

С. ЗОҲИДОВ

# ИНЖЕНЕРЛИК ГЕОЛОГИЯСИ

Ўзбекистон ССР Олий ва махсус ўрта  
таълим министрлиги олий ўқув юртлари  
учун ўқув қўлланма сифатида тавсия  
этилган

ТОШКЕНТ «УЎҚИТУВЧИ» 1988

Рецензент: геология-минералогия фанлари кандидати  
М. Қодиров.

«Инженерлик геологияси» ўқув қўлланмасида тоғ жинсларининг ҳосил бўлиш ва нураш шароитлари, уларда кучланганлик ҳолатининг юзага келиши ва бошқа характеристикалари баён қилинган. Грунтларнинг минералогик ва гранулометриқ таркиби, структура ва текстураси, ғоваклиги ёритилган. Грунтлар таркибидаги газлар ва сувлар ҳамда уларнинг грунт инженерлик-геологик хоссаларига таъсири тўғрисидаги маълумотлар келтирилган.

Мазкур китоб инженер-қурилиш, транспорт, қишлоқ хўжалик олий ўқув юртининг студентлари учун ўқув қўлланма сифатида мўлжалланган.

26.3  
3 85

Зоҳидов С.

Инженерлик геологияси: Олий ўқув юрт. студ. учун ўқув қўлланма.— Т.: Уқитувчи, 1988. 280 б.

Захидов, С. Инженерная геология: Учеб. пособие для Вузов.

ББК 26.3

## СУЗ БОШИ

КПСС XXVII съездида қабул қилинган «СССРни иқтисодий ва социал ривожлантиришнинг 1986—1990 йилларга ҳамда 2000 йилгача бўлган даврга мўлжалланган асосий йўналишлари»да олий ўқув юртларида малакали инженер кадрлар етиштиришни янада кенгайтириш вазифаси қўйилди.

Халқ хўжалигини ривожлантириш масалаларини ҳал қилишда инженерлик геологияси фани тобора катта аҳамият касб этмоқда. Айниқса, шаҳар ва қишлоқларни қайта қуришда, қазилма бойликларни қазиб чиқаришда, қишлоқ хўжалиги ва қурилишда ернинг мелиоратив ҳолатини яхшилашда, Ойдаги тоғ жинсларини ўрганишда бу фанни татбиқ қилиш доираси кенгайиб бормоқда. Шу сабабли, инженерлик геологияси бўйича малакали кадрлар тайёрлаш ҳозирги долзарб вазифалардан бири бўлиб қолмоқда. Ушбу қўлланма ана шу вазифани муваффақиятли амалга оширишда маълум даражада ёрдам бериш мақсади билан яратилди.

Қўлланма СССР Олий ва ўрта махсус таълим министрлиги олий ўқув юртлари геология факультетларидаги гидрогеология ва инженерлик геологияси ихтисослиги учун тасдиқлаган программага мувофиқ ёзилди. У университет ва политехника институтлари геология факультетларининг, шунингдек инженерлик геологияси ўқитиладиган бошқа олий ўқув юртларининг студентларига мўлжалланган.

Авторнинг бир неча йиллик илмий-педагогик тажрибаси асосида яратилган бу қўлланмада партия ва ҳукуматнинг олий ва ўрта махсус ўқув юртларидаги таълим ишларини қайта қуриш ҳақидаги қарор ва кўрсатмалари ҳисобга олинган. Ҳар бир мавзу қисқа, лўнда ва тажрибалар асосида баён этилган.

«Инженерлик геологияси» қўлланмаси икки қисмдан: «Грунтшунослик» ва «Инженерлик геодинамикаси» қисмларидан иборат бўлиб, уни ёзишда автор грунтшунослик ва инженерлик геологияси бўйича рус тилида нашр қилинган дарсликлардан фойдаланган. Ўрта Осиё олимлари бажарган илмий ишларнинг натижаларига асосланган. Ўзбек тилида биринчи марта

нашр қилинган ушбу қўлланмани камчиликлардан холи деб бўлмайди. Автор шу соҳа мутахассисларининг қўлланма тўғрисидаги фикр ва мулоҳазаларини самимият билан қабул қилади. Қўлланмани ёзишда қимматли маслаҳатлари билан бевосита кўмаклашган академик Ғ. О. Мавлоновга, проф. А. С. Ҳасановга, геология-минералогия фанлари кандидатлари А. И. Исломов ва М. Н. Назаров, рецензентлар — геология фанлари кандидати К. П. Пўлатов ва О. Худойбергановга, қўлланмани нашрга тайёрлашда амалий ёрдам берган махсус редактор геология-минералогия фанлар кандидати М. Қодировга миннатдорчилик билдиради.

*Автор.*



## Қ И Р И Ш

Инженерлик геологияси геология фанининг махсус соҳаси бўлиб, турли қурилиш иншоотларининг замини ҳисобланган тоғ жинсларини, уларнинг физик ва механик хоссаларини, таркиби ва тузилишини, қурилишга таъсир этувчи, ернинг ости ҳамда юзида содир бўладиган геологик процесс ва ҳодисаларни, уларнинг содир бўлиш қонуниятларини, иншоотларда улар қурилаётганда, қуриб бўлингач ёки кейинчалик рўй берадиган инженерлик геологик ҳодисаларни ўрганади.

СССРда инженерлик геологияси фанининг етакчи мутахассисларидан ва асосчиларидан ҳисобланган И. В. Поповнинг таърифлашича: «Инженерлик геологияси фани геологиянинг бири қисми бўлиб, ер қобиғининг юқори қисмида содир бўладиган ҳар хил ўзгаришларни текширади ва бу текшириш жараёнида одамлар бажарадиган инженерлик ишларини кўзда тутади». Қисқача айтганда, инженерлик геологияси геология фанининг қурилиш ишларига татбиқ этиладиган соҳасидир.

Инженерлик геологияси фани динамик геология сингари, геологик процесс ва ҳодисаларнинг сифат ўзгаришини ўрганиш билан чегараланиб қолмай, уларнинг миқдор ўзгариши, содир бўлиш сабабларини ва олдини олиш тадбирларини ишлаб чиқиш билан ҳам шуғулланади. Чунки геологик процесс ва ҳодисаларни сифат жиҳатдангина баҳолаш уларнинг қурилаётган иншоотлар учун хавфсизлигини тўла таъминлай олмайди. Шунинг учун геологик процесс ва ҳодисаларнинг хилларини аниқлаш билан бирга, уларнинг қандай миқдор ва тезликда, қандай ҳажм ва кучда содир бўлиши ҳам аниқланади.

Инженерлик геологияси фан сифатида вужудга келишида қурилиш ишларининг ривожланиши асосий сабаб бўлди. XX асрнинг 30-йилларига қадар «Инженерлик геологияси» деган сўз бўлмаган, аммо бундан 100 йил олдин олимлар бу соҳага доир қатор асарлар яратганлар. Жуда ёш фан — инженерлик геологияси XX асрнинг 30-йилларида вужудга келди.

Совет Иттифоқида инженерлик-геологик ишлар қурилиш жараёни билан биргалликда жадал ривожланди. Қурилиш ишла-

рини авж олдириш мақсадида Совет давлати томонидан чиқарилган махсус қарорлар асосида СССР территориясининг ҳамма қисмининг инженерлик-геологик шароити ўрганилди. Бундай жойларда янги саноат корхоналари ва қишлоқлар, шаҳарчалар, темир йўл ва автомобиль йўллари, давлат аҳамиятига эга бўлган йирик иншоотлар, кўприклар қурилди. Буларни амалга оширишда мазкур фаннинг роли катта бўлди.

### Инженерлик геологияси фанининг ривожланиш тарихи

Тоғ жинслари ва тупроқларни қадим замонлардан бери иморат ва турли иншоотларнинг замини, қурилиш материаллари сифатида ишлатиб келинади. Бунга Миср пирамидалари, Ҳиндистон ибодатхоналари, Самарқанд, Бухоро, Хива ва бошқа шаҳарлардаги ёдгорлик бинолари мисол бўлади. Бу бинолар кўркамлиги, мустақкамлиги билан кишиларни ўзига жалб этади. Уша замон қурувчилари бинолар қуришда тоғ жинсларининг таркиби, тузилиши ва физик хоссаларини ўрганиб улардан қурилиш материали сифатида фойдаланганлар. Бу ҳақдаги кўп маълумотлар бизгача етиб келмаган.

Тоғ жинсларининг таркиби, ҳосил бўлиш қонуниятлари ва физик-механик хусусиятларини ўрганишда Шарқ олимларининг хизматлари катта.

IX аср охири ва X аср бошларида Шарқ олимлари Ернинг тузилишини ўрганиб, географик ва геологик карталар туздилар. Масалан, ўша даврнинг буюк математиги ва астроном Муҳаммад ибн Мусо ал Хоразмий биринчи бўлиб «Ернинг аҳоли яшайдиган жойлари тасвири» асарини яратиб шуҳрат қозонди. Хоразмий бу асарда мамлакат ва шаҳарларнинг хариталарини чизиб, номларини кўрсатган, Ерни етти қитъага бўлган.

IX асрда Фарғонада яшаб ижод этган математик ва географ Абул-Аббос Фарғоний ва хоразмлик Абу Райҳон Берунийнинг илмий тадқиқотлари Урта Осиёда геология ва инженерлик геологияси фанининг ривожланишида муҳим роль ўйнади. Абу Райҳон Беруний Ер қобиғидаги фойдали ва қимматбаҳо минералларнинг физик хоссаларини ўрганиш ва аниқлаш бўйича кўп ишлар қилди ва катта асар ёзиб қолдирди. Беруний шағал ва қум қатламларининг ҳосил бўлишида сув ва шамолнинг аҳамиятини кўрсатиб берди. Шунингдек, Беруний ўз асарларида қуруқлик ўрнини вақт ўтиши билан сув, сув ўрнини эса қуруқлик эгаллаши ҳақида ҳам аниқ фикр юритган.

Беруний ўз мулоҳазаларида палеонтология маълумотларига асосланиб ҳозирги Ер қиёфаси қандай ҳосил бўлганини палеографик усул билан аниқлади. Бинобарин чўкинди жинсларнинг ҳосил бўлишида сув оқимининг тезлиги ва жинс зарраларининг катта-кичиклиги муҳим роль ўйнаган. Берунийнинг бу асари тоғ жинсларининг физик хусусиятларини ўрганишда ўша давр мутахассислари учун, айниқса Урта Осиё қурувчилари учун муҳим қўлланма бўлиб қолди.

Россияда тоғ жинсларини қурилиш мақсадлари учун ўрганиш XV асрда айниқса ривож топди. Рус қурилиш мутахассислари иморат ва иншоотлар қуришда ишлатиладиган тоғ жинсларининг таркиби, тузилиши ва инженерлик-геологик хусусиятларини мукамал ўргандилар. Масалан, XVII—XVIII асрларда рус қурувчилари катта сув тўғонлари қуришда заминдаги жинсларнинг сув ўтказувчанлигини камайтириш мақсадида заминни ташкил қилувчи тоғ жинслари устида сунъий гил қатламларини ҳосил қиладилар. Қурувчи мутахассислар қурилиш мақсадларида жойларнинг геологик тузилишини, жинсларнинг таркиби, физик ва механик хоссаларини ўргандилар ҳамда тоғ жинсларининг классификациясини туздилар. Бунга мисол қилиб П. Усов, М. Герсеванов, В. Карлович, В. И. Курдюмов ва бошқаларнинг ишларини кўрсатиш мумкин. (1816—1897 йиллар).

XIX аср ўргаларида Россияда қурилиш ишлари тез ривожланди. Кўп қурилишлар мураккаб геологик шароитда амалга ошар эди. Шу сабабли қурилиш ишларига геологлар ҳам жалб қилина бошланди. Темир йўллар қуришда атоқли геологлардан А. П. Карпинский, Д. Л. Иванов, Ф. Ю. Левинсон—Лиссинг, Д. С. Белякин, И. В. Мушкетов, А. В. Павлов, В. А. Обручев ва бошқалар қатнашди. Геологлар қурувчи инженерлар билан ҳамкорликда тоғ жинсларининг инженерлик-геологик хоссаларини, айниқса, иморат ва иншоотлар замини бўлган тоғ жинсларининг ташқи кучга чидамлилиқ даражасини ва мустаҳкамлигини аниқлаб бердилар.

Тоғ жинсларининг ташқи кучга нисбатан чидамлилиги уларнинг генетик типига, нураганлик даражасига ва физик, механик хоссаларига боғлиқ бўлади. Геологлар тоғ жинсларини ана шу нуқтаи назардан баҳолаб, қурувчиларга керакли маълумотларни бера бошладилар. Қурувчилар геологларнинг маълумотларига асосланиб катта-катта иморат ва иншоотларнинг лойиҳаларини туздилар. Бунда рус инженерларидан Г. Е. Паукер ва В. И. Курдюмовларнинг хизмати каттадир. Қурилиш мақсадлари учун тоғ жинслари таркибини яхшилаш ҳақидаги назарий маълумотлар Россияда 1816 йилдан чоп этила бошланди. Бунга рус инженери Д. Лачиновнинг физика-математика фанлари бўйича магистр даражасини олиш учун ёзган «Тўғоннинг мустаҳкамлигини ошириш ҳақидаги мулоҳазалар» номли диссертацияси яққол далил бўла олади. Кейинчалик шу масалага доир бу қанча илмий асарлар яратилди. Булар ичида М. С. Волковнинг «Йўл ахбороти» деган асари алоҳида ўрин эгаллайди. Бу асарда М. С. Волков қурилиш мақсадлари учун тоғ жинслари классификациясини биринчи бўлиб ишлаб чиқди.

1860 йилларга келиб, В. Карловичнинг «Замин ва асослар», М. Герсевановнинг «Денгиз иншоотлари ҳақида» лекциялари ва шунга ўхшаш бир қанча илмий асарлар ва мақолалар чоп этилди. Бу асарларда қурилиш тажрибалари асосида йиғилган грунт

ҳақидаги маълумотлар биринчи марта тартибга солинди ва илмий жиҳатдан бойитилди.

Бу даврда тоғ жинсларининг хосса ва хусусиятларини қурилиш мақсадлари учун фақат қурувчи инженерлар ўрганар, геологлар эса бу ишларда кам қатнашар эди. 1882 йилда Россияда геология институти ташкил қилинди. Институтда йирик рус геологларидан А. П. Карпинский, И. В. Мушкетов, В. А. Обручев, А. П. Павлов, Н. Ф. Погребов, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг ва бошқалар ишлар эди. Бу геологлардан кўпчилигининг ишлари қурилиш билан боғлиқ эди. Масалан, В. А. Обручев, И. В. Мушкетов, А. П. Павлов темир йўл, кўприклар ва тоннеллар қуришда геологик илмий-тадқиқот ишлари олиб бордилар.

Инженерлик геологияси фани фақат Улуғ Октябрь Социалистик революциясидан кейин Совет Иттифоқида фан сифатида вужудга келди ва ривожланди. Бу фаннинг Совет даврида ривожланиш тарихи уч босқичдан иборат.

Биринчи босқич 1920—1930 йилларни ўз ичига олади. 1920 йиллардан бошлаб Совет давлатида йўл қурилиш ишлари авж олиб кетди. Йўл қурилиши учун тоғ жинслари грунт сифатида ўрганилди. Шу тариқа инженерлик геологияси фанининг куртаги «Йўл грунтшунослиги вужудга келди». Бу фаннинг ривожланишига совет олимларидан П. А. Земятченский, Н. Н. Иванов, В. В. Охотин, М. М. Филатовлар катта ҳисса қўшдилар.

Йўл грунтшунослиги Ер юзасидаги тупроқ, унинг тагидаги тоғ жинсларини йўл қурилиши учун замин ва қурилиш материаллари сифатида ўрганиш билан шуғулланади. Уша даврдаги кўпчилик инженер-геологлар В. В. Докучаевнинг тупроқларнинг географик зоналлиги бўйича тарқалиши ҳақидаги ғояларидан тўла фойдаландилар.

Йўл, иморат ва иншоотлар билан бир қаторда мелиорация ва ирригация тармоқлари қуриш ишлари ҳам авж олди. Йирик сув иншоотлари қурилаётган жойларнинг геологияси чуқур ўрганилди. Масалан, Волхов, Волга, Днепр, Чирчиқ, Сирдарё гидроэлектростанциялари лойиҳаларининг тузилиши ва қурилиш ишларининг бошланиб юборилиши сабабли кенг миқёсда инженерлик-геологик ишлари бажарилади. Булардан ташқари Москва — Волга-Дон, Оқ денгиз-Балтика, Фарҳод ва Тошкент каналларининг қурилиши ҳам инженерлик геологияси фанининг ривожланишида муҳим омил бўлди.

Сув иншоотларини қуришда, инженер-геологик кузатишлар Ф. П. Саваренский, И. В. Попов, В. А. Приклонский, М. М. Филатов ва бошқа атоқли Совет олимлари раҳбарлигида олиб борилди.

Иккинчи босқич 1930—1945 йилларни ўз ичига олади. Совет давлатида йирик гидротехника ва ирригация қурилишлари ривожланди. Шу тариқа «Инженерлик грунтшунослиги» вужудга келди. Инженерлик геологияси фаннинг бу соҳаси ривожланишида совет олимлари Н. М. Герсеванов, Н. В. Коломенский,

А. Ф. Лебедев, И. В. Попов, В. А. Приклонский, Ф. П. Саваренский, Е. М. Сергеев, Н. А. Цитовичларнинг хизмати каттадир.

Инженерлик грунтшунослиги уй-жой, сув хўжалиги ва бошқа қурилишлар учун тоғ жинсларини инженерлик-геологик хусусиятларини ўрганиш билан шуғулланади. Унда ер юзасига яқин ва бироз чуқурликда (20—30 м) жойлашган тоғ жинслари ўрганилади. Чунки катта иншоотлар заминга кўп куч билан таъсир қилади.

Инженерлик геологияси фанининг учинчи босқичи алоҳида аҳамиятга эга. Улуғ Ватан уруши йилларида кўп шаҳарлардаги иморатлар, саноат корхоналари, йўллар, кўприклар ва бошқа анча инженерлик объектлари вайрон бўлди. Уларни тезликда қайтадан тиклаш зарур эди. Иморат ва иншоотлар конструкциясининг мураккаблашуви, ҳажмининг катталашуви, заминга таъсир қилувчи кучининг ортиши, йирик саноат корхоналари, кўприклар, тўғонлар ва сув омборлари барпо этилиши геологлар олдига янги-янги вазифалар қўйди. Бу даврда кон саноати ҳам ривожланди ва фойдали қазилмаларни кавлаб олишда шахта ичида бўладиган инженерлик-геологик процесслар ўрганила бошланди. Бу соҳада совет олимлари А. И. Протадыяконов, П. М. Бухарин, В. Д. Слесаров, П. М. Цимбаревич ва Н. П. Панюковларнинг хизматлари каттадир.

Совет инженерлик геологиясининг равнақ топишида Ўзбекистон олимлари ҳам муносиб ҳисса қўшдилар. Йирик саноат, хўжалик, энергетик ва сув иншоотлари қурилиши Ўрта Осиёда ҳам инженерлик геологияси фанининг ривожланишига олиб келди.

1920 йилларда Тошкентда Жун канали қурилди. Е. А. Замарин, М. М. Решоткин каби олимлар канал қурилиши учун тоғ жинсларининг физик, механик ва бошқа хоссаларини мукамал ўргандилар.

1924 йилда Ўрта Осиё давлат университети (САГУ, ҳозирги ТашГУ) қошида динамик геология ва гидрогеология кафедраси, Ўрта Осиё геология кафедраси ва Ўрта Осиё индустриал институти ташкил этилди. Бу кафедраларга О. К. Ланге, А. Д. Архангельский ва бошқалар раҳбарлик қилдилар.

1926 йилда О. К. Ланге раҳбарлигида гидрогеология илмий текшириш кабинети ташкил топди ва бу кабинет олимлари томонидан Ўрта Осиё территориясида гидрогеология ва инженерлик геологияси борасида анча илмий-тадқиқот ишлари бажарилди. Кабинет Ўрта Осиёда гидрогеология ва инженерлик геологияси бўйича мутахассислар тайёрлаш базасига айланди ва республикада гидрогеология ҳамда инженерлик геологияси бўйича илмий-тадқиқот ишларининг ривожланишида катта роль ўйнади. Жумладан, 1927—30 йилларда кабинет ходимлари томонидан О. К. Ланге раҳбарлигида Қирғизистон, Тожикистон, Туркменистон ва Ўзбекистонда гидрогеология ва инженер-геологик илмий-тадқиқотлари бажарилди.

30- йилларда Ўрта Осиёда суғориш иншоотларини қуриш жадал суръат билан ривожланди. Шу даврда Сурхондарё областида Ҳасанхон, Хазарбоғ каналлари қуриб ишга туширилди. Тошкентда Жун канали қурилиши ниҳоясига етказилди. Бундан ташқари Ўрта Осиё шаҳарларида, жумладан, Тошкент ва Самарқандда кўп қаватли иморатлар қурилиши учун инженерлик-геологик текширишлар олиб борилди.

1932 йилда Ўзбекистон Халқ Комиссарлари Советида фан комитети ташкил қилинди. Комитет қошидаги гидрогеология ва инженерлик геологияси сектори Ўрта Осиёдаги гидрогеологик ва инженерлик-геологик ишларга раҳбарлик қила бошлади.

1937 йилда Ўзбекистон ССР Фанлар академиясининг «Геология» институти очилиб, унда инженерлик геологияси сектори барпо қилинди. Бу сектор Ўрта Осиё территориясидаги лёсс (соғ тупроқ) ва лёссимон жинсларни ўрганиш борасида кенг миқёсдаги инженерлик-геологик ишларни бажарди. Натижада 1958 йилда Ғ. О. Мавлоновнинг «Ўрта Осиёнинг марказий ва жанубий қисмидаги лёсс ва лёссимон жинсларнинг генетик хиллари» деган асари чоп этилди.

40- йиллар охири 50- йиллар бошида Ўрта Осиёда турар жой ва сув иншоотлари қурилиши жуда тез ривожланди. Бу пайтларда тоғ жинсларини қурилиш мақсадлари учун ўрганиш билан А. И. Грот, Ғ. О. Мавлонов, В. П. Шульгина, Ю. А. Скворцов ва бошқа олимлар шугулланди.

Ўрта Осиёда гидрогеология ва инженерлик геологияси фанининг ривожланишида профессорлардан Н. А. Кенесарин, Н. П. Васильковский, Ю. А. Скворцов, М. М. Решоткин, Ғ. О. Мавлонов, Х. Т. Тўлагановларнинг хизматлари муҳим роль ўйнади.

1960 йилда Тошкентда Ўзбекистон ССР Фанлар академияси қошида «Гидрогеология ва инженерлик геологияси» (Гидроингео) илмий-тадқиқот институти ташкил қилинди. Унда кенг миқёсда гидрогеологик ва инженерлик-геологик ишлари бажарилди. Лёсс ва лёссимон жинсларни ўрганиш ҳамда инженерлик геологияси ва гидрогеология соҳасида малакали мутахассислар (олимлар) тайёрлаш бўйича институт фақат Ўрта Осиёда эмас, балки Совет Иттифоқида ҳам марказий илмий лабораторияга айланди. Бир неча ўнлаб фан кандидатлари ва докторлари етишиб чиқди.

Кейинчалик «Гидроингео» институти Ўзбекгидрогеология трести билан бирлаштирилиб, йирик илмий ва ишлаб чиқариш ташкилоти «Ўзбекгидрогеология ишлаб чиқариш бирлашмаси» барпо этилди.

Бирлашмада геология-минералогия фанлари докторларидан Ғ. О. Мавлонов, Н. Н. Ҳожибоев, С. Ш. Мирзаев, А. С. Ҳасановлар кенг миқёсда бажарилган гидрогеология ва инженерлик геологияси ишларига раҳбарлик қилдилар. Ўрта Осиё, шу жумладан, Ўзбекистон олимлари олиб борган илмий-тадқиқот ишлари натижасида ер ости сувлари, лёсс ва лёссимон жинслар-

нинг таркиби, тарқалиши, ётиши шароитлари, инженерлик-геологик хусусиятлари тўлиқ ўрганилиб, инженерлик-геологик ва гидрогеологик карталари тузилди, кўплаб монографиялар, мақолалар чоп этилди.

