

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

“ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ  
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ”  
МИЛЛИЙ ТАДҚИҚОТЛАР УНИВЕРСИТЕТИ

МЕХАНИКА ВА КОМПЬЮТЕРЛИ МОДЕЛЛАШТИРИШ КАФЕДРАСИ

**ГИДРОТЕХНИКА ИНШОТЛАРИНИНГ ДИНАМИКАСИ ВА  
ЗИЛЗИЛАБАРДОШЛИГИ ФАНИ**

МИРСАИДОВ МИРЗИЁД МИРСАИДОВИЧ

МАВЗУ 3, 4: ЗИЛЗИЛАЛАРНИНГ ФИЗИК ТАБИАТИ ВА УЛАРНИНГ ТАЪСИРИ ҲАҚИДА  
УМУМИЙ МАЪЛУМОТЛАР

ТОШКЕНТ-2023.

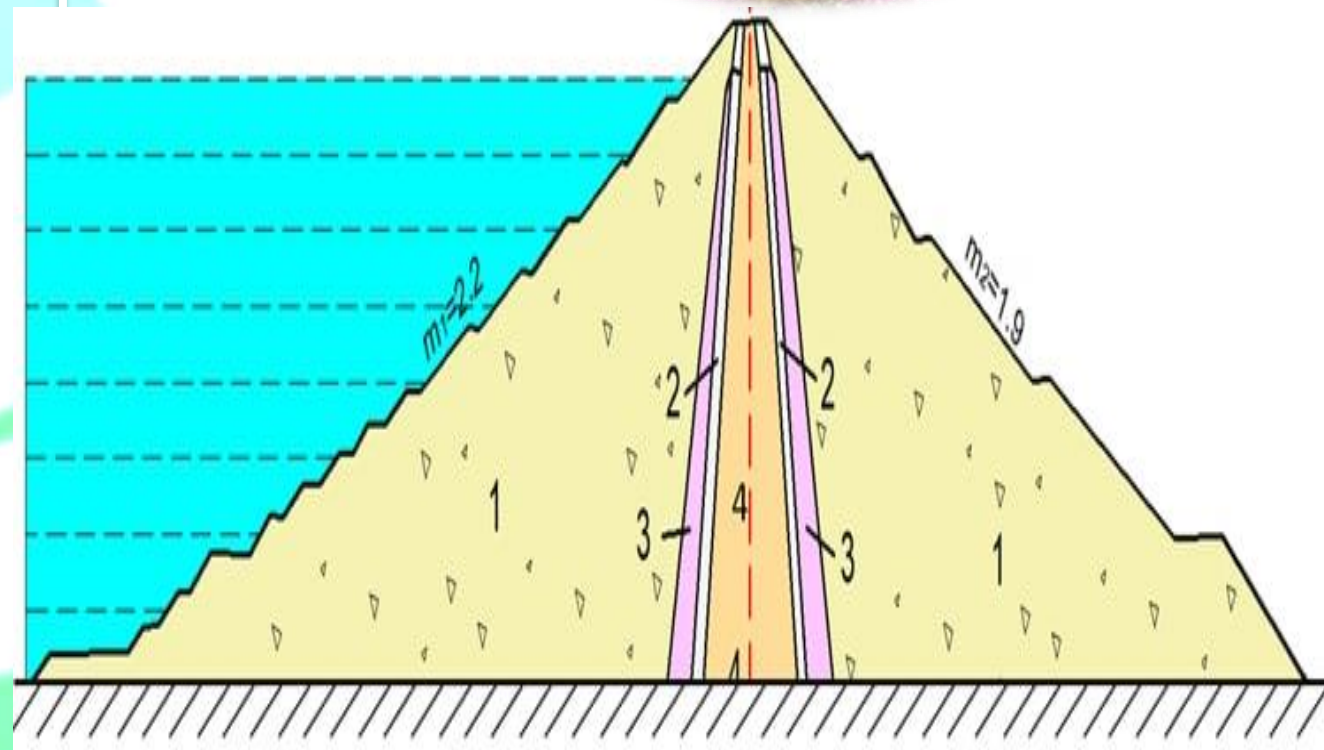


# “TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO'JALIGINI MEKANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI” MTU



**МИРСАИДОВ МИРЗИЁД МИРСАИДОВИЧ**

**т.ф.д., профессор**



## • РЕЖА:

1. Ер шарини тузилиши хакида умумий маълумотлар
2. Зилзилаларнинг келиб чиқиш сабаблари ва механик шаклланиши
3. Сейсмик тулкинлар
4. Гипоцентр ва эпицентр
5. Афтершок ва форшок

## 1.1. Ер шарининг тузилиши, ундаги ҳарорат ва босим ҳақида умумий маълумотлар

Зилзила - бу ўта аянчли фалокатларни келтириб чиқарувчи табиий офатлардан бири бўлиб, у жуда катта ҳудудлардаги бино ва иншоотларни ер билан яксон қиладиган, ўн ва юз минглаб инсонларни ҳаётдан олиб кетадиган офатдир.

