198.



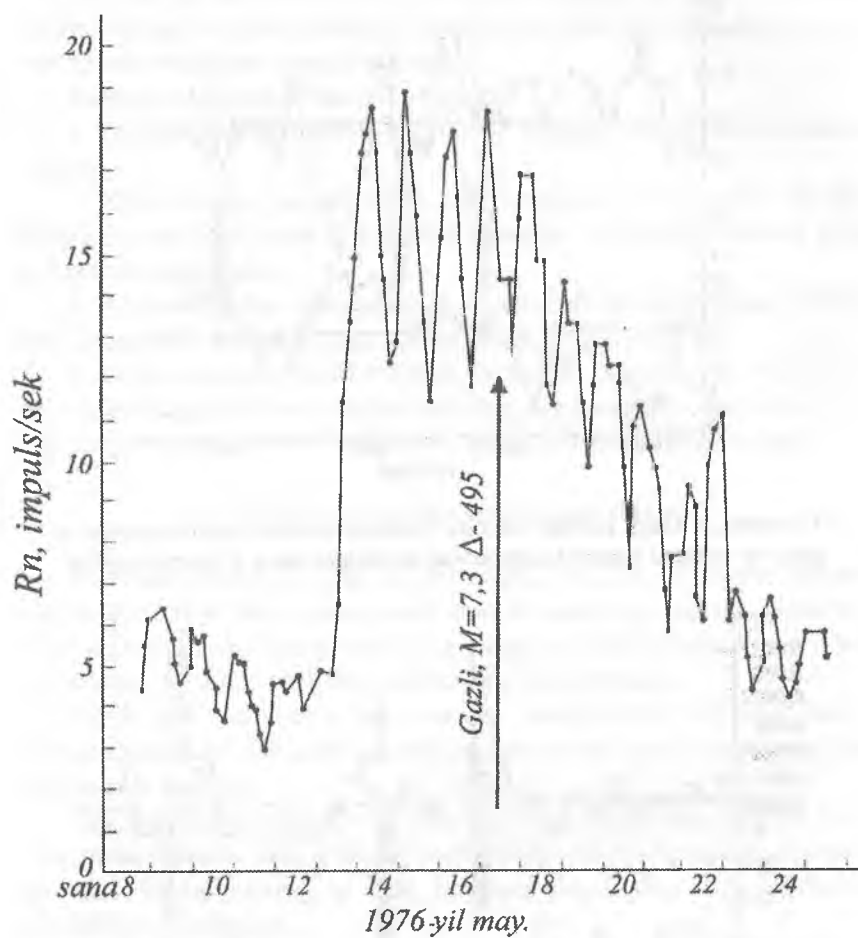
9.5-rasm. 1974-yildagi seysmik faollik tufayli Toshkent havzasi yerosti suvlaridagi fluor miqdorining o'zgarish grafigi.

Yerosti suvlarining ion-tuzli va gaz tarkibining o'zgarishi turlicha yuz beradi.

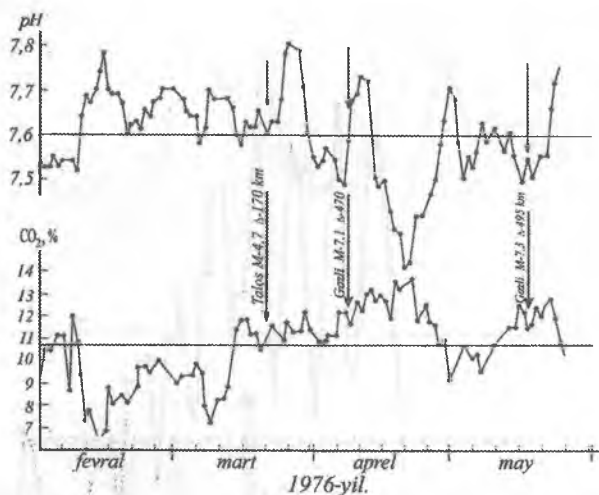
Zilzilaga tayyorlanish jarayonida yer yoriqlarining va kuchli darzlanish zonalariga yaqin joylashgan burg'u hududlaridagi yerosti suvlarining ion-tuzli va gaz tarkibining o'zgarishi yetarlicha aniq ajratiladi.

Ta'kidlab o'tish joizki, Farg'ona va Toshkent geodinamik poligonlarida amaliy jihatdan yerosti suvlarida sodir bo'ladigan geokimyoviy anomaliyalar (uglerod, azot, vodorod; kimyoviy neytral radiogen gazlar – geliy, argon, radon; radioaktiv – uran, radiy va fluor, simob, xlor va boshqa shu kabi mikrokomponentlar) juda keng spektrda o'zgarishi qayd qilingan. Vaqt bo'yicha ushbu o'zgarishlarning davriy xususiyati chuqur tektonik jarayonlar faolligi bilan bog'liq¹.

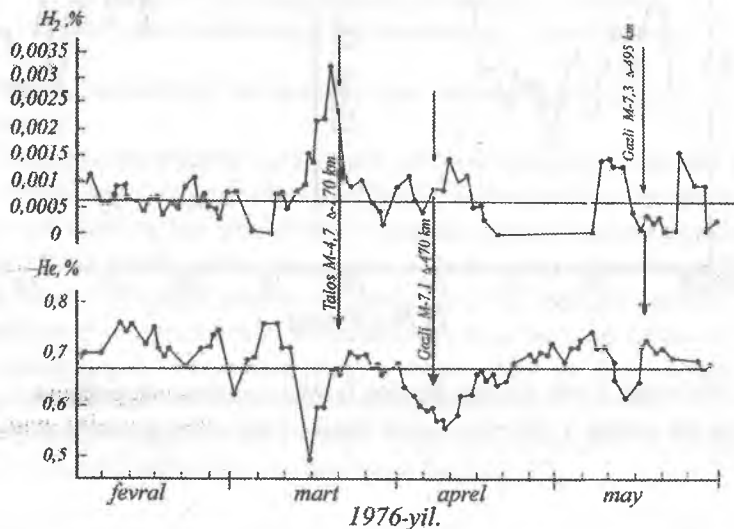
¹ *A.N. Султанходжаев. Поиски предвестников землетрясений. / Международный симпозиум / Гидрохимические предвестники землетрясений в Узбекистане. – Т., Фан, 1976. – С. 62–64.*



9.6-rasm. Gazli zilzilasi dayrida Toshkent geodinamik poligoni (Ulug'bek qudug'i) yerosti suvlarida radon miqdorining o'zgarish grafigi.



9.7-rasm, a. Gazli zilzilasi davrida Toshkent termomineral suvlarida is gazi va vodorod ionlari konsentratsiyasi miqdorining o'zgarish grafigi.



9.7-rasm, b. Gazli zilzilasi davrida Toshkent termomineral suvlarida geliy va vodorod molekulari miqdorining o'zgarish grafigi.

Seysmologiyada zilzila sodir bo'lishi mumkin bo'lgan hudud va joylarni prognoz qilish mumkin. Lekin uning sodir bo'lish vaqtini prognoz qilish murakkab masala sanaladi.

Buning asosiy sabablari quyidagicha:

1. Zilzilaning mukammal nazariyasi bugungi kunda ishlab chiqilmagan;

2. Zilzilalarning asosan katta chuqurliklarda ro'y berishi va shu sababli ularni to'g'ridan to'g'ri turli asboblarda yordamida kuzatib yoki o'lchab bo'lmashligida;

3. Zilzilalar bilan ilmiy tajribalar o'tkazish mumkin emas, chunki har bir seysmik hodisa o'ziga xosligi bilan ajralib turadi;

4. Zilzila natijasida hosil bo'lgan yoriqlarni kompyuterda yoki laboratoriyada modelashtirish ishlari boshlang'ich bosqichda, bulardan olingan natijalarni real tabiiy zilzilalarga tatbiq etish mumkinligi noaniq.

9.3. Zilzilani avvaldan aytish mumkinmi?¹

Zilzilalarni oldindan aytib berish insoniyat uchun eng zarur muammolardan biridir. Bu masala insoniyat tarixi kabi eng qadimiy, eng eski, lekin shu kungacha ahamiyatini yo'qotmagan, balki kundan kunga ahamiyatliroq, zarurroq bo'lgan muammo bo'lib kelmoqda.

Zilzilalarni oldindan aytish ularning darakchilarini oldindan aniqlashga asoslanadi. Zilzila to'g'risida oldindan ma'lumot berish aniq fan natijalariga taalluqli.

Hozirgi davrda zilzilalarni oldindan aytib berish muammosi ularning darakchilarini aniq o'lchash natijalariga, ya'ni o'ta sezgir o'lchash asboblari bilan, yerning u yoki bu aniq maydonlari o'zgarishlarini o'lchashga asoslangan.

Hozirgi vaqtgacha zilzilaning ko'plab darakchilari kashf etilgan. Ularning namoyon bo'lishlari ma'lum qonuniyatlarga bo'ysunadi. Ehtimoliy zilzila qancha kuchli bo'lsa, darakchisining vaqti shunchalik uzoq, namoyon bo'lish maydoni esa katta bo'ladi. Zilzilani oldindan aytish uchun hamma viloyatlarda zilzila darakchilarini kuzatuvchi maxsus asboblarda o'rnatiladi va uzluksiz kuzatish ishlari olib boriladi. Zilzila

¹ Mavzu Q.N. Abdullabekov tomonidan yozilgan.

bo'lishidan bir necha kun avval kuzatilayotgan maydonlarda anomal o'zgarishlar paydo bo'ladi. Darakchilardagi anomal o'zgarishlarga qarab zilzilalarning kuchi, vaqti va joyi aytib beriladi.

Keyingi qirq yil ichida O'zbekiston, Xitoy, Gretsiya, Rossiya kabi mamlakatlarda o'nlab kuchli zilzilalarni oldindan aytib berishga muvaffaq bo'lindi. Masalan, O'zbekistonda 1976-yil 17-maydagi Gazli, 1978-yil 1-noyabrdagi Oloy, 1982-yil 6-maydagi Chimyon, 1984-yil 18-fevraldagi Pop va boshqa zilzilalar oldindan aytib berilgan bo'lsa, 1977-yil 6-dekabrda Tovoqsoy, 1980-yil 10-dekabrda Nazarbek zilzilalari aytilmadi. Boshqa mamlakatlarda ham zilzilalarni yuz foiz oldindan aytishga erishilgani yo'q. Masalan, 1975-yilda Xitoyning Tanshan viloyatida kuchli zilzila aytib berilgan bo'lsa, bir yil keyin, 1976-yilda bo'lgan kuchli zilzila aytib berilmadi. Natijada 250 ming kishi qurbon bo'ldi.

Zilziladan saqlanishning eng asosiy yo'llari qayerda qanday kuch bilan yer qimirlashini ko'rsatuvchi puxta seysmik rayonlashtirish va mikrorayonlashtirish xaritalarini tuzish, seysmobardoshli imoratlar, inshootlar qurish va zilzilalarni oldindan aytib berishdan iborat. Zilzilashunoslik fani bu muammolarning yechimi bor deb hisoblaydi. Hozirgi kunda bu muammolar ustida olimlarimiz tinmay izlanishlar olib borishmoqda. Bu sohada bir qator masalalar hal qilindi deb ham ayta olamiz. Lekin oldinda hali yechilib ulgurilmagan, tezda yechilishi lozim bo'lgan g'oyat dolzarb muammolar ham anchagina.

9.4. Zilzila o'chog'ining tayyorlanish modellari

Yuqorida keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, zilzila darakchilari nihoyatda ko'p va xilma-xil ekan. Shuning uchun olimlarimiz oldida darakchilarning hammasi uchun umumiy bo'lgan ma'lum qonuniyatni topish va uni zilzila hosil bo'lish jarayoni bilan bog'lash, ya'ni zilzila o'chog'ining tayyorlanish modellarini yaratish vazifasi turardi.

Birinchilardan bo'lib, 1911-yilda amerikalik olim Reyd elastik qaytarilish modelini yaratdi. Modelning mohiyati elastik deformatsiyalar to'planishida bloklar siljishi natijasida asta-sekin o'sib boruvchi deformatsiyalar va elastik bo'lmagan deformatsiyalar holatida buzilishlarning shakllanishi va buzilishning yon tomonlari keskin siljishidan iborat.

Sobiq Ittifoqda ham 1967-yilga kelib Ulomov V.I., Mavashev B.Z. lar tomonidan zilzilalar tayyorlanish modeli yaratildi, unga ko'ra:

I bosqich. Davomiy, asta-sekin o'suvchi elastik-plastik deformatsiya, katta hajmning siqilishini (yopiq teshiklar, mayda darzliklarni) keltirib chiqaradi (qattiq jinslar kam deformatsiyalanadi).

II bosqich. Birmuncha tez elastik deformatsiya yuz beradi hamda jinslar massasi hajmining kamayishi va buzilishi bilan birga, ba'zi bir minerallarning kristall panjarasi buziladi.

III bosqich. Plastik deformatsiya, tog' jinslari hajmi kamayishini umuman keltirib chiqarmaydi. Bu bosqich katta hajmdagi har tomonlama siqilish sharoitida keskin siljish bilan tog' jinsining ko'chishi – zilzila bilan yakunlanadi.

IV bosqich. Massa o'rmini o'zgartirishi natijasida, relaksatsiya, elastik kuchlanish yuz beradi. Bu jarayon o'choq usti zonasida elastik-plastik uzilmali buzilishlar seriyasi (qayta tebranishlar)ni keltirib chiqaradi va o'choq zonasida elastik kuchlanishlarning maksimal so'nishi bilan tugallanadi.

Zilzila o'chog'i chuqur bo'lmagan hollarda yer ustida (episentr) sekin deformatsiya yuz beradi. Shuning uchun tog' jinslar hajmining o'zgarishi (ortishi)ga o'tadi (monotonli emas), qayta tebranish davrida siljish xarakteri aniqlanadi. Bu bosqich davomiyligi avvalgisining davomiyligiga yaqin bo'ladi.

Ulomov V.I., Mavashev M.Z. lar 1966-yil 26-apreldagi $M=5.3$ magnitudali Toshkent zilzilasidan 10-yil oldingi davrda radon miqdorining anomal o'zgarishlarini tahlil qilib, zilzila tayyorlanishining modelini taklif qilishdi.

1970-yillarga kelib ko'pgina mamlakatlarda turli usullar yordamida zilzila darakchilari topildi. Ular turli ko'rinishga, kattalikka va vaqtga ega edilar. Birinchi qarashda ularni tartibga tushirish qiyin va har bir darakchi bilan alohida zilzila o'rtasida bog'lanish yo'qdek tuyulardi. Darakchilarning soni ortib borardi. O'tgan asr boshlaridan 70-yillargacha o'nlab turli modellar taklif qilinardi-yu, lekin vaqt o'tishi bilan ular yerostidagi jarayonlar bilan darakchilar o'rtasidagi bog'lanishlarni to'la-to'kis tushuntirishga ojizlik qilardi.

Nihoyat, AQSHda Sholz C.H., Sykes L.R., Aggarval Y.P.(1973)lar tomonidan yana bir muhim – *DD (dilatant-diffuziv) modeli* yaratildi.

Dilatant diffuziv modeli bo'yicha:

I bosqichda faqat elastik kuchlanishlar yig'iladi.

II bosqichda esa darzlik va yoriqlar hosil bo'ladi va bu, o'z navbatida, tog' jinslari g'ovakligini oshiradi. Tog' jinslari dilatatsiyalanadi, ya'ni hajmini oshiradi. Bu bamisoli achigan xamirmi eslatadi, tog' jinslarining hajmi ortib shishadi. Ilgari suv bilan to'yingan tog' jinslari suvsizlanadi va ularning mustahkamligi ortadi.

III bosqichda esa g'ovak tog' jinslari yana suv bilan to'ynadi. Tog' jinslarining mustahkamligi yana pasaya boshlaydi. Bu jarayon tashqi kuchlanish bilan tog' jinslari mustahkamligi kuchi tenglashguncha davom etadi, bu ikki kuch tenglashgach, tog' jinslari parchalanadi, ya'ni zilzila sodir bo'ladi.

So'ngra Myachkin V.I., Kostrov B.V., Sobolev G.A. va boshqalar (1974, 1976) tomonidan LNT (*лавинно-неустойчивое трещинообразование*) – ko'plab betartib darzliklar hosil bo'lishi modeli yaratildi. Ushbu LNT va DD modellari zilzila darakchilari bilan yerostidagi jarayonlar orasidagi bog'lanishlarni sifat jihatdan tushuntira olardi. LNT modelida zilzila quyidagicha yuz beradi:

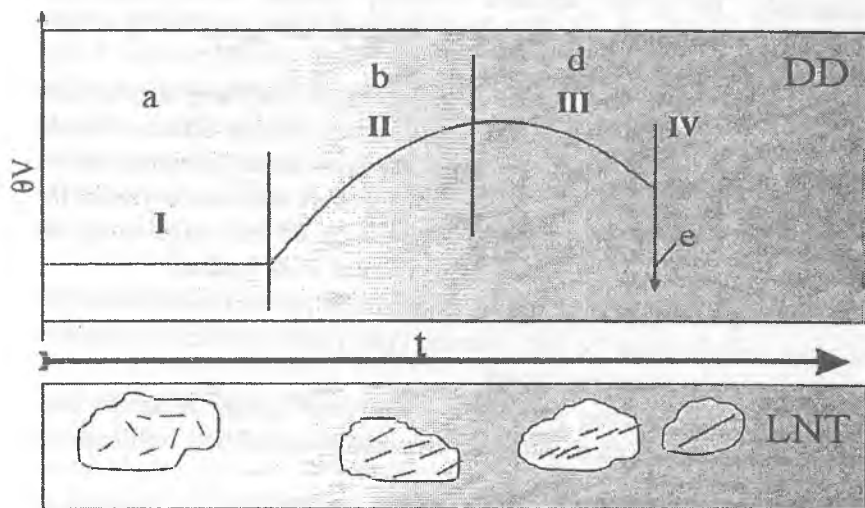
I bosqichda asta-sekin yig'ilib boruvchi kuchlanish ta'sirida jinslardagi yoriqlarning soni va kattaligi ortib boradi. Bu jarayon o'ta kuchli zilzilalar uchun bir necha o'n yillab vaqtini o'z ichiga oladi.