Кейинги ўн йил ичида республикамизда инженерлик геологиясининг яна бир тармоғи — «инженерлик сейсмологияси» анча ривожланди. Кейинги йилларда Ўрта Осиёнинг сейсмик жиҳатдан актив зонаси ҳисобланган район ва шаҳарларини инженерлик-микросейсмологик районлаштириш карталари тузилди.

Шундай қилиб, Совет инженерлик геологияси фанининг равнақ топишида олимлардан И. В. Попов, Е. М. Сергеев, Н. В. Коломенский, А. М. Дранников, Н. Я. Денисов, Г. С. Золотарев, В. Д. Ломтадзе, О. В. Котлов, Ф. О. Мавлонов, М. П. Кузминов, В. Г. Фофуровларнинг хизмати катта бўлди.

1968 йилда XXII Халқаро геологик конгрессда инженер-геологларнинг халқаро ассоциацияси ташкил топди. Унинг биринчи президенти қилиб Чехословакия олими инженер-геолог К. Заруба, 1972 йилда эса француз олими М. Арну сайланди.

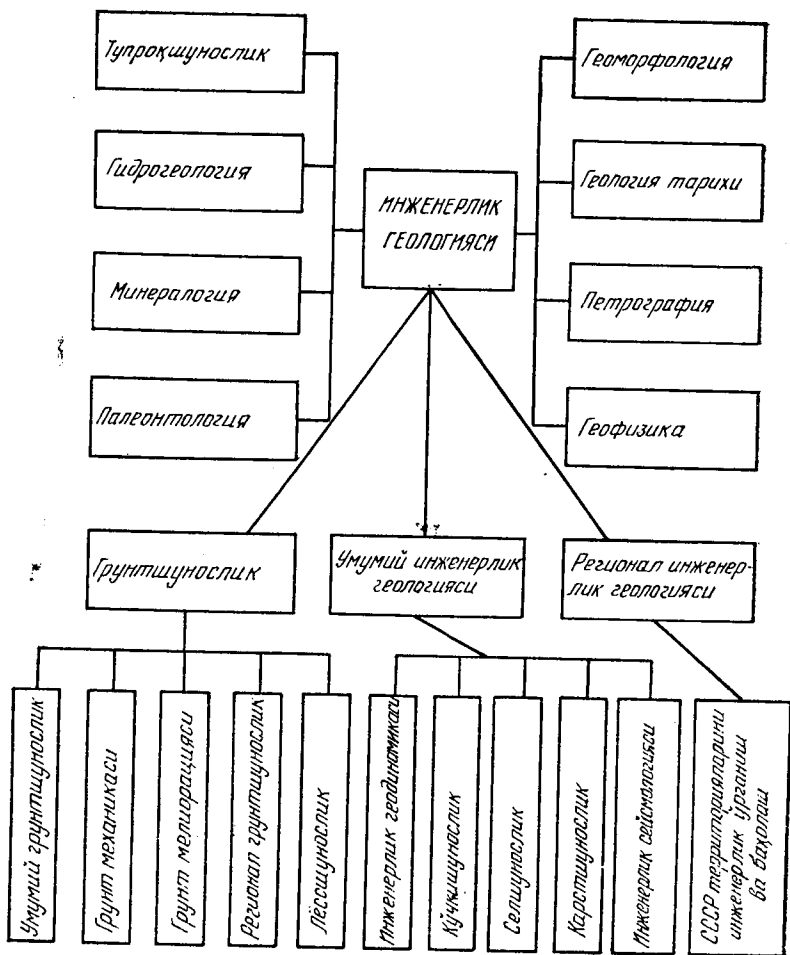
### **Инженерлик геологияси фанининг бўлимлари, вазибалари ва бошқа фанлар билан алоқаси**

Инженерлик геологияси юқорида қайд қилганимиздек, геология фанининг бир соҳаси бўлиб, у ўз навбатида учта катта бўлимга — грунтшунослик, умумий инженерлик геологияси ва регионал инженерлик геологиясига бўлинади. Буларнинг ҳар қайсиси бир қанча қисмлардан иборат (1-расм). Қуйида биз грунтшунослик ва инженерлик геодинамикасига қисқача тўхталиб ўтамиз.

Грунтшуносликнинг вазибаларини аниқ тушуниш учун энг аввал грунт терминиغا изоҳ бериш керак. Грунт (немисча «der grund») — асос, замин демакдир.

Грунт сўзи биринчи марта Россияда Петр I даврида рус қурувчилари томонидан қўллана бошланган. Шу даврдан бошлаб рус қурувчилари ернинг иморат қуриладиган устки қисмидаги бўшоқ тоғ жинсларини грунт деб атай бошладилар.

Баъзи қурувчилар тоғ жинсини замин сифатида эмас, балки қурилиш материали қилиб ишлатган, тоғ жинсларидан гишт, черепица ва бошқа материаллар тайёрлаган. Булар, аксинча, қурилиш материаллари ҳамда ишлатиладиган бўшоқ тоғ жинсларини (шағал, қум, соғ тупроқ) грунт деб атаганлар. Бу эса кейинги вақтда бир қанча чалкашликларга сабаб бўлди. Чунки кўпчилик иморат ва иншоотлар фақат бўшоқ тоғ жинси устига қурилмай, қаттиқ тоғ жинслари устига ҳам қурила бошлаган. Бундан ташқари қурилиш материаллари сифатида бўшоқ тоғ жинслари билан бир қаторда қаттиқ тоғ жинслари ҳам ишлатила бошланган.



1-расм. Инженерлик геологияси фанининг бўлимлари.

XX асрга келиб, иморат ва иншоот замини ва қурилиш объекти ҳисобланган ҳар қандай тоғ жинси грунт деб атала бошланди. Худди шунга ўхшаш таъриф 1869 йилда В. Карлович томонидан ҳам ўртага ташланган эди. Унинг таъкидлашича, қурилиш объектида иморат ва иншоот замини бўлиб хизмат қилган ҳар қандай тоғ жинси грунт деб аталиши керак.

Грунт сўзини кенг маънода тушуниш А. П. Павловнинг 1903 йилда нашр этилган «Сибирь ва Саратов Поволжьесидаги сурилишлар» номли илмий асарида ўз аксини топди. Унинг таърифига кўра, қурувчилар учун объект бўлиб хизмат қиладиган ер қобилигининг устки қисми грунт деб аталади. Бу таъриф кейинчалик Ф. П. Саваренский томонидан ривожлантирилиб, инженерлик иншоотлари таъсирида бўлган ҳамда инженерлик



тадбир ва чораларининг объекти ҳисобланган ҳар қандай тоғ жинси грунт деб атала бошланди.

Грунт терминига берилган худди шунга ўхшаш таърифларни биз М. М. Филатов (1940), В. А. Приклонский (1955), И. В. Попов (1959) ва бошқаларнинг ишларида ҳам учратамиз. Генетик тупроқшуносликка асос солган В. В. Докучаев (1883) тупроқ ҳосил бўлиш жараёнига алоқаси йўқ тупроқ қатлами остида ётган тоғ жинсини грунт деб атайди.

Шундай қилиб, грунт термини турли мутахассислар томонидан ҳар хил маънода ишлатиб келинди. Масалан, М. М. Филатов ернинг нураган қобиғида жойлашган ҳар хил тоғ жинсларини грунт деб аташга ундаса, К. И. Лукашев литосферанинг магматик жинслари нурашидан ҳосил бўлган жинсларни грунт деб атайди. В. В. Охотин, Н. Н. Ивановлар тупроқ қатлами тагида жойлашган бўшоқ жинсларни грунт деб атайдилар. Н. А. Цитович (1963), Ернинг нураш қобиғидаги бўшоқ жинсларни грунт деб аташни таклиф этади. Грунт терминига берилган юқоридаги таърифларни кўпчилик мутахассислар ҳозирги вақтгача қўллаб-қувватламоқдалар.

Аммо кўпчилик олимлар фикрича, бу таърифларда грунт тушунчаси бироз чеклаб қўйилган. Грунт терминига кенг маънода тўлиқ таъриф бериш совет грунтшунослигига асос солган совет олими проф. Е. М. Сергеев томонидан ҳал этилди. Унинг таърифига кўра, инсоннинг инженерлик фаолияти таъсирида бўлган кўп компонентли система сифатида ўрганилаётган ҳар қандай тоғ жинси грунт деб аталади. Грунтлар ердаги нураш қобиғининг табиий-тарихий ривожланиш маҳсули бўлиб, тева-рак-атрофдаги табиий ёки сунъий муҳит таъсирида доимо ўзгариб туради.

Грунт иморат ва иншоот замини, қурилиш материали ва қурилиш объекти ёки қурилиш учун муҳим бўлиб хизмат қилади. Демак, инсоннинг инженерлик фаолияти учун объект бўлиб хизмат қиладиган, вақт ўтиши билан ўзгариб борадиган, кўп компонентли система сифатида ўрганиладиган ҳар қандай тоғ жинси грунт деб аталади.

Тоғ жинси устига қурилган иморат, иншоот, йўл ва ҳоказоларда чўкиш, бузилиш, қийшайиш процесслари рўй беради. Бундай процессларнинг рўй бериши ва тезлиги грунтларнинг физик, химиявий ва механик хоссаларига, таркибига ва уларнинг генетик турига, ҳосил бўлган шароитига боғлиқ бўлади.

Демак, грунтшунослик фанининг асосий вазифаси грунтда кечадиган биологик, геологик, химиявий ва физик-механик процессларни, грунтларнинг пайдо бўлиши ва ривожланиши ҳамда ер юзасида тарқалишини, шунингдек грунтлардан қурилиш ҳамда саноат соҳасида рационал фойдаланиш ва уларнинг чидамлилигини, мустаҳкамлигини ошириш юзасидан кўриладиган чора ва тадбирларни ишлаб чиқишдан иборатдир.

Қурилган ва қуриладиган иморат ҳамда иншоотларга геологик ва инженерлик-геологик процесслар жуда катта таъсир

кўрсатади. Масалан, бирор территорияда кучли сел ёғса ёки чўкиш процесси рўй берса, иморат ва иншоотлар шикастланади.

Геологик, инженерлик-геологик процесслар табиий офатларнинг келиб чиқишига ҳам сабабчи бўлади. Шунинг учун бу процессларни ўрганиш илмий ва амалий аҳамиятга эга.

Инженерлик геологияси фанининг асосий қисмларидан бири «инженерлик геодинамикаси» геологик ва инженерлик-геологик процессларнинг сабаблари ва оқибатларини, олдини олиш ва уларни бартараф қилиш тадбирларини ўрганиш билан шуғулланади.

Табиатда нураш, ювилиш, сурилш, чўкиш, ўпирилиш, сел, ағдарилиш ва яна шунга ўхшаш бир қанча геологик процесслар бўлиб туради. Бундай ҳодисалар тоғ жинсларининг физик-механик хоссалари, структура ва текстуралари, ётиш ҳолатлари ўзгариши туфайли вужудга келади. Бу процесслар халқ хўжалигига катта зарар етказади. Темир ва автомобиль йўллари бузилади, қишлоқ ва шаҳарлар вайрон бўлади, шахталар босиб қолади.

Шундай қилиб, «инженерлик геодинамикаси» ернинг юзаси ва ичида содир бўладиган экзоген ва эндоген процессларни, шунингдек, инженерлик геологик процесс ва ҳодисаларининг ҳосил бўлиш ва ривожланиш қонуниятларини ўрганади; шу билан бирга бу процессларга қарши чора ва тадбирларни, уларнинг иморат ва иншоотларга таъсирини бартараф қилиш чораларини ишлаб чиқади. Бу ишларни бажариш учун шу процесслар вужудга келадиган жойларнинг геологик шароитини, шу жумладан, тоғ жинсларининг физик-механик хоссаларини, тўзилиши ва таркибини тўла ўрганиш лозим.

Демак, грунтшунослик фани инженерлик геодинамикаси билан узвий боғлиқдир.

Инженерлик геологияси геология фанининг соҳалари ҳисобланган гидрогеология, петрография, литология, минералогия, геофизика, динамик геология, тарихий геология, геоморфология, денгиз геологияси билан алоқадор бўлиб, буларнинг қонун ва қоидаларидан фойдаланиб ўзининг янги қоида ва усулларини ишлаб чиқади.

Инженерлик геологияси фанининг юқорида кўрсатилган ҳамма бўлимлари ҳам ер ости сувларини ўрганади. Аммо ҳар қайсиси гидрогеология фанининг яқиндан алоқадор қисми билан шуғулланади. Масалан, грунтшунослик ер ости сувлари таъсиридан тоғ жинсларининг физик, механик ва сувли хоссалари ўзгаришини ўрганса, инженерлик геодинамикаси геологик ва инженерлик-геологик процессларнинг ҳосил бўлишида ер ости сувларининг ролини талқин этади. Ер ости сувлари маълум жойнинг инженерлик-геологик шароитини ифодаловчи асосий факторлардан бири ҳисобланади.

Тоғ жинсларининг минерал таркиби ва петрографик хусусиятларини аниқлашда инженерлик геологияси фани минералогия фанининг усулларидан кенг фойдаланади ва минералогик

таркибига қараб жинсларнинг инженерлик геологиясига тааллуқли классификациясини ишлаб чиқади, грунтларнинг петрографик хусусиятларини, жумладан, структура ва текстурасини ўрганади. Инженерлик геодинамикаси геологик процесс ва ҳодисаларни ўрганишда динамик геология усулларидан кенг фойдаланади, бу процессларнинг ҳосил бўлиши сабабини аниқлаб, қурилиш объектларига қандай таъсир кўрсатишини олдиндан белгилаб беради. Геологик процессларнинг содир бўлиши, ривожланиш динамикаси жойларнинг геоморфологик тузилишига боғлиқ. Жойларнинг паст-баландлиги ва жинсларнинг таркиби турли геологик процессларнинг вужудга келишида муҳим роль ўйнайди.

Инженерлик геологияси математика, назарий механика, физика ва химия фанлари билан узвий боғланган ва уларнинг ютуқларидан кенг фойдаланади.

## ГРУНТШУНОСЛИК

### I БОБ. ТОҒ ЖИНСЛАРИНИНГ МИНЕРАЛОГИК ТАРКИБИ ВА ИНЖЕНЕРЛИК-ГЕОЛОГИК АҲАМИЯТИ

#### 1. Литосферада учрайдиган минераллар

Табиатда учрайдиган минераллар сони 3000 дан ортиқ бўлиб, 100 тачаси жинс ҳосил қилувчи ҳисобланади. Булардан 60 дан ортиқроғи энг кўп тарқалгандир.

Минералларнинг энг кўп тарқалганлари дала шпати (литосферада 57,9%), кварц (12,6%), слюдалар (3,6%), темирли магнезиал силикатлар, шох алдамчиси (роговая обманка), пироксенлар, оливинлар (16,8%), кальцит (1,5%), доломит (0,1%), каолинит ва бошқа гил минераллари (1,1%) ҳисобланади. Кам учрайдиган минералларнинг ҳаммаси литосферанинг 6,5% ини ташкил этади.

Минералларнинг оз-кўплиги тоғ жинсининг генетик хилига боғлиқ бўлади (1-жадвал). Минераллар бирламчи, иккиламчи ва органик минералларга бўлинади. Бирламчи минераллар асосан магматик жинслар учун характерли бўлиб, тоғ жинси пайдо бўлиш вақтида ҳосил бўлади.

Тоғ жинсларининг химиявий нураши натижасида тоғ жинси таркибида янги иккиламчи минераллар ҳосил бўлади.

**Бирламчи минераллар.** Бирламчи минераллар ер қобиғининг чуқур жойларида оловли магмадан ҳосил бўлади. Буларга кварц, дала шпатлар, амфиболлар, пироксенлар, оливин ва слюдалар киради. Булар магматик тоғ жинсларининг асосий таркибий қисми ҳисобланади.

Бирламчи минераллар чўкинди жинслар таркибида ҳам учрайди. Масалан, қумларнинг кўпчилиги қисми бирламчи минерал кварцдан ташкил топади. Қум таркибида кўпинча кварц билан бирга дала шпатлари, глауконит, слюдалар, баъзан пироксен, роговая обманка, оливин, магнетит ва бошқа минераллар ҳам учрайди. Минерал таркибига қараб қумнинг ҳосил бўлган шаронти ва генетик хилини аниқлаш мумкин. Масалан, аллювиал, делювиал ва флювоглициал қумлар таркибида асосан дала шпати бўлса, шамолнинг геологик иши натижасида ҳосил бўлган эол қумларда слюда, сувсиз чўл шаронтида ҳосил бўлган қумларда гипс, денгиз қумида эса глауконит минерали кўп бўлади.

## Тоғ жинси таркибида учрайдиган асосий минераллар (Е.М. Сергеев, 1971)

Тоғ жинси	Жинс ҳосил қилувчи асосий минераллар	Иккинчи даражали минераллар	Тоғ жинси таркибида кам учрайдиган минераллар
Магматик	Кварц, дала шпати, слюда, амфибол, пироксен, оливин ва бошқалар	Турмалин, апатит, титанит, циркон, сфен, магнетит, ильменит, гематит, хромит ва бошқалар.	Кордиерит, эпидот, гранатлар, флюорит, топаз.
Чўкинди	Кварц, дала шпати, слюда, кальцит доломит, гидрослюда, монмориллонит, каолинит, опал, халцедон, гипс, галит ва бошқалар	Амфиболлар, пироксенлар, магнетит, пирит, глауконит, фосфорит, оксидлар, темир ва алюминий гидроксиди.	Циркон, рутил, гранат, биотит, хлорит, сфалерит флюорит.
Метаморфик	Кварц, дала шпати, оливин, пироксен, амфибол, волластонит, ставролит, дистен, андалузит, кордиерит везувиан, волластонит, хлоритлар эпидот, кальцит ва бошқалар	Турмалин, сфен, серицит, лейцит	Магнетит, ильменит, гематит, пирит

Бирламчи минераллар тоғ жинсларининг инженерлик-геологик хоссаларига қандай таъсир қилишини ўрганиш учун В. В. Охотин (1937) ажойиб тажрибалар ўтказди. У силлиқлиги ҳар хил, катталиги 2 мм дан 0,06 мм гача бўлган минераллардан (кварц, дала шпати ва слюда) ташкил топган қумларнинг сув ўтказувчанлигини, капилляр кўтарилиш баландлигини, ташқи куч таъсиридан сиқилишини, табиий қиялик бурчагини, сурувчи кучга қаршилиги ва бошқа хоссаларини ўрганди.

В. В. Охотин ўз тажрибалари натижасига асосланиб қуйидаги хулосага келди:

1. Қум каби сочилувчан жинсларнинг ғоваклилиги уларни ташкил этган зарраларнинг катта-кичиклиги ва шаклига боғлиқ. Масалан, слюда зарраларидан ташкил топган қумнинг ғоваклилиги зарра силлиқланган кварцли қумникидан юқори экан. Жинс зарралари кичрайган сари слюдали қумнинг ғоваклилиги камаяди, аксинча, кварц ва дала шпатидан ташкил топган қумнинг ғоваклилиги ортади. Зарралари силлиқланган минераллардан ташкил топган қумнинг ғоваклилиги силлиқланмаган ўткир қиррали зарралардан ташкил топган қумнигига нисбатан оз.

2. Тоғ жинсларининг ташқи куч таъсирида сиқилиши ҳам зарраларнинг хилига ва шаклига боғлиқ. Масалан, зарралари

яхши силлиқланган кварц ва дала шпатидан иборат қумлар ташқи куч таъсиридан жуда оз сиқилиб, ғоваклилиги дастлабки ғоваклилигига нисбатан 2—3% га камаяди, аксинча, слюдадан ташкил топган қумлар ташқи куч таъсирида яхши сиқиледи ва ғоваклилиги дастлабки ғоваклигига нисбатан 15% га камаяди.

3. Ташқи куч таъсиридан ҳосил бўладиган зарралар орасидаги сурилиш қаршилиги кучи, шу жинснинг минерал таркиби, ғоваклилиги, намлиги, зарраларининг ҳажми ва шаклига боғлиқ. Масалан, ўткир қиррали кварцли зарралардан ташкил топган қумда сурилиш қаршилиги кучи слюдали қумларникига нисбатан анча юқори бўлади.

4. Қумларда сувларнинг капилляр кўтарилиш баландлиги уларнинг минералогик таркиби ва зарраларининг катта-кичиклигига боғлиқ. Масалан, слюдали қумда капилляр кўтарилиш баландлиги бошқа қумларникига нисбатан анча ортиқ. Майда заррали қумда капилляр кўтарилиш баландлиги йирик қумларникига нисбатан анча юқори бўлади.

**Иккиламчи минераллар.** Иккиламчи минераллар асосан магматик жинсларнинг химиявий нурашидан ҳосил бўлади. Буларнинг турлари ҳам унча кўп эмас. Энг кўп тарқалган иккиламчи минераллар — гиллар, оддий тузлар ва оксидлардир.

Катталиги 0,005—0,0001 мм. гил ва чанглардан ташкил топган минераллар гилли минераллар туркумига кирази. Ҳосил бўлишига қараб улар икки турга бўлинади: 1) тоғ жинсларининг химиявий ва физик нураши натижасида ҳосил бўлган гилли минераллар; 2) гилли маҳсулотларнинг доимий ва вақтинча оқар сув, шамол таъсирида бошқа жойга олиб бориб ётқизилишидан пайдо бўлган гилли минераллар.

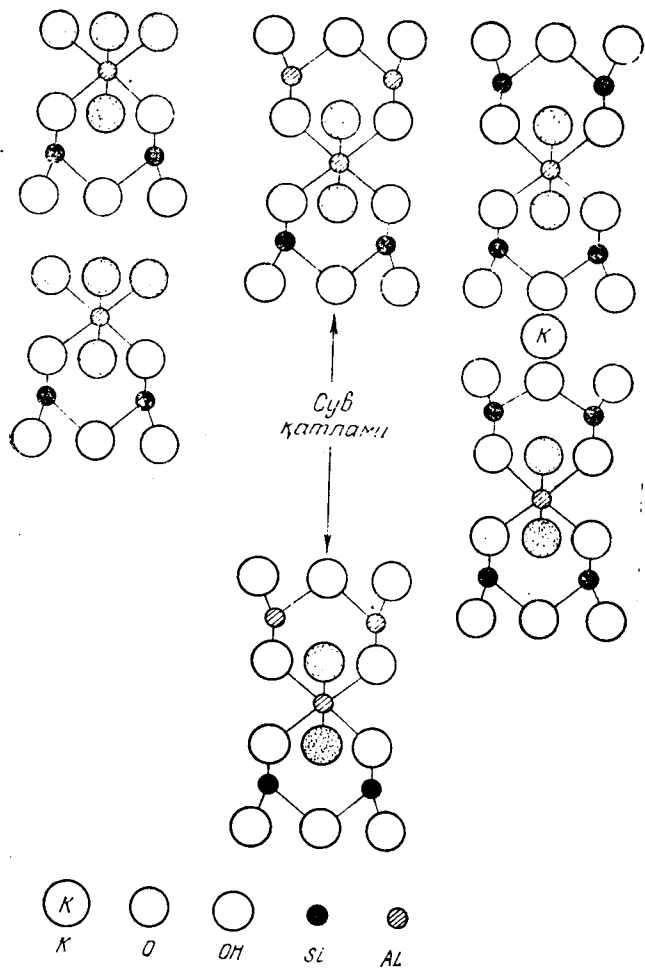
Минерал таркиби ва бошқа хоссаларига кўра улар 3 группага бўлинади: 1) каолинит группаси; 2) монтмориллонит группаси; 3) гидрослюда группаси.

**Каолинит группасига** каолинит  $Al_4[Si_4O_{10}][OH]_8$ , диккит  $Al_4[Si_4O_{10}][OH]_8$  ва галлуазит  $Al_4[Si_4O_{10}][OH]_8 \cdot 4H_2O$  минераллари кирази. Бу минераллар химиявий таркибига кўра бир хил, бир-биридан физик хоссалари ва структура тузилиши билан фарқланади. Булар магматик ва метаморфик ўзгарган жинсларнинг нордон муҳитда нурашидан ҳосил бўлади. Саноат учун аҳамиятлиси ва энг яхши ўрганилгани каолинитдир. Каолинит каолин ва гилли жинсларнинг таркибий қисми ҳисобланади.