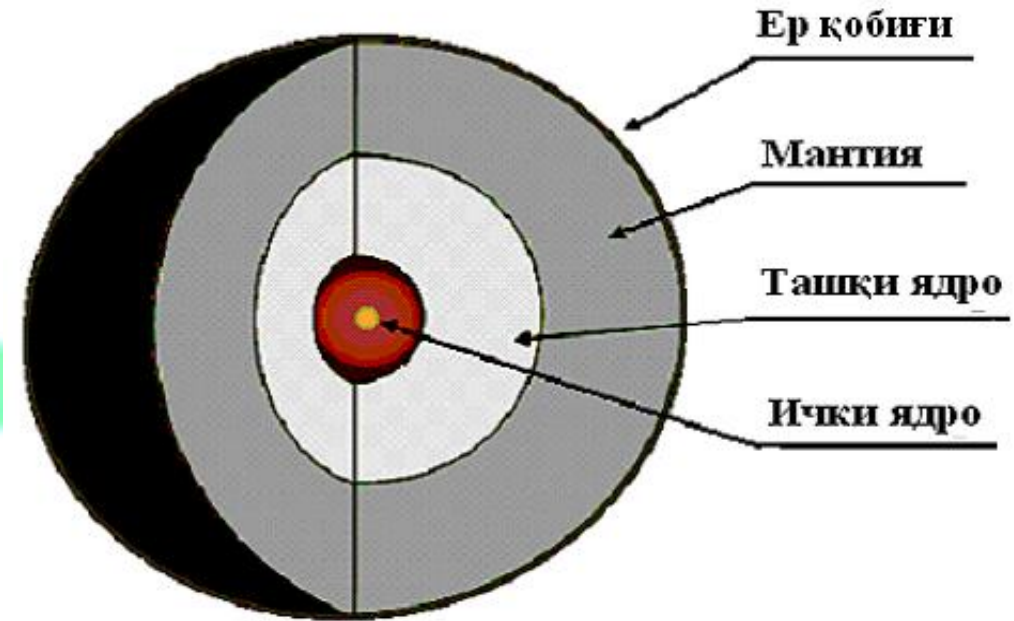
**Зилзила жуда қисқа вақт ичида маълум ҳажмни эгаллаб турган тоғ жинсларининг узилиши (синиши) натижасида ажраладиган катта энергиянинг натижасидир.** Бу узилиш содир бўлган ҳажмнинг чегараларини аниқлаб бўлмайди, чунки у шу ҳажмда ҳосил булган кучланиш-деформацияланиш ҳолатига (КДХ) боғлиқдир. Зилзила натижасида пайдо бўлган энергия сейсмик тўлқинлар бўлиб тарқалади. Зилзиланинг кучи ва ажраладиган энергиянинг миқдори ер қобиғидаги деформацияланган жинсларда узилиш содир бўлган ҳажмнинг катта-кичиклигига боғлиқдир.

## 1.1.1. Ер шарининг тузилиши.

Ер шари сиқилган сфероид кўринишидаги қаттиқ жисмдан иборат бўлиб, унинг экватор бўйича радиуси  $\approx 6378$  км, қутб бўйича  $\approx 6356$  км ни ташкил этиб, экватор бўйича айлана узунлиги  $\approx 40\,000$  км га тенгдир.

Ер шарини моделини табиатан кескин бир-биридан фарқ қилувчи тўртта қатламдан иборат деб қараш мумкин (1.1-расм). Ички ядро ернинг марказий қисмини ташкил этиб, радиуси 1200 км, ҳажмий оғирлиги  $12,5$  гк/см<sup>3</sup> бўлган қаттиқ жисмдан иборатдир.

**Ташқи ядро** эса ер сиртидан қаралганда 2900 - 5000 км чуқурлик орасида жойлашган, ҳажмий оғирлиги  $10$  гк/см<sup>3</sup> бўлган **суюқ жисмдан ташкил топган.**



1.1- расм. Ер шари тузилишининг схематик кўриниши

Мантия бу ер сиртидан 33-2900 км ораликда жойлашган қаттик қатламдир. Ер қобиғи (курраси) бу биз яшайдиган қатламдир. Унинг қалинлиги 5 км дан бошланиб, 60 км гача бориши мумкин. Бу қатламнинг ўртача қалинлигини кўпинча 33 км деб қаралиб, материалнинг ўртача ҳажмий оғирлиги эса  $2,67 \text{ гк/см}^3$  ни ташкил қилади.

### 1.1.2. Ҳарорат ва босим.

**Ер марказига яқинлашган сари ҳарорат ҳам, босим ҳам ортиб боради.** Ўтказилган текширишлар энг асосийларида бири РФ давлатига тўғри келиб, эришилган энг катта чуқурлик 12 350 м ташкил қилади (Камчаткада-2010й). Тахминан 14 км чуқурликда жойлашган тоғ жинсларидаги ҳарорат  $300\text{C}$ , босим эса  $4 \text{ тк/см}^2$  ни ташкил қилади. Янада чуқурлашган сари, яъни 100 км чуқурликда ҳарорат 1000-1500C, 700 км чуқурликда - 2000C га яқин бўлиб, ядро марказида 4000-4500C ни ташкил этади.

Мантиянинг юқори қисмида босим  $9 \text{ тк/см}^2$ , ядронинг ташқи қатламида  $1440 \text{ тк/см}^2$ , ядро марказида  $3700 \text{ тк/см}^2$  га яқиндир.

Масалан, 70 км гача чуқурликда жойлашган кўп зилзилалар учун сейсмик тўлқинлар ер қобиғининг маълум бир участкаларида содир бўладиган узилишлар (синишлар) натижасида пайдо бўлади.

## 1.2. Зилзилаларнинг келиб чиқиш сабаблари ва механик шаклланиши

Ер қобиғини шартли равишда нисбатан юпқа плита ёки платформалардан ташкил топган ва улар мантия сиртида “сузиб” юради, деб ҳисоблаш мумкин. Мантиянинг юқори қатлами доимий равишда ҳаракатда бўлади, бу ҳол плиталарнинг доимий силжишига олиб келади. Бу жараёнлар “геологик” соатлар бўйича, яъни жуда секин содир бўлади. Мазкур жараёнларнинг вужудга келиши тўғрисида қатор гипотезалар (тахминлар) мавжуд.

Биринчи Ер шари куруқликда битта материк - Пангея ва уни қуршаб турувчи битта океан-Тетисдан иборат бўлган деган фикр пайдо бўлган.

1912 йилда немис олими Алфред Вегенер жанубий Америка ва Африка қирғоқларини бир-бири билан солиштирилганда айнан мос келиши биринчи асос бўлган (1.2-расм).

Қитъалар доимо ҳаракатда бўлиб Масалан, Лондон ва Нью-Йорк орасидаги масофа йилига ўртача 1 см га ортиб бормоқда, бошқа шаҳарлар орасидаги масофа эса, аксинча, қисқармоқда. бир-бирига нисбатан силжиши 5-7 см ташкил қилади.