I bosqichdan II bosqichga o'tganda yoriqlar soni juda tez ko'payadi, yoriqlar orasidagi masofa qisqaradi va ular o'zaro birlashishga harakat qilishadi. Zilzila o'chog'ida to'plangan kuchlanish betartib tarqaladi. Natijada yangi-yangi maydonlarda darzliklar va yer yoriqlari hosil bo'lishi kuchayadi. Lekin bu jarayon cheksiz davom etolmaydi. Ma'lum vaqtdan keyin darzlik va yoriqlar kichik joylarga to'plana boshlaydi.

III bosqichda esa yirik yaxlit yer yoriqlari hosil bo'ladi. Shu davrda qo'shni barcha joylardagi darzlik va yoriqlar kichrayadi yoki yopiladi. Endi yaxlit magistral yer yorig'i hosil bo'ladi, qolgan kuchlanishlar tezda sarf bo'ladi va kuchli elastik to'lqinlar hosil bo'ladi, ya'ni zilzila sodir bo'ladi.

Yuqorida keltirilgan modellar yordamida zilzila darakchilarining u yoki bu yer qimirlashidan oldin hosil bo'lgan keskin o'zgarishlarini izohlash mumkin. Ushbu modellar sodir bo'lishining sxemasi 9.8-rasm-da ko'rsatilgan.

1970-yillardan keyin LNT va DD modellaridan tashqari G.O. Mavlonov va V.I. Ulomovlar (1976) tomonidan yaratilgan zilzilalar tayyorlanishining 4 bosqichli modeli ham seysmologiya faniga qo'shilgan muhim hissa hisoblanadi. Ushbu model nazariyasiga ko'ra zilzila o'chog'ining tayyorlanishi quyidagi tartibda amalga oshadi.



9.8-rasm. Zilzilalar tayyorlanishining DD va LNT modellari nazariyalariga ko'ra ular sodir bo'lish jarayonining sxematik ko'rinishi: θV – deformatsiya tezligi; t – vaqt; a – elastik holat; b – dilatansiya; d – fluidga to'yinish; e – buzilish (zilzila).

I bosqich. Qayishqoq elastik deformatsiyalar davomiyligi bilan tavsiflanadi, o'sha paytda kuchlanish holatining o'rta qiymatiga nisbatan undan katta qiymatdagi kuchlanish hududlari namoyon bo'lishi boshlanadi.

II bosqich. Qayishqoq kuchlanishlar konsentratsiyalar hududida submikrodarazliklar paydo bo'lishi bilan bog'liq, ya'ni yangi bo'lg'usi zilzila o'chog'i jinslarning geterogen strukturasida yangi bog'liqliklar paydo bo'lishidir.

Bu bosqich birlamchi bashorat davriga oid va zilzilaning tayyorlanish hududi o'lchamiga bog'liq bo'lgan holda ko'p yillar davom etadi.

III bosqich. Submikrodarzlklarning intensiv ko'payishi bilan tavsiflanadi va ularning paydo bo'lishi hamda bir-biri bilan qo'shilishi nafaqat amorf qatlamchalarda, balki kristallarda ham kuzatiladi. Bo'lg'usi seysmik o'choq plastik deformatsiyalarga monelik qilmaydigan va tektonik buzilishlar yig'iladigan ko'p bog'lanishli joyga aylanadi.

Yer qobig'i sezilarli deformatsiyaga uchraydi; ko'p bog'lanishli darzlklar va bo'shliqlarning suvlanishi kuchayadi. Elektr o'tkazuvchanlik oshadi; molekular bog'lanishlar buzilishi jarayonida gazsimon uchuvchi mahsulotlarning ajralishi kuchayadi; geofizik maydonda yaxshi ifodalanuvchi elektromagnit anomalialar paydo bo'ladi; zilzilaning forshoklari yuzaga keladi va shu kabi jarayonlar sodir bo'ladi.

IV bosqich. Bu davrda magistral darzlklar paydo bo'ladi va tez buzilishlar (zilzila) sodir bo'ladi, hamma episeysmik, geofizik, geokimyoviy hodisalarda o'z aksini topadi.

V bosqich – o'choq joyining mezoseysmik holati tiklanishi buzilishlarning «bitishi» va o'choqning asta-sekin yagona bog'liqli hududga aylanishi.

Keyingi (1985-yillarda) yaratilgan modellar ichida eng diqqatga sazovori Dobrovolskiy I.P. (1984, 1991) tomonidan yaratilgan *konsolidatsion modeli* yer qobig'i zilzilalarining tayyorlanishi modeli hisoblanadi. Uning asosiy afzalligi shundan iboratki, u faqat zilzila o'chog'idagi jarayonlarnigina emas, balki zilzila tayyorlanayotgan katta hajmdagi umumiy jarayonlarni ham tushuntira oladi. Konsolidatsion model bo'yicha zilzila quyidagi jarayonlar sodir bo'lishining ketma-ketligi bilan ro'y beradi:

I. Fazaning regular holati – regional yoki global miqyosli uzilish, deformatsiyalanish. Blokli muhitda bu bloklar chegaralari bo'yicha harakat ko'rinishida yaqqol namoyon bo'ladi. Bloklar konfiguratsiyasining har xilligi va ularning o'zaro harakati ba'zan bir xil yer yoriqlari bo'yicha harakatning zaiflashishiga va boshqalari bo'yicha kuchayishiga olib keladi. Uzluksiz deformatsiyalanish, qisqa muddatli birikish va ularning buzilishi seysmiklik fonida va turli xil geofizik maydonlar: elektr qarshilik, geodinamik va geokimyoviy xususiyatlar, geomagnit

maydoni, seysmik to'liqlar tezliklarining va boshqa ko'p sonli sinxron bo'lmagan variatsiyalarida namoyon bo'ladi.

II. Konsolidatsiya fazasi qandaydir vaqt birligida ikkita blok o'rtasida lokal birlashish (qo'shilish) hosil bo'ladi, uning atrofida deformatsiya tezligi pasayadi va birikish zonasining kengayishi uchun sharoit yaratiladi. Bu bloklarning qo'shilishi mustahkamlanadi. Unga boshqa bloklar qo'shilishi mumkin va natijada bir nechta bloklardan tashkil topgan qurilma yuzaga keladi, bu yetarlicha mahkam birikkan bo'ladi va konsolidatsiyalashgan hudud yoki konsolidatsiyalashgan no-birxillik – yagona konsolidatsiyalashgan blok hosil bo'ladi. Konsolidatsiyalashgan hudud ichida uning qismlarining nisbatan siljishlari kamayadi va seysmik faoliyat zaiflashadi. Konsolidatsiyalashgan hududning paydo bo'lishi va rivojlanishi siljishlar holati tinchligini buzadi va u, o'z navbatida, ko'p vaqtlar davom etgan geofizik maydonlarning fon variatsiyalari tartibini buzadi. Konsolidatsiyalashgan har xilliklar siljishidan uzluksiz kelayotgan mexanik kuchlanishlarning va deformatsiya tezligining muhitda qayta taqsimlanishi sodir bo'ladi, muhitning qayishqoqlik potensial energiyasi oshadi.

III. Buzilish fazasi. Konsolidatsiyalashgan hududni yer qobig'ining «namunaviy» joyi deb atash mumkin, qaysikim magistral uzilishi bilan buzilishi zilzilani keltirib chiqaradi. Bu hududni har xil, zaiflashgan zonalar tizimi kesib o'tgan va ko'p miqdordagi mexanik zo'riqishlar ta'siriga uchragan. Uning parchalanishi, ya'ni struktura elementlari bloklar (bo'laklar) buzilish fazasida sodir bo'ladi. Buzilishlar bloklar va bo'laklarning zaiflashgan chegaralaridan o'tadi va bu joylarda o'tish jarayoni ehtimol LNTga o'xshash bo'lishi mumkin.

Yakson bo'lish fazasi boshlanishidan bosh silkinishgacha bo'lgan vaqt bo'lagi α -bosqich deyiladi. Qayishqoqlik potensial energiyaning yuqori zichligi α -bosqich jarayonlarining yuqori intensivlik shartini hosil qiladi. Bosh silkinishdan buzilish fazasining oxirigacha bo'lgan vaqt bo'lagi β -bosqich deyiladi. β -bosqichda plastik siljishlar boshlanishidagi, forshoklar va magistral darzliklar, konsolidatsiyalashgan hudud buzilishigacha bo'lgan davrdagi aftershoklar hamda plastik siljish hodisalari sodir bo'ladi. Bu jarayonlar muhitning umumiy qayishqoqlik energiyasini kamaytiradi va aftershok faolligi intensivligi sekin kamayadi.

Hozirgi kunga kelib zilzilalar tayyorlanishi yoki zilzilalar o'chog'ining tayyorlanish modellarining soni o'ndan ortiq. Masalan, yuqorida keltirilmagan modellardan tashqari: konsolidatsiya muhiti modeli, yer yoriqlari bo'yicha barqaror bo'lmagan siljish modeli, dinamik model, umumiy dinamik model, nuqtali model, o'choq atrof-muhiti kabi modellar mavjud bo'lib, ular xususida alohida to'xtalib o'tmaymiz.

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining akademigi, Seysmologiya institutining professori Abdullabekov K.N. (2007) tomonidan *zilzilalar tayyorlanish jarayonining geofizik modelini* hech qanday muholaga asiz seysmologiya sohasining so'nggi o'n yilligida yaratilgan eng muhim kashfiyotlardan biri deya olamiz. Sababi ushbu model zilzilalarning geofizik darakchilari va geofizik maydonlar xususiyatlarining o'zgarishlari bilan bog'langan bo'lib, bu O'zbekiston hududining ko'pgina geodinamik poligonlarida 50 yilga yaqin muddat ichida olib borilgan uzviy kuzatuv, amaliy va tajribaviy tadqiqot natijalariga asoslangan.

Bu modelning boshqalardan farqi unga vaqt parametrining kiritilishidir. Oldingi modellarda zilzila uzoq vaqtga o'nlab-yuzlab yillar davomida tayyorlanadi deyilardi. Abdullabekovning modelida zilzilaning uzoq, o'rta va qisqa muddatli darakchilari magnitudaga bog'liq holda qancha vaqt davom etishi ko'rsatilgan.

Zilzilalar tayyorlanish jarayonining geofizik modeliga ko'ra zilzila quyidagi 4 ta bosqichda yuz beradi, ular:

I bosqich. Elastik deformatsiyalarning asta-sekin uzoq davomli yig'ilishi jarayonining davomiyligi kuchsiz va sezilarli zilzilalar uchun bir necha oydan bir-ikki yilgacha bo'lib, kuchli va yakson qiluvchi zilzilalar uchun 15–20 yilni tashkil etadi.

Magnit maydoni pyezomagnit tabiatining uzoq davomli anomal o'zgarishi sodir bo'ladi, o'rtacha yillik o'zgarishlar bir-ikki, o'n nanoteslagacha. O'zgarishlar yig'indisi 10–15 yil ichida 150–250 nanoteslagacha. Elastik deformatsiya natijasida tog' jinslarining elektr qarshiligi ham o'zgaradi. Elastik deformatsiyalarning yig'ilishi va ular bilan bog'liq bo'lgan geofizik maydonlarning anomal o'zgarishlari tebranishlidir.

II bosqich. Elastik deformatsiyalarning differentsiatsiyasi sodir bo'ladi. Har xil miqyosli bloklarning tegishib turgan joylarida birikish

(yopilish) ro'y beradi, elastik deformatsiyalarning anomal konsentratsiyasi lokal uchastkalari paydo bo'ladi. Magnit va elektr maydonlarining o'zgarishi tezligi pyezomagnit va pyezoelektrik hodisalar hisobidan keskin o'sadi.

Elastik deformatsiyalarning kattaligi tog' jinslari mustahkamligining eng katta qiymatiga yaqinlashadi. O'rta muddatli anomal o'zgarishlarning vaqt tasnifi zilzila magnitudasiga bo'ysungan holda, bir necha oydan bir necha yilgacha bo'ladi.

III bosqich. Deformatsiyalar tog' jinslari mustahkamligi qiymatidan oshadi. Tektonik strukturalar bo'ylab ko'p sonli darzliklar o'zaro harakati boshlanadi. Yoriqlarning soni juda ko'p miqdorda oshadi.

Magnit, impuls, elektromagnit maydonlarning va tog' jinslarining elektr o'tkazuvchanligi qisqa muddatli anomal o'zgarishlari namoyon bo'ladi. Anomal o'zgarishlar vaqti bir necha soat va sutkadan 2–3 haftagacha. Ko'pgina hollarda zilzilaning sodir bo'lish vaqti anomal maydonning o'zgarishi belgisi anomal maydonning pasaygan vaqtiga to'g'ri keladi.

IV bosqich. Asosiy silkinishlardan keyin elastik deformatsiyalarning tez qayta taqsimlanishi sodir bo'ladi. Anomal magnit maydoni sekin pasayadi. Bir necha oy davomida, ba'zan 1–2 yil davom etadi. Elektromagnit maydonining impulsarlari qisqa vaqt ichida tiklanadi. Vaqti bir necha soatdan bir necha sutkagacha magnit maydonining o'zgarishi aftershok jarayonining pasayishini yaqqol farqlaydi.

9.5. Seysmik xavfli hududlarning monitoringida kosmik suratlarda qayd qilinuvchi lineamentlar

Shiddat bilan rivojlanayotgan XXI asrga kelib o'zlarining sun'iy yo'ldoshiga ega bo'lgan xorij mamlakatlari olimlarining seysmik xavfli hududlarni koinotdan olingan tasvirlar bo'yicha monitoring qilish bo'yicha tadqiqotlar ishlari natijalariga ko'ra seysmik xavfli hududlardan olingan davriy kosmik tasvirlar orqali ajratiladigan chiziqli strukturalarni ajratish va ularni maxsus kompyuter dasturlarida avtomatik qayta ishlash natijasida olingan natijalariga tayanib ularni nafaqat monitoring qilish, balki bashoratlash imkoni mavjud deyish-moqda.

Insoniyatning chiziqli tektonik va boshqa tabiiy shakllarga qiziqishi ancha ilgari boshlangan bo'lib, bu eramizdan avvalgi IV asrda Qadimgi Gretsiyada Platon tomonidan amaliy tushunchaga bag'ishlangan asarlarda nuqta, chiziq, yassi, hajm haqida so'z yuritilgan. Jumladan, Qadimgi Rimda shimoldan janubga va g'arbdan sharqqa cho'zilgan ortogonal yo'nalishlar maxsus nom bilan «*maximus cardium*» va «*maximus decumanum*» deb atalgan.

XVII asrda Nils Stensen (1638–1686) Italiyadagi Toskana gersogligining geologik tarixini yozib, cho'kindi jinslar deformatsiyasi haqida so'z yuritdi.

1802-yilda plutonist J.Pleyfer (1749–1819) yer po'stining darzlanishlari haqidagi tushunchani fanga kiritdi.

1835 va 1845-yillarda U.Xopkins «Ko'plab strukturalarning to'g'ri chiziqliligi, aynan darzlanishlar, mineral tomirlar, yer yoriqlari, fleksura va tog'li, vodiy va boshqa shu kabi relyef shakllari» haqida to'xtalib o'tdi¹. Xopkins dunyoning birinchi lineament xaritasi muallifidir. Xaritada Veld rayoni regional ko'tarilmasi tuzilgan bo'lib, yaxlit va uzlukli chiziqlar, yer yoriqlari, mashhur va taxminiy chiziqli buzilishlar va darzlanishlar ko'rsatilgan.

1839-yilda Jon Filips «Yer ustki qismi yirik rayonlari doirasida yer yoriqlari va darzlanishlar tizimi yo'nalishining umumiy qonuniyati» mavjudligini ko'rsatdi va birinchi bo'lib, darzlanish atirguli – polyar diagrammasini yaratdi.

1852-yilda Leons Eli de Bomon (1798–1874) bir qancha ma'lum yo'nalishdagi tog' tizmalariga diqqatini qaratdi va bu holatni yer po'stining siqilish jarayoni bilan bog'ladi.

1879-yil A.Dobre (Fransiya) «Erozion to'rda to'g'ri chiziqli elementlar rivojlanishida darzlanish va yer yoriqlari hosil bo'lishi»ni asosladi.

1880-yillarda T.Kyerulf – Norvegiya uchun, A.P. Karpinskiy (1847–1936) – Shimoliy Rus platformasi uchun, N.I. Andrusov (1861–1924) – Ponto-Kaspiy viloyati uchun asosiy chiziqli strukturalar sxemasini tuzib chop qildilar.

¹ Каттерфельд Г.Н. Планетарная трещиноватость и линейменты Земли, Венеры, Марса, Меркурия и Луны. – М., 2000. – С.9.