Каолинит сарғиш — қўнғирсимон ва оқ рангда бўлади. Қаттиқлиги 1—2,5, солиштира массаси 2,4—2,6 г/см<sup>3</sup>. Оқ рангли соф каолинит чинни ва зийнат буюмлари, қоғоз, резина ва совун тайёрлашда ишлатилади. Каолинитнинг кристалл панжараси пишиқ ва чидамли молекула пакетларидан иборат. Уларга сув таъсир қилиб, намлиги ошганда кристалл панжарасидаги пакетлар оралиғи жуда секин ўзгаради. Шу сабабли каолинитдан ташкил топган жинслар сув таъсирида жуда оз кўпчиди (шишади).

**Монтмориллонит группасига** кирадиган минералларнинг тузилиши ҳар хил ва мураккаб бўлиб, табиатда энг кўп тарқалгани монтмориллонитдир. У магматик жинсларнинг қуруқ, иссиқ иқлим ва ишқорли муҳитда химиявий нурашидан ҳосил бўлади. Унинг таркиби ҳам яхши ўрганилмаган. Монтмориллонит гилли жинслар таркибида ҳам учрайди. У оқартириш ишларида, бурғиланадиган қудуқлар кавлаш учун лойқа эритмалар тайёрлашда ишлатиладиган бентонитли лойқаларнинг асосий таркибий қисми ҳисобланади. Тоза монтмориллонит оқиш сариқ ёки кул ранг бўлади. Монтмориллонит группасига кирувчи минераллар бошқа гилли минераллардан таркибидаги сув миқдорининг ўзгарувчанлиги билан фарқланади. Қуруқ иссиқ ҳавода улардан сув тез ажралади ва, аксинча, нам ҳавода уларнинг намлиги тез ортади, 100°C дан 200°C гача қиздирилган монтмориллонит таркибидаги кучли боғланган (адсорбланган сув йўқолади. 500—700°C гача қиздирилса, кристалл панжараси ҳам бузилади. 800—900°C да минерал аморф ҳолига ўтади. Монтмориллонит кристалл панжарасининг тузилиши каолинитникига яқин ва ундан фарқи, монтмориллонитнинг кристалл панжараси ҳар хил атомлардан тузилган пакетлар кўринишидаги элементларнинг қатламчаларидан иборат эканлигидадир. Монтмориллонит кристалл панжарасидаги ҳар бир пакет симметрик тузилишга эга бўлиб, бир-бирига кислород атоми орқали боғланган (2- расм). Шу сабабли монтмориллонитда пакетларнинг ўзаро боғланиши каолинитникига нисбатан кучсиздир. Кристалл панжараларининг бундай тузилиши пакетлар орасига сув кириб, уларнинг шишишига сабабчи бўлади, бунда пакетлар орасидаги масофа тезда ўзгариб — катталашиб, улардаги ўзаро боғланиш кучи бутунлай йўқолади ёки жуда камайиб кетади. Гилли минералларнинг сув таъсирида шишиши улар таркибидаги кальций (Ca) ва натрий (Na) миқдорига боғлиқ бўлади. Масалан, таркибида Ca кўп бўлган каолинит намланганда ўз ҳажмини 60—100% оширса, Na кўп бўлган каолин 150% оширади. Кальцийли монтмориллонит намланиш таъсирида ўз ҳажмини 200—300% гача, Na ли монтмориллонит 600—700% га оширади.

**Гидрослюда группаси** слюда билан монтмориллонит оралигидаги ўринни эгаллайди. Бу группадаги минераллар туркумига асосан иллит киради. Иллит слюдага сув таъсир этиши натрижасида пайдо бўлади. Иллит слюдадан таркибида сувнинг кўплиги билан, монтмориллонитдан эса кам шишиши ва таркибида калий кўплиги билан фарқланади. Кристалл панжарасининг тузилиши (2- расм) монтмориллонитникига ўхшаш, ундаги пакетлар бир-бири билан калий иони орқали боғланади. Калийнинг бўлиши иллит кристалл панжарасининг мустаҳкамлик даражасини ошириб, пакетлар ҳаракатини сусайтиради. Бу группа минераллари турли муҳитда эритмада калий миқдорининг ошишидан ҳосил бўлади.



2- расм. Каолинит, монтмориллонит ва гидрослюда кристалл панжарасининг структураси.

### Гилли минералларнинг тарқалиши

Гилли минераллар табиатда жуда нотекис тарқалган. Р. Е. Грим, Е. К. Лазаренко, Л. Б. Рухин, Ф. В. Чухров, И. Д. Зхус ва бошқалар турли ёшдаги тоғ жинсларида гилли минералларнинг ўзгарувчанлигини қайд этганлар.

1963 йили Е. М. Сергеев, Г. Г. Ильинская, Л. Г. Рекшинская ва В. Т. Трофимовлар 2000 дан ортиқ гил намуналарини анализ қилиб, турли ёшдаги тоғ жинсларида гилли минералларнинг тарқалиш қонуниятларини аниқладилар. Уларнинг маълумотларига асосланиб таркибида гилли минераллар бўлган турли



Мезо-кайназой даври чўкинди жинсларидаги гилли фракцияда минералларнинг тарқалиши (Е. М. Сергеев, Г. Г. Ильинская, Л. Г. Рекшинская ва В. Т. Трофимовлар маълумоти бўйича, 1963).

Тоғ жинсининг ёши	Таркибида 0,001 мк дан кичик зарралар бўлган тоғ жинси, %							
	Гидрослюда	Монтмориллонит	Бейделлит	Каолинит	Галлуазит	Қварц	Темир гидроксиди	Карбонатлар ва бошқа минераллар
Тўртламчи	65,4	8,0	9,0	14,0	0,35	1,1	1,0	0,65
Неоген	62,3	15,0	6,7	14,5	1,5	0,0	0,0	0,0
Палеоген	42,3	47,9	1,4	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Бўр	64,0	36,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Юра	57,0	39,0	0,8	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Ўртача миқдори:	58,2	29,18	3,58	8,02	0,37	0,32	0,20	0,13

ёшдаги гил ётқизиқларини икки гурпуага бўлиш мумкин. Булар девон давригача бўлган ва девондан кейинги гил ётқизиқларидир.

Девонгача бўлган гил ётқизиқлари мономинерал таркибли (бир хил минералдан ташкил топган), девондан кейингилари эса полиминерал (ҳар хил) таркибли жинслар туркумига кириди. Девон даври гил ётқизиқлари бу икки гурпуа оралиғидаги жинслар ҳисобланади ва улар минералогик таркибига кўра баъзан полиминералли гурпуага мансуб бўлади.

Биринчи гурпуага гидрослюдалар, иккинчисига монтмориллонит ва каолинитлар кириди. Девон давригача бўлган гил ётқизиқларида гидрослюдаларнинг миқдори 90—95% га етади, девондан кейинги гил ётқизиқларида эса—58% гача боради (2-жадвал).

Жадвалдан маълумки, турли ёшдаги чўкинди жинслар таркибида энг кўп тарқалган гилли минераллар слюда ҳисобланади ва тоғ жинсининг 50% идан ортиғини ташкил этади. Гидрослюдалар денгизда ва континентал шароитда, шунингдек метаморфизм натижасида минералларнинг ўзгаришидан ҳосил бўлади. Бундан ташқари гидрослюдалар тоғ жинслари механик майдаланиши натижасида бирламчи слюдалар—гил ва ундан майда коллоид заррачаларга бўлиниб кетиши туфайли ҳам ҳосил бўлади.

Тарқалишига кўра иккинчи ўринни монтмориллонит гурпуасига мансуб минераллар олади. Палеоген, бўр ва юра даврининг чўкинди жинсларида учрайди ва жинсининг ўртача 30% ини ташкил этади.

Тарқалиши жиҳатидан учинчи ўринни каолинит минерали эгаллайди, мезо-кайназой давридаги ётқизиқларнинг ўртача

8% ини ташкил қилади. У асосан тўртламчи, неоген ва бўр даври жинсларида учрайди. Қарбон ва девон жинсларининг кўпини каолинит (35—40%) ини ташкил этади.

Шундай қилиб, инженерлик-геологик ишларда, гилли грунтларни ўрганишда юқорида қайд қилинган учта минералга алоҳида эътибор бериш лозим, чунки гилли ётқизиқларнинг инженерлик-геологик хусусиятлари ана шу минералларнинг оз-кўплигига боғлиқ. Чўкинди жинслар таркибида озгина гилли минералларнинг бўлиши жинснинг сув ўтказувчанлигига, пишиқлигига, пластиклигига, шишиши ва бошқа инженерлик-геологик хусусиятларига катта таъсир кўрсатади. Масалан, В. А. Приклонский маълумотига кўра, кварц минералидан тайёрланган кукунга 7—8% натрий бентонитини (гилини) қўшилса, унинг ички ишқаланиш бурчаги  $39^\circ$  дан  $11^\circ$  га тушиб қолади ёки уч мартадан зиёд кичраяди, натижада кварц зарраларининг ишқаланишга қаршилик кучи камаяди. Бундан ташқари кварц кукунига гил зарраларининг қўшилиши натижасида кукуннинг сув ўтказувчанлиги тахминан 1000 марта камаяди.

### 3. Оддий тузлар ва уларнинг тоғ жинсларининг инженерлик-геологик хоссаларига таъсири

Бу группага галоидлар (галит  $\text{NaCl}$ , сильвин  $\text{KCl}$ , карнолит  $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), сульфатлар (гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , ангидрид  $\text{CaSO}_4$ , барит  $\text{BaSO}_4$ ) ва карбонатлар (кальцит  $\text{CaCO}_3$ , доломит  $\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$ , магнезит  $\text{NaCO}_3$ ) киради ва уларнинг кўпчилиги чўкинди жинслар таркибида учрайди, магматик ва метаморфик жинсларда эса кам тарқалган.

Буларнинг кристалл панжаралари ионли боғланишга эга бўлиб, сувга чидамсиз. Бинобарин тоғ жинси таркибида оддий тузларнинг кўп бўлиши унинг механик хоссасига салбий таъсир кўрсатади. Таркибида бундай минераллар кўп бўлган жинсларга сув таъсир этса, уларда қарет, чўкувчанлик каби геологик ва инженерлик геологик процесслар рўй беради.

Оддий тузлар сувда эриш қобилиятига кўра енгил, ўртача ва қийин эрувчан группаларга бўлинади.

Енгил эрувчан тузларга галит, сильвин, миробилит, сода; ўртача эрувчанларга гипс, ангидрид ва қийин эрувчанларга кальцит, магнезит, доломит минераллари киради.

Енгил эрувчан тузлар оз сув таъсирида тез эрийди, ўртача эрувчан тузлар аста-секин эриб кўп сув талаб қилади. Қийин эрувчан тузлар сувда жуда секин эрийди ёки сувли эритмага жуда секин ўтади. Буни аниқроқ тасаввур қилиш учун баъзи тузларнинг  $10^\circ\text{C}$  температурали  $100\text{ см}^3$  сувда эришини кўриб чиқамиз:

$\text{Na Cl}$  — 35,7 грамм  
 $\text{K Cl}$  — 31,2 грамм  
 $\text{Ca SO}_4$  — 0,25 грамм  
 $\text{Ca CO}_3$  — 0,001 грамм

Енгил эрувчан тузларнинг тоғ жинсига таъсир этиши жинснинг физик ҳолати ва намлигига боғлиқ. Агар тоғ жинси қуруқ бўла, таркибидаги туз цемент вазифасини бажариб, унинг қаттиқлигини оширади, аксинча, буларга бироз сув таъсир этса, таркибидаги тузлар эриб, жинснинг пишиқлиги кескин пасайиб кетади.

Тоғ жинси таркибида галоидлар билан биргаликда сувда ўртача эрийдиган сульфатлар ҳам кўп учрайди. Табиатда энг кўп тарқалгани гипс ва ангидрид ҳисобланади. Табиатда гипснинг ангидридга ва, аксинча, ангидриднинг гипсга ўтиб туриши тез-тез учраши буларнинг характерли хусусиятларидан бири ҳисобланади. Гипс  $100\text{--}200^\circ\text{C}$  да қиздирилса, унда дегидротация процесси рўй бериб, ангидрид ҳосил бўлади, гипснинг ҳажми камаяди. Аксинча, унга сув таъсир қилса, иккиламчи гипс ҳосил бўлади, ҳажми кенгаяди, унинг ичида кучли қаршилиқ пайдо бўлади, бу эса унинг механик хоссаси ўзгаришига сабаб бўлади. Ангидриднинг гипсга айланиши натижасида тоғ жинсининг ҳажми кенгаяди, ичида майда ёриқлар ҳосил бўлади ва тоғ жинсининг пишиқлиги ҳамда чидамлилигига путур етади.

Қарбонатли минераллардан кальцит ва доломит табиатда энг кўп тарқалган. Сувда ёмон эрувчи карбонат тузларидан кальцийга бой жинслар сувга чидамли бўлади.

Шундай қилиб, оддий тузларнинг асосий инженерлик-геологик хусусиятларидан бири сув таъсирида эриши ҳисобланади. Эриш тезлиги ион радиусларининг катта-кичиклиги ҳамда валентлигига боғлиқ. Демак, ион радиуси кичик ва валентлиги юқори бўлган оддий тузлар сувда секин эрийди.

Кулон қонунидан шу нарса маълумки, моддаларнинг эрувчанлиги эритувчининг диэлектрик ўтказувчанлигига ( $\epsilon$ ) тўғри ёки эрувчининг диэлектрик ўтказувчанлигига тескари пропорционалдир. Ҳақиқатан ҳам оддий тузлар бензолда, керосинда сувдагига нисбатан бир неча юз марта секин эрийди. Тузлар сувда жуда яхши эришига сабаб сувнинг юқори диэлектрик турғунликка ва гидротацияга эга бўлишидир.

Юқорида қайд қилинганидек, тузларнинг эриши диэлектрик ўтказувчанлигига ҳам боғлиқдир.

Тоғ жинсларида оддий тузлар текис ва нотекис тарқалган бўлиши мумкин. Нотекис тарқалган тузлар туз бўлаклари, туз тўпламлари ва айрим заррачалар кўринишида учрайди.

Тоғ жинси таркибида тузлар эриган ҳолда ҳам бўлиб, тоғ жинси бўшлиқларига жойлашган эритмани тўйинтириб, заррачаларни ўраб туради.

Тоғ жинслари таркибидаги тузларнинг оз-кўплигига қараб тузланмаган (сувда эриган тузларнинг миқдори  $0,2\%$  дан кам), кучсиз тузланган ( $0,2$  дан то  $0,5\%$ ) ва тузланган ( $0,5\%$  дан кўп) турларга бўлинади.

#### 4. Органик бирикмалар

Маълумки, тоғ жинси қатламлари оралиғида ўсимлик, ҳайвон ва микроорганизмлар қолдиғидан иборат органик моддалар учрайди.

Табиатда бундай моддалар жуда кўп, уларнинг айримлари чиримаган (кўмир, нефть) ва чириган (гумус) ҳолда учрайди.

Органик моддалар ер қобиғининг деярли ҳамма жойида, асосан, энг устки қисми — тупроқда, торфда ва гилларда учрайди. Бундан ташқари органик моддалар тош ва қўнғир кўмир сифатида ҳам учрайди.

Органик моддаларнинг намлик сиғими, пластиклиги жуда юқори, аксинча, сув ўтказувчанлиги жуда паст бўлади, Органик моддалар тоғ жинсларининг хусусиятларини ўзгартириб, уларнинг сув сиғимини, пластиклигини оширса, сув ўтказувчанлигини ва зарралари орасидаги ишқаланиш қаршилигини камайтиради. Булардан ташқари органик моддалар тоғ жинсининг солиштирама ва ҳажм массасига, ғоваклилигига ва бошқа физик хоссаларига ҳам таъсир кўрсатади. Бу моддаларга бой бўлган тоғ жинсларининг солиштирама ва ҳажм массаси анча паст бўлиб, ғоваклилиги юқори бўлади.

Органик моддалар тоғ жинсларида оксидланиш процесси ва химиявий процессларни тезлатишига ҳам сабабчи бўлади. Масалан, тоғ жинсларининг нурашида органик моддалар актив қатнашиб, силикатларни парчалаб юборади. Органик моддалар ҳар хил тупроқларда учрайди. Уларнинг миқдори ва таркиби ҳар хил тупроқда турлича бўлади. Тупроқларнинг устки чириндили қисмида органик қолдиқлар қуйи горизонталлардагига нисбатан кўпроқ учрайди.

Тупроқшунос олимларнинг маълумотларига кўра (М. А. Панков, М. Баҳодиров, М. У. Умаров (1971) бир гектар қора тупроқнинг устки қатламида мавсум давомида 7 тонна қуруқ органик масса, 25 тоннагача илдиз; каштан тупроқларда 5 тонна қуруқ органик масса, 13 тонна илдиз; бўз тупроқларда эса 1 тонна қуруқ органик масса, 10 тоннагача илдиз тўпланади. Урмонларда ҳар йили бир гектар тупроқ юзасида «4—7 тонна органик модда тўпланади. Урмон қийи деб аталадиган бу органик модданинг умумий миқдори бир гектар ерда 50 тоннага етади.

Тупроқда тўпланаётган органик моддаларнинг химиявий таркибида, асосан, тўрт группа органик бирикма (М. Баҳодиров — 1971): 1) карбонсувлар; 2) лигнинлар; 3) оқсил ва протеин азотли бирикмалар; 4) ёғ, мум, елим ва ошлов моддалар бўлади. Булардан ташқари органик моддалар таркибида маълум миқдорда қўлда тўпланадиган элементлар: кальций, натрий, калий ва бошқа тузлардан иборат минерал бирикмалар ҳам учрайди.

Демак, тоғ жинсларининг минералогик таркиби биринчидан уларнинг инженерлик-геологик характеристикасини ифодаловчи

факторлардан бири ҳисобланса, иккинчидан тоғ жинсининг нурашига таъсир кўрсатиб, бу процесда ҳосил бўладиган маҳсулотнинг таркибини белгилайди ва учинчидан тоғ жинсини қайси петрографик турга киритишни аниқлашда ёрдам беради. Шу сабабли тоғ жинслари ва минералларни ўрганишда уларнинг литосферада қандай жойланганини аниқлаш геология фанида, шунингдек грунтшуносликда ҳам катта аҳамиятга эга.

## II Б О Б. ТОҒ ЖИНСЛАРИНИНГ СТРУКТУРАСИ ВА ИНЖЕНЕРЛИК ГЕОЛОГИК АҲАМИЯТИ

Тоғ жинсини ташкил этувчи зарраларнинг шаклини, катта-кичиклигини, ўзаро жойлашиши ва боғланишини, миқдорини ифодаловчи хусусиятларга унинг структураси дейилади. Структура хоссалари минералларнинг кристалланиш ва кейинчалик ўзгариш процеслари билан боғлиқ бўлади.

Тоғ жинси структурасини петрография фани батафсил ўрганади. Инженерлик-геологик ишларда ҳам тоғ жинсининг структураси ўрганилади. Чунки тоғ жинсининг бир қанча инженерлик-геологик хусусиятлари, сув ўтказувчанлиги, таркибининг хилма-хиллиги, иморат ва иншоот заминида ўзини қандай тутиши унинг структурасига боғлиқ.

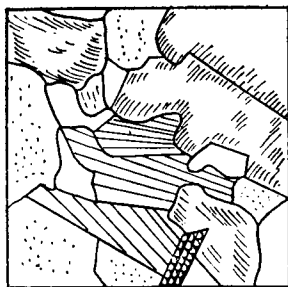
Магматик, метаморфик ва чўкинди жинсларнинг структурасини инженерлик-геологик нуқтаи назардан ўрганиш катта аҳамиятга эга. Катта иншоотларнинг кўпи, масалан, тўғонлар тоғлик районларда магматик ёки метаморфик тоғ жинслари устига қурилади. Бу тўғонларнинг мустаҳкамлиги ва чидамлилиги заминдаги магматик тоғ жинсининг структура тузилишига, мустаҳкамлигига боғлиқ. Шу сабабли тоғ жинсларининг структурасини ва унинг тоғ жинсларининг хосса ва хусусиятларига таъсирини қисқача кўриб чиқамиз.

### 1. Магматик жинслар структураси

Магматик жинс зарралари бир-бири билан мустаҳкам боғланган бўлиб, пишиқ структурага эга. Структураси чидамли бўлиб, ташқи куч таъсирида, сув таъсирида жуда секин ўзгаради. Бинобарин бу жинслар устига қурилган иморат ва улкан иншоотлар мустаҳкам, узоққа чидамли бўлади. Аммо нураш процесси таъсирида уларнинг физик-механик хоссалари аста-секин ўзгариши мумкин. Бу эса унинг устига қурилган иншоотга озми-кўпми таъсир кўрсатади.

Магматик жинслар структураси ва физик-механик хоссалари магманинг таркиби, қандай шароитда қотганлиги, кристалланганлик даражаси, уни ташкил этган минерал зарраларнинг катта-кичиклигига боғлиқ бўлади.

Одатда яхши кристалланган, майда кристалли магматик жинслар унча яхши кристалланмаган жинсларга нисбатан пишиқ, мустаҳкам, нурашга чидамли бўлади. Агар магма ер қо-



3-расм. Баъзи магматик жинслар структураси (12 марта катталаштирилган).

биғида қотса, интрузив жинслар, вулкан шаклида отилиб чиқиб, ер юзасида қотса, вулкан жинслар ҳосил бўлади. Интрузив ва вулкан жинслар бир-бирдан структурасининг кристалланганлик даражасига кўра кескин фарқланади. Масалан, таркиби бир хил бўлган икки хил жинс гранит (интрузив) ва липарит (вулкан) бир-бирдан структурасига кўра тубдан фарқ қилади. Гранит тўлиқ кристалланган бўлади. Унда кварц, дала шпатлари, слюдаларнинг кристаллари оддий кўз билан аниқлаш мумкин бўлса, липаритларда бу минералларни микроскоп орқали кўриш мумкин. Демак, ҳосил бўлиш шароитига қараб магматик жинсларнинг кристалланиш даражаси ҳар хил бўлиб, унинг сабаби магманинг тез ёки секин қотишидир.

Ер қобиғида магма жуда секин совиб қотади. Магма таркибидаги ионлар ва молекулалар ўзининг кристаллик панжарасида маълум йўналиш бўйича ўсиб боради.

Магма ер юзасига отилиб чиққанда тез совийди ва қотиши ҳам тезлашади. Бунда кристалларнинг ўсиши жуда қийин бўлади, кўпинча кристаллар ҳосил бўлмайди ҳам. Ёр юзасида қотаётган нордон лавадан газлар тез ажралиб чиқади. Натижада тоғ жинслари орасида бўшлиқлар ҳосил бўлади. Буни кўпинча базальтларда учратиш мумкин.

Магматик жинсларнинг структураси кристалланганлик даражасига қараб қуйидагиларга бўлинади:

1. Тўла кристалланган структура интрузив жинслар учун характерли бўлиб, тоғ жинси тўлиқ кристалланган бўлади. Бундай структурали жинслар таркибидаги кўп минералларнинг шаклини оддий кўз билан кўриш мумкин (3-расм).

Бу структура ўз навбатида кристалларнинг катта-кичиклигига қараб гигант кристалли (50 мм дан ортиқ), йирик кристалли (кристалларнинг катталиги 50—5 мм), ўртача кристалли (5—1 мм) майда кристалли (1—0,5 мм) ва текис кристалли (бундай жинсларда ҳамма кристалларнинг катта-кичиклиги бир-бирига яқин) бўлади. Жуда майда кристалли жинснинг структурасини оддий кўз билан кўриб бўлмайди. Бу структурага кирувчи жинслар ўзининг қаттиқлиги, мустаҳкамлиги ва нурашга чидамлилиги билан бошқалардан тубдан фарқ қилади.

2. Ярим шишасимон структура. Вулкан жинсларга хос бун-

дай структурали жинсларда кристаллар билан бир қаторда шишасимон моддалар ҳам учрайди.