1.2 - расм. Жанубий Америка ва Африка қитъа қирғоқларини яқинлаштирилганда бир-бирига мос келиши



**Плиталар тектоник назариясига кўра ер сирти тахминан 20 та алоҳида бўлаклардан яъни плиталардан иборат деб қаралади. Бу плиталарнинг қалинлиги тахминан 70 км атрофида бўлиб, литосферанинг қалинлигига тенгдир.**

**Литосфера - ернинг қаттиқ ташқи қобиғи бўлиб, у ўз ичига ер қобиғи ва мантиянинг тепа бир қисмини олади ва улар мантиянинг юмшоқ қатлами устида ҳаракатланади. Бу плиталарнинг ҳаракат тезлиги бир йилда 2-20 см ни ташкил қилиши мумкин.**

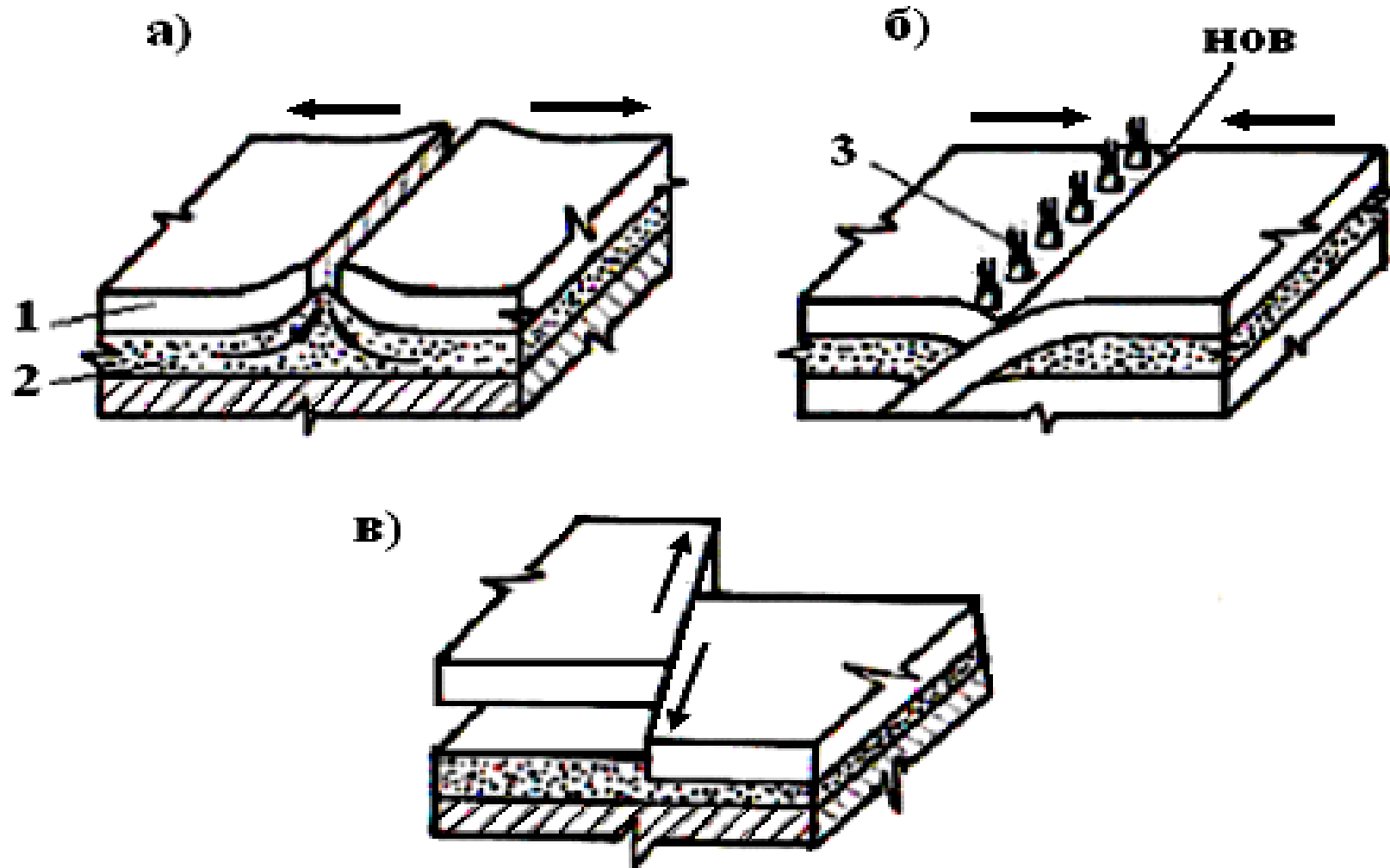
Мисол учун, Тинч океан плитаси бир йилда 5,5 см тезлик билан Шимолий Америка бўйича шимол томонга силжиб боради. Агарда бу плита шундай тезлик билан силжиб борадиган бўлса, 10 миллион йилдан кейин Лос-Анжелос шаҳри Сан-Франциско шаҳрининг ўрнига бориб қолади. Ҳар йили 6-7 см тезликда ҳаракатланадиган Жанубий Америка қитъасидаги Наска плитаси, Чилида 27 феврал 2010 йилда содир бўлган зилзила натижасида 8 метр қитъа остига кирган. Бу Жанубий Америкада жойлашган кўпгина шаҳарларнинг жануб томонга сурилишига сабаб бўлган. 26 декабр 2004 йилда Суматра оролида содир бўлган зилзила натижасида Суматра оролининг жанубий-ғарбида (яъни Бирма плитаси устида) турган кичик ороллар жанубий-ғарбга қараб 20 м сурилган.

Японияда 11 март 2011 йилда содир бўлган зилзила натижасида Тинч океани плитасининг узунлиги 300-400 км ва эни 100 км бўлган қисми 20-40 м га сурилиб, 0.6 м га чўккан, шунинг натижасида бу терриаториянинг анча қисмини сув босган.

Ҳозирги кунгача плиталар ҳаракатини аниқ исботлаши мумкин бўлган бирорта ҳам аниқ назария мавжуд эмас.