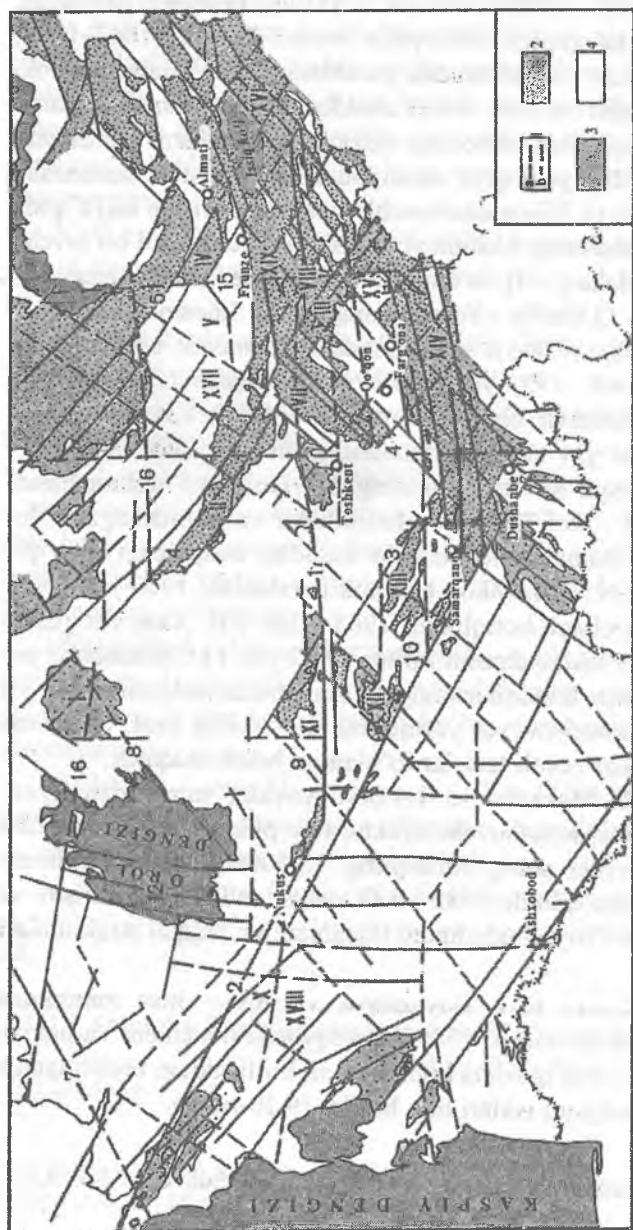
Eduard Zyuss (1831–1914) Kalabriya va Sitsiliya hududida zilzilaning oddiy zarbli chizig'ini ajratdi, 1892-yilda Marsel Bertran (1847–1907) kontinentlarni kesuvchi va ular atrofida guruhlanuvchi burmalangan yoki uzilmali dislokatsiyalar va yirik relyef shakllari – tog' tizmalari, daryo vodiylari, dengiz qirg'oqlari va boshqa chiziqli strukturalarni e'tirof etdi. 1904-yili – U. Xobbs¹ geologiya amaliyotiga lineament tushunchasini olib kirdi, 1925-yilda G. Kloos darzlanishlarni sinflashtirishni taklif qildi, unga ko'ra: tog' jinslarining tekstura yo'nalishi bo'yicha hosil bo'luvchi: bo'ylama – S, ko'ndalang – Q va diagonal – D darzlanishlarga ega.

1930-yillarda – G.Shtille «Yevropaning asosiy lineamentlari» sxemasini chop qildirdi, 1938-yil – R. Zonder lineamentli tektonika tushunchasini olib kirdi, 1939-yil – A.V.Pek darzlanish tektonikasi va strukturaviy tahlil kitobini chop qildirdi. 1945-yili A.V.Peyve (1909–1985) fanga chuqur yer yoriqlari tushunchasini olib kirdi, 1947-yil – R.Zonder doimiy oqar suvlar tizimining darzlanishlari tushunchasini olib kirdi, 1948-yil – N.S.Shatskiy platformalar va burmalangan viloyatlarni egallovchi chuqur dislokatsiyalar haqidagi maqolasini chop qildirdi, 1949-yil – E.N. Permyakov tektonik darzlanish, 1960-yil – N.S. Shatskiy chiziqli grebenli-botiqliklar, 1963-yilda V.E. Xain yer yoriqlarining dunyo to'ri tushunchasini kiritdi. 1963-yili I.I.Chebanenko yer po'stining yer yoriqli tektonikasining asosiy qonuniyatlarini, 1965-yil Jon Tuzo Uilson transform yer yoriqlarini, 1973-yilda prof. S.S.Shuls planetar darzlanishlar nomli tezislar to'plamini bosib chiqardi.

1976-yilda V.I. Makarov va L.I.Solovyovalar tomonidan Tyan-shan va Turon plitasi kesishuvchi strukturaviy plan sxemasini tuzdilar (9.9-rasm). 1978-yilda sobiq Ittifoqning 1:2500000 miqyosli lineamentlar xaritasi chop qilindi. 1982-yil O'zbekistonda O.M. Borisov va A.K. Gluxlar O'rta Osiyo hududining lineament va halqali strukturalari xaritasini tuzdilar.

1982–1985-yillarda F.M. Bayazitova va A.K. Glux tomonidan O'zbekiston hududi bo'yicha 1:500000 miqyosda lineament va halqali strukturalarning foydali qazilma konlari hosil bo'lishidagi metallogenik ahamiyatga doir tadqiqot ishlari olib borildi (9.10-rasm).

¹ *Hobbs W.* Lineaments of the Atlantic border region // *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 15, p. 483–506.



9.9-rasm. Tyanshan va Turon plitasi kesishuvchi strukturaviy plan sxemasi (tuzuvchilar V.I. Makarov va

L.I. Solovyova, 1976-y). 1 – yer po'stining fleksura-uzilmali buzilishlar zonasi va uzilmalar, a – yuqori strukturalarda faol namoyon bo'lgan; b – ularda kuchsiz namoyon bo'lgan; 2 – paleozoy yoshidagi va undan qadimgi yotqiziqlarning relyefdagi ochilmalari; 3 – mezozoy davri yotqiziqlarining relyefda namoyon bo'lish chegaralari; 4 – kaynozoy yotqiziqlari.

Fleksura-uzilmali buzilishlar zonasi raqamlar bilan keltirilgan:

- 1 – Kopetdog‘; 2 – Mang‘ishloq-Markaziy Ustyurt; 3 – Nurota;
4 – Qoratog‘-Farg‘ona; 5 – Jaloyir-Nayman; 6 – Aksuv-Ili;
7 – Janubiy Emben; 8 – Sariqamish-Uspen; 9 – G‘arbiy Bukantov;
10 – G‘arbiy Nurota; 11 – G‘arbiy Tyanshan; 12 – Orol;
13 – Turkiston-Oqchoy; 14 – Keles-Oqsuy; 15 – Qorako‘l-Balxash;
16 – Emben-Chuy; 17 – Tomdibuloq. I–XVI – yangi ko‘tarilmalar:
I – Julasin; II – Qoratog‘; III – Farg‘ona; IV – Chu-Ili; V – Kuragata;
VI – Qirg‘iz; VII – Ugom-Chotqol; VIII – Moldotog‘;
IX – Mang‘ishloq; X – Qorabaural; XI – Bo‘kantog‘;
XII – Kuljuktog‘; XII – Nurota; XIV – Hisor-Oloy;
XV – Oldiyor va Namozdek; XVI – Orgocher va Yettiog‘uz;
XVII – Chuy; XVIII – Janubiy Mang‘ishloq-Ustyurt;
XIX – Susamir; XX – Farg‘ona.

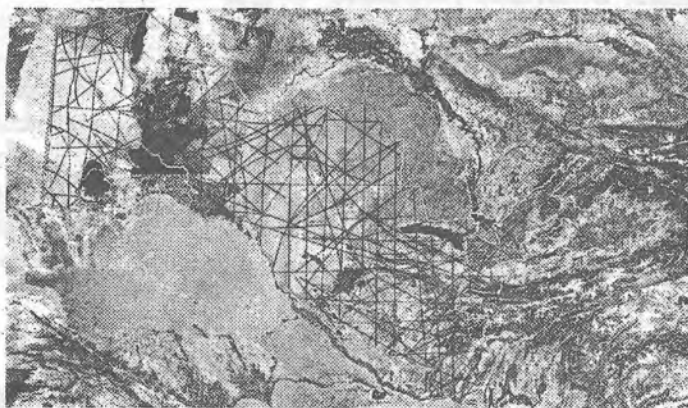
1983-yilda V.A.Bush Yevrosiyoning transkontinental lineamentlar tizimi maqolasini chop qildi, 1984-yil sobiq Ittifoqda litosfera cho‘kindi qavatining planetar yer yoriqlari (aerokosmik materiallar bo‘yicha) nomli kollektiv monografiya chop qilindi. 1985-yili G.N. Ivanchenko strukturaviy tahlil maqsadida kosmik tasvirlarni avtomatik deshifrlash maqolasini chop qildi, 1986-yilda Y.G. Kas, A.I. Poletayev, E.F.Rumyanseva lineamentli tektonika asoslari kitobini nashr qilishdi.

2001-yilda Anoxin V.M., Odesskiy I.A. «Planetar darzlanishlarning global to‘ri xususiyatlari», 2002-yil Lopatin D.V. «Lineamentli tektonika va Shimoliy Yevrosiyo gigant-konlari», 2004-yil Fyodorov A.E. «Global geologik strukturalar va dunyo tarixi», 2005-yil Jelobayev A.A., Kochev D.Z., Maxorin A.A., Poletayev A.I. «Lineamentologiya: faktlardan ilmiy yo‘nalishga», 2006-yilda Poletayev A.I. «Lineamentogenez va etnogenez», Anoxin V.M. «Tektonika, kontinentlar geodinamikasi va ularning faol chetlari» mavzusidagi ilmiy loyiha doirasida V.E. Xain ilmiy rahbarligida «Yerning global dizyunktiv to‘ri: tuzilishi, kelib chiqishi va geologik ahamiyati» nomli qo‘llanmalar chop qilindi.

O‘rta Osiyo hududida 1976-yildagi Gazli zilzilasidan keyin lineamentlar tektonikasining zilzilalar sodir bo‘lish zonalari bilan o‘zaro aloqadorligini haqidagi ilmiy yondashuvlar birmuncha rivojlandi.

Turon plitasi va Tyanshan kabi O'rta Osiyo hududining eng yangi tektonik strukturasi shimoliy-g'arbiy, shimoliy-sharqiy submeridional va subkenglik yo'nalishdagi bir xil davrdagi yoki yondosh strukturalarning rivojlanishida kesishuvchi planda xarakterlanadi (9.10-rasm). Ularning namoyon bo'lish shakli va faolligi zamon va vaqtda o'zgarishi mumkin. Har xil yo'nalishdagi ko'tarilish va botish zonalarining interferensiyasi mahalliy strukturalarning rivojlanishi va joylashish holatini hamda ularning amplitudasi va morfologiyasini oldindan belgilaydi¹.

G'arbiy O'zbekiston hududlari doirasida, uzunligi 5–10 dan 300–500 km gacha bo'lgan ko'psonli chiziqli strukturalar aniqlangan va qisman o'rganilgan. Katta o'lchamdagi lineamentlarni asosan miqyosi 1:500000 va undan maydaroq bo'lgan kosmik suratlar yordamida aniqlash mumkin. Ular ko'pincha yangi tektonik strukturalarni; hozirgi vaqtda rivojlanayotgan chuqur uzilmalarni; uzilmalardagi botiqlik zonalarini; tog' jinsi qatlamlaridagi kuchli parchalangan va darzlangan zona yo'laklarini (Makarov, 1980) aks ettiradi. Mayda miqyosli kosmik suratlarda bir butun chiziq holida ko'ringan yuqoridagi strukturaviy obyektlar, katta miqyosli suratlarda egri-bugri joylashgan, kalta va ingichka chiziqchalardan iborat, aniq bir yo'nalishdagi lineamentlar zonasini hosil qiladi.



9.10-rasm. F.M. Bayazitova va A.K. Glux (1985-y.) bo'yicha O'zbekiston hududining lineamentlari LANDSAT kosmosuratida.

¹ Газлийские землетрясения 1976 г. Геолого-геофизическая природа очагов. – М.: Наука, 1984. – С. 193.

Zonalarning eni 0,5 dan 1,5–2,5 km gacha (ayrim uchastkalarda – 3–5 km), uzunligi – 50–60 dan 200–300 km gacha. Mayda lineamentlar (uzunligi – 10–15 km gacha) ko‘pincha, yer ustidagi chiziqli strukturalarning suratlardagi tasviridir. G‘arbiy O‘zbekiston hududida lineamentlarning geologik-tektonik ahamiyatlarini aniqlash jarayonida, ular geofizik materiallar bilan ham taqqoslab ko‘rilgan va ularning geofizik maydonlarda joylashishlaridagi tavsifiy xususiyatlari o‘rnatilgan.

Xususan, gravitatsion muayyan maydonlarda, ma‘lum bir yo‘nalishdagi, yaqin joylashgan lineamentlar zonalarini guruhlariga birlashib, har xil o‘lchamdagi fotosistemalarni tashkil qiladi va bir belgili (yoki ikki belgili) muayyan nome‘yoriy yo‘lak ko‘rinishda uzoq masofalarga kuzatiladi. Ko‘pincha sistemalar chegaralarida, izochiziqlarning tavsifiy burilishlari, sinishlari va boshqa shakliy o‘zgarishlarini kuzatish mumkin. Magnit maydonlarida bu sistemalar aniq ifodalanmagan¹.

9.6. Seysmik xavfli hududlarning monitoringida kosmik suratlarda qayd qilinuvchi lineamentlarning fizik tabiati

Mualliflar ushbu bo‘limni yozishda o‘zining qimmatli fikr va tavsiyalarini berib, yaqindan yordam berganligi uchun geologiya-mineralogiya fanlari doktori A.R.Avezovga o‘zlarining minnatdorchiligini bildiradilar.

Yerni masofadan zondlash materiallari bo‘yicha seysmik xavfni o‘rganish, yer po‘stining deformatsiyalanishi bilan bog‘liq jarayonlarni o‘rganishga asoslanadi.

Seysmodislokatsiyalarni o‘ziga jalb qiluvchi kuchli darzlangan uchastkalar, regional, chuqur va lokal yer yoriqlari zonalarini, qaysiki kuchli zilzilalar sodir bo‘lish ehtimolligi katta bo‘lgan joylar masofadan zondlash materiallarida aks etadi².

1904-yilda amerikalik tadqiqotchi U.G. Xobbsning fikricha, relyefdagi har qanday chiziqli o‘zgarishlar lineament deb qabul qilinadi. Ho-

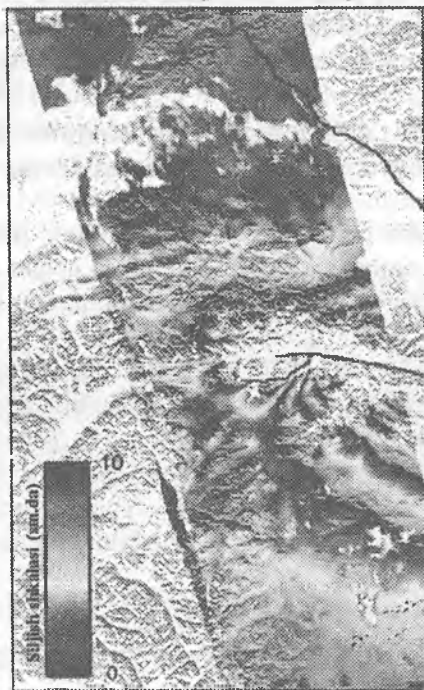
¹ Sh.E. Ergashev, A.R.Asadov. Aerokosmik tasvirlardan foydalanishning uslubiy qo‘llanmasi. MRI, 2011.

² Н.И. Овсюченко. Опыт использования материалов дистанционного зондирования Земли в оценке сейсмической опасности. // Журнал «Сфера Нефтегаз», 2010 г., № 2, стр. 90–93.

zirgi paytda lineament tushunchasida geografik muhit parametrlarining keskin o'zgarish chizig'i yoki o'zgarish chegarasi, geologik strukturalar va geofizik maydonlarning yer yoriqlari uzilmali, devorsimon tektonik strukturalar, darzlanishlar zonasi, fleksuralar va boshqa chiziqli deformatsiyalar, yashirin shakllarda ifodalangan yer qobig'ining nobirxilligi tushuniladi.

1911-yildagi Kubin zilzilasi natijasida Orqa Ili Olatovi yonbag'irlarida paydo bo'lgan to'g'ri chiziqli cho'zilgan tektonik pog'onalarni – seysmotektonik dislokatsiyalarni nomlash uchun D.I. Mushketov lineament tushunchasini qo'lladi.

Radarsat. 2002-yil oktabr-noyabr



9.11-rasm. 2002-yilda Alyaskaning shimoliy-g'arbiy qismida ro'y bergan zilzila natijasida Denali yer yorig'i bo'ylab sodir bo'lgan chiziqli deformatsiyalar.

Lineamentlarni o'rganish tajribasida yig'ilgan ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, deshifrlash materiallariga bog'liq bo'lgan quyidagi lineamentlar ajratilishi mumkin¹:

– geografik muhitdagi lineamentlar – topo-, bati- va kosmolineamentlar;

- geologik strukturalar – geo-, gidro- va tektonolineamentlar;
- geofizik maydonlarda magnito-, gravilineamentlar;
- seysmik maydonlarda seysmolineamentlar;
- issiqlik maydonlarida termolineamentlar.