3. Шишасимон структура. Вулкандан отилиб чиққан жинслар структураси. Бунга сабаб вулкандан отилиб чиққан лаванинг совиши жуда тез бўлиб, кристалларнинг ҳосил бўлишига шароит туғилмайди. Бундай структурали жинсларда эса кристаллар жуда кам учрайди.

Ярим шишасимон ва ойнасимон структурали жинсларнинг пишиқлиги ва нурашга чидамлилиги уларнинг таркибидаги кристалларнинг оз-кўплилигига боғлиқ. Кристаллар қанчалик кўп бўлса, у жинс шунчалик пишиқ ва нурашга чидамли бўлади.

4. Порфирсимон структура. Катта минерал доналари борлиги билан характерлидир. Бундай структурали жинсларнинг пишиқлиги кристалл зарраларининг катта-кичиклигига ва текис тақсимланишига боғлиқ.

5. Порфирли структура порфирсимон структурага ўхшайди. Бундай структурали жинсларда катта-катта кристаллар тўла ёки ярим, баъзан шишасимон асосий массада учрайди. Бу структура асосан вулкан ва томир жинсларга хос бўлиб, унда оддий кўз билан ҳамма минерал кристалларини аниқ кўриб бўлмайди. Бунда баъзи минералларнинг кристаллари йирик, баъзилариники жуда майда бўлади. Бу турдаги тоғ жинсларида йирик кристаллар майда кристаллар орасида худди ҳолва ичидаги мағизга ўхшаб хол-хол бўлиб кўринади. Буларга табиатда кўп учрайдиган порфир ва порфиритларнинг структураси мисол бўла олади. Бунда структурали жинснинг пишиқлиги ва нурашга чидамлилиги унинг таркибидаги шишасимон массанинг кўпайиши билан пасаяди.

6. Пегматитли структура. Бундай структурали жинсларда бир минералнинг йирик кристали бошқа минералнинг кристали билан бир текисда баробар ўсиб борган бўлади. Бундай структурали жинслар ҳам юқори пишиқликка ва мустаҳкамликка эга.

Шундай қилиб, магматик жинсларнинг ташқи кучга нисбатан пишиқлиги ва нурашга мустаҳкамлиги, чидамлилиги кристалларининг катта-кичиклигига ва уларнинг жинс орасида тақсимланишига боғлиқ. Кристаллари майда бўлиб, тоғ жинси таркибида бир текисда тарқалган бўлса, бундай жинсларнинг пишиқлиги ва нурашга қарши мустаҳкамлиги жуда юқори бўлади.

## 2. Метаморфик жинслар структураси

Метаморфик жинслар структураси хилма-хил бўлиб, у метаморфизм процесси турларига, метаморфизмга учраган жинснинг таркибига ва қандай чуқурликда метаморфизмга учраганлигига боғлиқ. Метаморфик жинслар структураси учта катта туркумга — кристаллобластик, катакластик ва реликт структурага

бўлинади. Кристаллобластик структура ўз навбатида қуйидагиларга бўлинади:

1. Гранобластик (донадор) структура. Бундай структура гнейслар, амфиболитлар, кварцитларга мос. Жинсни ташкил этувчи минерал зарралари ҳар хил шаклларда бўлиб, кўпчилиги бир хил катталиққа эга бўлади. Бундай структурали метаморфизм жинсларнинг пишиқлиги жуда юқори бўлади.

2. Роговикли структура. Бундай структура асосан гилли сланец ва эффузив жинсларнинг интрузив жинслар (гранит) билан контактда метаморфизмга учраши натижасида пайдо бўлган роговикларга жуда характерли. Роговиклар зичланган, микрокристалли, варақсимонлигини (қат-қатлигини) йўқотган яхлит массага айланган бўлади. Бундай структурали жинсларнинг пишиқлиги жуда юқори бўлади. Булардан ташқари яна нематобластик, гелицитли, гранулитли, диабластик ва бошқа структуралар маълум.

Катакластик структураларнинг энг кўп тарқалгани цементли ёки катакластик структурадир. Жинслар динамометаморфизмга учраб катта босим натижасида янчилиб, майдаланиб кетади. Бу турдаги жинсларда майдаланган, эзилган материаллар орасида туб жинсларнинг кристалл бўлақлари учрайди. Буларнинг пишиқлиги анчагина юқори бўлади.

3. Лепидобластик (тангасимон) структура. Бундай структурали жинсларга гнейслар, слюдали ва хлоритли сланецлар кирadi. Минераллар пластинкасимон ва маълум бир томонга йўналган бўлади. Бундай структурали жинслар кўпинча юмшоқроқ бўлиб, нурашга чидамсиз, физик-механик хоссалари бўйича анизотроп ҳисобланади.

Реликт структураларда қайта кристалланган тоғ жинсларида дастлабки структура қолдиқлари сақланиб қолади. Масалан, гнейсларда гранитни гипидиоморф структураси қолдиғи сақланади. Бундай структуралар аталишида бласто сўзи қўшимчаси қўшиб айтилади. Масалан, бластопорфирли структура ва ҳ. к.

### 3. Тошқотган чўкинди жинслар структураси

Цементланган ёки тошқотган чўкинди жинслар структураси минерал заррачаларнинг шаклига ва катта-кичиклигига қараб бир қанча турларга бўлинади:

1. Псефит структура. Бундай структурали жинслар ўткир қирралли шағалтошлардан иборат бўлади. Катталиги 10 мм дан 100 мм гача бўлган жинс бўлақлари цементланиб конгломератларни, 2 мм дан 10 мм гача бўлган шағаллар бирикиб гравитни ташкил қилади. Буларнинг инженерлик-геологик процессларда пишиқлиги ва чидамлилиги заррачаларнинг катта-кичиклигига, минералогик таркибига, цементловчи жинс характериға ва хилиға боғлиқ бўлади.

2. Псаммитли структура. Бундай структурали жинслар асосан қумлардан иборат бўлиб, уларнинг қотиши натижасида



йирик донали (2—0,5 мм), ўртача донали (0,5—0,25) ва майда донали (0,25—0,1 мм) қумтошлар ҳосил бўлади. Буларнинг пишиқлиги ва мустаҳкамлиги жуда юқори бўлади.

3. Алевритли структура. Бундай структурали жинсларнинг таркиби асосан жуда майда қум (0,1—0,05 мм) ва чанг (0,05—0,002 мм) заррачаларидан иборат бўлиб, буларнинг қотишишидан йирик заррачали ва майда заррачали алевролитлар ҳосил бўлади. Физик-механик хоссалари жиҳатидан пишиқлиги жуда паст, қуруқ ҳолда қаттиқ, сув таъсирида тез юмшоқ (пластик) ҳолга келади, баъзан сув таъсиридан бутунлай қовушқоқлигини йўқотиб, суюқ ҳолга айланади.

4. Пелитли структура. Бундай структурали жинсларга асосан гил (0,002 мм) зарраларининг қотишидан ҳосил бўлган аргиллитлар ва зичлиги жуда юқори бўлган гиллар киради. Физик-механик хоссалари ҳам алевролитникига ўхшаб, пишиқлиги жуда паст, нурашга чидамсиз, қуруқ ҳолда қаттиқ, сув таъсир этиши билан юмшаб кетади.

Тошқотган чўкинди жинсларнинг ташқи кучга ва нурашга нисбатан мустаҳкамлиги ва пишиқлиги ҳар хил бўлиб, уларни ташкил этувчи зарраларнинг ҳажмига ва цементловчи жинсининг типига боғлиқдир.

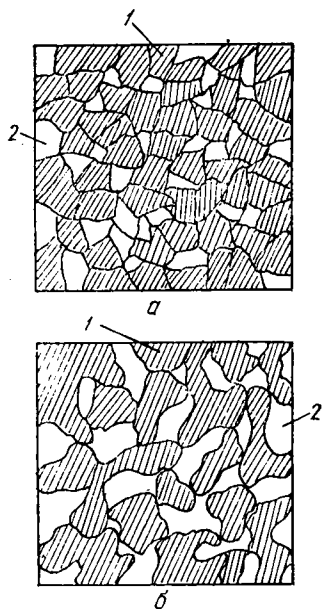
#### 4. Бўшоқ жинслар структураси

Қумли жинсларнинг структураси зарраларининг катта-кичиклигига, таркибининг ҳар хиллигига қараб турлича бўлади.

Қум ва шағалларнинг структураси минерал зарралари ва зарра ва тоғ жинси бўлақларининг жойлашишига кўра ажралган донадор структура деб аталади.

Бундай структурали жинсларнинг пишиқлиги ва чидамлилиги уларни ташкил этувчи зарраларнинг ўзаро жойлашишига боғлиқдир. Шунга кўра ажралган донадор структура ўз навбатида икки турга — зич ажралган донадор ва бўшоқ ажралган донадор структураларга бўлинади (4-расм).

Зич ажралган донадор структурали жинсларда зарралар тўғридан-тўғри бир-бирига тегиб турган ҳолда жойлашади. Бундай структурали қум, шағал ва тошларнинг ғоваклилиги анча паст бўлади.



4-расм. Донадор бўшоқ структуранинг схематик тасвири:

а—мустаҳкам структура; б—бўшоқ структура. 1—минерал зарралар; 2—минерал зарралар орасидаги бўшлиқ.

Бўшоқ ажралган донадор структурали жинсларда зарралар орасидаги бўшлиқлар катта бўлиб, майда заррачалар билан тўлган ёки бўш бўлади. Бундай структурали жинсларнинг ғоваклилиги анча юқори бўлади.

Бундан ташқари қум ва шағалларнинг структураси М. Ф. Викулова классификацияси бўйича псаммитли ва псефитлига бўлинади.

Қумлар асосан псаммитли структурага эга бўлиб, зарраларининг катталигига қараб йирик (2—0,5 мм), ўртача (0,25—0,10 мм) ва майда доначали (0,1 мм дан кичик) псаммитли структураларга бўлинади.

Шағалтош каби йирик парчали жинслар учун псефитли структура характерли. Тоғ жинслари таркибидаги зарраларнинг катта-кичиклигига, таркиби бир хил ёки ҳар хиллиги ва зичлигига қараб, йирик донали, майда донали зичланган, сочилувчан псефитли структураларга бўлинади.

Йирик донали псефитли структурали жинсларнинг сув ўтказувчанлиги ва физик-механик хоссалари бошқаларникига нисбатан жуда юқори бўлади, майда донали псефитли структурали жинсларнинг сув ўтказувчанлиги ва пишиқлиги эса, аксинча, паст бўлади.

## 5. Гилли жинслар структураси

Гилли жинслар структураси уларнинг минералогик таркибига, ҳосил бўлиш шароитига, заррачаларининг катта-кичиклигига, ғоваклилигига боғлиқ бўлиб, микро ва макро микроскопик структураларга бўлинади.

М. Ф. Викулова (1948, 1957) томонидан тузилган классификацияга кўра гилли жинсларнинг микроструктураси қуйидаги хилларга бўлинади:

1. Пелитли структура. Бундай структурага эга бўлган гиллар асосан гил зарраларидан иборат бўлиб, кўпинча денгиз ва кўл ҳавзаларида ҳосил бўлади.

2. Алевропелитли структура. Пелитли структурадан таркибида гил зарралар камлиги (8—10%) билан фарқланади. Бундай структурали гилли жинслар ўткир қиррали чанг зарраларидан иборат бўлади. Бундай структура асосан оқар сувларда ҳосил бўлган жинслар учун характерли.

3. Псаммопелитли структура. Жинсларнинг таркибида гил ва чанг зарраларидан ташқари кўп миқдорда қумлар бўлади. Бундай гиллар асосан континентал шароитда ҳосил бўлади.

4. Фитопелитли структура. Гиллар асосан гил зарраларидан иборат бўлиб, таркибида ҳар хил ўсимлик қолдиқлари кўп учрайди. Бундай структурали гиллар қорамтир тусда бўлади ва асосан ботқоқлик, кўл ва аллювиал ётқиқиқлардан ташкил топади.

5. Алевритли структура. Бундай структурали гилли жинсларнинг таркиби чанг зарраларидан иборат бўлиб, оз қисми гил

зарраларидан ташкил топади. Буларга делювиал, пролювиал, эллювиал зол лёсслари ва лёссимон жинслар киради.

Гилли жинслар макроструктураси қуйидаги хилларга бўлинади:

1. Шағалтошли структура. Бундай структурали жинсларда гилли жинсларнинг думалоқ бўлаклари гил зарралари билан цементлашган бўлади.

2. Брекчиясимон структура. Бунинг шағалтошли структурадан фарқи шуки, унда бир-бири билан ёпишган гилли жинс бўлаклари ўткир қирралидир.

3. Порфирсимон структура. Гиллар асосан гил, чанг ва қум зарраларидан ташкил топиб, орасида ҳар хил катталиқда харсангтошлар, силлиқланган тошлар, шағал ва ўткир қиррالي шағалтошлар учрайди.

Гилли жинслар таркибида гил, чанг ва қум зарралари билан майда (коллоид) зарраларнинг ўзаро бирикиши натижасида мураккаб таркибли йирик дондор зарралар ҳосил бўлади. Бу зарралар агрегатлар деб аталади.

Гилли жинсларнинг микроструктураси физик-химиявий процесслар (коагуляция, пептизация, эриш ва бошқалар) ҳамда механик зичланиш таъсирида доимо ўзгариб туради. Шу сабабли агрегатлар ҳосил бўлиши ёки йўқолиши мумкин. Тоғ жинси ичидаги чанг ва қум зарралари бундай процессларга чидамли бўлиб, микроструктура скелети вазифасини ўтайди, гили ва коллоид зарралар анчагина ҳаракатчан бўлиб, агрегатларни ҳосил бўлиши ёки йўқолиши туфайли жинс орасида ўз ўрнини тез-тез ўзгартириб туради.

Структура элементлари гилли жинсларда ҳамма вақт ҳам пайдо бўлавермайди. Грунт структурасининг пайдо бўлишига таъсир этувчи энг муҳим фактор гил ва коллоид ҳолдаги заррачалардир. Булардан ташқари коагуляция яхши бориши учун грунтда кальций тузлари етарли миқдорда бўлиши керак. Демак, структура пайдо бўлиши учун грунтда гил, коллоид ва зарралар ва кальций тузлари бўлиши шарт.

## **6. Тоғ жинсларида структурали боғланиш**

Бўшоқ, цементланмаган тоғ жинсларида қумтош ва шағаллардан ташқари бошқа ҳамма жинсларнинг минерал зарралари бир-бирига боғланган бўлади. Бундай боғланиш структурали боғланиш дейилади.

Ҳосил бўлиш шароитига қараб структурали боғланишлар бирламчи ва иккиламчи бўлади. Бирламчи структурали боғланишлар асосан магматик жинслар учун характерли бўлиб, тоғ жинси вужудга келаётганида ҳосил бўлади.

Иккиламчи структурали боғланишлар асосан чўкинди, баъзан метаморфик жинслар учун характерли бўлиб, диогенез процессида ҳосил бўлади. Ички тузилишига кўра структурали боғланишлар кристалли, цементли ва коллоидли хилларга ажралади.

1. Кристалли боғланиш асосан магматик, метаморфик ва цементлашган жинслар учун характерли бўлиб, ҳосил бўлиш шароитига кўра бирламчи ва иккиламчи кристалли боғланишга бўлинади. Бирламчи кристалли боғланиш магманинг кристалланиб қотиши даврида таркиб топади. Иккиламчи боғланиш эса диогенез процессида метаморфик ва чўкинди жинсларга юқори температура ва катта босим таъсир қилишидан ҳосил бўлади.

Кристалли боғланиш электровалентли ёки ионли бўлади. Кристалларнинг ўсиши ва шишасимон вулкан моддалари цементлашишидан ҳам боғланишлар ҳосил бўлади. Бундай кристалли боғланишлар жуда пишиқ, мустаҳкам ва тоғ жинсига юқори қаттиқлик беради. Шу сабабли бундай боғланишга эга бўлган жинслар иморат ва иншоотлар учун яхши замин бўлиб, сувда деярли эримайди ва сув ўтказмайди.

2. Коллоидли боғланиш асосан гилли жинслар учун характерли ва тузилиши жиҳатидан анча мураккаб ҳамда ўзгарувчан бўлади. Коллоидли боғланиш зарралар юзасидаги молекуляр атом ва электростатик тортишиш кучлари ҳисобига ҳосил бўлади. Бу кучлар чўкинди жинслар тўпланиши вақтида ҳосил бўлиб, зарралар орасидаги масофа ўзгаришига қараб ўзгариб туради. Масалан, зарралар орасидаги масофа узайиши билан бу кучлар таъсири камаяди ва, аксинча, зарралар орасидаги масофа қисқарганда ошади. Заррачаларнинг яқинлашиши орқали ҳосил бўладиган кучни Н. Я. Денисов бирламчи ёпишқоқлик кучи деб атади.

Заррачаларнинг ўзаро тортишиш кучи ҳосил бўлиши билан бир вақтнинг ўзида гравитацион кучлар таъсирида итарувчи кучлар ҳам ҳосил бўлади. Бу куч заррачаларнинг бир-бирига жуда яқинлашуви, уларнинг бир-бирига тегиб туришига қаршилик кўрсатади. Шу сабабли гилли жинслар мутлақ қаттиқ жинсга айланмайди. Заррачаларнинг ўзаро яқинлашишига заррачалар устини ўраб олган плёнка сувлари ҳам тўсқинлик қилади.

Коллоидли боғланишлардан ташқари гилли жинсларда минерал заррачаларнинг ҳар хил коллоид бирикмалар (кремний кислотаси, оксидлар ва органик бирикмалар, тузлар (карбонатлар, гипс ва бошқалар) воситасида елимланишидан структурали боғланишлар ҳосил бўлади.

Шундай қилиб, тоғ жинсларининг қаттиқлиги, ташқи кучга чидамлилиги, сиқилиши ва бошқа бир қанча хусусиятлари уларнинг структурали боғланиши хилларига боғлиқдир.

### III. БОБ. ТОҒ ЖИНСЛАРИ ТЕКСТУРАСИ ВА УНИНГ ИНЖЕНЕРЛИҚ-ГЕОЛОГИҚ АҲАМИЯТИ

Тоғ жинсларининг массивлик, қатма-қатлик, йўл-йўл, варақиланган, ажроқсимон каби тузилишини ифодаловчи белгилари йиғиндиси **текстура** дейилади.

Тоғ жинсларининг инженерлик-геологик хусусиятлари зарраларнинг катта-кичиклигига, шаклига, ўзаро боғланиши ва текстурасига боғлиқ. Масалан, таркиби жиҳатдан бир хил, текстураси ҳар хил бўлган икки грунтнинг инженерлик-геологик хусусиятлари турлича бўлиб, бир-биридан тубдан фарқ қилади.

Текстура тоғ жинсларининг қандай шароитда ҳосил бўлганлигини ифодаловчи асосий белгиларидан бири, у жинсларнинг бир хил эмаслик, анизотропик хусусиятларини кўрсатади.

Тоғ жинсларининг текстурасини ўрганишнинг инженерлик-геологик ишларда икки хил аҳамияти бор: а) тоғ жинсининг пишиқлиги ва ўзгарувчанлиги унинг температурасига кўра баҳоланади: б) текстурага қараб лаборатория ишлари учун намуна олиш ва жинсларнинг физик-механик хоссаларининг батафсил характеристикасини аниқлаш усуллари белгиланади.

Тоғ жинсларининг умумий инженерлик-геологик хусусиятларини баҳолашда бошқа белгилари билан бир қаторда уларнинг текстурасини ўрганиш амалий аҳамиятга эга, текстура белгилари тоғ жинсларининг амалий жиҳатдан муҳим бўлган сурилиш, эгилиш, узилиш, сиқилиш каби деформациясининг йўналишини ва интенсивлигини белгилаб беради. Булардан ташқари текстура белгилари механик ва химиявий суффозия ҳодиса-сида фильтрация йўлини аниқлашда ҳам муҳим роль ўйнайди.

## 1. Магматик жинслар текстураси

Инженерлик-геологик жиҳатдан магматик жинсларнинг текстураси массив флюидал варақисимон ва ғоваксимон бўлади.

1. Массив текстурали тоғ жинсларида кристаллар бутунлай тартибсиз жойлашади. Бундай текстура тоғ жинсларининг физик-механик хоссаларининг изотроплигини тўла-тўқис таъминлайди, пишиқлигини оширади.

2. Флюидал текстурали жинсларда кўпчилик кристаллар параллел жойлашган бўлади. Бундай текстурали жинсларнинг физик-механик хоссалари анизотроп бўлади. Бу эса унинг нурашга чидамлилигини камайтиради.

3. Варақисимон текстура минералогик таркиби ва донадорлиги ҳар хил жинслар учун характерлидир. Бундай текстурали жинсларда уларнинг ҳар хил таркибга эга бўлган қисми маълум йўналишда бир-бирига параллел ҳолда жойлашади. Шу сабабли улар умумий кўриниши қат-қатлиги ва физик-механик хоссаларининг анизотроплиги, нурашга чидамсизлиги билан фарқланади.

4. Ғоваксимон ёки шлаксимон текстура вулкан жинслар учун характерли, бундай жинслар орасида ҳар хил катталиқдаги ва думалоқ-пуфакча шаклидаги бўшлиқлар бўлади. Бу пуфакчалар лава ер юзасига отилиб чиқиб қотаётганда ундан газларнинг ажралиб чиқиши туфайли ҳосил бўлади.

## 2. Метаморфик жинслар текстураси

Одатда метаморфик жинсларнинг кўпи тўла кристалланган бўлади. Уларнинг структура ва текстураси иккиламчи бўлиб, жинсларнинг юқори босим ва температура остида қайта кристалланишидан ҳосил бўлади. Шунга кўра метаморфик жинсларнинг текстураси хилма-хил бўлиб, қуйидаги хилларга бўлинади:

1. Варақисимон ёки қат-қат текстура. Бундай жинсларда слюда, хлорит, тальк каби минералларнинг пластинкасимон зарралари узун қирралари бўйича бир-бирига нисбатан параллел ҳолда жойлашиб қат-қат, йўл-йўл кўринишдаги жуда юпқа параллел қатламчаларни ҳосил қилади. Бундай текстура асосан сланецлар учун характерли бўлиб, уларнинг физик-механик хоссалари жуда ўзгарувчан ва анизотропликка эга бўлади. Бундай текстурали жинсларда икки юпқа қатламчанинг бир-бирига тегиб турган текислик бўйича нураш процесси жуда тез содир бўлади. Натижада уларнинг механик хоссалари шу йўналиш-текислик бўйлаб кескин камаё боради. Бинобарин уларнинг шу текислик бўйича синиши осон бўлади.

2. Йўл-йўл ёки тароқсимон текстура. Метаморфик жинсларда қатламчалар бир-бирига параллел ҳолда кетма-кет алмашиниши билан характерли.

3. Массив текстура. Бундай текстурали жинслар бир хил минералогик таркибга эга бўлади.

4. Гнейсимон текстура. Жинсларнинг текстураси жуда мураккаб ҳолда бўлиб, бунда жинсларнинг бир қисми қат-қат текстурага эга бўлса, бир қисми йўл-йўл ёки донадор текстурага эга бўлади. Баъзан бундай текстурали жинсларда параллел қатламчалар линза формасидаги қатламчалар билан алмашилиб туради. Ҳар бир линза ўзининг минералогик таркиби ва структураси билан бир-биридан фарқланади. Физик-механик хоссаларида ҳам анизотроплик жуда сезиларлидир. Бундай текстурали жинсларга асосан гнейслар, пмigmatитлар, амфиболитлар киради. Шуни ҳам айтиш лозимки, гнейсимон текстурали жинсларнинг қаттиқлиги бошқаларга нисбатан анча юқори бўлади.

Кўзойнаксимон ёки линзасимон текстура. Жинсларда майда кристаллар бир-биридан маълум узоқликда, тўп-тўп бўлиб ёки йирик кристалл ҳолида учрайди. Уларнинг мустақкамлик даражаси бошқа турдаги жинсларга нисбатан бирмунча паст бўлиб, нурашга чидамсиз бўлади.