Одатда плиталарнинг бир-бири билан ўзаро тўқнашадиган қисмлари плиталарнинг чегараси дейилиб, зилзила манбалари шу ерларда пайдо бўлади. Бу ерда ҳосил бўладиган жараёнлар эса зилзилаларни келтириб чиқаради.

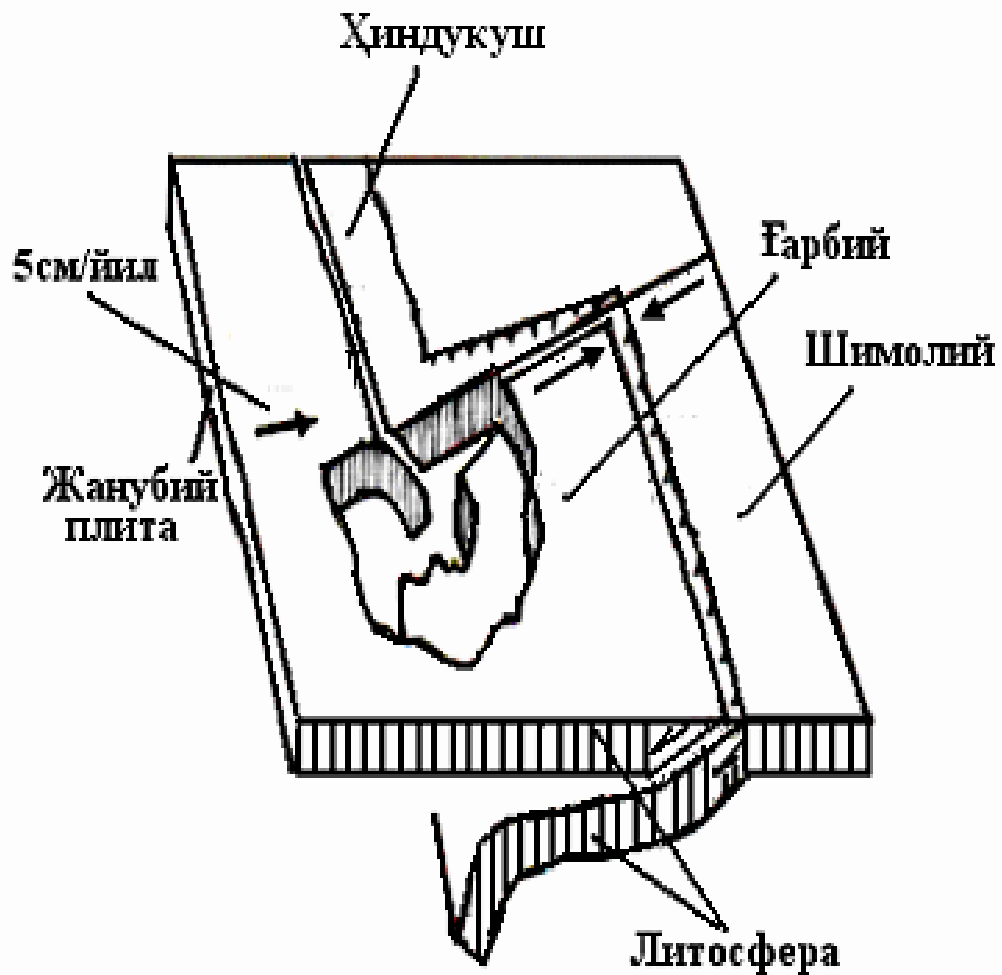
Қуйида (1.3-расм) зилзила манбаларининг ҳосил бўлишига боғлиқ бўлган плиталар ҳаракатининг учта схемаси тасвирланган. Плиталарнинг бир-бири билан **ўзаро яқинлашиб тўқнашишлари** (1.3а-расм)да, плиталарнинг яқинлашув жараёни акс эттирилган. Плиталарнинг туташувчи элементларининг **ишқаланиб ҳаракатланиши** 1.3б-расмда плиталарнинг қизишига ва вулқон отилишига олиб келади. Бундай ҳодисалар одатда катта чуқурликда рўй беради. Плиталар **бир-бирига нисбатан силжиши** ҳам мумкин (1.3в-расм). Бу жараён **трансакл силжишлари** деб номланувчи ёриқлар пайдо бўлишига олиб келади.



1.3-расм. Плиталар орасидаги чегаралар ва содир бўлиши мумкин бўлган ҳаракат турлари:  
 1-плита; 2- юмшоқ қатлам; 3- вулқонлар

20 га яқин “асосий” плиталар, ўз навбатида, майдароқ плиталарга бўлинади ва булар орасидаги тўқнашиш ва силжишлар мураккаброқ характерга эга бўлади. Масалан: Помир-Ҳиндиқуш минтақасидаги литосферанинг силжишлари бундай кичикроқ плиталарнинг ҳаракатига мисол бўлиши мумкин (1.4-расм).

Плита материали учун кучланишлар чегаравий қийматга етганда бузилиш рўй беради ва деформациянинг потенциал энергияси кескин кинетик энергияга айланади. Бу потенциал энергиядан бўшашиш ҳодисаси жуда қисқа вақт ичида, яъни 10-60 секунд мобайнида содир бўлиб, бу эса ўз навбатида сейсмик ҳодисани келтириб чиқаради. Бу ҳолда ажралиб чиққан энергиянинг миқдори  $10^{25}$  эрг ва ундан ҳам ошиб кетиши мумкин. Зилзила натижасида ҳосил бўладиган энергия миқдорини солиштирадиган бўлсак - энг кучсиз зилзила натижасида ҳосил бўладиган энергиянинг миқдори, атом бомбаси портлашидан ҳосил бўладиган энергиядан 1000 баробар кўп бўлади.  $1 \text{ эрг} = 10^{-7} \text{ Дж} = 1,02 \cdot 10^{-8} \text{ кгс} \cdot \text{м} = 2,39 \cdot 10^{-8} \text{ кал} = 2,78 \cdot 10^{-14} \text{ кВт} \cdot \text{ч}$



1.4-расм. Плиталарнинг ҳаракат схемаси:

→ Ҳаракат йўналиши; ⇄ Қитъа ва чегаралар ҳаракати;  
 → ▾ Дарвоз - Қорақўл узилмаси

Демак, зилзилалар тоғ ҳосил бўлиш жараёнида, вулқон отилиш фаолияти даврида, плиталарнинг синиши ва ўзаро силжиши натижасида содир бўлар экан.