Yuqoridagilardan kelib chiqib aytish mumkinki, turli yoshdagi va turli chuqurlikdagi yer qobig'ining nobirxilligini, geografik muhit, geologik struktura, geofizik, geokimyoviy, seysmik va boshqa maydonlarning parametrlari lineamentlarni aks ettiradi.

Lineamentlar va ularning zonalar² cho'zilganligi bo'yicha regional, transregional va global lineamentlarga ajratiladi.

Masofadan zondlash materiallari barcha shakllarni – zamonaviy, faol asriy va qadimiy tektonik harakatlarni o'zida aks ettiradi, seysmofaol hududlarda takroriy kosmik tasvirlash tadqiqotlari bo'yicha yer po'stining faol va sust zamonaviy harakatlarini, ularning faolligini va yo'nalishini qavd qilish mumkin².

Rossiya Federatsiyasining «Aerokosmos» nomli aerokosmik monitoring ilmiy markazi olimlari V.G.Bondur A.T.Zverevlar o'zlarining tadqiqot ishlarida kosmik tasvirlarning lineament tahlili seysmik xavfli hududlarning monitoringida istiqbolli usullardan biri hisoblanishini qayd qilishdi. Unga ko'ra quyidagi xulosalarga kelishgan:

– Lineament tizimining o'zgaruvchanligi seysmik hodisalarning yaxshi darakhisi bo'lib xizmat qiladi;

– Seysmik faol bo'lmagan hududlardan olingan kosmik tasvirlarga ishlov berilganda lineamentlarning muhim tizimlari ko'p yillar mobaynida o'zgarmaganligi aniqlangan;

¹ Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линейментной тектоники. – М.: Недра, 1986. – С. 144.

² Burgmann R., Rosen P., Fielding E. Synthetic aperture radar interferometry to measure Earth's surface topography and deformation // Ann. Rev. Earth. Planet. Sci. 2000, V. 28, pp. 169-209.

Seysmik faol hududlarning kosmik monitoringida qarama-qarshi holat kuzatiladi. Bunda kosmik tasvirlarda ajratiladigan bir haftadan bir oygacha davriyligi bo'lgan lineament tizimi o'zgariganligi aniqlangan.

Bu zilzilaning boshlang'ich va tugallanish davridagi yer qobig'i deformatsiyaviy-kuchlanish holatining o'zgarish qonuniyatlariga javob beradi.

Qadimda hosil bo'lgan konsolidatsiyalashgan platformalarda lineamentlar tizimining yuqori stabiligi va ularning harakatchan hududlarda yuqori dinamik mobilligi lineamentlarning tabiatda mavjudligini tasdiqlaydi.

Bu kosmik tasvirlarda lineamentlar fizik mexanizmlarining ifodalaniganligi zilzilaning dastlabki bo'layotgan va tugallanayotgan davrlardagi kuchlanish maydonining o'zgarishiga tez ta'sir qilishi yuqori mobil jarayonlar bilan bog'langan.

Seysmik hududlarni monitoring qilishda kosmik sur'atlarni qo'llash bo'yicha tadqiqot ishlari ilk bor 1992-yilda Landers zilzilasi bilan bog'liq demomatsiyalarni o'rganishda qo'llanildi va ERS1 kosmik tasvirlarini tahlil qilish bilan aniqlangan.

Biggs va boshqalar (2007-y.) Alyaskadagi denali yer yorig'ini aks ettirgan interferogrammalardan foydalangan holda tasvirlarga orbital tutatmalar kiritish bilan mintaqaviy deformatsiyalar aniqlashgan. Quyidagi 9.11-rasmda deformatsiya modeli aks etgan¹.

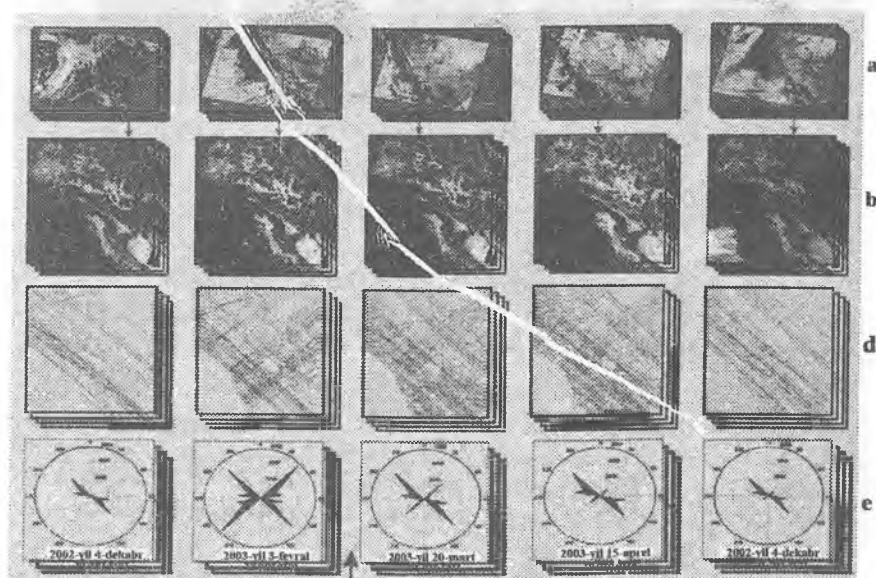
Bondur va Zverevlar seysmik xavfli hududlarning kosmik monitoringi jarayonida lineamentlar tektonikasining quyidagi xususiyatlarini aniqlashgan:

- lineamentlar tizimining yuqori harakatchanligi;
- zilzilaning tayyorlanish vaqtidagi o'zgarishlar davriyligi bir haftadan bir-ikki oygacha bo'lgan muddatni tashkil qiladi.

Shunga o'xshash holatlar, ya'ni lineamentlar tizimining harakatchanligi so'nggi yillarda Kaliforniya (AQSH), Peru, Turkiya, Eron,

¹ *S.Salvi et al. / The Sentinel-1 mission for the improvement of the scientific understanding and the operational monitoring of the seismic cycle./ Remote Sensing of Environment 120 (2012) 164–174. Journal homepage: www.elsevier.com/locate/rse.*

Pokiston va boshqa hududlarda sodir bo'lgan zilzilalarda o'z tasdig'ini topgan. 2003-yil 22-fevralda San-Bernardino (Kaliforniya) yaqinida (9.12-rasm), 2003-yil 22-dekabrda San-Simeon shahrida (Kaliforniya) (9.13-rasm), 2003-yil 26-dekabr Bam shahrida (Eron) (9.14-rasm) va 2008-yil 28-sentabrda Parkfild (Kaliforniya) (9.15-rasm) shaharlarida sodir bo'lgan zilzilalarning kosmik tasvirlar (TERRA sun'iy yo'ldoshi) yordamida zilzila sodir bo'lishidan bir necha oy, hafta va kun hamda sodir bo'lgandan keyin ham shuncha muddat davomida monitoring qilish natijalari lineamentlar tizimi va ular yo'nalishining atirgulli diagrammasi 9.12–9.15- rasmlarda misol tariqasida keltirilgan.

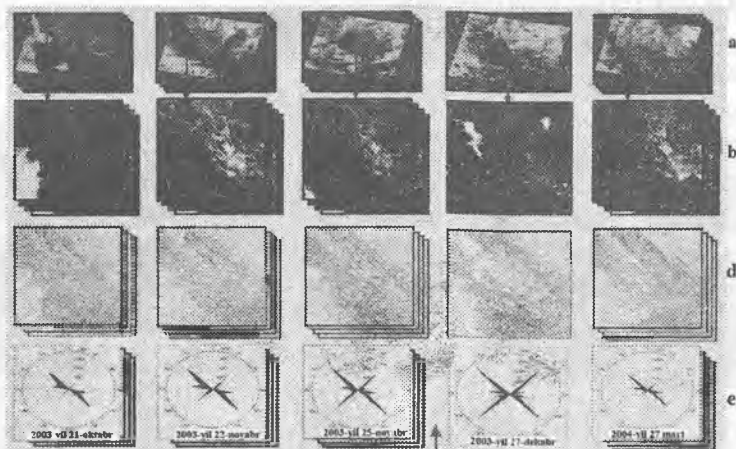


9.12-rasm. 22.02.2003-yildagi San-Bernardino shahri ($M = 5.2$) zilzilasida lineamentlar tizimining dinamikasi; *a* – dastlabki kosmik surat; *b* – qayta ishlangan fragment; *d* – lineamentlar sxemasi; *e* – lineamentlar yo'nalishining atirgulli diagrammasi.

Taqdim qilingan tasvirlarning tahlili shuni ko'rsatadiki, lineamentlar tizimining harakatchanligi barcha ko'rilayotgan holatlarda bir xil.

Zilzila bo'lishidan ikki-uch oy oldin lineamentlar soni asta-sekin ortib boradi, zilzila bo'lishidan o'rtacha 20 kun oldin ularning soni maksimumga erishadi, zilzila bo'lganidan so'ng kamaya boshlaydi va ikki-uch oydan keyin dastlabki holatiga qaytadi.

Asosiy yer yoriqlar tizimini kesuvchi shimoliy-sharqiy-janubiy-g'arbiy yo'nalishdagi yer yoriqlari tizimi eng kuchli o'zgarishlarga duchor bo'ladi. Ular juda harakatchan hisoblanadi va zilzilaning darakchisi sifatida ishlatilishi mumkin.

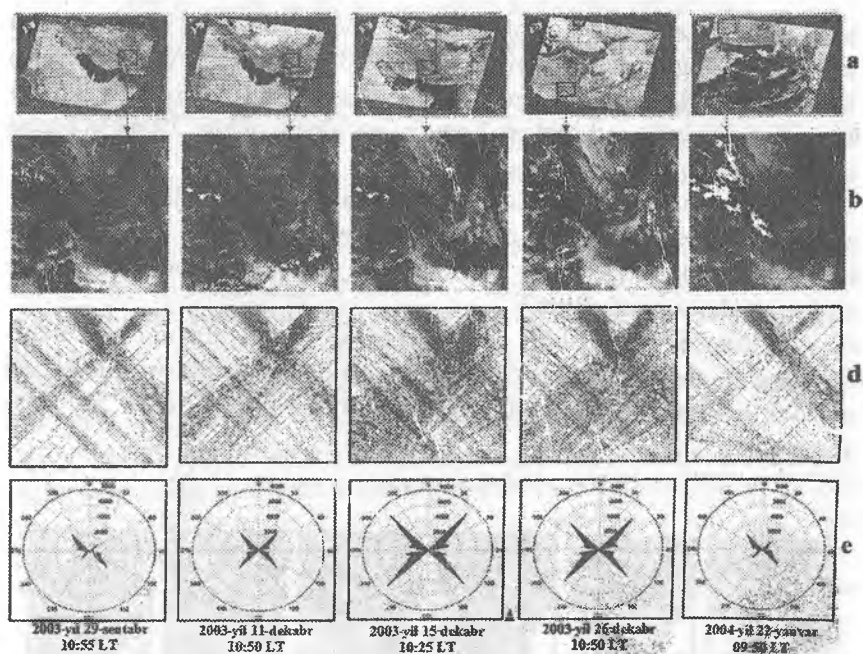


9.13-rasm. 22.12.2003-yildagi San-Simeon shahri ($M = 6.5$) zilzilasida lineamentlar tizimining dinamikasi: *a* – dastlabki kosmik surat; *b* – qayta ishlangan fragment; *d* – lineamentlar sxemasi; *e* – lineamentlar yo'nalishining atirgulli diagrammasi.

Lineamentlar tizimi juda harakatchan bo'lib, bu seysmik hududlarning (Bondur va Zverev) kosmik tasvirlarini avtomatik lineament tahlilida, platformalar doirasida va harakatchan belbog'lardagi geodezik kuzatuvlarda o'z tasdig'ini topadi^{1,2}.

¹ Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика разломных зон // Физика Земли, 2004. № 10. С. 95–111.

² Кузьмин Ю.О., Жуков В.С. Современная геодинамика и вариации физически свойств горных пород // – М.: Мос. Гос. Горный Университет, 2004. – С. 262.



9.14-rasm. 26.12.2003-yildagi Bam shahri (Eron) ($M=6.6$) zilzilasi davrida lineamentlar tizimining dinamikasi: *a* – dastlabki kosmik surat; *b* – qayta ishlangan fragment; *d* – lineamentlar sxemasi; *e* – lineamentlar yo‘nalishining atirgulli diagrammasi.

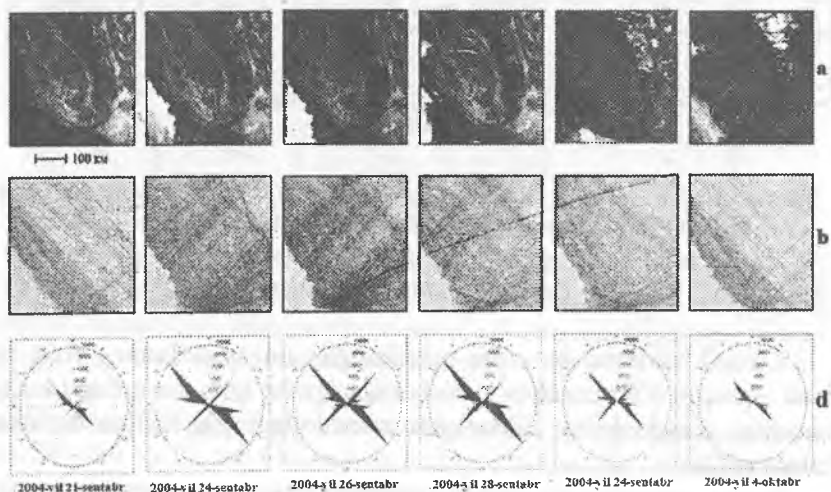
Kosmik tasvirlar bo‘yicha ajratiladigan lineamentlarning fizik tabiati – yuqori o‘tkazuvchan xususiyatiga ega bo‘lgan yer qobig‘i kuchlanishlar maydonining zaiflashgan zonalaridagi gaz-fluidlar harakati bilan bog‘liq.

Suyuq eritmalar va gazlar (chuqurlikdagi, yer yuzasiga yaqin, kapillar va tuproqdagi) haroratni o‘zgartiradi, suvning gaz tarkibi va namligi tuproq va atmosferaning quyi qavatidagi o‘zgarishlar ularning spektral xarakteristikasi o‘zgarishini keltirib chiqaradi. Bu o‘zgarishlar esa EHM maxsus dasturlarida qayta ishlashda aniqlaniladigan chiziqli-tasmasimon shakllar orqali kosmik tasvirlarda o‘z aksini topadi. Ushbu o‘zgarishlarni EHMda qayta ishlamasdan in-

son ko'zi bilan ko'rib bo'lmaydi, sababi inson ko'zi 0,38–0,78 mkm to'lqin uzunligidagi nurlarni (R, G, B – 3 ta kanal bo'yicha) ko'rish imkoniyati bilan chegaralanadi. Zamonaviy sun'iy yo'ldoshlarning kosmik tasvirlari esa Landsat-7 sun'iy yo'ldoshi uchun 12 mkm gacha qayd qilish xususiyatiga ega.

Yomon ob-havo sharoitlari (kuchli shamol, yomg'irlar, yuqori quyosh radiatsiyasi) kosmik lineamentlarning ifodalanish darajasini kamaytiradi va seysmik xavfli hududlarning tezkor monitoring masalalarini yechishni qiyinlashtiradi.

Shuning uchun ushbu muammolarni yechishda maxsus usullarni qo'llash yoki koinotdan va an'anaviy geofizik usullar orqali qayd qilinuvchi qo'shimcha zilzila darakchilari tipidan foydalanish zarur.



9.15-rasm. 28.09.2004-yildagi Parkfild shahri ($M=6.5$) zilzilasi davrida lineamentlar tizimining dinamikasi: *a* – dastlabki kosmik surat; *b* – lineamentlar sxemasi; *d* – lineamentlar yo'nalishining atirgulli diagrammasi.

9.7. Kosmik radarli tasvirlash bo'yicha relyefning tabiiy va texnogen o'zgarishlarini aniqlash

Ushbu bo'limda O'zbekiston va Qozog'iston Respublikalari hududidagi neft konlarining kosmik radarli tasvirlash materiallarini qayta ishlash bo'yicha olib borilgan tadqiqot ishlarining natijalaridan foydalanildi.

SRTM (Shuttle radar topographic mission) – Yerni masofadan zondlashning radarli usuli bo'lib, bunda asosan relyefning chuqurlik va balandlik qiymatlarining o'zgarishi bo'yicha relyefning raqamli modelini tuzishda foydalaniladi. Radarli kosmik tasvirlash usuli bo'yicha relyefning o'zgarishlarini aniqlashda tadqiq qilinayotgan hududning davriy va mavsumiy tasvirlari olinadi. Ushbu maxsus koinotdan olingan tasvirlarni zamonaviy kompyuter dasturlari yordamida maxsus matematik qayta ishlash asosida relyefning nafaqat vertikal, balki gorizontal siljishlarini ham bir necha mm aniqlikka cha tahlil qilish imkonini beradi.

Quyida respublikamizdagi Qandim va Gumbuloq neft-gaz konlari yer ustki qismining siljishini 2003–2010-yillar mobaynida tasvirlash bo'yicha kosmik radarli monitoring qilish natijalari keltirilgan.