## 3. Тошқотган чўкинди жинслар текстураси

Тошқотган чўкинди жинслар текстураси таркибидаги минерал зарраларнинг жойлашишига, бўшлиқ ва ғовақларининг катта-кичиклигига қараб бир қанча турларга бўлинади. Зарраларнинг жойлашишига кўра тартибсиз, микро ва макро қаватли текстураларга бўлинади.

1. Тартибсиз текстурали жинсларда минерал зарралари бир-оз тартибсиз жойлашади. Жинсларнинг пишиқлиги ва қаттиқлиги жуда юқори бўлиб, нураш процессига чидамли бўлади. Ҳиздан сувни секин ва кам ўтказади. Физик-механик хоссалари эса анизотроп бўлади.

Микро ва макро қаватли текстура қаватларнинг ётиш ҳолатларига қараб макроқават, горизонтал микроқават, қиялашган қават, йўл-йўл микроқават турларига бўлинади. Микро агрегатлари маълум бир йўналиш бўйича ёки қаватлар бўйлаб жойлашади. Жинсларнинг пишиқлиги ва чидамлилиги қаватларга тик бўлган йўналиши бўйича юқори бўлади. Сув ўтказиш хусусияти қаватлар йўналиши бўйича юқори, унга тик йўналишда эса паст бўлади. Бундай жинслар нурашга учраганда плитачаларга ва ясси бўлакларга осон ажралади.

Цементлашган чўкинди жинслар текстураси таркибидаги бўшлиқларни ва ғовакликларнинг кўплиги ва катта-кичиклигига қараб ҳам бир қанча турларга бўлинади.

1. Зич текстура. Жинсларнинг ғоваклилиги оз бўлиб, ғовакликларни оддий кўз билан ёки кучсиз лупа орқали ҳам кўриб бўлмайди. Бундай жинслар изотропик хусусиятига эга бўлиб, жуда қаттиқ ва пишиқ, сув ўтказувчанлиги жуда паст бўлади, баъзан бутунлай сув ўтказмайди.

2. Ғовакли текстура. Йирик зарралардан (5 мм) ташкил топган серғовак жинслар учун характерли. Жинсларнинг қаттиқлиги ва пишиқлиги жуда паст, сув ўтказувчанлиги юқори бўлади. Ғоваклардан ер усти ва ер ости сувлари сизиб ўтиши туфайли жинсларда эриш ва карст процесслари тез рўй беради.

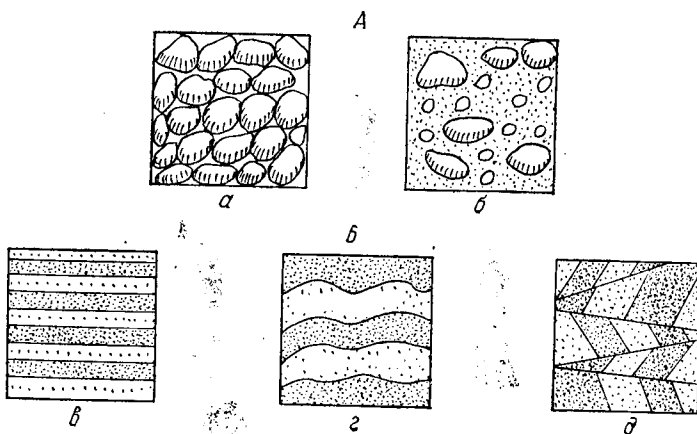
Цементлашган жинслар текстураси ўзгаришининг инженерлик-геологик хоссаларига таъсири, цементловчи жинснинг хилига боғлиқ.

#### 4. Бўшоқ жинслар текстураси

Бўшоқ сочилувчан чўкинди жинслар (қум, шағал ва тошлар)нинг текстураси уларни ташкил этувчи зарраларнинг жойлашнишига ва катта-кичиклигига қараб қуйидаги турларга бўлинади.

1. Зич ёки бутовали текстура. Жинсларда минерал зарралари зич жойлашган бўлиб, бир-бирига тегиб туради (5-расм, А — а). Бундай жинсларнинг сув ўтказувчанлиги донга ва зарралар орасидаги бўшлиқларнинг катта-кичиклигига, майда зарралар билан қай даражада тўлганлигига боғлиқ.

2. Холдор ёки псевдопорфирли текстура. Жинсларнинг асосий қисмини майда зарралар ташкил қилиб, йирик донга ва зарралар кам бўлади (5-расм, А — б). Жинсларнинг инженерлик-геологик хоссалари жуда ўзгарувчан ва хилма-хил бўлиб, майда зарралар таркибига боғлиқ. Масалан, майда зарралар гил-



5-расм. Йирик донадор жинслар (А) ва қумлар (Б) текстураси:  
 —буто-аяли; б—псевдопорфирли; в—горизонтал; г—тўлқинсимон; д—қийшиқ қаватли.

лардан иборат бўлса, жинснинг сув ўтказувчанлиги қум, шағалларга нисбатан бирмунча паст бўлади.

3. Горизонтал қаватли текстура. Жинсларда зарралар бир хил йўналишда (горизонтал) жойлашган бўлади (5-расм, Б — в). Бундай текстурани қумларнинг физик хоссалари уларнинг зичлигига ва таркибига боғлиқ.

4. Тўлқинсимон текстура. Жинсларда зарралар маълум бир йўналишда тўлқинсимон жойлашади (5-расм, Б — г).

5. Қияқаватли текстура. Жинс ётқизиқларининг қатламлари ҳар томонга тартибсиз қияланган бўлади. Жинсларда зарралар бир йўналиш бўйича эмас, ҳар хил йўналишда тартибсиз ётади. Бундай текстура чуқиндининг доимо чайқалиб, ўрнини ўзгартириб туришидан ҳосил бўлади (5-расм, Б — д).

## 5. Гилли жинслар текстураси

Кўпинча гиллар ва гилли жинслар табиатда қатламланган бўлади. Қатламчаларнинг қалинлиги ҳар хил бўлиб, баъзиларини бир-биридан ажратиш мумкин бўлса, баъзиларини ажратиш бўлмайди. Шунга кўра уларни қат-қатли ва массивли текстуралар дейилади. Бундай текстурани гилларнинг қатламчалари кўпинча горизонтал ҳолда ётади. Ҳосил бўлган шароитига кўра гилли жинсларнинг текстураси қуйидаги хилларга бўлинади (М. В. Викулова 1957):

1. Ҳар хил катталиқдаги зарраларнинг фазода ўзаро жойланишида ҳосил бўлган текстуралар. Буларга қаватли, яширин қаватли коваксимон ва бошқа хил текстуралар киради.

2. Гилли жинсларнинг вақти-вақти билан қуриб қолишидан ҳосил бўладиган тўрсимон ёки асалари инисимон текстура.



3. Гилли жинслар ҳар хил зичланиши туфайли ҳосил бўладиган ғовакли ва ғоваксиз текстура.

4. Гилли жинсларнинг ётиш ҳолатлари бузилишидан ҳосил бўладиган нотўғри текстура. Бунга ўсимлик ва ҳайвонот таъсирида ҳосил бўлган текстуралар қиради.

5. Диагенез процесси натижасида ҳосил бўладиган қат-қат текстура. Юқорида қайд қилинган текстуралар тоғ жинсларининг инженерлик-геологик хоссалари ўзгаришига ва иморат, иншоот заминида ўзини қандай тутишига катта таъсир кўрсатади. Шу сабабли инженерлик-геологик ишларда гилли жинсларнинг текстураси мукамал ўрганилади.

#### IV БОБ. ТОҒ ЖИНСЛАРИНИНГ ГРАНУЛОМЕТРИК ТАРКИБИ ВА ИНЖЕНЕРЛИК-ГЕОЛОГИК АҲАМИЯТИ

Магматик ва метаморфик тоғ жинслари асосан массив, зарралари жипслашган ҳолда учраса, кўпчилик чўқинди жинслар табиатда дисперсланган, яъни ҳар хил катталиқдаги дона ва зарралардан иборат бўлади.

Тоғ жинсини ташкил этувчи катталиги жиҳатидан бир-бирига яқин бўлган зарралар йиғиндисига фракция деб аталади ва улар мм билан ифодаланadi. Тоғ жинсидан фракцияларнинг процент миқдори гранулометрик таркиби дейилади. Зарраларнинг катта-кичиклиги бир неча ўн ва юз сантиметрдан то миллиметрнинг мингдан бир улушигача ва ундан ҳам кичик бўлиши мумкин.

Тоғ жинсининг гранулометрик таркибини тўғри баҳолаш учун таркибидаги зарраларнинг катта-кичиклигини аниқлаш лозим. Фракциялар катта-кичиклигига кўра қуйидаги группаларга бўлинади (Е. Г. Чаповский, 1975).

1. Харсанг — йирик — 800 мм. дан катта;  
ўртача — 800—400 мм;  
майда — 400—200 мм.
2. Тош — жуда йирик — 200—100 мм;  
йирик — 100—60 мм;  
ўртача — 60—40 мм;  
майда 40—20 мм.
3. Шағал — йирик 20—10 мм;  
ўртача 10—4 мм;  
майда 4—2 мм.
4. Қум — жуда йирик 2—1 мм;  
йирик — 1—0,5 мм;  
ўртача — 0,5—0,25 мм;  
майда 0,25—0,10 мм;  
жуда майда 0,10—0,05 мм.
5. Чанг (тўзон) — йирик 0,05—0,01 мм;  
майда 0,01—0,005 мм;
6. Гилл йирикроқ 0,005—0,001 мм;  
нозик 0,001 мм дан кичик.

Тоғ жинсларининг гранулометрик таркиби уларнинг хосса ва хусусиятларини ифодаловчи энг асосий факторлардан бири ҳисобланади. Бу жинсларнинг пластиклиги, капиллярлиги ташқи куч таъсирида сиқилиши ва бошқа физик-механик хоссалари уларнинг гранулометрик таркибига боғлиқ бўлади. Масалан, тош ва шағаллардан ташкил топган жинсларнинг сув ўтказувчанлиги қум ва гил зарраларидан ташкил топган жинсларникига нисбатан бир неча марта кўпдир.

### 1. Тоғ жинсларининг гранулометрик таркибига асосланган классификацияси

Чўкинди тоғ жинсларининг гранулометрик таркибига асосланган бир қанча классификацияси мавжуд. Кўпчилик фойдаланадиган В. В. Охотин (1940) тузган классификациядир. Бунда гилли чўкинди жинслар 14 хилга бўлинади:

1. Гил — бунда гил зарралари 30% дан ортиқ, қум зарралари эса чангга нисбатан кўпроқ.

2. Оғир қумоқ тупроқ — гил 20—30%, чанг зарралари қум зарраларидан кўпроқ.

3. Ўртача қумоқ тупроқ — гил 15—20%, қум зарралари чангга нисбатан кўпроқ.

4. Ўртача чангли қумоқ тупроқ — гил 15—20%, чанг зарралари қумникига нисбатан кўпроқ.

5. Енгил қумоқ тупроқ — гил 10—15%, қум зарралари чангникига нисбатан кўпроқ.

6. Чангли қумоқ тупроқ — гил 10—15%, чанг зарралари қумникига нисбатан кўпроқ.

7. Оғир қумлоқ тупроқ — гил 6—10%, қум чангга нисбатан кўпроқ бўлиб, асосан 2—0,25 мм ли доначалардан иборат.

8. Майда доначали қумлоқ тупроқ — гил 6—10%, қум чангга нисбатан кўпроқ, асосан 0,25—0,005 мм ли доначалардан иборат.

9. Чангли оғир қумлоқ тупроқ — гил 6—10%, чанг қумга нисбатан кўпроқ.

10. Енгил қумлоқ тупроқ — гил 3—6%, қум чангга нисбатан кўпроқ, асосан 2—0,25 мм ли доначалардан иборат.

11. Майда доначали енгил қумлоқ тупроқ — гил 3—6%, қум чангга нисбатан оз бўлиб, асосан 0,25—0,05 мм ли доначалардан иборат.

12. Чангли енгил қумлоқ тупроқ — гил 3—6%, чанг зарралари қумникига нисбатан кўпроқ.

13. Қум — гил 3% га яқин, қум асосий қисмини ташкил этиб, 2—0,25 мм ли доначалардан иборат.

14. Майда доначали қум — гил 3%, қум чангга нисбатан кўп бўлиб, асосан 0,25—0,05 мм ли доначалардан иборат.

Минерал доналарининг катта-кичиклигига қараб бўшоқ тоғ жинслари йирик, ўртача ва майда донали жинсларга бўлинади. Бу халқ хўжалиги талабига мосдир.

Йирик донали жинсларга валунлар (харсанг тошлар), тошлар ва шағаллар киради. Доналари силлиқланган йирик донали жинслар валунлар, силлиқланмагани эса чақиқ тош (ўткир қиррали тош) ва дресва (ўткир қиррали шағал) деб аталади.

Йирик донали жинсларга қум ва чанг зарралари ҳамда уларни цементловчи модда (ҳар хил тузлар, гил зарралари) аралашса, доналар бир-бири билан жипслашиб қотган жинслар ҳосил қилади. Агар силлиқ тошлар бир-бири билан ёпишса, шағалтошлар, чақиқ тошлар ёпишса, брекчиялар ҳосил бўлади.

Йирик донали жинслар гранулометриқ таркибига кўра бир неча турларга бўлинади.

Шағал доначаларидан (2—20 мм) таркиб топган жинслар Н. Н. Иванов (1925) классификацияси бўйича тўрт гурпуга бўлинади.

1. Шағалли тоғ жинси. Бунда 10—50% шағал доначалари бўлиб, қолган қисми қум, чанг ва гил зарраларидан ташкил топади.

2. Қумли шағал. Шағал доначалари 30—50% гача, қолган қисми қум, чанг ва гилдан иборат.

3. Чангли шағал. Бунда ҳам 30—50% шағал, қолган қисмининг кўпи чангдан, қисман қум ва гил зарраларидан иборат бўлади.

4. Шағал. Бунда 50% дан кўпи шағал доначаларидан, қолган қисми қумдан иборат бўлади.

Табиатда кўпинча қумли шағаллар кўп учрайди.

Ўртача донали жинсларга катталиги 2—0,05 мм ли зарралардан иборат қумлар киради. Қурилиш нормаси ва қондасига (СНиП 11—15—74) кўра булар қуйидагиларга бўлинади:

1. Шағал аралашган қум (2 мм дан катта минерал ва тоғ жинси зарралари 25% дан кўпроқ)

2. Йирик қум (0,5 мм дан катта минерал ва тоғ жинси зарралари 50% дан кўп.)

3. Ўрта заррачали қум (0,25 мм дан катта зарралар 50% дан кўп).

4. Майда қум (0,1 мм дан катта зарралар 75% дан кўпроқ).

5. Чангли қум (0,1 мм дан катта зарралар 75% дан камроқ).

Бу қурилиш нормаси (СНиП 25—74) да ифодаланган қумли жинсларнинг классификацияси ҳозирги талабга тўла-тўқис жавоб бермайди. Шунини ҳисобга олиб кейинги вақтда проф. В. Д. Ломтадзе (1970) ўртача заррали жинсларнинг мукамал гранулометриқ классификациясини ишлаб чиқди. Бу классификацияга кўра ўртача заррали жинслар қуйидаги 12 та гурпуга бўлинади:

1. Жуда йирик қум. Таркибида 1—2 мм ли зарраларнинг миқдори 50% дан ортиқ.

2. Жуда йирик чанг аралашган қум. Таркибида 1—2 мм ли зарралар 50% дан ортиқ, бир оз чанг зарралари ҳам бўлади.

3. Йирик қум. Таркибида 1—0,5 мм ли зарралар миқдори 50% дан ортиқ.

4. Йирик чанг аралашган қум. Таркибида 1—0,5 мм ли зарралар 50% дан ортиқ, бироз чанг зарралари аралашган бўлади.

5. Уртача заррали қум. 0,5—0,25 мм ли зарралар таркибининг 50% дан ортиқроқ қисмини ташкил этади.

6. Уртача заррали чанг аралашган қум. 0,5—0,25 мм ли зарралар 50% дан ортиқ, таркибида бироз чанг ҳам бўлади.

7. Майда заррали қум, 0,25—0,10 мм ли зарралар 50% дан ортиқ.

8. Майда заррали чанг аралашган қум. 0,25—0,10 мм ли зарралар 50% дан ортиқ, таркибида чанг бўлади.

9. Жуда майда заррали қум. 0,1—0,05 мм ли зарралар 50% дан ортиқ.

10. Жуда майда заррачали чанг аралашган қум. 0,1—0,05 мм ли заррачалар 50% дан ортиқ, бир оз чанг ҳам бўлади.

11. Ҳар хил заррали қум. Катта-кичиклиги ҳар хил заррачалар миқдори турлича.

12. Ҳар хил заррали чанг аралашган қум. Ҳар хил катталикдаги зарралар билан чанг аралашган бўлади.

Майда донали жинслар 0,05 мм дан 0,001 мм гача ва ундан майда заррачалардан ташкил топади. Улар таркибидаги майда заррачаларнинг катта-кичиклиги ва миқдорига қараб гил, қумоқ ва қумлоқ тупроққа бўлинади (В. В. Охотин, 1940 й. классификациясига қаранг).

Шуни айтиш лозимки, грунтшунослик ва инженерлик геологиясига доир кўп адабиётларда 0,001 мм дан кичик заррачаларни гил заррачалари деб аталган ва бу нотўғридир. Кейинги тажрибалар шуни кўрсатдики, 0,002 мм дан кичик заррачалардан ташкил топган жинслар физик ва механик хоссаларига кўра 0,001 мм ли заррачалардан ташкил топган жинслардан кўп фарқ қилмас экан. Шу сабабли кейинги вақтда гил заррачаларига фақат 0,002 мм дан кичик зарралар киритилди.

Майда донадор жинсларнинг физик ва механик хоссалари таркибидаги чанг ва гил заррачаларининг миқдорига боғлиқ.

Чангли (0,05—0,002 мм) заррачалардан ташкил топган жинслар гил заррачаларидан иборат жинслардан таркиби ва хусусиятлари жиҳатидан фарқ қилади. Чангдан ташкил топган жинс заррачалари унча силлиқланмаган, бир-бирига кучли қовушмаган, пластиклиги ва сув сиғими оз, ўзидан сувни гилга нисбатан кўп ўтказадиган бўлади. Чанг заррачаларидан ташкил топган жинсларнинг гиллардан яна бир фарқи, уларга сув таъсир қилганда, қандга ўхшаб тез эриб кетади. Шу сабабли чанг зарраларидан ташкил топган жинсларнинг гранулометрик таркиби ўрганилганда улар таркибидаги гил ва чанг зарралари миқдорини аниқ билиш лозим.

## 2. Тоғ жинсларининг гранулометрик таркибини ўрганиш усуллари

Тоғ жинсларининг қайси туркумга киритилиши, уларни ташкил этган зарраларнинг катта-кичиклигига қараб, гранулометрик анализ орқали белгиланади. Катта ва ўртача донали жинслар ғалвир ёрдамида фракцияларга ажратилади. Шу сабабдан бу усул ғалвирлаш анализи номини олган. Гранулометрик анализ натижалари процент ҳисобида ифодаланади.

Одатда инженерлик-геологик текшириш ишларида 7 та ғалвир олинади (6-расм). Энг катта ғалвир тешикчаларининг диаметри 10 мм, энг пастдагиники эса 0,1 мм га тенг. Бинобарин, диаметри 10 мм дан катта жинс доналари ғалвирнинг энг юқориги қисмида, 0,1 мм дан кичиклари ғалвирнинг пастки қисмида йиғилади.

Ғалвирлаш анализи қуйидагича бажарилади:

1. Ғалвирлар, расмда кўрсатилгандек, бир-бирининг устига жойлаштирилади.

2. Анализ учун олинган намуна яхши қуригилади ва тарозида тортилади, сўнгра энг юқоридаги ғалвирга солинади.

3. Ғалвирлар биргаликда тебратилади. Бунда ҳар бир ғалвирда шу ғалвир тешикчаларидан катта зарралар йиғилади.

4. Ҳар бир ғалвирда қолган зарралар техник тарозида тортилади.

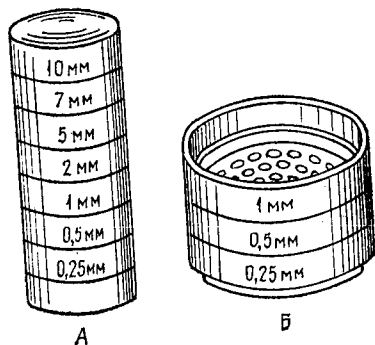
5. Ҳар бир ғалвирдаги зарралар фракциясининг миқдори қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$x = \frac{A}{B} \cdot 100\%,$$

бунда:  $A$  — ғалвирда қолган жинснинг оғирлиги (грамм),  $B$  — анализ учун олинган намунанинг умумий оғирлиги (грамм);

Ғалвирлар ёрдамида асосан таркибида гил ва чанг зарралари бўлмаган ёки жуда оз бўлган қумларнинг гранулометрик таркиби аниқланади. Агар қум таркибида гил ва чанг зарралари бўлса, у ҳолда қум ва ундан каттароқ фракциялар ғалвирлар ёрдамида ажратилиб жинс доначалари янада кичик фракцияларга сув ёрдамида ажратилади. Сув ёрдамида анализ қилишнинг ҳар хил принципларга асосланган турли усуллари бор. Бу усуллар ичида энг кўп тарқалгани Робинзон усулидир.

Робинзон усули ёрдамида гил ва чанг зарраларидан ташкил топган жинсларнинг гранулометрик таркиби аниқланади. Бу усул



6-расм. Қумларни гранулометрик анализ қилиш ғалвирлари:

А—тула комплект; Б—тешиклари 1, 0, ва 0,25мм ли ғалвирлар.

жинс доначаларининг турғун сувда чўкишига асосланган. Чайқатилган доначалар ўзининг катталигига қараб турли тезликда чўкади. Доначалар қанча катта бўлса, чўкиш тезлиги шунча тез бўлади. Анализ учун тайёрланган жинс қуритиш шкафида қуритилади, ундан 20 грамм олиниб, 100 ёки 200 мл ҳажмли шиша колбага солинади, устидан тоза сув қўйилади. Сўнг чайқатилади ва бир-бирига ёпишган зарраларни ажратиш учун электр плиткаси устига қўйиб бир соат давомида қайнатилади. Колбадаги бўтана совигандан сўнг тешикчаларининг диаметри 0,25 мм дан кичик ғалвирдан ўтказилади. Бунинг учун тоғарача устига ғалвир қўйиб, колбадаги бўтана қўйилади. Колба бир неча марта тоза сув билан ювилиб, ғалвирга қўйилади. Сўнгра тоза сув билан ғалвир ичида қолган заррачалар ювилади. Ғалвирда қолган заррачалар махсус идишга солиниб қуритилади ва техник тарозида тортилиб оғирлиги аниқланади. Тоғарачадаги бўтана бир литрли шиша банкага солинади ва устига тоза сув қўйилиб бўтананинг ҳажми бир литрга етказилади. Ҳосил қилинган бўтана 1,3—1,5 литрли махсус шиша цилиндрга солинади ва учига резина шланг кийдирилган шиша таёқча билан чайқатилади. Орадан маълум вақт ўтгандан сўнг, ҳажми 25 мл махсус пипетка билан цилиндр ичидаги бўтана юзасидан 10 см чуқурликда намуна олиб, махсус идишда қуритилади ва унинг нисбий миқдори қуйидаги формула орқали процент ҳисобида аниқланади:

$$x = \frac{a \cdot V \cdot C}{v \cdot V_1},$$

бунда  $a$  — пипеткада олиниб, махсус идишда буғлатилиб қуритилган намунанинг оғирлиги (грамм);  $V$  — цилиндрдаги бўтананинг умумий ҳажми (1000 мл);  $V_1$  — пипеткадаги бўтананинг ҳажми (25 мл), заррачаларнинг умумий миқдори (процент), агар (0,25 мм дан) катта заррачалар бўлмаса,  $C = 100\%$  га тенг бўлади;  $v$  — анализ учун олинган намунанинг миқдори (грамм).

Кейинги вақтларда гил ва чанг зарраларидан ташкил топган жинсларнинг гранулометриқ таркиби центрофуга ёрдамида ҳам аниқланмоқда. Центрофуга усули марказдан қочиш қонунига асосланган.