Кенг маънода зилзила деганда ер сиртининг ҳар қандай силкинишларини тушуниш мумкин. Тор маънода зилзила деганда сейсмик тўлқинлар таъсирида ер сиртида ҳосил бўладиган қисқа муддатли турткилар ва тебранишлар тушунилади.

### 1.3. Сейсмик тўлқинлар

Плиталарнинг маълум бир қисмда ёрилиш, силжиш ёки узилиш рўй бериши мумкин. Натижада тўпланган энергиядан тезлик билан бўшашиш жараёни содир бўлиб, Ер шарининг ҳар томонига тарқаладиган сейсмик тўлқинлар ҳосил бўлади.

Кўп зилзилалар натижасида ҳосил бўладиган сейсмик тўлқинлар плиталарнинг узилиши натижасида ҳосил бўлади (агар манба 70 км дан камроқ чуқурликда жойлашган бўлса).

Бу ҳолда ҳосил бўладиган тўлқинлар асосан уч турга бўлинади, яъни: бўйлама, кўндаланг ва сирт тўлқинларига.

1. Бўйлама, чўзилиш-сиқилиш ёки P – тўлқини, товуш тўлқинини ифодалайди (1.5а-расм).

Бу тўлқин барча сейсмик тўлқинлар ичида энг тез тарқалувчи тўлқин бўлиб, **у қаттиқ жисмда, сувда ва ҳавода бемалол тарқаладиган тўлқиндир.** Бўйлама тўлқиннинг қаттиқ жисмларда тарқалиш тезлиги  $V_P$  қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$V_P = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\nu)}} \quad (1.1)$$

2. Кўндаланг, силжиш ёки  $S$  – тўлқини, ёруғлик тўлқинига ёки торнинг кундаланг тебранишига ўхшаб тарқалади (1.5б-расм). Бу тўлқиннинг тарқалиш тезлиги бўйлама тўлқиннинг тарқалиш тезлигининг тахминан 0,6 қисмини (яъни  $V_S \approx 0,6 V_P$ ) ташкил қилади. Унинг қаттиқ жисмларда тарқалиш тезлиги қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

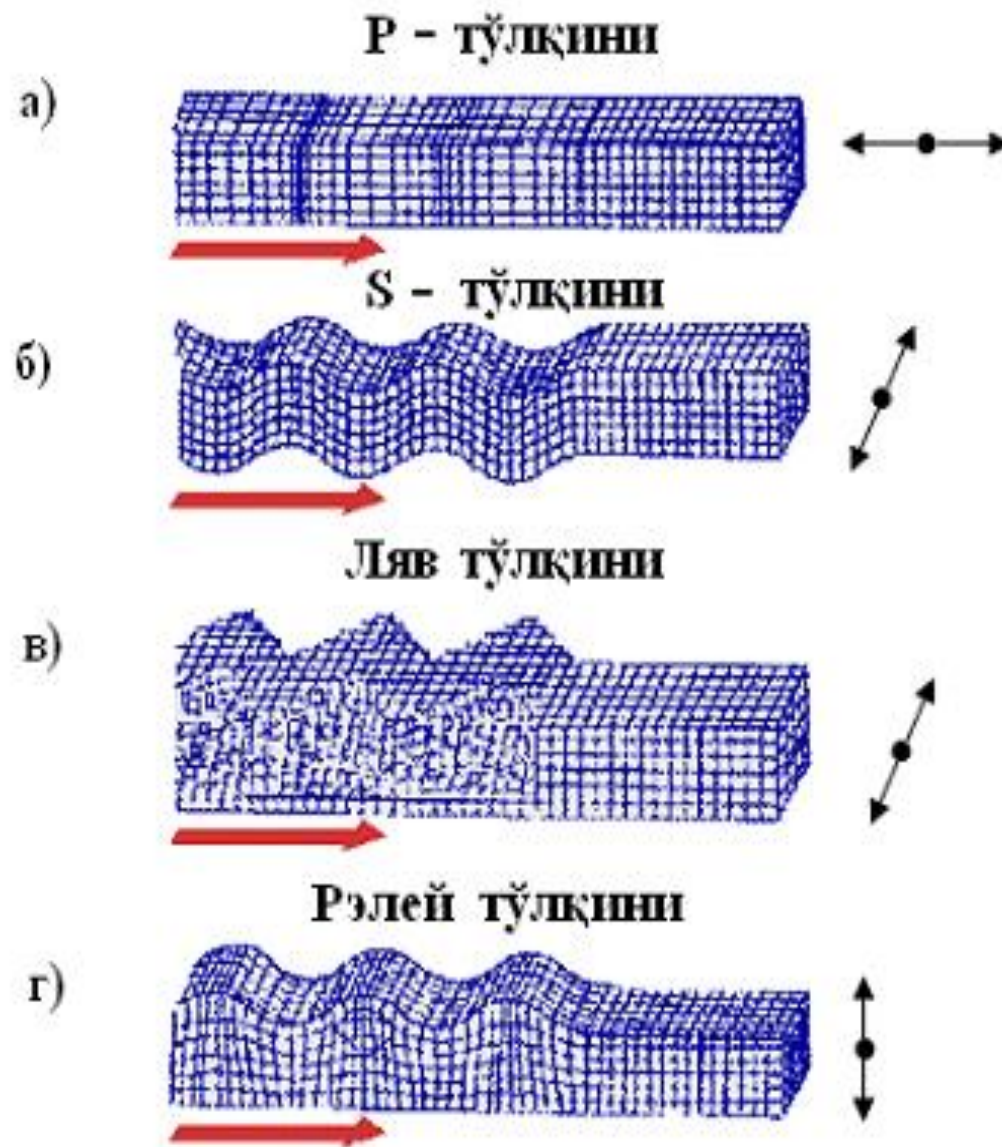
$$V_S = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}} \quad (1.2)$$

Бу ерда  $E$ ,  $\nu$ ,  $\rho$  - тоғ жинсларининг эластиклик модули, Пуассон коэффиценти ва зичлиги.