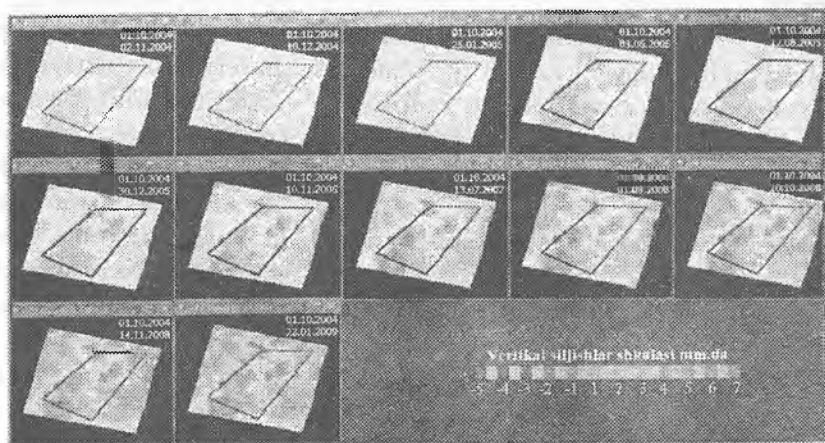
Tadqiqot ishlari 2003-yildan 2009–2010-yilgacha Envisat/ASAR (Yevropa kosmik agentligi) sun'iy yo'ldoshining arxiv tasvirlaridan foydalangan holda bajarilgan¹.

Ushbu tadqiqot ishi Rossiya Federatsiyasining «Sovzond» kompaniyasi va O'zbekiston Respublikasi Geologiya va mineral resurslar davlat qo'mitasi Gidromineral resurslar geologiyasi ilmiy-ishlab chiqarish markazi bilan hamkorlikda «Lukoil Uzbekistan Operating Company» MCHJ obyektlarida bajarilgan.

2011-yilda Qandim va Gumbuloq konlari qayta ishlanmayotgan edi, shuning uchun asosiy vazifa zamonaviy geodinamik siljishlarni o'rganish edi. Har bir kon hududi 15 marotabadan (Qan-

¹ Ю.И. Кантемиров. Космический мониторинг смещений земной поверхности на месторождениях Кандым и Гумбулак Республики Узбекистан по данным космических радарных съемок. // Журнал Геоматика, 2011 г., № 1, стр. 72–79.

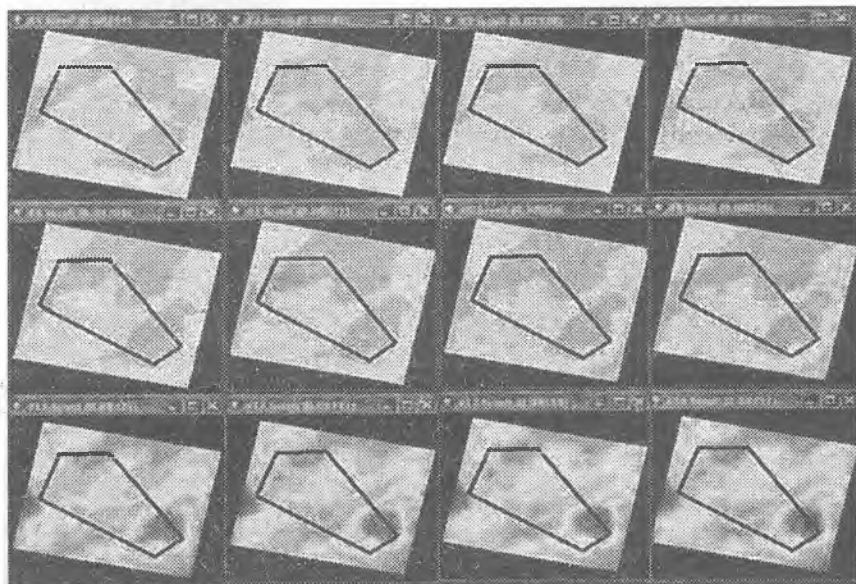
dim 2003–2010-yillar, Gumbuloq 2004–2009-yillar mobaynida) tasvirga olingan bo‘lib, ushbu olingan kosmik radiolokatsion tasvirlash ma’lumotlari juft tasvirlarini interpretatsiyalash va deshifrlash natijasida yer ustki qismining siljish xaritasi tuzilgan (9.16 va 9.17-rasmlar).



9.16-rasm. Gumbuloq koni ustida yer ustki qismining birinchi tasvirlash davri va keyingi davriy tasvirlashlarning siljish xaritasi.

Gumbuloq koni (kon konturi qora rangda) hududida birinchi tasvir 01.10.2004-yilda olingan rasmdagi birinchi grafada bir oydan keyin olingan tasvirlarni solishtirish bo‘yicha vertikal siljish xaritasidir. Oxirgi grafada esa 01.10.2004-yildagi tasvirlashga nisbatan 23.01.2009-yildagi vertikal siljishlar xaritasi keltirilgan.

Ushbu tadqiqot ishlari natijalariga o‘xshash uslubdagi izlanishlar bo‘yicha Qozog‘iston Respublikasi Mang‘istau viloyatidagi neft konlaridan birida yer ustki qismining siljishini kosmik radarli monitoring qilish natijalari keltirilgan. Kondagi mahsuldor gorizontlar –500 m dan kam chuqurlikda joylashgan bo‘lib, kondagi neft, suv, bug‘ va issiq suv yuboruvchi quduq (магнетательная скважина) yordamida olinadi.



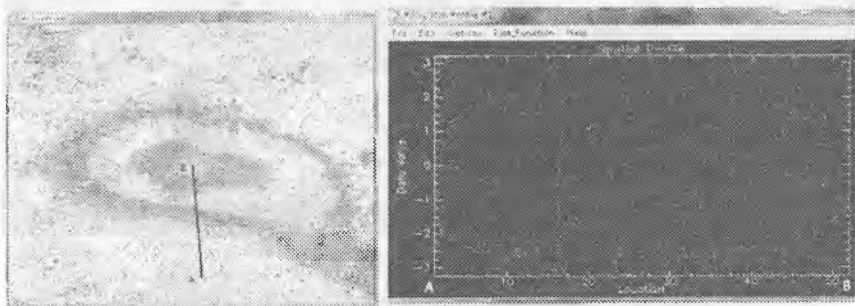
9.17-rasm. Qandim konini koinotdan birinchi radiolokatsion tasvirlash davri va keyingi davriy tasvirlashlarni solishtirish bo'yicha yer ustki qismining siljish xaritasi.

Kon hududining siljish monitoringi ALOS/PALSAR (JAXA, Yaponiya), sun'iy yo'ldoshining 2007-yildan 2011-yilgacha bo'lgan davr mobaynida radarli tasvirlash usuli bo'yicha olingan ma'lumotlardan foydalangan holda bajarilgan¹.

Relyefda namoyon bo'lgan yerusti siljishlarini ENVI/SAR (AQSH) dasturida interferometrik (ma'lumotlarning bir-biriga mos kelishini solishtirish usuli) qayta ishlash usulida bajarilgan. Interferometrik qayta ishlash kosmik radarli tasvirlash bilan ko'p martalik tasvirlangan ma'lumotlar asosida yerusti nazorat nuqtalarisiz va nazorat kuzatuvlarisiz bajarilgan.

¹ Ю.И. Кантемиров, А.Т. Камза и др. Космический радарный мониторинг смещений земной поверхности на примере одного из нефтяных месторождений Мангистауской области Республики Казахстан // Журнал Геоинформатика, 2014 г., № 4, стр. 48–60.

Differensialli interferogramma fazasida davriy tabiat mavjud bo'lib, $-\pi$ dan $+\pi$ gacha o'zgaradi, shuning uchun ham, qachonki yerustki qismining siljishlar o'lchami radar (balandlik bo'yicha tasvirlash usuli) to'liq uzunligi yarmidan ortsa (faza qiymatlarning farqi 2π ga ortsa), fazalarda sakrashsimon o'zgarish yoki uzilish kuzatiladi (9.18-rasm). Bundan keyin esa faza qiymatlarining farqi ortishi davom etadi. Fazalar davriy tabiati va davriydan uzluksiz fazaga o'tishda faol siljishlar uchastkasi namoyon bo'ladi (9.18-rasm).



9.18-rasm. Fazalar davriy tabiati va uning interferensiya sikli chegarasidagi uzilishlari (namuna).

Faol radiolokatsion o'lchov sistemasidan foydalanishga ko'ra relyef yetakchi o'lchov parametrlarini ifodalaydi. Lokatsiya gorizontalga burchak ostida deb hisoblangani uchun, relyef detallari uzun chiziq bo'lib chiziladi va bundan maqsad radiolokatsion tasvir bilan fototasvir yaqin turgan quyosh bo'yicha surat olish imkonini beradi. Bunga ko'ra atmosferada radarning santimetrli nurlari kuchsiz tarqalgan bo'lishi muhimdir. Mikrometrli o'lchovlarning foto va skanerli sistemasidan farqlanadi va shuning uchun relyef radarli tasvirda ancha aniq namoyon bo'ladi.

Relyefni o'rganishga qiziqishning oshishi bilan bog'liqligi shundaki, u geologik va tektonik tuzilishning va ayni paytda relyefning geologik evolutsiya jarayonining indikatori hisoblanadi.

Tayanch iboralar:

Zilzilani prognozlash, radon emissiyasi, geodinamik poligon, elektrometriya, dipolli elektr zondlash, impulsli elektromagnit maydon, pyezoelektrik effekt, elektr effekt, lineament, radar, relyefning raqamli modeli, radiolokatsion tasvirlash, differensialli interferogramma.

Nazorat savollari:

1. Zilzilani prognozlash deganda nimani tushunasiz?
2. Zilzilani bashoratlash qaysi xususiyatlari bo'yicha baholanadi?
3. Radon emissiyasi nima hisobiga ortadi va buning ahamiyati haqida tushuncha bering.
4. O'zbek seysmologlarining zilzilani prognozlashga qo'shgan hissalarini haqida nimalarni bilasiz?
5. Zilzilani prognozlash bo'yicha tadqiqotlar qaysi geodinamik poligonlarda va nima sababdan o'sha hududlarda olib borilgan?
6. Impulsli elektromagnit maydon nurlanishlari (IEMN) va geomagnit darakhchilar deganda nimani tushunasiz?
7. Zilzila tayyorlanishining qanday modellarini bilasiz?
8. Zilzila sodir bo'lish vaqtini prognozlash mumkinmi?
9. Lineament tushunchasini izohlang.
10. Kosmik radarli tasvirlash nima?

X BOB.
ZILZILANING INSHOOT VA TOG' JINSLARIGA
KO'RSATADIGAN TA'SIRI VA FUQARO MUHOFAZASI

Zilzilaning inshootlarga ta'siri, muhandislik-geologik sharoiti, inshootlarning zilzilaga nisbatan mustahkamligi, konstruksiyasi, antiseysmik chora-tadbirlar. Zilzila va fuqaro muhofazasi.

10.1. Zilzilaning inshootlarga ko'rsatadigan ta'siri

Insoniyat o'zining butun tarixiy taraqqiyoti mobaynida ko'p yer qimirlashlarni boshidan kechirgan. Uzoq tarixiy saboq, ya'ni yer qimirlashlari insonlarning ruhiy holatiga bo'lgan ta'siri, imorat va inshootlarning buzilishi (yer sathida yoriqlarning va bloklarning paydo bo'lishi) yuz bergan hodisaning kuchini baholashga o'rgatadi.

Bizning hududimizda asosan 2 turdagi yer qimirlashi kuzatiladi:

- uzoq davrli – 1,5–2,5 daqiqa davom etadigan;
- yuqori chastotali tebranishli – 1,5–2,5 soniya davom etadigan.

Uzoq davrli yer qimirlashida tebranish sekin-asta kuch yig'adi va u ko'p qavatli binolar uchun xavfli hisoblanadi. Yuqori chastotali yer qimirlashi energiyasi qisqa davr ichida ajralishi tufayli oqibatlar ayanchli bo'lishi mumkin, sababi agar noto'g'ri harakat qilinsa ko'p qurbonliklarga olib keladi. Yer qimirlashining asosiy ko'rsatkichlari – silkinish markazining chuqurligi va tebranishning qancha muddatda takrorlanishida.

Zilzila natijasida inshootlarga jiddiy talafot yetishining yoki vayron bo'lishining asosiy sababi ko'p hollarda fizik jarayon, rezonans hodisasi bilan bog'liqdir. Bunda majburiy tebranishlar (zilzila vaqtidagi) chastotasi bilan xususiy tebranishlar (inshootning tebranishi) chastotasining mos kelishi natijasida tebranishlar amplitudasining keskin ortib ketish hodisasiga *rezonans* deyiladi. Demak, zilzila to'liqini kelayotgan tomonga inshoot harakat qilsa, tebranish chastotalari teskari holda mos keladi va bir-birining ta'sir kuchini so'ndiradi. Aksincha bo'lsa, masalan, inshoot harakatlanayotgan tomonga zilzila to'liqini harakat qilsa, uning harakatini tezlashtiradi, bu amplituda ortishiga olib keladi va inshoot tez vayron bo'ladi.

Inshootlar ko'radigan talafotlari quyidagicha tavsiflanadi

1-darajali talafot. Bunda yengil shikastlanishlar yuz beradi. Imorat devorlarida ingichka darzlar hosil bo'ladi, devor suvog'i bo'laklari to'kiladi.

2-darajali talafot. Og'ir bo'lmagan shikastlanishlar sodir bo'ladi, devorlarda katta bo'lmagan yoriqlar paydo bo'ladi, mo'rkonlar buziladi.

3-darajali talafot. Inshootlarda og'ir shikastlanishlar yuz beradi, devorlarda katta va chuqur yoriqlar paydo bo'ladi, mo'rkonlar to'liq buziladi.

4-darajali talafot. Imorat va inshootlarning ichki devorlarining to'liq buzilishi yuz beradi.

5-darajali talafot. Imorat va inshootlarning to'liq buzilishi sodir bo'ladi.

Imorat va inshootlarning konstruksiyasi va qurilish materiallariga qarab tavsiflanishi:

A guruh – xom g'isht, paxsa devorli imoratlar;

B guruh – pishiq g'ishtdan qurilgan inshootlar;

D guruh – temir-beton sinchli va yog'ochdan qurilgan inshootlar.

Yuqoridagilarni hisobga olgan holda Davlat standarti tomonidan imoratlar guruhining har bir ballida ko'radigan talafoti darajalari rasmiylashtirib qo'yilgan.

Jumladan:

6 ball – yer qimirlash jarayonida A guruhga mansub inshootlar 2-darajali, B guruh inshootlari 1-darajali talafot ko'radi.

7 ball – A guruhdagi inshootlar 5-darajali, shuningdek B guruhdagi inshootlar ham 3-darajali talafot ko'radi.

8 ball – A guruhdagi inshootlar 5-darajali, B guruhdagi inshootlar ham 3–4 darajali, D guruh inshootlari 2-darajali talafot ko'radi.

9 ball – B guruhdagi inshootlar 4-darajali, shuningdek D guruhdagi inshootlar ham 4-darajali talafot ko'radi.

10 ball – B guruhdagi inshootlar 5-darajali, D guruhdagi inshootlar 4-darajali talafot ko'radi.

11 ball – guruhdagi inshootlar to'liq qulaydi. Tog' jinslarining tik va gorizontat yo'nalishdagi harakati kuzatiladi.

12 ball – amalda yer yuzasida hech qanday inshoot qolmaydi, relyef buzilib notekisliklar yuzaga keladi.

Yuqorida keltirilgan talafot darajalarini tahlil qilib shunday xulosaga kelish mumkinki, u yoki bu ballarda zilzila sodir bo'ladigan seysmik faol hududlarda ko'riladigan talafot darajasini hisobga olgan holda, faqat ma'lum guruhdagi inshoot va imoratlar qurilishi lozim.



10.1-rasm. Vane shahri 2011-yil 24-oktabrdagi zilziladan bir kun keyin.

Respublikamizning yirik markaz shaharlaridagi ko'p qavatli inshootlarning 1-qavatiga turli xildagi maishiy xizmat ko'rsatish uylari va boshqa shunga o'xshash tuzilmalarni tashkil qilish maqsadida uylarning birinchi qavati devorlariga o'zgartirishlar kiritilgan holatlarni juda ko'p kuzatganmiz. Lekin bu ularning seysmik bardoshligi kamayishiga olib kelishi mumkinligi haqida unutib qo'yyapmiz. Masalan, 2011-yil 23-oktabrda Turkiyaning Vane shahrida sodir bo'lgan zilzila natijasida vayron bo'lgan 4 qavatli uyning faqat 1-qavatida xuddi shunday holat sababli bino qulagan va uning qolgan 2, 3, 4-qavatlarining hattoki yaxlitligi buzilmagan (10.1-rasm).

Zilzila keltiradigan talafot inshootning turiga, konstruksiyasiga bog'liq bo'lishi bilan bir qatorda, qurilish maydonlarining muhandislik-geologik sharoitiga, tog' jinslari turlarining mustahkamligi darajasiga, xossa va xususiyatlariga, grunt xossalari, tarkibi, g'ovakligi, o'tkazuvchanligi, yerosti suvlarining chuqurligiga qarab, seysmik to'lqinlarning tarqalish tezligi va zilzila kuchi ham turlicha bo'ladi. Zilzila sodir bo'lishi mumkin bo'lgan seysmik rayonlarda yerosti suvlari sathining ko'tarilishiga qat'iy e'tibor berish lozim. Masalan, grunt suvlar sathi ko'tarilishi va buning oqibatida bino va inshootlar grunti (zamini) ezilishi mumkinligi haqida bir qancha olimlarning maqolalarida ma'lumotlar keltirilgan. Masalan, seysmik ballilik qiymatining farqi muhandislik-geologik sharoitining komponentlariga bog'liqligi (Mavlonov G'.O. va boshq., 1964-y.), seysmik ballilik qiymatining grunt sharoitlariga bog'liqligi (S.V. Medvedev, 1952-y.) va boshqalar haqida ma'lumotlar keltirilgan. Ushbu holat respublikamizning ayrim shaharlarida ham kuzatilganligi qayd qilingan. Masalan, yerosti suvlari ta'sirida ezilgan yoki namlangan soz tuproq va qumtoshlar zilzila kuchini 1 ball-gacha oshirishi, ohaktosh, granit kabi tog' jinslari esa zilzila kuchini 1-2 ballgacha kamaytirishi mumkin.