### 3. Гранулометриқ анализ натижаларини графикда ифодалаш

Гранулометриқ анализ натижалари жадвал ва графикларда ифодаланади. Мисол қилиб гранулометриқ анализ циклограммасини келтириш мумкин (7- расм). Бунинг учун доира чизиб, у юз бўлакка бўлинади: ҳар бир бўлак бир процентга тенг деб ҳисобланиб, ҳар бир катталиқка эга бўлган зарраларнинг процент миқдори доира бўйлаб белгилаб чиқилади ва белгиланган нуқта доира маркази билан туташтирилади. Циклограммада тоғ жинси таркибидаги ҳар қайси зарранинг кўп-озлиги яққол

кўриниб туради. Гранулометрик анализ натижалари оддий ва интеграл эгри чизиғи орқали ҳам ифодаланади.

Гранулометрик таркибни эгри чизиқ билан ифодалаш учун тўғри бурчакли координаталар системасининг горизонтал ўқига доначаларнинг диаметри, вертикал ўқига эса миқдори йиғиндиси (% да) қўйилади (8-расм). Масалан, анализ натижасида ўлчами 0,1 мм дан 0,25 мм гача бўлган фракциялар 13% ни, 0,25 мм дан 0,5 мм гача бўлган фракциялар 40% ни; 0,5 мм дан 1 мм гача бўлган фракциялар 45% ни ташкил этади деб олайлик. Эгри чизиқ чизиш учун фракциялар қуйидагича группаланади;

ўлчами 0,1 мм дан кичик фракциялар — 2%

ўлчами 0,25 мм дан кичик фракциялар  $2 + 13 = 15\%$

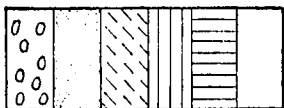
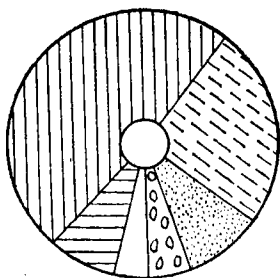
ўлчами 0,5 мм дан кичик фракциялар  $15 + 40 = 55\%$

ўлчами 1,0 мм дан кичик фракциялар  $55 + 45 = 100\%$ .

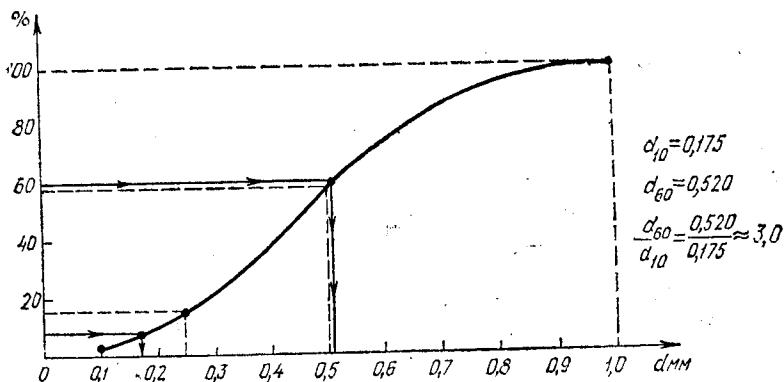
Графикда абсцисса ўқи бўйлаб фракциялар, ордината ўқи бўйлаб процентлар қўйиб чиқилади.

Эгри чизиқнинг биринчи нуқтаси абсцисса ўқидаги 0,1 нуқтадан ва ордината ўқидаги 2 нуқтадан ўтказилган перпендикулярларнинг кесишган жойида бўлади.

Иккинчи нуқтани топиш учун абсцисса ўқидаги 0,25 ва ордината ўқидаги 15 нуқтадан перпендикулярлар ўтказиш керак ва ҳоказо. Гранулометрик таркибнинг эгри чизиғи ҳамма кесишган нуқталар бирлаштирилиб ҳосил қилинади. Эгри чизиқ ёрдамида тоғ



7- расм. Гранулометрик анализ циклограммаси.



8- расм. Жинс гранулометрик таркибининг оддий масштабдаги эгри чизиғи

жинсларининг эффектив диаметри— $d_{10}$ , тадқиқий диаметри— $d_{60}$  ва бир хил эмаслик коэффициенти  $K_{6M}$  аниқланади.

Тоғ жинсларининг эффектив диаметри  $d_{10}$  ундан кичик зарралар миқдори жинснинг 10% ини ташкил этишини билдиради.

Тоғ жинсининг тадқиқий диаметри  $d_{60}$  ундан кичик зарралар миқдори жинснинг 60% ини ташкил қилишини ифодалайди.

Тадқиқий диаметрнинг эффектив диаметрга нисбати тоғ жинсларининг бир хил эмаслик коэффициенти  $K_{6M}$  ни кўрсатади, яъни

$$K_{6M} = \frac{d_{60}}{d_{10}}.$$

Агар  $K_{6M} > 3$  бўлса, жинс бир хил эмас, аксинча  $K_{6M} \leq 3$  бўлса, бир хил деб айтилади.

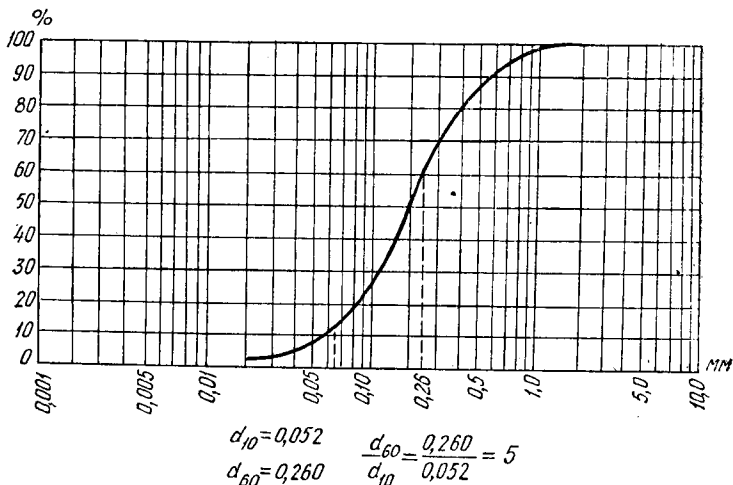
Буни топиш учун ордината ўқидаги 60% ни ифодаловчи нуқтадан перпендикуляр ўтказилиб, уни эгри чизиқ билан кесишгунча давом эттирилади, улар кесишган нуқтадан абсцисса ўқиға перпендикуляр туширилади ва кесишган нуқтаға тўғри келувчи зарра диаметри  $d_{60}$  нинг қиймати топилади (8-расм). Сўнгра худди шу усул билан  $d_{10}$  нинг қиймати ва юқоридаги формула орқали бир хил эмаслик коэффициенти  $K_{6M}$  топилади.

Гранулометриқ таркибни ифодаловчи эгри чизиқ логарифмларда тузилади (9-расм). Бунинг учун абсцисса ўқи бир-бирига тенг бўлган ихтиёрий кесимларға ажратилади. Бу кесимларнинг узунлиги кўпинча 4 см га тенг қилиб олинади. Ҳар бир кесма 9 та логарифмик қисмға ажратилиб, кесманинги узунлиги қуйидагича аниқланади:

$$\lg 2 = 0,301 \times 4 \text{ см} = 1,2 \text{ см.}$$

$$\lg 3 = 0,477 \times 4 \text{ см} = 1,8 \text{ см.}$$

$$\lg 4 = 0,602 \times 4 \text{ см} = 2,4 \text{ см.}$$



9- расм. Жинс гранулометриқ таркибининг интеграл эгри чизиғи.



$\lg 5 = 0,699 \times 4 \text{ см} = 2,8 \text{ см.}$   
 $\lg 6 = 0,778 \times 4 \text{ см} = 3,1 \text{ см.}$   
 $\lg 7 = 0,845 \times 4 \text{ см} = 3,4 \text{ см.}$   
 $\lg 8 = 0,903 \times 4 \text{ см} = 3,6 \text{ см.}$   
 $\lg 9 = 0,955 \times 4 \text{ см} = 3,8 \text{ см.}$   
 $\lg 10 = 1 \times 4 \text{ см} = 4 \text{ см.}$

Ҳар бир кесманинг қиймати кесманинг учидан ҳисобланади. Биринчи кесманинг учи координата боши ҳисобланади. Шу координата бошидан бошлаб ҳар бир қисмининг узунлик миқдори (1,2; 1,9 2,4; 2,8 см ва ҳоказо) кетма-кет қўйиб чиқилади. Худди шу усулда 2,3,4-кесмаларнинг ҳар бири расмда кўрсатилганидек 9 та логарифмик қисмга ажратилади.

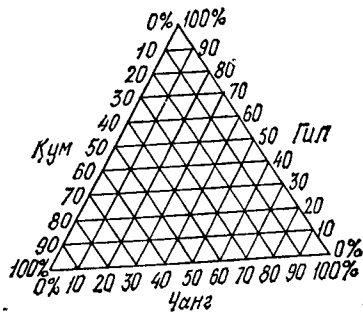
Ҳар бир зарранинг ўлчами, расмда кўрсатилганидек ажратилган қисмлар тўғрисида ёзилади. Масалан, координата учига 0,001 мм, кейинги қисмларга 0,002; 0,003 ва ҳоказо. Сўнгра биринчи, иккинчи, учинчи ва тўртинчи нуқталарнинг ўрни топилиб, бир-бири билан туташтирилади.

Шундай йўл билан гранулометрик таркибнинг оддий эгри чизиқларидан фарқ қиладиган ярим логарифмик масштабда тузилган логарифмик эгри чизиғи чизилади.

Гранулометрик таркибни графикда ифодалашнинг яна бир — усули учбурчак усулидир (10-расм).

Бу усулда уч томони бир-бирига тенг учбурчак чизилади ва унинг ҳар бир томони 100 қисмга бўлинади ва улар расмда кўрсатилганидек бир-бирига туташтирилади. Бу учбурчакнинг ҳар бир томони маълум катталиқдаги зарраларнинг процент миқдорини ифодалайди. Масалан, учбурчакнинг пастки томони чанг, ўнг томони гил, чап томони эса қум зарраларининг миқдорини билдиради.

Бу учбурчак ёрдамида текшириладиган жинсининг тури ва қайси типга кириши аниқланади. Бунинг учун учбурчак расмда кўрсатилганидек горизонтал қуюқ чизиқлар ёрдамида 5 та қисмга бўлинади. Сўнгра учбурчак томонларида текшириладиган жинсни ташкил этувчи зарраларнинг процент миқдори аниқланади ва уларнинг учбурчак ичида кесишган нуқтаси топилади. Бу нуқтанинг учбурчак ичидаги ўрнига, яъни учбурчакнинг қайси қисмида ётишига қараб текшириладиган тоғ жинсининг тури аниқланади. Масалан, 9-расмда 3 хил тоғ жинсининг гранулометрик таркиби ифодаланган. Анализ натижаларига кўра биринчи тоғ жинсида қум зарраси 37% ни, чанг — 55% ни, гил эса — 8% ни, иккинчи тоғ жинсида қум — 53% ни, чанг — 15% ни, гил — 32% ни, учинчи тоғ жинсида эса, қум — 4% ни, чанг — 36% ни, гил — 60% ни ташкил этади. Ҳар бир тоғ жинсининг гранулометрик таркиби орқали учбурчак ичида 1, 2 ва 3-нуқ-



10-расм. Гранулометрик таркибнинг учбурчакда ифодаланган диаграммаси.

талар топилади. Уларнинг учбурчак ичида олган ўринларига қараб, анализ учун олинган биринчи тоғ жинси қумлоқ тупроқ (нуқта № 1), иккинчиси қумоқ тупроқ (нуқта № 2), учинчиси гил (нуқта № 3) эканлигини осонгина билиб олиш мумкин.

Гранулометрик анализ натижаларининг сони ҳаддан ташқари кўп бўлса, бу маълумотлар математик статистика усули бўйича ишланиб, тоғ жинси таркибидаги ҳар хил катталиқдаги зарраларнинг ўртача миқдори аниқланади. Бу усулнинг бошқа усуллардан афзаллиги шундаки, бунда гранулометрик анализ натижалари математик анализ қилиниб, ҳар бир турдаги зарраларнинг ўртача миқдори аниқланади.

Тоғ жинсларининг гранулометрик таркибини аниқлаш катта аҳамиятга эга. Гранулометрик анализ натижаларига қараб, тоғ жинсининг турини, сув ўтказувчанлик, сув берувчанлик қобилиятини, консистенция формасини, сув сиғимини ва шунга ўхшаш яна бир қанча инженерлик-геологик хусусиятларини баҳолашимиз мумкин.

Бундан ташқари гранулометрик анализ натижалари иморат ва иншоот заминидаги тоғ жинсларининг пишиқлигини, тоғ ёнбағридаги қатламларнинг мустаҳкамлик даражасини аниқлашдаги математик ҳисоблашларда кўп ишлатилади.

## V БОБ. ТОҒ ЖИНСИНING ҒОВАКЛИЛИГИ ВА ДАРЗЛИЛИГИ

Тоғ жинсларини ташкил этувчи минерал заррачалар орасида газ ёки сув билан тўлган ҳажми ва шакли ҳар хил бўшлиқлар, ғоваклар, дарзлар бўлади. Булар чўкинди жинсларда яққол кўзга ташланади. Ф. П. Саваренский (1935) тоғ жинслари орасидаги бўшлиқларни уларнинг тешиклиги деб атайди.

Тоғ жинслари орасидаги бўшлиқлар ҳажми ҳар хил бўлиб, карст ғорларидан тортиб, кўзга кўринадиган ва кўринмайдиган — макро ва микро бўшлиқлардан иборатдир. Маълум ҳажмга эга бўлган тоғ жинси орасидаги умумий бўшлиқ жинсининг ғоваклилиги дейилади.

Тоғ жинсларининг тешиклиги ва ғоваклиги уларнинг структура ва текстурасига, дарз кетганлигига, нураш даражасига боғлиқ. Шунга кўра тоғ жинси орасидаги бўшлиқларни Ф. П. Саваренский (1939) асосан икки турга бўлади: 1) капиллярлик хусусиятига эга бўлмаган тешиқлар. Буларга ҳар хил дарзлик ва карст бўшлиқларидан тортиб кенглиги 0,25 мм бўлган дарзлар ва диаметри 0,5—1,0 мм бўлган бўшлиқлар киради. Буларда сув ўз оғирлиги кучи таъсирида ҳаракатланади; 2) капиллярлик хусусиятига эга бўлган бўшлиқлар ёки ғовакликлар.

Л. В. Пустовалов (1940) тоғ жинси орасидаги бўшлиқларни Ф. П. Саваренский бўлганига нисбатан аниқроқ қилиб уч турга ажратади: 1) ўта юқори капилляр бўшлиқлар (ҳажми 0,5 мм дан катта); 2) капилляр (0,5—0,002 мм); 3) ярим капилляр (0,002 мм дан кичик).

Биринчи турдаги бўшлиқларда сув ўз оғирлиги таъсирида, иккинчи турдаги бўшлиқларда эса капилляр куч таъсирида капилляр найлар орқали ҳаракат қилади. Ярим капилляр бўшлиқларда эса сув молекуляр ва электростатик куч таъсирида минерал зарралар юзасига қаттиқ ёпишган бўлади.

Тоғ жинси орасида бир-бирига алоқадор (очиқ бўшлиқлар), алоқадор бўлмаган бўшлиқлар (ёпиқ бўшлиқлар) бўлади.

Ҳосил бўлиши шароитига қараб тоғ жинсидаги бўшлиқлар икки турга бўлинади:

1. Тоғ жинси ҳосил бўлган даврда вужудга келган ва кейинчалик ҳар хил процесслар натижасида ўзгарган бирламчи бўшлиқлар.

2. Тоғ жинси ҳосил бўлгандан кейин ўтган қисқа ёки узок вақт давомида тектоник ҳаракатлар, нураш ва бошқа процесслар таъсирида ҳосил бўлган иккиламчи бўшлиқлар.

Тоғ жинсларининг тешиклигини ва ғоваклилигини аниқлаш инженерлик-геологик ишларда назарий ва амалий жиҳатдан жуда катта аҳамиятга эга, чунки жинсларнинг ташқи куч таъсирида сиқилиши, пишиқлиги, қаттиқлиги, чидамлилиги, сув ўтказувчанлиги ва бошқа физик-механик хоссалари уларнинг ғоваклилигига боғлиқ. Айниқса чўкинди тоғ жинсларининг ғоваклилигини аниқлаш катта аҳамиятга эга. Чўкинди тоғ жинсларининг ғоваклиги магматик ва метаморфик жинсларникига нисбатан юқори бўлиб, уларнинг физик-механик хоссалари ўзгаришига катта таъсир кўрсатади.

Тоғ жинсининг ғоваклилиги одатда процент ҳисобида ифодаланиб, жинс орасидаги умумий бўшлиқлар ҳажмини шу жинсининг умумий ҳажмига нисбати орқали аниқланади, яъни:

$$n = \frac{V_n}{V} \cdot 100\%$$

бунда  $n$ —тоғ жинсининг ғоваклилиги %;  $V_n$ —тоғ жинси орасидаги бўшлиқнинг умумий ҳажми;  $V$ —маълум шаклда олинган тоғ жинсининг умумий ҳажми.

Бундан ташқари тоғ жинси орасидаги бўшлиқлар ғоваклилик коэффиценти билан ҳам ифодаланади. Тоғ жинсидаги бўшлиқлар умумий ҳажмининг унинг туб ҳажмига нисбати тоғ жинсининг ғоваклилик коэффиценти деб аталиб, қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$l = \frac{V_n}{V_s}$$

бунда  $l$ —ғоваклилик коэффиценти;  $V_s$ —жинсининг туб ҳажми.

Ғоваклилик коэффицентининг қиймати 0 билан 1 орасида ўзгариб, ғоваклилиги юқори бўлган жинсларда 1 га оз ғовакли жинсларда эса 0 га яқинлашади.

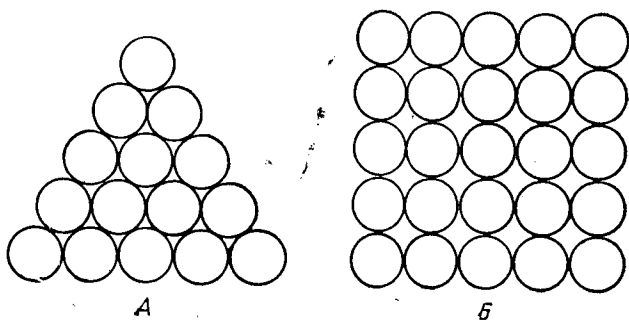
Магматик, метаморфик ва тош қотган чўкинди жинсларда ҳам маълум миқдорда бўшлиқлар бўлади.

Магматик жинсларнинг ғоваклилиги уларнинг хилига, нураганлик даражасига ва қандай шароитда ҳосил бўлганлигига боғлиқ. Масалан, трахит ва лава туфларнинг ғоваклилиги 55—60% ни ташкил этса, гранитники 3—7% ни, оҳақтош ва доломитники 25—30% ни қумтошники 35—40%, бўр жинсининг ғоваклилиги 5—7 дан 40—45% гача боради.

Магматик жинслардаги бўшлиқлар кўпинча ёпиқ, бир-бири билан алоқадор бўлмайди.

### 1. Бўшоқ жинслардаги ғоваклилик

Йирик ва ўртача зарралардан ташкил топган тош, шағал, ва қумларнинг ғоваклилиги, улар орасидаги бўшлиқларнинг катта-кичиклигига, ёриқларига, ковакларига (тешикларига), гранулометрик таркибига, зарраларнинг шакли ва ўзаро жойланишига ҳам боғлиқ. Буни қуйидаги мисолда кўриш мумкин (11-расм). Масалан, бир хил катталиқдаги шарларни турлича жойлаштириш мумкин. Шарлар маркази кубнинг бурчакларида бўлса ва ҳар бир шар 4 та қўшни шарга тегиб турса, унда шарлар орасидаги бўшлиқлар энг кўп бўлади (11-расм-Б). Шарларни бундай жойлаштиришда улар орасидаги бўшлиқлар ҳажми умумий ҳажмнинг 47,6 процентига тенг бўлади. Бироқ шарларни зичроқ қилиб жойлаштириш ҳам мумкин. Бунинг учун уларнинг маркази тетраэдрнинг бурчакларида ўрнашадиган ва ҳар бир шар 6 та қўшни шарга тегиб турадиган қилиб жойлаштирилади. Бунда яъни шарлар гексогонал жойлаштирилганда бўшлиқ 25,9% бўлади (11-расм — А). Бироқ табиатда жинсларнинг ғоваклилик миқдори, бўшлиқларнинг катта-кичиклиги ва шакли келтирилган шарлар макетидан бошқачадир, бу эса тош, шағал ва қум каби жинсларни ташкил этувчи зарралар миқдорига ва шаклнинг ҳар хиллигига боғлиқ бўлади.



11-расм. Ғоваклиликнинг зарралар жойлашувига боғлиқлиги:

А—зич жойлашган—минимал ғоваклилик; Б—буш жойлашган—максимал ғоваклилик.

Мисолга асосланиб шуни айтиш мумкинки, қумларнинг ғоваклилиги ундаги зарраларнинг ўзаро жойлашувига боғлиқ. Уларнинг ғоваклилиги куч таъсирида зичланиши биринчи навбатда қум зарраларининг шаклига боғлиқ. Уткир қиррали зарралардан ташкил топган қумлар силлиқ заррали қумларга нисбатан ёмон зичланади. Қумларнинг зичланиш қобиляти зичланиш коэффиценти ( $F$ ) билан ифодаланади:

$$F = \frac{\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}}{\varepsilon_{\min}},$$

бунда:  $F$ —зичланиш коэффиценти;  $\varepsilon_{\max}$ —қумнинг энг юқори бўшқоқ ҳолидаги ғоваклилик коэффиценти;  $\varepsilon_{\min}$ —қумнинг зичланган ҳолдаги ғоваклилик коэффиценти.

Зичланиш коэффицентига қараб, ташқи куч таъсирида қумнинг яхши ёки ёмон зичланишини билиш мумкин. Яхши ва тез зичланадиган қумларнинг зичланиш коэффиценти катта бўлади.

Қумларни ўрганилганда уларнинг зичланиш коэффиценти-дан ташқари зичлилик даражаси ҳам аниқланади. Зичлилик даражаси ( $D$ ) қумнинг ер қобиғида қандай ҳолда (зич ёки бўшқоқ) ётганлигини билдиради ва қуйидаги формула орқали топилади:

$$D = \frac{\varepsilon_{\max} - \varepsilon_0}{\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}},$$

бунда:  $D$ —қумнинг зичлилик даражаси;  $\varepsilon_0$ —қумнинг табиий зичлигидаги ғоваклилик коэффиценти.

Зич қумларнинг зичланмаган қумларга нисбатан зичлилик даражаси катта бўлади.

## 2. Гилли жинсларнинг ғоваклилиги

Гилли жинсларнинг ғоваклилиги ҳам уларнинг тузилишига, ҳосил бўлган шароитига ва ҳосил бўлгандан кейин унга таъсир этган процессларга боғлиқ. Заррачалари жуда майда ва нозик бўлишига қарамай, уларнинг ғоваклилиги баъзан жуда юқори 45—50% га тенг бўлади. Шу сабабли бундай жинсларга сув таъсир қилганда улар тез пластик ҳолатга ўтади. Бундай ҳолатда улар ташқи куч таъсиридан тез деформацияланади.

Агрегат структурали гилли жинсларнинг ғоваклилиги икки агрегат орасидаги ҳамда агрегат билан элементар зарралар орасидаги бўшлиқдан иборат бўлади. Бундай ҳолларда баъзан ғоваклардаги сувлар зарра билан кучли боғланмаган бўлади. Бундай гилли жинсларнинг сув ўтказувчанлиги ҳам юқори бўлади. Гилли жинсларнинг ғоваклилиги ошишига улар орасидаги дарзлар ҳам таъсир кўрсатади, яъни кўп дарз кетган гилли жинсларнинг ғоваклилиги юқори бўлади ва улар ўзидан сувни яхши ўтказишади.