**Бўйлама тўлқин суюқлик ва газларда тарқалмайди.** Бу тўлқиннинг тарқалиш тезлиги асосан тоғ жинсларининг эластиклик модули ва зичлигига боғлиқ бўлади. Одатда бўйлама ва кўндаланг тўлқинлар тезликларининг нисбати  $V_P/V_S$  тахминан 1,68 - 1,78 оралиғида бўлади. Бўйлама ва кўндаланг тўлқинлар ҳажмий тўлқинлар дейилиб, зилзилалар натижасида улар билан бир қаторда, чуқур қатламларда тез сўнувчи сирт тўлқинлари ҳам вужудга келади.

**3. Сирт тўлқинлар.** Бу тўлқинларда зилзила натижасида ҳосил бўладиган энергиянинг энг катта қисми тўпланган бўлиб, бу тўлқинлар асосан ер сирти ва унга яқин қалинлик бўйича тарқалади. Уларнинг биринчиси, яъни энг тез ( $V_L$  тезлик билан) тарқаладигани, - силжиш тўлқини бўлиб - бу Ляв тўлқини дейилади (1.5в-расм). Бу тўлқин тарқалишида тоғ жинс зарраларининг ҳаракати горизонтал текисликда рўй бериб, улар тўлқин тарқалиш йўналишига кўндаланг равишда ҳаракатланади. Бу тўлқиннинг вертикал ташкил этувчиси бўлмайди. Сирт тўлқинларининг иккинчиси Рэлей тўлқинидир (1.5г-расм). Бу тўлқиннинг тарқалиш тезлиги  $V_R$  билан белгиланиб, у Ляв тўлқини тезлиги  $V_L$  дан кичикроқ (яъни  $V_R \approx 0,92 V_L$ ) бўлади. Рэлей тўлқинининг тарқалиш тезлиги  $V_R$  ҳажмий тўлқинлар тезликларидан кичикроқ бўлиб, уни тахминан қуйидагича аниқлаш мумкин:  $V_R \approx 0.91 \cdot V_S$      $V_R \approx 0.54 \cdot V_P$





1.5 – расм. Сейсмик тўлқинларнинг тарқалиши ва зарраларнинг ҳаракати

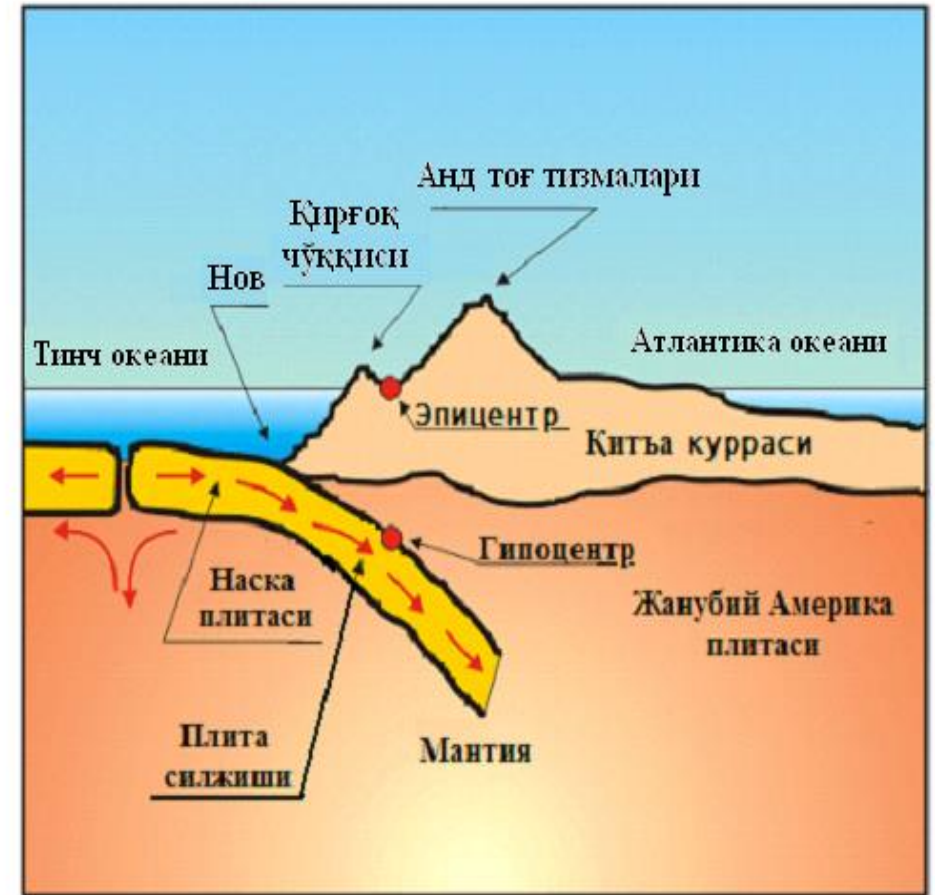
1.1-жадвалда турли хил грунтларнинг солиштира оғирликлари  $\gamma$  ва уларда бўйлама ва кўндаланг тўлқинларнинг тарқалиш тезликлари ( $V_P, V_S$ ) келтирилган.