10.2. Inshootlarning zilzilaga nisbatan mustahkamligini oshirishga qaratilgan chora-tadbirlar

Kuchli zilzilalar sodir bo'ladigan hududlarda bino va inshootlarni antiseysmik choralar, konstruksiyalar qo'llagan holda, zilzilaga bardoshli qilib qurish qurilish ishlarining muhim vazifalaridan biridir.

Eski va mustahkam inshootlar yemirilmasligining oldini olib, ularni mustahkamlash, ta'mirlash zarur. Inshootlarning elementlari bir-biri bilan mustahkam bog'lanib, yaxlit bir butun bo'lishi kerak.

Inshootlarning xavfsizligini ta'minlash maqsadida yangi qurilayotgan va eski imoratlar uchun amaliyotda qabul qilingan me'yorlarga rioya qilish va uni amalga oshirish choralarini ko'rish kerak. Hozirgi kunda zilzila monitoringini, uning sodir bo'lishini bashorat qilish Fanlar akademiyasi Seysmologiya ilmiy-tekshirish instituti olimlari va Davlat seysmologiya xizmati xodimlari tomonidan amalga oshirilmoqda.

Qurilish maydonining zilzilaga bardoshlilikini aniqlash maqsadida aholi yashaydigan yirik joylarda hamda katta ahamiyatga ega bo'lgan sanoat, gidrotexnik va meliorativ qurilish obyektlarida maxsus geologik, gidrogeologik va muhandislik-geologik tadqiqotlar olib boriladi. Shu hududlar bo'yicha seysmik mikrorayonlashtirish xaritasi tuziladi. Bunday xaritalar maydonlarning zilzilaga nisbatan mustahkamligini va qurilish ishlari olib borish uchun qulay bo'lgan maydonlarni ajratishda foydalaniladi. Bu esa quriladigan inshootlarning mustahkamligini ta'minlashning asosiy garovidir.

Binolarni qurishda ularning zaminini tashkil qilgan tog' jinslarining tarkibi, tuzilishi va muhandislik-geologik xossalariga katta e'tibor qaratish lozim. Ularning mustahkamligi har xil yo'llar bilan oshiriladi. Tajribalardan ma'lum bo'ldiki, turli xil tarkibga ega bo'lgan poydevor va gruntlar zilzila paytida har xil tebranadi. Shunga ko'ra binolar turli darajada zararlanadi. Inshootlarning zilzilaga bardosh berishi ularning konstruksiyasi, antiseysmik chora-tadbirlar qo'llanilishi va qurilish materiallari sifatiga ham bog'liq.

Imoratlar zilzilaga chidamli bo'lishi uchun antiseysmik belbog'lar qo'llaniladi. Hozirgi kunda bu belbog'lar temir-betondan ishlanib, baland imoratlarning qavatları va devorları orasiga o'rnatiladi. Imoratların zilzilaga bardosh berishi konstruksiya va antiseysmik choralargagina emas, balki qurilish materiallari va qurilish ishlarining sifatiga ham bog'liqdir. Toshkent zilzilasida asosan xom g'ishtdan qurilgan imoratlar ko'p zararlangan. Tajribalarga ko'ra bunday imoratlar antiseysmik choralarsiz faqat 7 ballgacha dosh berishi mumkin.

Binolarning zilzilaga chidashi qurilish materiallarining sifatiga va ularning ishlanish usuliga ham bog'liq, g'isht orasiga ishlatiladigan aralashma sifatli bo'lmasa, g'ishtni namlamasdan terilsa, devor chokları bir-biriga yaxshi yopishmaydi, chunki quruq g'isht aralashma tarkibidagi suvni tezda shimib oladi, natijada u qotish va g'ishtga yopishish xususiyatini ancha yo'qotadi. Shuning uchun O'rta Osiyo sharoitida g'isht devor qurganda g'ishtni suvga butunlay bo'ktirib ishlatish kerak.

Bundan tashqari, quriladigan imoratlar toifalariga qarab, ularning mustahkamligini oshirish uchun loyihalanadigan inshootlarni 1 ballga oshiriladi, ya'ni bino qurilishi mo'ljallangan hududda 6 ball bilan yer qimirlasa, uni hisoblab 7 ballga bardoshli qilib quriladi.

Qurilish ishlarida zilzilaga oldindan tayyorgarlik ko'rish, obyektlarning zilzilaga bardoshligini oshirish, ixcham va sinchli kichik hajmdagi mustahkam binolar qurish, mustahkam poydevor va pishiq ustunlarni qurish, zilzilaga kam bardoshli inshootlarni po'lat va temir-beton to'sinlar bilan qo'shimcha ravishda mustahkamlash talab etiladi.

Muhandislik tarmoqlarining zilzilaga bardoshligini oshirishda:

- kabel va yerosti quvurlarini to'g'ri o'tkazish;
- yerosti hududlaridagi boshqarishni va avtomat tarzda o'chirish-yoqish qurilmalarini ishonchli ravishda o'rganish;
- quvur simlari birlashgan nuqtalarning xavfsizligini va boshqalarini bilish zarur.

10.3. Antiseysmik qurilish

Antiseysmik qurilish o'z ichiga quyidagilarni oladi:

- 1) qurilish maydonini tanlash, genplanlar ishlab chiqish;
- 2) arxitekturaviy va konstruktiv qarorlar qabul qilish;
- 3) hisoblash usullari;
- 4) seysmik hududlarda bino va inshootlarni qurish va ulardan foydalanish.

Shikastlanishlar xususiyati:

Mahalliy material va xom g'ishtdan qurilgan inshootlar ko'proq shikastlanadi. Yog'ochdan qurilgan binolar eng kam shikastlanadigan inshootlar hisoblanadi. Shikastlanish darajasi eng past bo'lgan binolar – bu metall va temir-beton karkasli binolardir.

Antiseysmik qurilishning umumiy omillari:

- 1) seysmik yukni kamaytirish;
- 2) bino massasi va yaxlitligini tekis taqsimlash, ya'ni binolar planda oddiy shaklga ega bo'lishlari kerak;
- 3) konstruksiya alohida elementlarining bir tekis joylashishi, monolit bo'lishi va bir xil mustahkamlikka ega bo'lishi kerak;
- 4) binoning balandligi va plandagi o'lchamlarining chegaralanganligi;
- 5) seysmik himoyaning maxsus tizimlari (antiseysmik to'shama, aylanadigan tayanchlar, elastik prujinalar o'rnatish, izolatsiya qiluvchi prokladkalar va shunga o'xshash moslama va materiallar).

10.4. Zilzilalarning tog' jinslari massivi va inshootlarga ta'siri

Seysmologiya nuqtayi nazaridan quyidagi maydonlar inshootlarni qurish uchun noqulay zamin (poydevor) hisoblanadi:

1) relyefi ajralgan maydonlar: daralar, jarliklar va shunga o'xshash joylar;

2) yemirilgan va nuragan yerlar;

3) cho'kuvchan gruntlar;

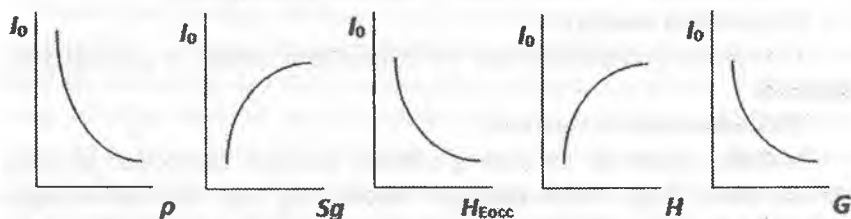
4) botqoqqa o'xshash bo'sh (yerlar) gruntlar;

5) texnogen tashlandiqlar;

6) tog' ishlanmalari: shaxtalar, tonnellar, metropoliten yo'llari;

7) tektonik yer yoriqlari atrofi.

Zilzila shiddati – I_0 ga ta'sir etadigan omillar: jinsning zichligi – ρ ; g'ovaklarning suv bilan to'yinganligi – Sg ; yerosti suvlarining joylashish chuqurligi – $H_{\text{Еосс}}$; bo'sh gruntlar qalinligi – H ; jinsning seysmik bikirligi – $G = \rho c$ (10.2-rasm).



10.2-rasm. Zilzila shiddatining grunt sharoitlariga bog'liqligi.

Gruntning seysmik xossalari S.V. Medvedevning quyidagi formulasi orqali ifoda etiladi:

$$\Delta I = 1,67 \log \frac{V_c \rho_c}{V_1 \rho_1} + k e^{-0,04 h^2}, \quad (10.1)$$

bu yerda: $V_c \rho_c$ – «o'rtacha grunt»ning seysmik qattiqligi; $V_1 \rho_1$ – kuzatilgan nuqtada gruntning seysmik qattiqligi.

Gruntning seysmik jihatdan suyulish koeffitsiyenti 1 dan 10 gacha bo'lgan oraliqda xavfsiz hisoblanadi.

Cho'kindi jinslar qatlamlarining qalinligini hisoblash quyidagi empirik tenglamalardan foydalangan holda olib boriladi:

$$h = 156 f^{-1.08} \quad (10.2)$$

bu yerda: h – cho'kindi jinslar qatlamining qalinligi; f_0 – gruntning rezonansli chastotasi.

Ko'ndalang to'liqning tezligini (V_s) aniqlash uchun quyidagi ifodadan foydalanilgan:

$$T = 4h/V_s; \quad (10.3)$$

bu yerda: T – gruntning rezonansli davri; h – cho'kindi qatlamning qalinligi; V_s – ko'ndalang to'liqning tezligi.

S.V. Medvedevga ko'ra (1962) seysmoballar shag'al-tosh jinslarida oshishi +0.9–1.5 ballar atrofidadir. Shuningdek, cho'kindi mayda shag'allar ham ikkinchi darajali jinslarga to'g'ri keladi.

10.1-jadval

Seysmoballarning oshishi (S.V. Medvedev bo'yicha, 1962-y.)

Tog' jinslarining nomlari	Jinslarning ko'rinishi	VS (km/s da)	Vp (km/s da)	Ball
1. Qumtoshli	Yirik bo'lakli	1,3	2,1	0,9–1,0
2. Shag'alli (magmatik)		1,2	1,9	1,1–1,3
3. Shag'alli (cho'kindi)		1,1	1,7	1,4–1,5

Maksimal jadallik qiymatini aniqlashda quyidagi yaxlitlantirish usuli qo'llaniladi: qiymat 0.5 bo'lsa – kam tarafa, 0.5 dan yuqori bo'lsa ko'p tarafa yaxlitlantiriladi. Misol uchun, 0.42 ballik bo'lsa, 0.0 deb, 0.62 ballik 1.0 deb olinadi.

Bino va inshootlarning seysmik kuchlar ta'siriga qarshilik ko'rsata olish xususiyatini baholay oladigan «Inshootlar zilzilabardoshligi» deb ataluvchi maxsus fan mavjud.

10.5. Zilzila va fuqaro muhofazasi

Aholi va hududlarni favqulodda vaziyatlar (FV)dan muhofaza qilish haqidagi qonunning 14-moddasida ko'rsatilgan «Favqulodda vaziyatlar monitoringi va ularni oldindan bashorat qilish zilzilani dahshatli ofatining oqibatlarini kamaytirish, bo'lajak zilzilalarni oldindan aytib berish bo'yicha ancha natijalarga erishilgan». Yer yuzida qaysi joyda yer qimirlashi mumkinligi aniqlangan, ular har xil miqyosda seysmik rayonlashtirish xaritalariga tushirilgan, ammo qachon sodir bo'lishi hozircha muammo bo'lib turibdi. Lekin bu masala bo'yicha butun dunyo olimlari, ayniqsa, O'zbekiston seysmolog olimlari tomonidan ancha ishlar qilingan.

Bugungi kunda zilzilalardan himoyalaniishning birdan bir yo'li zilzilabardosh imoratlarni qurishdir. Bunda qurilish ishlari sifatining oshirilishi natijasida yer siljishlarining energiyasi so'nadi.

Ma'lumki, yer silkinishida ikki turdagi: vertikal va gorizonta siljishlar yuzaga keladi. Aholini va hududlarni FVlardan himoya qilish to'g'risidagi qonunning 14-moddasida bajarilishi lozim bo'lgan vazifalar qayd etilgan.

Zilzilaga oldindan tayyorgarlik ko'rish uchun quyidagilarni amalga oshirish lozim:

- javon va osma tokchalarni pol hamda devorlarga mustahkam biktiring;
- mebel va tokchalardagi og'ir ashyolarni pastga joylashtiring;
- bolalarni, kattalar bo'lmagan holatlarda, kuchli silkinishlar ro'y berganda xavfsizroq joylarga yashirinishga o'rgating;
- xonadonda yer qimirlashiga oid mashqlar o'tkazing;

– uyni yoki ish joyidan chiqib ketishdan avval gaz va elektr tokini, pechdagi olovni o‘chiring;

– o‘zingiz bilan zarur hujjat va ashyolarni, oziq-ovqat hamda dori-darmonni oling.

Fuqaro muhofazasi talablaridan kelib chiqqan holda har bir inson o‘z uyidagi gaz, suv, elektr tarmoqlarini xavfsizlantiradigan joylarni (o‘chirish) bilishi kerak. Uy tibbiy qutisi, unda birinchi yordam uchun zarur bo‘lgan dori-darmonlar mavjud bo‘lishi, noxush vaziyat yuzaga kelganda birinchi xizmat ko‘rsatish tashkilotlarining telefon raqamlarini bilishi, maktab yoshidagi bolalarga zilzila vaqtida qanday harakat qilish kerakligi tartiblarini uqtirishi, ish joylarida xavfsizlik qoidalariga rioya qilish va boshqa ko‘rsatmalardan har bir kishi boxabar bo‘lishi shart. Buning uchun mavjud imkoniyatlardan to‘liq foydalanish zarur. Ayniqsa, mahalla-guzarlarda, ishxona-maktablarda, radio-televideniya ommabop shaklda suhbatlar tashkillashtirilsa, qisqa metrajli filmlar berib borilsa maqsadga muvofiq bo‘ladi.

Zilzila vaqtida qilinadigan ishlar

Zilzila sodir bo‘lganda asbob-uskunalarining shikastlanishi, vayron bo‘lishidan saqlab qolish: alohida mashina, stanok va apparatlarni asosiy binodan tashqaridagi ayvonlarda saqlash, ularning atrofiga himoya qobiqlari va kameralari, soyabonlar, zarb qaytargich qurilmalar va boshqa vositalar bo‘lishini taqozo etadi. Zilzila paytida kishi o‘z harakatlarini puxta o‘ylab, unga ilgaridan tayyorgarlik ko‘rsa, odamlar halok bo‘lishi va shikastlanishi xavfi kamayadi. Agar siz binoni tashlab chiqadigan bo‘lsangiz, 15–20 soniya vaqt ketadigan yo‘ldan harakatlanishni oldindan belgilab oling. Avvalo, har bir inson paydo bo‘lgan guvillashlar, devorlarning yorilishi, yig‘ilayotgan ashyolarning tovushidan qo‘rqmasligi, o‘z xatti-harakati bilan atrofdagi odamlarni vahimaga solmasligi kerak.

Ishlab chiqarishda yoki uning alohida bo‘limlarida (liniya, sex, agregat, pech va boshq.) avariyasiz holatni yaratish bo‘yicha tadbirlar ishlab chiqilishi kerak. Bu, o‘z navbatida, ushbu obyektlarda zilzila oqibatida yetkaziladigan zararni kamaytirishga xizmat qiladi.

Xonada: zilzila ro'y berganda uyning (ichki eshik bo'sag'asida, ustunlar tagida, xona burchaklarida, deraza, balkondan uzoqroqdagi to'siqlar ostida) xavfsiz joylarda jon saqlash mumkin.

Ko'chada: ochiq maydonga yugurib o'tishga harakat qilish. Alohida hollarda bir qavatli uylar va ko'p qavatli uylarning birinchi qavatini tark etish mumkin.

Maktab o'quvchilari va oliy ta'lim muassasalari talabalari parta va stol ostiga yashirinishlari, yuz va boshlarini himoya qilib, oyna tomonga teskari o'girilib olishlari lozim.

Zilzila sodir bo'lganda go'yo biz turgan zamin xuddi «beshik» kabi tebrangandek bo'ladi. Tebranish bir necha daqiqa, kuchli zilzila bo'lsa, uzoqroq davom etishi mumkin. Tebranishdan qo'rqib ketishingiz mumkin, ammo kutib turishdan boshqa chorangiz yo'q. Agar inson aql bilan ish ko'rsa, shikastlanish darajasini ancha kamaytirgan bo'ladi. Ayniqsa, bu osoyishtalik orqali u atrofdagilarga ijobiy ta'sir ko'rsatishi va ular ham sarosimaga berilmasliklariga zamin tayyorlaydi.