Гилли жинсларни қиздирганда, ҳажми тораяди ва ғоваклилиги камаяди. Бу эса унинг ташқи кучга чидамлигини оширади.

Баъзи гилли жинслар намлиги ортиши билан кўпчий бошлайди (шишади), натижада уларнинг ғоваклилиги ошади.

Гилли жинсларнинг ғоваклилиги унинг ер юзасига нисбатан қандай чуқурликда ётишига ҳам боғлиқ бўлади. Ер юзасига яқин жойлашган гилларнинг ғоваклилиги анча юқори бўлади.

Инженерлик-геологик ишларда гилли жинсларнинг физик ҳолатини аниқлаш катта аҳамиятга эга. Бундай жинсларнинг ер қобиғида қаттиқ ёки пластик ҳолда ётганлигини аниқлаш учун В. А. Приклонский (1955) қуйидаги формулани тавсия этган:

$$K_d = \frac{\epsilon_f - \epsilon_0}{\epsilon_f - \epsilon_p}$$

бунда:  $K_d$ —зичланганлик кўрсаткичи ёки зичланганлик даражаси;  $\epsilon_0$ —жинснинг табиий ҳолдаги ғоваклилик коэффициенти;  $\epsilon_f$  ва  $\epsilon_p$  — жинснинг суyoқ ва пластик ҳолатдаги ғоваклилик коэффициенти.

Жинсларнинг физик ҳолатига қараб  $K_d$  нинг қиймати 0 билан 1 орасида ўзгаради (3-жадвал).

3-жадвал

Табиий ғоваклилик коэффициенти $\epsilon_0$	Зичланганлик кўрсаткичи $K_d$	Жинснинг физик ҳолати
$\epsilon_0 > \epsilon_f$	$K_d < 0$	Ҳеч қандай зичланишга эга бўлмаган
$\epsilon_0 = \epsilon_f$	$K_d = 0$	Зичланиш эндигина бошланган
$\epsilon_p < \epsilon_0 < \epsilon_f$	$0 < K_d < 1$	Пластик ҳолатга ўтган
$\epsilon_0 = \epsilon_p$	$K_d = 1$	Ярим қаттиқ ҳолга ўтиш олдида
$\epsilon_0 < \epsilon_p$	$K_d > 1$	Зичланган ярим қаттиқ ҳолда

Зичланганлик кўрсаткичини аниқлаб, жинснинг физик ҳолатини билиш мумкин.

### 3. Ғоваклиликни аниқлаш усуллари

Лабораторияда ғоваклилик тоғ жинсларини сувга тўйинтириш усули билан аниқланади. Бунда маълум ҳажмли цилиндрик идиш қуруқ қум билан тўлдирилади ва қум сувга тўйингунича сув қуйилади. Қумни тўйинтириш учун кетган сув миқдори ва уни қумнинг ҳажмига бўлиб, ғоваклилик аниқланади. Масалан, қумнинг ҳажми 250 см<sup>3</sup>, уни тўйинтириш учун сарф бўлган сувнинг ҳажми 78 см<sup>3</sup> бўлсин, бу ҳолда қумнинг ғоваклилиги 31,2% бўлади, яъни  $n = \frac{78}{250} \cdot 100\% = 31,2\%$ . Бу усул билан шағал ва қум каби жинсларнинг ғоваклилиги аниқланади.

Гил ва созтупроқ каби жинсларнинг ғоваклилиги уларнинг солиштирма массаси ( $\gamma$ ) ва туб ҳажмининг оғирлиги ( $\delta$ ) орқали аниқланади:

$$n = \frac{\gamma - \delta}{\gamma} \cdot 100\%$$

бунда:  $\gamma$  — тоғ жинсининг солиштирма массаси, г/см<sup>3</sup>;  $\delta$  — қуруқ

ҳолдаги тоғ жинси туб ҳажмининг оғирлиги, у қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$\delta = \frac{\Delta}{1-0,01 \cdot W} \text{ г/см}^3,$$

бунда:  $\gamma$ —тоғ жинсининг табиий намликдаги ҳажмининг оғирлиги ёки зичлиги,  $\text{г/см}^3$ ;  $W$ —тоғ жинсининг табиий намлиги.

Агар тоғ жинсининг табиий ғоваклилик коэффициенти маълум бўлса, унинг ёрдамида жинсининг умумий ғоваклилиги  $n$  ни, аксинча, умумий ғоваклилиги маълум бўлса, у орқали табиий ғоваклилик коэффициенти  $\epsilon_0$  ни аниқлаш мумкин, яъни

$$n = \frac{\epsilon_0}{1+\epsilon_0} \cdot 100\%; \quad \epsilon_0 = \frac{n}{1-n}.$$

Булардан ташқари тоғ жинсининг ғоваклилиги ва ғоваклилик коэффициенти қуйидаги эмпирик формулалар ёрдамида ҳам аниқланади:

$$n = W_0 \cdot \delta = \frac{W_0}{1+W_0 \cdot \gamma}; \quad \epsilon_0 = W_0 \cdot \gamma = \frac{W_0 \cdot \delta}{1-W_0 \cdot \delta},$$

бунда:  $W_0$ —жинсининг сувга тўла тўйингандаги намлиги.

$$W_0 = \frac{\gamma - \delta}{\gamma \cdot \delta} = \frac{\gamma(1+W) - \Delta}{\gamma \cdot \Delta}.$$

#### 4. Тоғ жинсларининг дарзлилиги

Тоғ жинслари, айниқса, магматик жинсларнинг физик-механик хоссалари уларнинг дарзлилигига боғлиқ. Тоғ жинси ҳар хил геологик процесслар таъсирида ёрилади, унда ҳар хил катталиқдаги дарзлар ва ёриқлар пайдо бўлади. Натижада тоғ жинсининг яхлитлиги бузилади, у ҳар хил ҳажмдаги бўлақларга ажралади. Ҳосил бўлган ёриқлар бўйлаб ер ости сувлари ҳаракат қилади, шахта деворлари ҳамда тоғ ёнбағирларининг пишиқлиги камайиб, дарзлар бўйлаб силжишлар содир бўлади. Бу эса ер остидан фойдали қазилмаларни ковлаб олишда қийинчилик туғдиради. Шу сабабли тоғ жинсларида ҳосил бўлган дарзларни ўрганиш ҳам муҳим аҳамиятга эга.

Тоғ жинсларининг дарзлилиги инженерлик-геологик съёмка пайтида уларни кузатиш ва улардан олинган намуналарни лабораторияда ўрганиш орқали аниқланади. Бунда дарзларнинг кўплиги, катталиги ва йўналиши, қандай жинслар билан тўлиб қолганлиги ўрганилади. Дарзларнинг характери уларнинг пайдо бўлиши ва хилига боғлиқдир.

Тоғ жинсларида учрайдиган дарзлар генетик типига қараб қуйидаги турларга бўлинади:

1. Тектоник дарзлар. Тектоник ҳаракат натижасида ҳосил бўлади. Тектоник дарзларнинг ҳажми ва катталиги тоғ жинсининг хилларига боғлиқ. Энг йирик тектоник дарзлар магматик жинсларда учрайди. Юмшоқ пластик жинсларда учрайдиган

тектоник дарзлар кичикроқ бўлади. Тектоник дарзларнинг чуқурлиги баъзан 1 км ва ундан ҳам ортиқ бўлади.

Сув омборларини қуришда тектоник дарзларни ўрганиш муҳим аҳамиятга эга. Тўғон заминидаги жинслар орасида тектоник дарзлар бўлса, омборда йиғилган сувнинг бир қисми шу дарзлар орқали силжийди. Бу эса тоғ жинсининг мустаҳкамлигини пасайтиради. Натижада унинг устига қурилган тўғон деформацияланади ва унга путур етади.

2. Алоҳида дарзлар. Булар тоғ жинсининг ҳосил бўлиши вақтида вужудга келади. Бундай дарзларнинг характери тоғ жинсининг хилига, магманинг қотиш шароити ҳамда минералогик ва химиявий таркибига боғлиқ. Шу сабабли ер юзасига чиқиб ҳосил бўлган эффузив жинсларда бу турдаги дарзлар бир-бирига параллел ва ўзаро перпендикуляр, ҳолда кесишган бўлади. Бундай дарзларни алоҳида параллелепипедиал дарзлар дейилади (12-расм). Баъзан алоҳида дарзлар тоғ жинси орасида фақат горизонтал йўналган бўлади. Бундай алоҳида дарзларни тўшаксимон ёки плитали дарзлар дейилади (13-расм). Аслида бу дарзлар ҳосил бўлган вақтда кўзга кўринмайдиган майда микродарзлардан иборат бўлади. Вақт ўтиши билан нураш процесси таъсирида бу дарзлар кенгайиб, чуқурлашиб, кўзга кўринарли бўлиб қолган. Жинслар ёриқлар бўйлаб катта ва кичик бўлақларга ажралиб қоялар бўйлаб қулай бошлайди. Натижада эллювий ётқизиқлари ҳосил бўлади.



12-расм. Параллелепипедиал дарзлар.



13-расм. Тўшаксимон ёки плитали дарзлар.



3. Қиялик дарзлари. Инженерлик-геологик ишларда, айниқса, тоғлик районларни ўзлаштиришда, сув тўғонлари қуришда бу дарзларни ўрганиш катта аҳамиятга эга. Қиялик дарзлар тоғ ёнбағирлари ва дарё қирғоқлари бўйлаб бир-бирига параллел ҳолда ҳосил бўлади. Бу турдаги дарзларнинг ҳосил бўлиши ҳақида ҳозирга қадар аниқ бир фикр йўқ. Кўпчилик мутахассислар бу ёриқлар денгиз қирғоқлари ва тоғ ёнбағирларининг аста-секин емирилишидан ва қирғоқдаги жинслар орасида кучлар мувозанатининг ўзгаришидан ҳосил бўлади, деб ҳисоблайдилар.

Қиялик дарзлари тоғ ёнбағирлари ва дарё қирғоқларининг мустақкамлиги камайишига сабабчи бўлади, натижада тоғ ёнбағирларида қулашлар, ағдарилишлар бўлишига шароит туғилади.

4. Нураш дарзлари. Тоғ жинсининг нураши туфайли ҳосил бўлади. Натижада тоғ жинслари йирик ва майда бўлакларга ажралади, уларнинг мустақкамлиги камайиб кетади.

Нураш дарзларининг вужудга келишида химиявий нурашлар алоҳида роль ўйнайди. Дарзлар химиявий нураш таъсирида кенгаяди, чуқурлашади ва ҳоказо.

Л. И. Нейштадт (1957) дарзларни кенглигига қараб қуйидаги типларга ажратади:

нозик дарзлар 1 мм;  
 майда дарзлар 1—5 мм;  
 ўртача дарзлар 5—20 мм;  
 йирик дарзлар 20—100 мм;  
 жуда йирик дарзлар > 100 мм.

Тоғ жинсларининг дарзлилиги Л. И. Нейштадт тавсия этган дарзlilik коэффициенти билан ифодаланади.

Маълум бир юзадаги дарзлар юзаси йиғиндисининг шу юзанинг умумий миқдорига нисбати дарзlilik коэффициенти деб аталади ва процентда ифодаланади:

$$K_d = \frac{F_g}{F} \cdot 100\%,$$

бўйда:  $K$ —дарзlilik коэффициенти;  $F_g$ —олинган тоғ жинсидаги дарзлар юзасининг йиғиндиси;  $F$ —тоғ жинси юзасининг умумий миқдори.

Дарзlilik коэффициентиға қараб тоғ жинслари қуйидаги турларға бўлинади:

кучсиз дарзланган	$K_g = 2\%$ ;
ўртача дарзланган	$K_g = 2-5\%$ ;
кучли дарзланган	$K_g = 5-10\%$ ;
жуда кучли дарзланган	$K_g = 10-20\%$ ;
жуда ҳам кучли дарзланган	$K_{тр} > 20\%$ .

Еулардан ташқари дала шароитида тоғ жинсининг дарзlilik даражаси бурғи қудуқлариға тажриба йўли билан босим орқали сув

юбориб ҳам аниқланади. Бунда бурғи қудуғининг солиштирма сув ютишлиги ( $g_n$ ) аниқланади ва шунга қараб тоғ жинсининг дарзлилиги аниқланади.

Босим градиенти 1 га тенг бўлганда бурғи қудуғининг 1 м оралиғида сув ютиш қобилиятига унинг солиштирма сув ютишлиги ( $g_n$ ) дейилади ва у л/мин ҳисобида ифодаланади. Шунга қараб тоғ жинсларининг дарзлилиқ даражаси қуйидагича бўлади:

кучли дарзланган	$q_n > 1$ л'/мин:
дарзланган	$q_n = 0,5—1$ л'/мин;
кучсиз дарзланган	$q_n = 0,01—0,05$ л'/мин;
дарзланмаган	$q_n < 0,01$ л'/мин.

Тоғ жинсининг дарзлилиги бурғи қудуғидан чиқётган керналарни ўрганиш ва геофизик усуллар билан ҳам аниқланади.

#### IV БОБ. ТОҒ ЖИНСЛАРИДАГИ СУВНИНГ ТУРЛАРИ ВА УЛАРНИНГ ИНЖЕНЕРЛИҚ-ГЕОЛОГИК АҲАМИЯТИ

Сув тоғ жинсининг муҳим таркибий қисми ва унинг инженерлик геологик хоссаларига таъсир қилувчи асосий факторлардан бири ҳисобланади. Сув таъсирида тоғ жинсида биологик, геологик ва гидрогеологик процесслар рўй беради.

Сув тоғ жинсининг ғовакларида, бўшлиқларида, капилляр найчаларида, дарзликларида, минерал зарраларининг атрофида ва ичида (А. Ф. Лебедев, 1936) буғсимон, гигроскопик, пардалли, химиявий бириккан, кристаллашган, капилляр, гравитацион ҳолатларида бўлади.

Буғсимон сув тоғ жинсларидаги бўшлиқларни ва ёриқларни тўлдириб, буғ босими кўп жойдан кам томонга эркин ҳаракат қилади. Сув миқдори тупроқнинг ва ҳавонинг намлигига боғлиқ. Ҳаводаги сув буғлари намликни билдиради. Ҳавонинг намлиги абсолют ва нисбий намлик билан характерланади.

Абсолют намлик маълум температурада 1 м<sup>3</sup> ҳаводаги сув буғининг грамм билан ифодаланган миқдори ёки ҳаводаги сув буғининг симоб устунининг мм ҳисобида ўлчанадиган босимдан иборат.

Нисбий намлик маълум ҳажмдаги ҳаво таркибидаги сув буғларининг шу температурада ҳавони тўйинтири оладиган сув буғлари миқдорига нисбати билан ифодаланади. 1 м<sup>3</sup> ҳавони турли температурада тўйинтириш учун зарур бўлган буғ миқдори 4-жадвалда берилган.

Ҳавонинг нисбий намлиги ( $e'$ ) қуйидагича ифодаланади:

$$e' = \frac{q}{q_1} \cdot 100\%.$$

бунда:  $q$ —сув буғининг ҳавода ҳақиқатан мавжуд бўлган миқдори;  $q_1$ —ҳавони тўйинтириш учун зарур бўлган сув миқдори.

Жинслардаги буғсимон сувнинг миқдори ҳавонинг сув буғларига тўйиниши ва температурасига боғлиқдир.

Ҳавонинг температураси, °С	-30	-20	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35
Буғнинг максимал огирлиги, г	0,5	1,1	2,4	3,4	4,8	4,9	12,7	22,8	30,4	36,8	37,3	40,3
Буғнинг максимал босими, мм	0,4	1,0	2,2	3,1	4,6	6,6	9,2	12,5	17,5	23,0	31,9	42,2

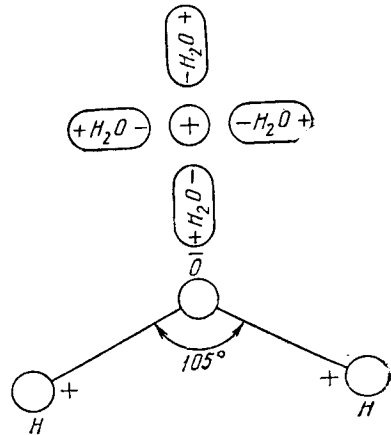
Буғсимон сув ҳаракатчан бўлади. У эластиклик кам бўлган жойга диффузив йўл билан ҳаракат қилади. Ер юзасига яқин ётган қатламларда сувни атмосфера ҳавоси ҳаракатлантиради. Кундуз ернинг устки қатламларининг температураси пастки қатламлар температурасидан юқори бўлганда вужудга келадиган эластиклик фарқи туфайли сув буғлари устки қатламлардан пастки қатламларга томон ҳаракатланади. Тунда бунинг акси бўлади.

Тоғ жинси билан атмосфера ҳавосининг ер юзасига яқин қатламлари ўртасида ҳам буғсимон сув алмашинуви рўй беради. Кундуз тупроқдаги нам буғланиб атмосферага кўтарилади, тунда эса атмосферадан тупроққа ўтади.

Буғсимон сув ҳаракат қилганда тоғ жинси зарраларига ҳеч қандай гидростатик босим билан таъсир этмайди ва хоссаларини ўзгартирмайди. Буғсимон сув маълум шароитда қуюқлашиб суюқ ҳолатга ўтади. Бу процесс *конденсация* дейилади. Натижада зарра атрофини ўраб олган парда суви ҳосил бўлади.

Конденсация (қуюқланиш) молекуляр, капилляр ва термик шаклда бўлади.

Молекуляр конденсацияни қуйидагича тушунтириш мумкин. Буғсимон сувлар тоғ жинслари доначаларининг сиртига адсорбцияланиб (сингиб), боғланган ҳолатда туриши молекуляр конденсация деб аталади. Сув молекулалари нейтрал электик жинс бўлмасдан, балки диполь, яъни қарама-қарши ишорали, зарядланган, икки қутбли жинс бўлади. Сув ёки гидролнинг молекуляр таркибига кирадиган водород ва кислород ионлари 14-расмда кўрсатилгандек тенг томонли учбурчакнинг учларида жойлашади.



14- расм. Сувнинг молекуляр таркибига кирадиган водород ва кислород ионларининг ўзаро жойлашуви.

Сув молекуласи электр зарядларининг шундай жойлашуви натижасида турли исмли қутблари тортишиб, ўзаро ҳамда турли ионлар билан боғланган бўлади. Бундай боғланиш ионлар гидростанцияси дейилиб, сув молекулаларининг диполь тузлишига боғлиқ ва сувнинг эритиш хусусиятининг асосий сабабларидан ҳисобланади.

Шундай қилиб, молекуляр конденсация буғ молекулаларининг ер юзасидаги эркин молекуляр куч орқали тупроқ зарраларига тортилиши ва бир неча қават сув молекулаларидан иборат парда бўлиши натижасида юз беради. Бу процесс сорбция, жинс заррачалари юзасидаги конденсациялашган (қуюқлашган) нам эса гигроскопик конденсация деб аталади.

Капилляр конденсация капилляр найчалар ботиқ шаклдаги менисклар юзасида рўй беради ва мениск устидаги буғларнинг текис сув юзасидаги буғларга нисбатан камроқ эластиклик эканлигидан вужудга келади.

Сув буғлари иссиқ қатламдан совуқроқ қатламга ўтганда термик конденсация рўй беради. Буни қуйидагича тушунтириш мумкин. Агар қишда уйнинг ичи исиб кетса, ундаги ҳаво сув буғига тўйина бошлайди. Тўйиниб бўлгандан сўнг сув буғлари ойнага тегиб қуюқлашади, натижада ойна юзасида сув томчилари пайдо бўлади. Шундай ҳодиса тоғ жинси заррачалари билан сув буғи орасида ҳам рўй беради. Совиб қолган қатламга иссиқ қатламдан буғ ҳолатидаги сув кирса, ҳаво сув буғларига тўла тўйиниб бўлгач, ортиқча буғлар паст температура таъсирида суюқ ҳолатга ўтади. Бу процесс термик конденсация дейилади.

**Боғланган сув** сув буғларининг тоғ жинслари дончалари сиртига сингиши туфайли ҳосил бўлади.

Боғланган сувлар бўш боғланган (пардали сув) мустаҳкам (гигроскопик) ва химиявий боғланган (минераллардаги) хилларга бўлинади.

Бўш боғланган сув ҳавонинг нисбий намлиги 100% бўлганда, яъни бўшлиқлардаги ҳаво сув буғлари билан тўйинганда ҳосил бўлади. У гил зарралари ва минераллар сиртида электромолекуляр куч таъсирида боғланиб туради.

Сув пардаси зарра юзасига яқинлашган сари унинг боғланиш кучи ортиб боради ва зарра юзасига тегиб турган жойда боғланиш кучи максимал қийматга эга бўлади. Буни аниқроқ тушунтириш учун коллоид зарраларининг тузилиши ҳақида бир оз тўхтаб ўтамиз.

Коллоид химияда зарраларни мураккаб электр системаси деб қаралади. Тоғ жинсини ташкил этувчи гилли минераллар манфий зарядга эга бўлади. Шу сабабли манфий зарядланган минерал сув эритмасидаги катионларни ўз юзасига тортиб ушлаб туради, натижада зарра атрофида катионлар йиғилиб, адсорбцион ва диффузив каби икки қобикни ҳосил қилади (15-расм). Улар зарра юзасида турлича куч билан ушланиб

туради. Заррага яқин турган адсорбцион қатламдаги катионлар зарра билан жуда мустаҳкам боғланиб, зарра заряди билан қўш қаватли электрик қатламининг ҳаракатланмайдиган қисмини ҳосил қилади. Катионлар зарра юзасидан қанча узоқлашса, уларнинг зарра билан боғланиш кучи шунча оз бўлади.

Сувли эритмада ионларнинг коллоид зарра атрофида тақсимланиши электрик ва молекуляр куч таъсирида содир бўлади. Манфий ва мусбат зарядланган ионлар орасида ҳосил бўлган электр тортишиш кучлари катионларни зарра атрофида концентрациялаштиради, молекуляр куч эритмада ионларни бир текис тақсимлашга интилади. Натижада иккита қарама-қарши куч таъсирида эритмадаги минерал зарралар орасида мувозанатлик ҳосил бўлади. Ер атмосферасидаги ўхшаш (ер юзасидан узоқлашган сари атмосфера газларининг зичлиги камаяди); зарра юзасидан узоқлашган сари катионлар концентрацияси камаё боради, анионларники эса ортиб боради. Маълум масофада икки концентрация тенглашади.

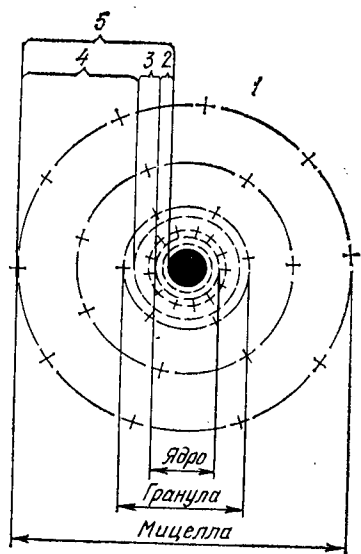
Заррадан то ана шу икки концентрациянинг тенглашувигача бўлган масофа диффузив қобиқни ташкил қилиб, унинг қалинлигини ифода қилади.

Юқорида айтилган қонуният бўйича зарра атрофида йиғилган ионлар қатламига диффузив қобиқ ёки ионли атмосфера дейилади.

Сувли муҳитнинг физик ҳолатига қараб диффузив қобиқнинг қалинлиги ўзгариб туради.

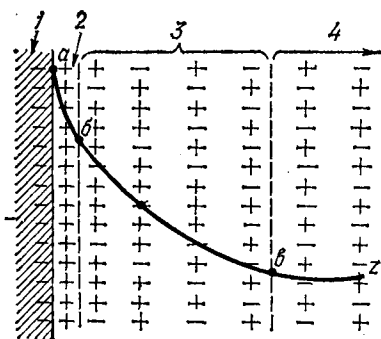
Адсорбцион ва диффузив ионлар қатлами билан коллоид заррани мицелла, коллоид заррани фақат адсорбцион қатлам билан биргаликда гранул, адсорбцион ва диффузив қатламларсиз коллоид зарранинги ўзини эса ядро дейилади. Ядро манфий зарядга эга бўлади.