1.1-жадвал

Грунтлар ва жинслар	Солиштира оғирлик, $\gamma$ , тк/м <sup>3</sup>	Эластик тўлқинларнинг тезлиги, км/сек	
		Бўйлама $V_P$	Кўндаланг $V_S$
1	2	3	4
Оҳақгил (мергел)	1,8-2,6	1,4-3,5	0,8-2,0
Мустаҳкам оҳақтош	2,0-3,0	3,0-6,5	1,5-3,7
Сертупроқ сланецлар	2,0-2,8	2,0-5,0	1,2-3,0
Қумли – шағал	1,6-1,9	0,2-0,5	0,10-0,25
Қумли - тупроқ: қуруқ	1,4-1,7	0,15-0,9	0,13-0,50
1	2	3	4
Қумли - тупроқ: намлиги ўртача	1,6-1,9	0,25-1,3	0,16-0,60
Қумли - тупроқ: намлиги юқори	1,7-2,2	0,30-1,60	0,20-0,80
Қумоқ тупроқ (супес)	1,6-2,1	0,30-1,40	0,12-0,70
Соз тупроқ (лесс)	1,3-1,6	0,38-0,40	0,13-0,14
Тупроқ: нам, қуйқоқ	1,7-2,2	0,5-2,8	0,13-1,20
Тупроқ: зич, ярим қаттиқ, қаттиқ	1,9-2,6	2,0-3,5	1,10-2,0

## 1.4. Гипоцентр ва эпицентр

Зилзила содир бўлган, яъни, ер сатҳидан анча чуқурликдаги жой (ҳажм) **манба** дейилади. Манбанинг ўлчами қанча кичик бўлса зилзиланинг кучи ҳам шунча кичик бўлади. **Манбанинг шартли маркази гипоцентр** ёки **фокус** деб аталади (1.6-расм). Гипоцентр кўпинча ер қобиғида ёки мантияда маълум чуқурликда жойлашган бўлиб, унинг чуқурлиги одатда 60-100 км атрофида, баъзан ер сиртидан 200 км гача бўлган чуқурликда жойлашиши ҳам мумкин. Гипоцентрнинг ер сиртидаги проекцияси (яъни гипоцентрдан ер сиртигача бўлган энг қисқа масофадаги нуқта) зилзиланинг **эпицентри** дейилади (1.6-расм). Эпицентр атрофида энг кўп вайрон бўлган ҳудуд **сейсмоген зона** деб аталади.



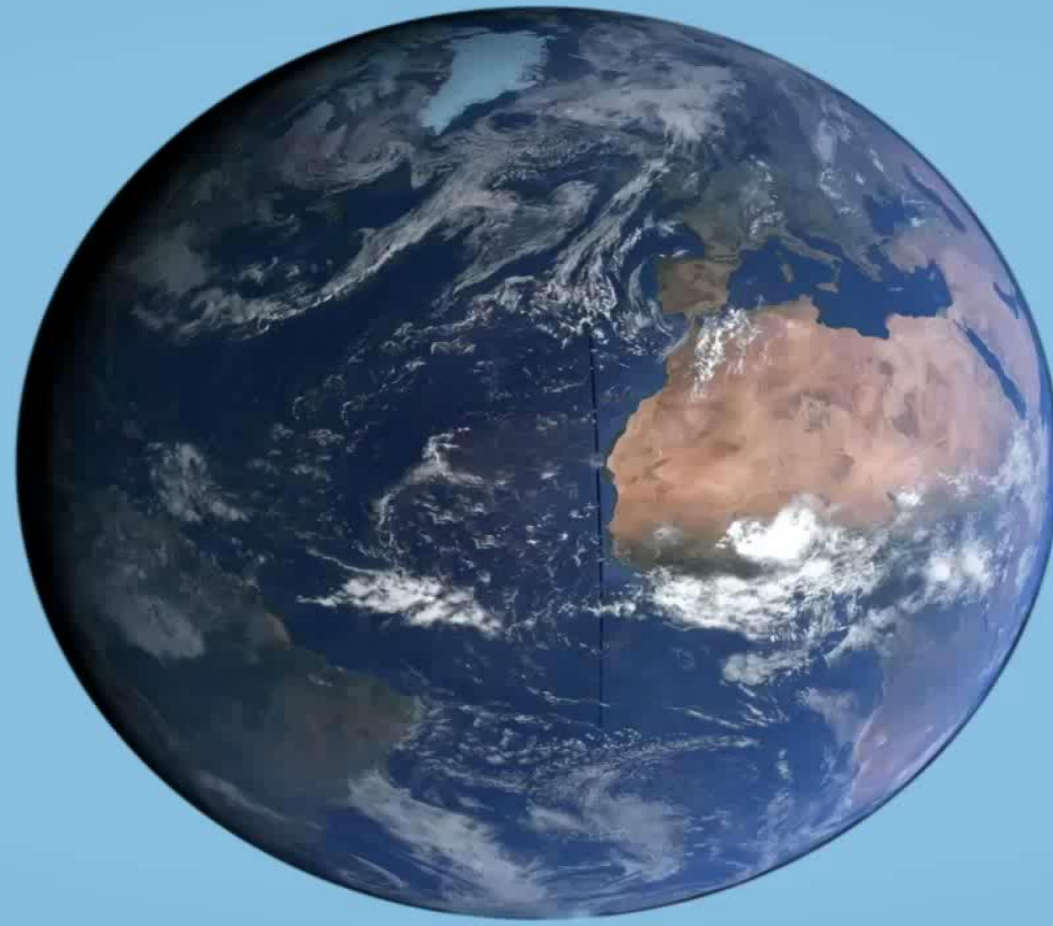
1.6-расм. Жанубий Америка остида жойлашган плиталарнинг ҳаракат схемаси, гипоцентр ва эпицентрнинг жойлашиши

## 1.5. Афтершок ва форшок

Асосий зилзиладан кейин, плиталарда ишқаланиш кучларининг қаршилиги туфайли ёки уларнинг нотекис жойларга (тўсиқларга) илашиб қолиши сингари ҳолатлар пайдо бўлади ва бунинг натижасида узилган чок орасидаги боғланиш қисман тикланади, силжиш тўхтади. Энергиянинг сақланиб қолган қисми янги боғланишларда янги кучланишларни пайдо қилади. Бу кучланишлар маълум вақт ўтгандан кейин, қаршилиқни енгиб, янги узилиш ва янги туртки пайдо қилади. Бу асосий зилзиладан кейин содир бўладиган сейсмик турткилар **афтершокларни** посил қлади. Бироқ уларнинг кучи асосий зилзила кучидан кичикроқ бўлади. Бундай такрорий турткилар (афтершоклар) кучли зилзиладан сўнг бир неча юзлаб содир бўлади ва бир неча ой давом этади, бироқ афтершокларнинг кучи аста-секин пасайиб боради. **Баъзи афтершокларнинг кучи асосий зилзилага яқин келиши ҳам мумкин.**