Seysmik bardoshi kam bo'lgan, g'ishtli va xavfli binolarda (ko'p qavatli zina va liftli inshootlardan tashqari) esa, albatta, zudlik bilan tashqariga chiqish kerak. Bunda elektr tarmoqlari, buyumlar harakati-dan ogoh bo'lish lozim. Ochiq joyda bo'lsa binolarga, elektr tarmoqlariga yaqin turmaslik kerak. Transportda bo'lsa ochiq joyda to'xtatib, tebranish o'tib ketguncha kutish zarur.

Zilziladan so'ng qilinadigan ishlar

Zilzila sodir bo'lgandan keyin har bir inson zilzila natijasida ruhiy nuqsoni bo'lgan bolalarni va boshqa barcha odamlarni tinchlantirishga harakat qilishi, mish-mishlar tarqalishiga yo'l qo'ymasligi, tabiiy ofat oqibatlarini tugatish bo'yicha tuzilgan shtab va mahalliy boshqarmalarning ko'rsatmalariga qat'iy rioya qilishi zarur.

Qayta yer silkinishlariga doim tayyor turish lozim, zilziladan keyingi bir necha soat xavfli hisoblanadi. Shu boisdan ikki-uch soat bezarurat bino ichiga kirmaslik talab qilinadi.

Tayanch iboralar:

Muhandislik-geologik sharoit, inshoot konstruksiyasi, antiseysmik chora-tadbirlar, fuqaro muhofazasi.

Nazorat savollari:

1. Zilzilaning inshootlarga ta'siri haqida tushuncha bering.
2. Inshootlarning muhandislik-geologik sharoiti deganda nimani tushunasiz?
3. Zilzilaning tog' jinslariga ta'siri haqida tushuncha bering.
4. Inshootlarning zilzilaga nisbatan mustahkamligini oshirish uchun nimalarga e'tibor qaratish zarur?
5. Zilzila va fuqaro muhofazasi deganda nimani tushunasiz?
6. Zilzila vaqtida va zilziladan keyin qilinadigan ishlar haqida tushuncha bering.

GLOSSARIY

Aftershok – zilziladan keyingi kuchsiz silkinishlar bo'lib, asosan zilzila o'choq'ida sodir bo'ladi. O'choq chuqurligi qancha kam bo'lsa, shuncha ko'p aftershoklar yuz beradi.

Akustik qattiqlik– muhitdagi elastik to'lqinlar tezligi (B_e) uning zichligiga (ρ) ko'paytirmasiga teng: $\gamma_e = \rho B_e$, bu yerda e indeks to'lqin turiga bog'liq bo'lgan P yoki S ma'noni bildiradi.

Akselerograf – zilzila vaqtidagi tebranishlar chastotasini o'lchovchi asbob.

Amplituda (A) – to'lqinning eng katta siljishi.

Anizotrop – turli yo'nalishda xossalari har xil bo'lgan muhit.

Anomal dispersiyada tebranishlar chastotalar ortishi bilan tezlik ortadi.

Bir jinsli-qatlamli muhit – qatlamli muhit (ikkita, uchta, ko'p), har bir qatlamda tezligi (elastik xossalari) o'zgarmasdir.

Bo'ylama (R) to'lqinlar – «siqilish-cho'zilish» to'lqinlardir. Bo'ylama to'lqin tarqalganda muhitning zarralari to'lqin tarqalish yo'nalishi bo'yicha siljiydi (tebranadi) va hajm deformatsiyasi yuz beradi.

Bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar hajm to'lqinlari deyiladi, chunki ular tarqalayotganda, tebranish jarayoni jinsning ma'lum bir hajmini qamrab oladi.

Davr T – ikkita qo'shni bir xil ishorali amplitudalar vaqt oralig'i.

Deformatsiya – tashqi kuchlar ta'sirida qattiq jism o'z shaklini va hajmini o'zgartirishi. Elastik jismda hosil bo'lgan deformatsiyalarni hajm va shakl (yoki siljish) deformatsiyalari deyiladi.

Difraksiyalangan to'lqin – to'lqin tarqalgan paytida o'zining yo'lida to'lqin uzunligiga nisbatan elastik xossalari farq qilgan muhitning kichik sohasini uchratsa, unda bu sohada hosil bo'luvchi to'lqindir. Bu to'lqinning kinematik va dinamik xususiyatlari anomal sohaning shakli va o'lchamiga, elastik xossalarning farqi, darajasi, xususiyati va difraksiyani tug'dirgan to'lqinning turiga bog'liq.

Elastik muhit zarralarining tebranishi – qo'zg'atish (zarba) elastik to'lqinlari nuqtasidagi ta'sir etuvchi kuch vaqt oralig'ida tez o'zgaradi, u avval ko'tarilib (max), keyin pasayadi (min). Natijada muhitdagi deformatsiyalar va kuchlanishlar ham Guk qonuniga

asosan vaqt bo'yicha o'zgarishi natijasida elastik muhit zarralarini qo'zg'atadi.

Elastik to'liqin – tebranishlarning bir zarradan ikkinchisiga uzatilishi natijasida yuzaga keluvchi jarayon. Elastik to'liqinlar hajmli va yuzaki bo'ladi.

Elastik to'liqinlar manbalari. Yer yuzida va uncha chuqur bo'lmagan (50 m gacha) parma hududlari yoki suv havzalarida elastik to'liqin hosil qilish uchun turli manbalardan foydalaniladi.

Episentr – giposentrning yer yuzasidagi proyeksiyasi.

Ferma nuqtayi nazariga binoan ikkita nuqta orasidagi to'liqin eng kichik qarshilik etuvchi yo'l bo'ylab tarqaladi, ya'ni eng qisqa vaqt sarf qiladigan yo'lni bosib o'tadi. Uning fikriga asosan (izotrop) muhitlarda seysmik nur to'g'ri chiziqdan iborat, chunki ularda tezlik doimo bir xil.

Forshoklar – seysmogrammalarda zilzila sodir bo'lgunga qadar kuchsiz qimirlashlar bilan qayd qilinuvchi keskin diagrammalar.

Fure o'zgartirishi – vaqt maydonidagi funksiyani (elastik to'liqin paydo bo'lishidagi qisqa impuls) chastotalar maydonidagi (signallar-ning uzoq garmonik yozuvi) funksiyaga va uning aksiga o'zgartiradi. Bunday o'zgartirishlarda ma'lumot yo'qolmaydi, balki ularga ishlov berish vaqti yoki chastotali maydonlarda qulaylik tug'diradi.

Giposentr – zilzila sodir bo'lgan chuqurlikdagi joy.

Geometrik seysmika – bu to'liqin tarqalish paytida seysmik energiya nurli trubka doirasidan chiqmasdan tarqalishi (ya'ni o'zgarmasdan) tasavvurida to'liqinsimon jarayonlarni ifodalash usullaridir.

Gers – bir soniyadagi tebranishlar soni.

Gradiyentli-qatlamli muhit – har bir qatlamda tezliklari uzluksiz ortadigan qatlamli muhit.

Gyuygens nuqtayi nazariga binoan to'liqin frontining har bir nuqtasini mustaqil tebranish manbasi, ya'ni ikkilamchi to'liqin manbasi deb hisoblash mumkin: bunga asosan berilgan to'liqin frontining ayrim holatlariga qarab, boshqa holatdagi to'liqin frontini belgilash mumkin.

Haqiqiy tezlik V_{haq} – bu jinsning kichik hajmdagi to'liqin tezligi. U namunalarda ultratovushlarni o'lchash bilan aniqlanadi.

Har tomonlama siqilish K moduli – $K=P/(\Delta V/V)$; bu yerda: P – bosim; V – hajm; ΔV – hajmning deformatsiyasi.

Izoseyst – zilzilaning yer yuzida bir xil kuch bilan namoyon bo‘lgan nuqtalarini tutashtiruvchi chiziq.

Izoxrona – bu t_1 vaqt paytida to‘lqin fronti bilan mos kelgan yuza.

Kaustika – qo‘shni nurlar kesishish nuqtalarining geometrik o‘rni.

Kirxgof integrali seysmik maydonning difraksion tabiatini ifodalaydi: C nuqtada kuzatilayotgan siljishlar Q yuzada joylashgan hamma elementar manbalardan nuqtaga kelgan tebranishlarning superpozitsiyasidir.

Konversiya koeffitsiyenti – bu erkin yuzadagi yig‘indi tebranishlar amplitudasi tushgan to‘lqin amplitudasiga nisbatidir.

Ko‘ndalang S-to‘lqinlar – siljish to‘lqinlaridir. S-to‘lqin tarqalganda muhitning zarralari to‘lqin tarqalish yo‘nalishiga ko‘ndalang (perpendikular) bo‘lgan yuzada siljiydi va shakl deformatsiyasi hosil bo‘ladi. S-to‘lqin faqat qattiq muhitlarda tarqaladi.

Magnituda – zilzila magnitudasi seysmik to‘lqinning maksimal amplitudasining (A) boshqa standart zilzilaning shu to‘lqinlarining amplitudasiga (A_h) nisbatining o‘nli logarifmi orqali aniqlanadi:

$$M = \log \frac{A}{A_x}$$

Mutlaq elastik jism – bu har qanday kuch ta’siridan so‘ng avvalgi shakli va hajmi to‘liq tiklanadigan jismdir.

Oraliq tezlik V_{or} – har bir oraliqdagi to‘lqin tarqalishining berilgan oraliq chuqurlikdagi o‘rtacha tezligi.

Plastik (qayishqoq emas) jism – kuch ta’siridan so‘ng jismning avvalgi shakli va hajmi tiklanmaydigan jism.

Puasson koeffitsiyenti (σ) – jismning hajmli elementi nisbiy ko‘ndalang siqilishi (cho‘zilshi) va nisbiy bo‘ylama uzayishi (qisqariishi) orasidagi nisbatni ta’riflaydi. σ miqdori 0 dan 0,5 gacha o‘zgaradi.

Pyezoelektrik effekt – moddaga mexanik kuchi bilan ta’sir ko‘rsatilganda undagi molekulalarning ma’lum yo‘nalishda joylashishi.

Pyezoelektrik modullar – bu seysmoelektrik xususiyatlarga jinslarning turli xil modullaridir.

Pyezoelektrik qutblanish ayrim dielektriklarning monokristallari-da (yarimo‘tkazgichlarda kamroq) va kristallik muhitdagi tog‘ jinslarida kuzatiladi.

Qalin qatlam – qalinligi to‘lqin uzunligidan katta bo‘lgan qatlam.

Qaytish ko‘effitsiyenti A_p – qaytgan to‘lqin amplitudasining tushgan to‘lqin amplitudasiga nisbati:

$$A_{PP} = \frac{a_{P_1}}{a_{P_1}}, A_{PS} = \frac{a_{P_1} S_1}{a_{P_1}}$$

Rezonans – majburiy tebranishlar (zilzila vaqtidagi) chastotasi bilan xususiy tebranishlar (inshootning tebranishi) chastotasining mos kelishi natijasida tebranishlar amplitudasining keskin o‘rtib ketish hodisasi.

Seysmik nur – to‘lqin frontiga o‘tkazilgan perpendikular chiziqliq. Shu nurlar bo‘yicha seysmik to‘lqin energiyasi harakat qiladi (ko‘chadi). Nuqtali manbadan hosil bo‘lgan to‘lqin fronti aylana (sferik) ko‘rinishida; manbadan uzoqlashgan sari deyarli tekis yuzaga intiladi.

Seysmoelektrik effekt. Ushbu effekt, pyezoelektrikka nisbatan kamroq o‘rganilgan bo‘lib, u namli cho‘kindi tog‘ jinslaridan seysmik to‘lqin o‘tganda kuzatiladi.

Seysmogeologik muhit – elastik to‘lqinlar maydonini shakllantirishda ishtirok etayotgan geologik muhitdir.

Seysmogeologik chegaralar – bu elastik xossalari bo‘yicha farq qiluvchi geologik tanalarning ajralish yuzalaridir. Bunday tanalar cho‘kindi yotqiziqlar qatlamlari, kristallik jinslar massivlari, tektonik buzilish zonalari va boshqalar hisoblanadi. Chegaralarning hosil bo‘lishida asosiy rol ni jinslar tezlik ko‘rsatkichlari o‘zgarishlari o‘ynaydi, zichlik va yutilish xossalari esa bo‘ysunish ahamiyatiga ega bo‘ladi.

Seysmograf – tebranishlar amplitudasini o‘lchovchi asbob bo‘lib, aniqligi 0,0001 mm gacha.

Seysmogrammalar – seysmik yozmalardir.

Seysmogrammalarga qo‘lda ishlov berish – magnetogrammalar foto va oddiy qog‘ozlarga ko‘chirib yozilgan seysmorazvedka ma‘lumotlarini qo‘lda ishlov berishdir.

Siljish moduli $\mu = (F/S)/\varphi$ ifoda bilan aniqlanadi (φ – siljish ta‘sirida jismning shakli o‘zgarish burchagi). Bunda urinma kuchi (F) ta‘sirida jismning shakli o‘zgaradi, hajmi esa o‘zgarmaydi. Suyuqliklarda va gazlarda $\mu=0$ ga teng.

Tezlik indikatsiyasi – seysmik tezlikning o'zgarishi yo'nalishiga bog'liqligini tasvirllovchi funksiya.

Tezlikning normal dispersiyasi – tebranishlar chastotasi pasayishi bilan tezlik ortadi.

Tezlikning chastotali dispersiyasi – bu garmonik tebranishlar tarqalish tezligi ularning chastotasiga bog'liqligidir. Tezlikning chastotali dispersiyasi normal va anomal ta'rifga ega bo'lishi mumkin.

Tezlik chegarasi – to'lqinning tezligi o'zgaradigan ajralish yuzasi.

Tog' jinslarida elastik to'lqinning yutilishi elastik energiyaning qaytmas jarayonida sarf bo'lishi hisobiga kechadi. Shu sababga ko'ra uzoqligi X bo'lgan yassi garmonik to'lqin A amplitudasi kamayib boradi, ya'ni $A=A_0 e^{-bx}$, bundan A_0 – amplituda ko'rsatkichi; b – yutilish koeffitsiyenti.

Tuyuluvchi tezlik – bu ba'zi kuzatish chegara, yuz yoki chiziq bo'ylab to'lqinning harakat tezligidir.

Tuyuluvchi tezlik V_k yoki V' – ixtiyoriy to'lqin frontining kuzatish profili bo'yicha tarqalish tezligidir. Kuzatish profilining nuqtalar oralig'ida Δx masofa o'zgarishida to'lqin frontining o'tish vaqti Δt ga teng, ya'ni $V_k = \Delta x / \Delta t$.

To'lqin – tebranishlarning muhitda tarqalish jarayoni.

To'lqin grafigi – to'lqin fronti o'tgan paytda muhitning ixtiyoriy M nuqtasida vaqt bo'yicha zarralar siljishining o'zgarish grafigi.

To'lqin uzunligi – bir xil fazada tebranayotgan ikkita yaqin zarralar orasidagi masofa.

To'lqin yozmasi $Up(t)$ – belgilangan nuqtaga ($t=\text{const}$) muhit zar-raning siljishlari miqdorlari vaqtga bog'liqligini ko'rsatadi. Bu muhit bitta zarrasining vaqtdagi tebranishlar yoyilmasidir.

To'lqin fazalari – to'lqin yozmasining o'ziga xos nuqtalari (ekstre-mumlari, nollari).

To'lqin fronti – tebranish qoplagan maydon bilan ular hali yetib bormagan sonli maydonni ajratib turuvchi yuza.

Uzluksiz (gradiyentli) muhit – chuqurlik bo'yicha tezligi ortadi-gan cheksiz muhitdir.

Velisograflar. Zilzila vaqtida gruntlar harakatining tezligini yozib oluvchi asboblarda velisograflar, ularning yozuvlari esa zilzila velisog-rammasi deb ataladi.

Vibrograf – sezilarli ko‘chishlarni o‘lchash uchun xizmat qiluvchi asbob.

Yuzaki to‘lqinlar – Reley (R) va Lyava (L) to‘lqinlari deyiladi. Ular yer yuzasi bo‘ylab tarqaladi. Reley to‘lqinlari hosil qilgan tebranishlar uning uzunligiga teng bo‘lgan qalinlikdagi qatlarni qamrab oladi.

Yung moduli (E) cho‘zuvchi (siquvchi) kuchga elastik jismning ko‘rsatgan qarshiligini ta’riflaydi. U jismning hajmi ikki barobar cho‘zilishiga (siqilishiga) olib keluvchi kuchlanish (yuza birligiga ta’sir etgan kuch) miqdoriga teng. Tog‘ jinslarda Yung moduli 100 va 1000 marta farq qilishi mumkin (cho‘kindi jinslarda – $(0,03-9) \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$, kristallik jinslarda – $(3-16) \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$).

O‘tish koeffitsiyenti B_r – o‘tgan to‘lqin amplitudasi (singan to‘lqin amplitudasi)ning tushgan to‘lqin amplitudasiga nisbati.

O‘zaro bog‘liqlik nuqtayi nazari – seysmik tebranishni qo‘zg‘atuvchi va qabul qiluvchi manbalarning joylarini o‘zaro almashtirilsa, unda shu nuqtalarda kuzatish vaqti, to‘lqinning shakli va zarralarning tebranish sifati o‘zgarmasligi.