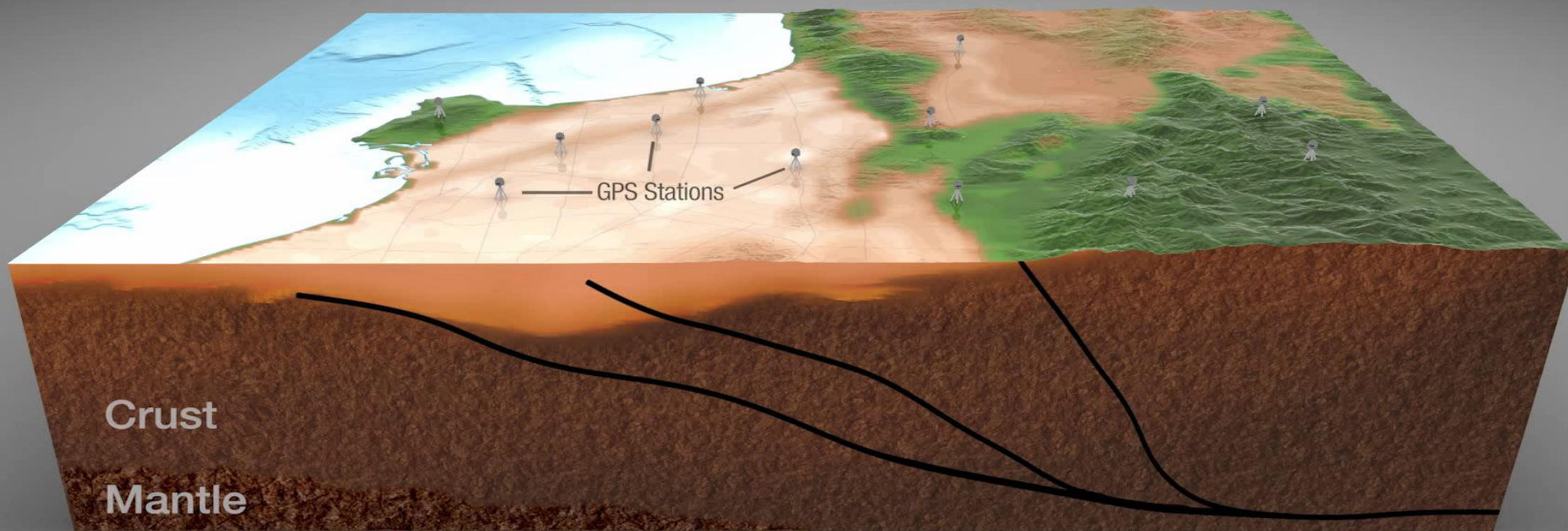
Баъзан асосий зилзиладан илгари, кучсиз ер турткилари, яъни силкинишлари пайдо бўлиши мумкин. Бу асосий зилзиладан олдин пайдо бўладиган кучсизроқ ер қимирлашлар **форшок** деб аталади.

- ВИДЕО МАТЕРИАЛ



# • ВИДЕО МАТЕРИАЛ

## Elastic Strain in the Los Angeles Basin



- ВИДЕО МАТЕРИАЛ

# НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Зилзила деганда нимани тушинасиз?
2. Ер шарининг экватор буйича диаметри нимага тенг?
3. Ер шари кандай катламлардан иборат?
4. Кайси катлам суюкликдан иборат?
5. Ер шарида харорат ва босим кандай узгаради?
6. Умумий холда мантияда сузуб юрувчи «асосий» плиталар тахминан нечта?
7. Литосфера бу нима?
8. Плиталар орасида кандай харакат турлари содир булиши мумкин?
9. Сейсмик тулкинларни кандай турларини биласиз?
10. Энг тез харакатланадиган тулкин кайси тулкин?
11. Кайси тулкинлар ер сиртида таркалиб, сиртки тулкинларга киради?
12. Гипоцентр нима?
13. Эпицентр нима?
14. Сейсмоген зона нима?
15. Авторшок нима?
16. Форшок нима?



# Фойдаланилган адабиётлар

1. Мирсаидов М.М., Султанов Т.З. Иншоотлар зилзилабардошлиги. Тошкент, “Фан”.- 2012. - 240 бет. (Монография).
2. Мирсаидов М.М., Годованников А.М. Сейсмостойкость сооружений. Ташкент: «Узбекистан», 2008. - 220 стр. (Учебное пособие).
3. Mirsaidov M.M., Sultanov T.Z. Inshootlar zilzilabardoshligi (O'quv qo'llanma). Toshkent, “Shams”.- 2013. - 244 бет. (O'quv qo'llanma).
4. Мирсаидов М.М. Теория и методы расчета грунтовых сооружений на прочность и сейсмостойкость. Ташкент: «Фан», 2010.- 312 стр. (Монография).
5. Бестужева А.С. Расчет сейсмостойкости сооружений. М.: Изд-во МИСИ-МГСУ. 2020. – 55 с.
6. Саркисов Д.Ю. Сейсмостойкость зданий и сооружений. Томск: Изд-во Том.гос.архит.-строит.ун-та. 2021. -364 с.
7. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость зданий и сооружений. Киев: 2008. – 480 с.
8. Поляков С.В. Последствия сильных землетрясений. М.: Стройиздат, 1978. 311с.
9. Поляков С.В. Сейсмостойкие конструкции зданий. М.: Высшая школа, 1983.304 с.



“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ  
XO'JALIGINI MEKANIZATSIYALASH  
MUHANDISLARI INSTITUTI” MTU



**ЭЪТИБОРИНГИЗ УЧУН РАХМАТ!**



**МИРСАЙДОВ МИРЗИЁД МИРСАЙДОВИЧ**



 + 998 71 237 09 81

 [theormir@mail.ru](mailto:theormir@mail.ru)