Chastota – o‘lchov birligi gers (Hz) bo‘lib, 1 Hz chastota deb, 1 soniyada 1 marta to‘la takrorlanadigan davriy jarayonning chastotasiga aytiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. *H. Otaboyev. Zilzila.* – T.: ToshDU «Universitet» nashriyoti, 1998.
2. *Abdullabekov Q.N. Zilziladan saqlanish mumkinmi?* – T.: O‘zbekiston, 1992.
3. O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi G‘.O. Mavlonov nomidagi Seysmologiya instituti 50 yoshda (1966–2016). Tuzuvchilar: Abdullabekov Q.N., Maqsdov S.X. – T., 2016.
4. O‘zbekiston Respublikasi geologik xaritalari atlası. – T.: MRITI, 2016.
5. *Y.-X.HU, S.-C. Liu and W. Dong. Earthquake engineering.* Great Britain, Oxford. 1996.
6. *Greg Roza. Earthquake. True Stories of Survival.* New York. 2007.
7. *S.L. Hamilton. Forces of nature. Earthquakes.* USA, North Mankato. 2012.
8. *Timothy Kusky. Earthquakes. Plate Tectonics and Earthquake Hazards.* USA. 2008.
9. *John Hawkins. Catastrophe. Earthquake Disasters.* New York. 2012.
10. *Rachael Hanel. Can you survive an earthquake?* USA. 2013
11. *Susan Elizabeth Hough. Richter’s Scale: Measure of an Earthquake, Measure of a Man.* Oxford. USA. 2007.
12. *Edmund Booth and David Key. Earthquake design practice for buildings.* Second edition. Great Britain. 2006.
13. 1906 San Francisco Earthquake Centennial Field Guides. Field trips associated with the 100th Anniversary Conference, 18-23 April 2006, San Francisco, California.
14. *Michael Woods and Mary B. Woods. Earthquakes.* USA. 2007.
15. *Francesco Mulargia and Robert J.Geller. Earthquake Science and Seismic Risk Reduction.* Netherlands. 2003.
16. *Robin Ericson. Earthquakes.* USA. 2012.

17. Яновская Т.Б. Основы сейсмологии. – СПб., 2008.
18. Трухин В.И., Показеев К.В., Куницын В.Е. Общая и экологическая геофизика. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.
19. Воронина Е.В. Механика очага землетрясения (спущкурс). – М.: МГУ, 2004.
20. Эдуард Хачиян. Прикладная сейсмология. – Ереван: издательство «Гитутюн» НАН РА, 2008.

Maqolalar:

1. Абдуллабеков К.Н. и др. Основные аспекты образования аномальных вариаций геофизических полей при тектонических землетрясениях. // Геология и минеральные ресурсы. 2003, №4.
2. Абдуллабеков К.Н., Р.Н. Ибрагимов. О периодичности сильных землетрясений Кавказа. //Узбекский геологический журнал. 1974, №6.
3. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Артиков М.Т. Развитие сейсмического процесса в очаговых зонах сильных землетрясений Узбекистана и долгосрочный прогноз сейсмической активизации // Геология и минеральные ресурсы, 2009, №1.
4. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С. Количественные характеристики сейсмического режима, методы их вычисления и картирования. Сейсмическое районирование и прогноз землетрясений в Узбекистане. //Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 2002.
5. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Кучкаров К.И., Ибрагимова Т.Л., Мирзаев М.А. Вероятностные оценки сейсмической опасности территории Узбекистана в амплитудах скоростей колебаний грунта при землетрясениях. Научно-практический журнал Геология и минеральные ресурсы. №2, 2016.
6. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С. Оценка сейсмической интенсивности в эпицентре землетрясений от магнитуды и глубины очага // Геология и минеральные ресурсы, 2006, № 3.
7. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С. Районирование сейсмической опасности территорий с учетом не стационарности сейсмического процесса // Геология и минеральные ресурсы ж., №1, 2008.

8. Bondur V.G., Kuznetsova L.V. Satellite Monitoring of Seismic Hazard Area Geodynamics Using The Method of Lineament Analysis // Proc. of 31 Int. Symp. on Remote Sensing of Environment, St.Petersburg, 2005.

9. Бондур В.Г., Зверев А.Т. Метод прогнозирования землетрясений на основе линеamentного анализа космических изображений // Докл. Академии наук, 2005. Т. 402. № 1.

10. Бондур В.Г., Зверев А.Т. Метод прогнозирования землетрясений на основе линеamentного анализа космических изображений // Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2005. № 1.

11. Бондур В.Г., Зверев А.Т. Космический метод прогноза землетрясений на основе анализа динамики систем линеamentов // Исследование Земли из космоса, 2005. № 3.

12. Бондур В.Г., Зверев А.Т., Кузнецова Л.В. Космический мониторинг динамики систем линеamentов в период подготовки землетрясений в Калифорнии // Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2005. № 5.

13. S. Salvi et al. / The Sentinel-1 mission for the improvement of the scientific understanding and the operational monitoring of the seismic cycle./ Remote Sensing of Environment 120 (2012) 164–174. journal homepage: www.elsevier.com/locate/rse

14. Вознесенский Е.А. Землетрясения и динамика грунтов. Соросовский образовательный журнал, №2 1998.

15. Гидрогеосейсмологические предвестники Газлийского землетрясения /АН УзССР, 1976, №7; №9, №10.

16. Г.А.Мавлянов и др. Гидрогеохимические особенности подземных вод некоторых сейсмоактивных районов Узбекистана. – Т.: Фан, 1973.

17. Ибрагимов Р.Н., Нурматов У.О., Ибрагимов О.Р. Сейсмо-тектонический метод оценки сейсмической опасности и вопросы сейсмического районирования. Сейсмическое районирование и прогноз землетрясений в Узбекистане. – Т.: Гидроингео, 2002.

18. Касымов Х.К., Воробьев Е.Л., Закиров Д.М. Попытка прогнозирования момента возникновения повторных толчков Ташкентского землетрясения по наблюдениям за вариацией радона. – В кн.: Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 года. – Т.: Фан, 1971.

19. Абдуллабеков К.Н., Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С. Сейсмическая опасность и технология сейсмического районирования территории Узбекистана // Геология и минеральные ресурсы. 2002, №6.

20. Абдуллабеков К.Н. и др. Итоги сейсмопрогностических исследований в Узбекистане. // Геология и минеральные ресурсы, 2010, №2.

21. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика разломных зон // Физика Земли, 2004. № 10.

22. Ларкина В.А. Сейсмоактивные зоны по космическим данным // Стратегия жизни в условиях планетарного экологического кризиса. Под ред. Н.В.Красногорской. Т. 1. Планета Земля и ее биосфера под воздействием природных факторов. СПб.: Изд-во «Гуманистика», 2002.

23. Милановский Е.Е., Никишин А.М. Западно-Тихоокеанский рифтовый пояс // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1988. Т. 63. Вып. 4.

24. Усманова М.Т., Нурматов У.А., Джурсаев А. и др. Научно-практический журнал Геология и минеральные ресурсы. №2, 2015.

25. О возможности прогнозирования места возникновения сильных землетрясений по вариации радона / А.Н. Султанходжаев, С.У. Латипов, Т. Закиров и др. – Узб. Геол. журн., 1977, № 3.

26. Расулов Д.Х., Расулова Г.Д. Гидроударная модель тектонических землетрясений. Научно-практический журнал «Геология и минеральные ресурсы». №3-2013.

27. Ризниченко Ю.В. Избранные труды. Проблемы сейсмологии. – М., 1985.

28. Рогожин Е.А. Геодинамика и сеймотектоника // Проблемы эволюции тектоносферы (к 90-летию со дня рождения В.В. Белоусова). –М.: ОИФЗ РАН, 1997.

29. Мишин С.В. О проблемах современной сейсмологии. Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» (<http://ipb.mos.ru/tfb>). Выпуск № 2 (60), 2015 г.

30. Сывороткин В.Л. Землетрясения. Пространство и время 2(4)/ 2011.

31. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л., Мирзаев М.А. Сейсмическая опасность территории Узбекистана в величинах максимальных ускорений. Журнал Геология и минеральные ресурсы. №2, 2012.

32. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л., Мирзаев М.А. Взаимосвязь между периодами сейсмической активизации в различных сейсмоактивных зонах. Научно-практический журнал Геология и минеральные ресурсы. №1, 2015.

33. Ходжаев А.К. Вероятные очаговые зоны максимальных землетрясений Чаткало-Кураминской горной области. Инф. сообщение N 204. – Т.: Фан, 1978.

34. Штейнберг В.В. Параметры колебаний грунтов при сильных землетрясениях. // Вопросы инженерной сейсмологии. – М.: Наука, 1986,

Darslik, o'quv qo'llanma va monografiyalar

1. Бутовская Е.М., Фленова М.Г. и др. Региональные сейсмологические исследования. В кн.: Земная кора Узбекистана. – Т.: Фан, 1974.

2. Добровольский И.П. Математическая теория подготовки и прогноза тектонического землетрясения. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.

3. Зияуддинов Ф.Ф., Садыков Ю.М. Количественная оценка сейсмической опасности Западного Узбекистана по геологическим и геофизическим данным. – Т.: Фан, 1987.

4. Ибрагимов Р.Н. Сейсмогенные зоны Среднего Тянь-Шаня. – Т.: Фан, 1978.

5. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линейamentной тектоники // М.: Недра, 1986.

6. Космическая информация в геологии. Отв. редакторы: В.Г. Трифонов, В.И. Макаров, Ю.Г. Сафонов, П.В. Флоренский // – М.: Наука, 1983.

7. Костров Б.В. Механика очага тектонического землетрясения. – М.: Наука, 1975.

8. Кузьмин Ю.О., Жуков В.С. Современная геодинамика и вариации физически свойств горных пород // – М.: Мос. Гос. Горный Университет, 2004.

9. Медведев С.В. Инженерная сейсмология. – М.: Госстройиздат, 1962.

10. Мишин С.В. Сейсмические процессы и сохранение импульса. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2004.

11. Мишин С.В. О физике сейсмических процессов. Эксперименты и модели, Lambert Academic Publishing, 2013.

12. Соболев Г.А. Основы прогноза землетрясений. – М.: Наука, 1993.

13. Таль-Вирский Б.Б. Геофизические поля и тектоника Средней Азии. – М.: Недра, 1982.

14. Уломов В.И. Динамика земной коры и прогноз землетрясений. –Т.: Фан, 1974.

15. Конечная Я.В., Иванова Е.В., Шахова Е.В. Основы теории и практики обработки цифровых сейсмических записей. – Екатеринбург, 2013.

16. Якубов Д.Х., Ахмеджанов М.А., Борисов О.М. Региональные разломы Среднего Тянь-Шаня. –Т.: Фан, 1976.

MUNDARIJA

Kirish.....	3
-------------	---

I BOB. SEYSMOLOGIYA VA SEYSMOMETRIYA HAQIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR, FANNING RIVOJLANISH TARIXI

1.1. Seysmologiya fanining rivojlanish tarixi	5
1.2. O'zbekistonda seysmologiya fanining rivojlanish tarixi	17

II BOB. SEYSMOLOGIK MA'LUMOTLAR BO'YICHA YERNING ICHKI TUZILISHI

2.1. Yer radiusi bo'ylab ko'ndalang va bo'ylama to'lqinlarning tarqalishi.....	21
2.2. Yerning ichki va tashqi yadrosida hajm to'lqinlarining tarqalishi.....	25
2.3. Seysmologik ma'lumotlar bo'yicha yer geosferalarini ajratish.....	25
2.4. Yer po'stining chuqurlik tuzilishini aniqlashda zilzila to'lqinlaridan foydalanish. Zilzilalar to'lqinlarining almashinuvchi usuli (MOVZ).....	29
2.5. O'zbekiston hududida zilzila to'lqinlarining almashinuv usuli. MOVZ bo'yicha tadqiqotlar	31

III BOB. LITOSFERA PLITALARI TEKTONIKASI TEKTONIK ZILZILALAR OBYEKTI SIFATIDA

3.1. Litosfera plitalari tektonikasi nazariyasi	37
3.2. Yer po'stining strukturalari.....	43

IV BOB. ZILZILA TASNIFLARI

4.1. Tektonik zilzilalar	59
4.2. Vulqon zilzilalari	60
4.3. Denudatsion (ko'chki) zilzilalar.....	63
4.4. Texnogen zilzilalar.....	67
4.5. Meteoritlar qulashi.....	69
4.6. Sunami	70
4.7. Sayyoralarda sodir bo'luvchi zilzilalar	73

V BOB. ELEMENTAR SEYSMOLOGIYANING FIZIK ASOSLARI

5.1. Elastiklik nazariyasining asoslari	75
5.2. Kuchlanish modullari va ularning o'zaro bog'liqligi	75
5.3. Seysmik to'lqinlar tarqalishining o'ziga xos xususiyatlari.....	84

VI BOB. SEYSMOMETRIYA ASOSLARI

6.1. Seysmometriya asoslari	89
6.2. Zilzila jadalligi	90
6.3. Zilzilalar kuchini o'lchash	93
6.4. Seysmik moment	96
6.5. To'lg'in energiyasi	99
6.6. Zilzilalarni qayd qiluvchi asboblari va qayd qilish usullari	100
6.7. To'g'ridan to'g'ri qayd qiluvchi seysmograflar	107
6.8. O'lis masofadagi seysmik to'lg'in	111
6.9. Seysmik shovqin	113
6.10. Mikroseysmalarni qayd qilish usuli	114

VII BOB. ZILZILALAR KATALOGI

7.1. Qadimgi dunyo va zilzila	117
7.2. Qadimgi dunyoning yetti mo'jizasi	117
7.3. Zilzilalar talafoti sana va raqamlarda	122
7.4. Sunamilar katalogi	135
7.5. O'zbekiston hududida sodir bo'lgan kuchli zilzilalar	136
7.6. Toshkent zilzilasi	140
7.7. Gazli zilzilasi	142
7.8. Marjonbuloq zilzilasi	145

VIII BOB. SEYSMOTEKTONIKA VA SEYSMIK RAYONLASHTIRISH

8.1. Seysmotektonika	153
8.2. Seysmiklik tushunchasi	153
8.3. Uzoq vaqt davom etadigan seysmik rejim xarakteristikasi	155
8.4. Seysmik potensial	156
8.5. Makroseysmik intensivlik	159
8.6. Seysmik rayonlashtirish	161
8.6.1. Umumiy seysmik rayonlashtirish	161
8.6.2. Mukammal seysmik rayonlashtirish	164
8.6.3. Mikroseysmik rayonlashtirish	165
8.7. Hududlarni mikroseysmik rayonlashtirishda olib boriladigan seysmik tadqiqotlar	167
8.8. Mikroseysmik rayonlashtirish uslubiyoti	169
8.9. Seysmik faollikni maydon bo'yicha ajratish	169
8.10. O'zbekiston hududlarining seysmikligi	171

IX BOB. SEYSMOLOGIYA MUAMMOLARI. ZILZILANI PROGNOZLASH

9.1. Zilzilani prognozlash bo'yicha olib borilgan tadqiqot ishlari	176
9.2. O'zbekiston hududida zilzilani prognozlash bo'yicha olib borilgan ayrim tadqiqot ishlarining natijalari.....	178
9.3. Zilzilani avvaldan aytish mumkinmi?	193
9.4. Zilzila o'chog'ining tayyorlanish modellari.....	194
9.5. Seysmik xavfli hududlarning monitoringida kosmik suratlarda qayd qilinuvchi lineamentlar	201
9.6. Seysmik xavfli hududlarning monitoringida kosmik suratlarda qayd qilinuvchi lineamentlarning fizik tabiati.....	207
9.7. Kosmik radarli tasvirlash bo'yicha relyefning tabiiy va texnogen o'zgarishlarini aniqlash.....	215

X BOB. ZILZILANING INSHOOT VA TOG' JINSLARIGA KO'RSATADIGAN TA'SIRI VA FUQARO MUHOFAZASI

10.1. Zilzilaning inshootlarga ko'rsatadigan ta'siri.....	220
10.2. Inshootlarning zilzilaga nisbatan mustahkamligini oshirishga qaratilgan chora-tadbirlar.....	223
10.3. Antiseysmik qurilish.....	225
10.4. Zilzilalarning tog' jinslari massivi va inshootlarga ta'siri.....	226
10.5. Zilzila va fuqaro muhofazasi.....	228
Glossariy	232
Foydalanilgan adabiyotlat.....	238

darslik

X. Atabayev, D.X. Atabayev, A.B. Goipov

**SEISMOLOGIYA
VA SEYSMOMETRIYA**

Muharrir	T. Mirzayev
Rassom	D. Mulla-Axunov
Texnik muharrir	R. Axmedov
Musahhih	S. Saydamirova
Kompyuterda tayyorlovchi	B. Dushanova

Nashriyot litsenziyasi AA № 0049, 18.03.2020-y.

Bosishga 2020-yil 28-dekabrda ruxsat etildi.

Bichimi 60x84¹/₁₆, Bosma tabog'i 14,5. Shartli bosma tabog'i 14,42.

«Times New Roman» garniturasida. Ofset qog'ozida bosildi.

Adadi 50 nusxa. Buyurtma raqami №12.

«Donishmand ziyosi» MCHJ, Toshkent sh., Navoiy ko'chasi, 30.

Tel: +998-71-244-40-91, 99-808-19-49.

«Kamalak-PRESS» MCHJ bosmaxonasida chop etildi.

Manzil: Toshkent sh., Navoiy ko'chasi, 30-uy.

Atabayev X. va boshq.

A 87 Seysmologiya va seysmometriya [Matn]: darslik / Atabayev X., Atabayev D.X., Goipov A.B. – Toshkent: «Donishmand ziyosi», 2020. – 248 b.

ISBN 978-9943-6446-3-2

UO‘K 550.34(075)

KBK 26.21

«DONISHMAND ZIYOSI»

ISBN 978-9943-6446-2-5



9 789943 644625