Зарралар электр заряди билан адсорбцион ва диффузив қобиқнинг катионлари биргаликда коллоид зарра атрофида қўш электр қатламини ҳосил қилади. Зарралар заряди ва адсорбцион қатлам катионлари қўш электр қатламининг ҳаракатланмайдиган қисми, диффузив қатлам катионлари эса ҳаракатланувчи қисми дейилади (16-расм).



15-расм. Коллоид мицелла турлишнинг схемаси

1—гил коллоид зарра; 2—зарра юзасидаги манфий зарядлар; 3—адсорбцияланган (ҳаракатсиз) катионлар қатлами; 4—диффузив (ҳаракатчан) қатлам; 5—қўшқаватли электрик қават.

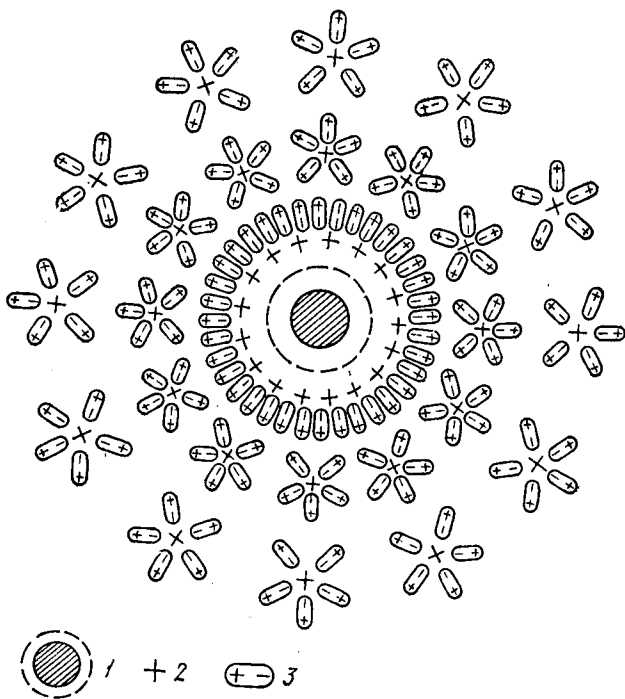


16-расм. Қўшқаватли электрик даватининг схемаси:

1—манфий зарядланган гил заррасининг азаси; 2—адсорбционланган қават катионлари; 3—диффузли қаватнинг катион ва анионлари; 4—эркин эритма  $ab$ —икки қаватли электрик қобикда потенциалнинг пасайиши;  $ab$ —диффузли қобикда электрик потенциалнинг пасайиши ( $Z$ —потенциал).

Диффузив қатламда зарралар заряди ва ионлар орасида ҳосил бўлган электр майдонидаги сув молекуласи маълум ҳолатни эгаллайди, яъни унинг мусбат томони манфий зарядланган гил заррасига, манфий томони эса адсорбция қатламидаги катионлар томонга йўналган бўлади (17-расм).

Шундай қилиб, коллоид зарра атрофида уни ўраб олган ядро адсорбцион ва диффузив қатламлар билан боғлиқ сув мо-



17-расм. Сувли эритмада мицелла колоиди тузилишининг схемаси:

1—манфий зарядли гил зарраси; 2—адсорбцион ва диффузли қават катионлари; 3—сув диполи.

лекулаларидан иборат *гидратли* (сувли) қобик ҳосил бўлади.

Қаршилиги катта бўлган суяқликда сув молекулаларининг гил зарраларига ҳамда адсорбцион ва диффузив қатлам катионларига боғланиши кучли бўлади. Масалан, қаршилиги юқори бўлган сув қаршилиги паст бўлган бошқа-сувга нисбатан зарра атрофида қалин гидрат қобиғини ҳосил қилади. Гидрат қобиғида ҳосил бўлган сув қатламининг (пардасининг) қалинлиги тоғ жинсининг минералогик таркибига, зарраларнинг катта-кичиклигига, шаклига, говаклигига сувли эритманинг концентрациясига, атмосфера босими, намлиги ва температурасига боғлиқ бўлади. Шундай қилиб, коллоид зарра атрофида сувли қатлам ёки боғланган сув ҳосил бўлади. Сувлар бўш ва мустаҳкам боғланган хиллардан иборат.

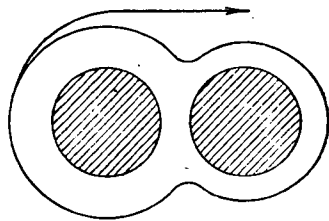
Бўш боғланган сувнинг мустаҳкам боғланган сувдан фарқи шундаки, у тоғ жинслари дончаларининг сиртида бўшроқ ушланиб туради ва *парда суви* деб ҳам аталади. Молекуляр кучлар билан ушланиб турадиган парданинг қалинлиги миллиметрнинг юздан бир улушларида ўлчанади. Парда сувининг зичлиги оддий сувнинг зичлигидан ошмайди, лекин бирмунча ортиқроқ ёпишқоқликка ва тузларни камроқ эритиш хусусиятига эга. Шу сабабли бу сув электр ўтказувчандир. Парда сувининг ҳаракати парда қалинроқ бўлган жойдан юпқароқ бўлган томонга қараб парданинг қалинлиги ҳамма ерда бирдай бўлгунча давом этади (18-расм). Пардали сув ҳаракатчан бўлганлиги сабабли, унда эриган тузлар бир оз нам қатламдан бирмунча қуруқ қатламга томон ҳаракатланади.

Парда суви ҳам мустаҳкам боғланган сувга ўхшаш тортиш кучининг таъсирига бўйсунмайди. Гидростатик босимни ҳосил қила олмайди. Тоғ жинсларидаги парда сувининг максимал миқдори, шу тоғ жинсининг максимал молекуляр намлик сиғимига тўғри келади.

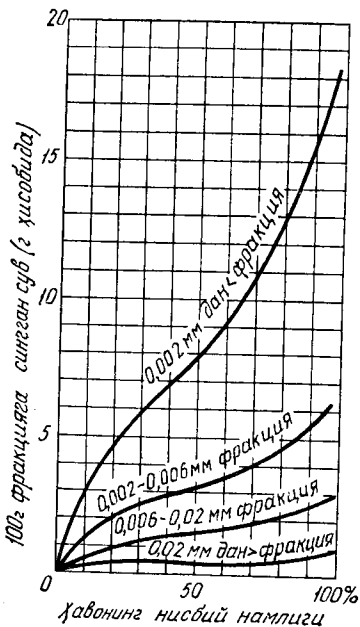
**Мустаҳкам боғланган сув** буғсимон сувнинг зарралар юзасида конденсацияланишидан вужудга келади.

Агар  $105^{\circ}\text{C}$ да қуритилган жинсни ҳавога олиб чиқиб қўйилса, бир қанча вақтдан сўнг жинс оғирлиги ҳаводан сингдириб олган буғлар миқдорига қараб ортади. Буни *гигроскопиклик* ҳодисаси деб аталади.

Гигроскопик сув коллоид зарралар атрофида зарра заряди ва адсорбцион қатлам катионлари ҳосил қилган қўш электр қатламнинг ҳаракатланмайдиган қисмини ташкил этади. Шу сабабли бу сув 1000 атмосферагача бўлган адсорбция кучлари билан мустаҳкам ушланиб туради. Уни босим билан сиқиб чиқариш мумкин эмас. Фақат тоғ жинсларини қиздириб, бундай сувни ажратиб олиш мумкин. Гигроскопик сув пардасининг қа-



18-расм. Парда сувининг ҳаракати.



19- расм.

ғани тутиб тура оладиган энг кўп миқдорига *максимал гигроскопик* ёки *максимал гигроскопик сифими* дейилади.

Жинсининг гигроскоплиги унинг минералогик ва гранулометрик таркибига, алмашинувчи ионлар миқдорига, муҳитнинг намлигига ва тоғ жинсининг табиий структураси бузилишига боғлиқ. Зарралари қанча майда бўлса, гигроскопиклик шунча катта бўлади (19- расм). Масалан, А. М. Панковнинг (1963) маълумотиға кўра 0,002 мм дан кичик фракциялар ҳавонинг нисбий намлиги ўртача бўлганда нисбий намликни тахминан 17% ни ушлаб туриши мумкин; 0,006 мм дан 0,02 мм гача бўлган фракциялар тахминан 6,5% ва 0,02 мм дан йирик фракциялар тахминан 1% намни сақлай олади. Жинсни ташкил этувчи зарралар қанчалик кичик бўлса, ўзида шунча кўп намни ушлаб туради ва унинг гигроскоплиги шунча катта бўлади. Масалан, ҳар хил гилларда 10—15%, чангли қумоқ тупроқларда 2 дан 12% гача сув бўлади.

Гигроскопик сув ҳосил бўлишида чиқадиган намланиш иссиқлигининг миқдори жинс заррасининг солиштирма юзасига боғлиқдир. Жинс зарралари қанчалик майда бўлса, ўрни коллоидлар қанча кўп бўлса, унинг солиштирма юзаси шунча катта бўлади, у намланганда шунча кўп миқдорда иссиқлик ажралиб чиқади. Бу ҳодиса сув молекулаларининг заррага сингиши натижасида жинс юзаси энергия миқдорининг камайишига боғлиқдир. Диаметри 0,02 мм, дан катта зарралар намланганда

линлиги бир неча сув молекуласининг диаметрига тўғри келади ва миллиметрнинг мингдан бир улушлари билан ўлчанади. Гигроскопик сув физик жиҳатдан қатор хусусиятларга эга бўлиб, улардан муҳимлари қуйидагилар: а) гигроскопик сув тортиш кучи таъсирига бўйсунмайди; б) буғ ҳолига ўтиб бўлгандан сўнг қўзғалиши мумкин; в) —78°С гача музламайди; г) электр ўтказувчанлик хусусияти йўқ, тузларни эрита олмайди; д) гигроскопик сув ҳосил бўлишида намланиш иссиқлиги ажралади, бу эса унинг боғланганлигининг асосий кўрсаткичи ҳисобланади; е) зичлиги бирдан катта (1,2 дан то 2,4 г/см<sup>3</sup>).

Ҳаво сув буғи билан тўйинган шаронтдаги жинс зарралари юзасида гигроскопик сув кўпаяди ва максимал гигроскопик ҳолати вужудга келади. Жинсининг сув буғи



иссиқлик ажралиб чиқмайди. Диаметри 0,01 мм ва ундан кичик зарраларгина оз миқдорда иссиқлик ажратади. Хўлланиш иссиқлиги, булардан ташқари,  $Mg > Ca > H > Na > K$  қатор бўйича камайиб, сингдирилган катионларнинг таркибига ҳам боғлиқдир.

**Химиявий боғланган сув.** Одатда кўпчилик минераллар ўзининг кристалл панжараларида сув сақлайди. Буни химиявий боғланган сув деб аталади. Аниқроқ қилиб айтганда, жинс  $105^{\circ}C$  да қиздирилгач унинг таркибида қолган сувга химиявий боғланган сув дейилади. Академик В. И. Вернадский (1937) химиявий боғланган сувни *конституцион, кристаллизацияцион* ва *цеолит* сувларга ажратган.

**Конституцион** ёки ҳақиқий химиявий боғланган сув минералларнинг кристалл панжараси билан боғланган бўлиб, ўзининг молекуляр бир бутунлигини сақламайди; химиявий реакциялар таъсирида сув молекулалари доимо  $H^{+}$  ва  $OH^{-}$  ионларга ажралган ҳолда минералларнинг кристалл панжарасини тузишда иштирок этади. Водород иони кўпинча металллар ( $Ca, Mg, K, Na, Fe$ ) билан алмашилиб туради.

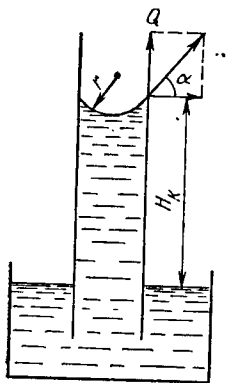
Конституцион сув  $Al_2(OH)_3$ ,  $Ca(OH)_2$  гидроксидлар таркибида, топаз  $Al_2[SiO_4][F_1OH]_2$  малахит  $CuCO_3 \cdot Cu[OH]_2$  ва бошқа минералларда учрайди. Бундай сувни жуда юқори температурада ажратиб олиш мумкин. Бунда минералларнинг кристалл панжаралари бутунлай бузилади.

**Кристаллизацияцион** сув кристалл панжара билан бўш боғланган. Нейтрал молекула  $H_2O$  ҳолда кристалл панжарада жойлашган бўлади. Гипс  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  миробилит  $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ , эпсомит  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  каби минералларда бу сув бор.

Кристаллизацияцион сув тоғ жинси минераллари билан кучли боғланмаган ва  $100^{\circ}C$  дан ошиқроқ температурада ажралиб чиқади. Натижада минералларнинг қаттиқлиги, солиштирма оғирлиги, физик ва кристаллооптик хусусиятлари ўзгаради, кристалл панжаралари қайтадан кўрилади. Масалан, гипс (моноклин сингония) кристаллизацияцион сувни йўқотганда ангидритга (ромбик сингония) айланади.

**Цеолит** сув опал  $SiO_2 \cdot n \cdot H_2O$  анальцим  $Na[Al \cdot Si_2O_6] \cdot H_2O$ , монтмориллонит минералларида учрайди. Минераллар билан бўш боғланган  $30-100^{\circ}C$  температурада ажралади. Миқдори ҳавонинг намлигига боғлиқ. Ўз хусусиятига кўра гигроскопик сувга яқин.

**Капилляр** сув тоғ жинси зарралари орасидаги бўшлиқни эгаллайди, нозик, қилсимон йўлларда ҳаракат қилади. Капилляр сувнинг ҳаракати ва жинсининг капиллярлик хусусияти жинсдаги капилляр бўшлиқлари ва уларни тўлдириб турувчи сув чегарасида вужудга келадиган капилляр кучлар билан белгиланади. Капилляр кучлар юпқа сув пардаси юзасида ҳосил бўладиган сирт таранглигидан иборат бўлади. Буни капилляр шиша найчаларда кузатиш мумкин (20- расм). Бунинг учун шиша найча олиб пастки учи сувли идишга ботирилади. Сув



20-расм. Капилляр мениск схемаси.

найча бўйлаб маълум жойгача кўтарилиб ( $H_k$ ) тўхтайти. Сув тўхтаган жойда сув юзаси эгилиб, қабарик томони сувга қараган, мениск шаклини олади.

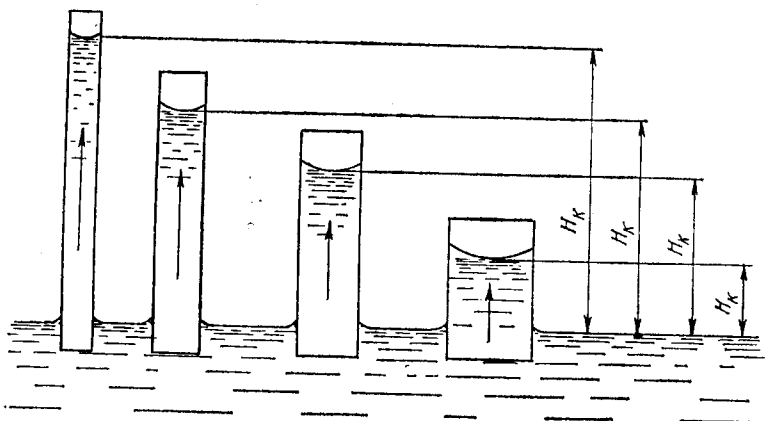
Найда сувнинг қанча баландликка кўтарилиши найча ичидаги сувнинг юза босими ( $Q$ ) га боғлиқ. Юза босими сувнинг найча деворига ёпишиб турган жойида эгри сирт ҳосил қилиб, найча девори бўйлаб тепага йўналган бўлади. Унинг таъсирида капилляр найчадан сув  $H_k$  баландликка кўтарилади. Бу баландлик капилляр найчанинг ички радиусига ва суюқликнинг хусусиятига боғлиқ. Найчанинг ички радиуси қанчалик кичик бўлса, юза босими шунча катта ва сувни юқорига кўтарилиши катта ҳамда тез бўлади. Юза босими ( $Q$ ) ни ўзгариши-

ни қуйидагича тушунтириш мумкин. Физика қонунига биноан юза босими  $Q$  кучини нормал  $N$  ва уринма  $S$  кучларига ажратиш мумкин. Улар орасидаги бурчакни  $\alpha$  билан белгилаймиз.

Найчанинг радиуси кичрайган сари менискнинг ботиқлиги ошиб унинг радиуси  $r$  ҳам кичраяди,  $\alpha$  бурчаги эса орта боради.  $L=90^\circ$  бўлганда, нормал босим  $N=0$  га тенг бўлиб,  $S=Q$  га тенг бўлади, яъни  $Q$  максимал қийматга эга бўлиб, найчада сувнинг кўтарилиши максимал баландликка эга бўлади (21-расм).

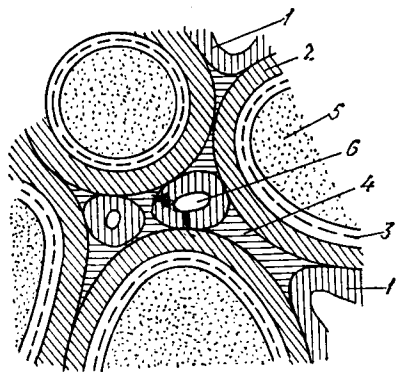
Сувнинг капилляр кўтарилиш баландлиги Жюрен формуласи билан аниқланади:

$$H = \frac{2A}{r \cdot g \cdot d} \text{ мм,}$$



21-расм. Ҳар хил радиусли найларда капилляр сувнинг кўтарилиш схемаси.

бунда:  $H$ —сувнинг  $\uparrow$  кўтарилиш баландлиги;  $2A$ —сувнинг капиллярлик константаси;  $r$ —капилляр радиуси;  $g$ —оғирлик кучининг тезланиши;  $d$ —мазкур температурада сувнинг зичлиги.



22- расм. Тупроқдаги сув шакллари:

1—капилляр сув; 2—максимал молекуляр (пардалл) ств; 3—гигроскопик сув; 4 — зарралар орасидаги туташ (мениск) сув; 5—тупроқ зарраси; 6—ҳаво пуфакчаси.

Формуладан маълум бўлишича, капилляр радиуси қанча кичик бўлса, сув капиллярлар бўйича шунча юқори кўтарилади. Ҳисоблар шунини кўрсатадики, атмосфера босими 750 мм,  $g=981,4$  см/сек. бўлса, диаметри 1 мм бўлган капиллярда сув 15 м га кўтарилади (М. А. Панков, 1963).

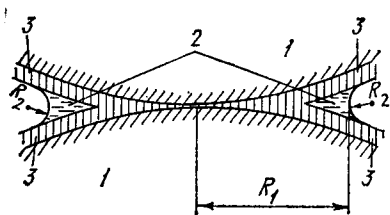
Жинс орасидаги капиллярлар бу қонунга бўйсунмайди, чунки унинг капиллярлари эгри-бугри, диаметри ўзгарувчан бўлади (22- расм). Бундай ҳолда капилляр сувлар икки зарра бир-бирига тегиб турган жойда, атрофи бошқа сувлар билан ўралган ва бир-биридан ажралган ҳолда бўлади. Уларнинг бундай жойлашишига сабаб, капилляр сувларнинг икки куч таъсирида бўлганлигидир; бири капилляр мениск кучи (сувнинг заррадан узоқлашишга ҳаракат қилиши), иккинчиси зарра юзасидаги тортишиш кучи (капилляр сувни, зарра юзасига тортишга интилади). Бу икки куч бир-бирига тенг мувозанат ҳолда бўлганда зарра орасидаги капилляр сув ҳаракатланмайди. Мувозанатни парда сувлари бузиши мумкин. Агар парда суви қалинлашса, бунинг ҳисобига капилляр сувлар миқдори кўпайиб, ҳажми кенгайди ва бир-бирига қўшилади, натижада бир жойи торайган, бир жойи кенгайган эгри-бугри капилляр йўллар ҳосил бўлади. Шу йўллар бўйича сув кўтарила бошлайди.

Шундай қилиб, тоғ жинсларида тўғри капиллярлар бўлмайди, аксинча, уларнинг шакли жуда мураккаб ва баъзан ноаниқ шаклда бўлади. Шунинг учун ҳам уларда сувнинг ҳаракати капилляр шиша найлардагига қараганда анча мураккаброқ. Капилляр кўтарилиш баландлиги тоғ жинсларининг ғоваклилигига боғлиқ бўлади.

Маълум юзадаги капилляр кучнинг (юза босимининг) миқдори Лаплас қонунига кўра қуйидаги формула билан аниқланади:

$$Q = a \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

бунда:  $a$ —юза таранглиги,  $15^\circ\text{C}$  ли сув учун  $a = 0,9735$  г/см;  $R_1$  ва  $R_2$ —бир-бирига перпендикуляр икки эгри юзанинг эгрилик радиуси (23-расм).



23-расм. Икки зарра бир-бирига тегиб турган жойдаги халқасимон менискнинг схематик тасвири (В. А. Приклонскийдан).

капилляр кўтарилиш баландлиги шунча катта бўлади.

Тоғ жинсларининг капиллярлик хусусияти уларнинг физик ҳолатига (ғоваклигига) ва жинсларнинг хилига ҳам боғлиқ. Масалан, қумлар учун Козеннинг қуйидаги эмпирик формуласини келтираемиз:

$$H_k = 0,446 \frac{1-n}{n} \cdot \frac{1}{d_{10}},$$

бунда:  $d_{10}$ —зарраларнинг эффектив диаметри, мм;  $n$ —ғоваклилик.

Козен формуласи гилтош, гил ва умуман гилли жинслар учун тўғри келмайди.

Капилляр кўтарилиш баландлиги жинсларнинг гранулометриқ таркиби, ғоваклилиги ва сувнинг минералланиш даражасига ва температурага боғлиқдир. Эритма концентрацияси камайиши ва температуранинг пасайиши билан капилляр кўтарилиш баландлиги ортади ва, аксинча, температура юқори ва эритманинг концентрацияси катта бўлса, капилляр кўтарилиш баландлиги кичик бўлади.

Бир хил таркибли жинслардаги капилляр кўтарилиш баландлиги 5-жадвалда келтирилган (М. М. Крилов (1970) маълумоти бўйича).

Капилляр кўтарилиш тезлиги ҳам жинсларнинг гранулометриқ таркибига боғлиқ. Лекин доначаларнинг катталари билан капилляр кўтарилиш тезлиги камая боради (24-расм), яъни текис бўлмайди.

5-жадвал

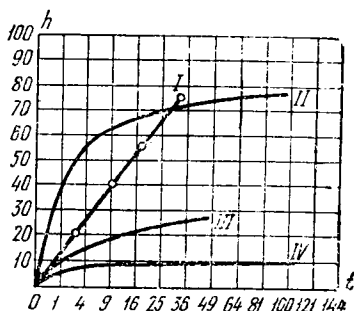
Жинслар номи	Максимал капилляр кўтарилиш баландлиги, см.
Йирик қум	2—4
Ўртача доначали қум	4—35
Майда доначали қум	35—120
Қумтош	120—250
Гилтош	250—350
Гил	350—400

Ириқ доначали қумларда сув максимал баландликка бир неча ўн суткада, бир хил гилларда эса, бир неча йил давомида кўтарилади. Капилляр кўтарилиш тезлиги яна сувда эриган тузлар миқдори ва таркибига ҳам боғлиқ. Масалан, калий сульфат эритмасининг капилляр кўтарилиши тезлиги ош тузи эритмасиникидан каттароқ, натрий карбонатникидан эса жуда ҳам катта.

Капилляр сувлар озиқланиш манбаи ва физик ҳолатига қараб капилляр кўтарилган ва капилляр осилган хилларга бўлинади (25-расм). Капилляр кўтарилган сув ер ости сизот сувларининг сатҳидан юқорига жойлашган бўлиб, доимо грунт сувларидан озиқланиб туради. Шу сабабли капилляр кўтарилган сувларнинг миқдор ўзгариши грунт сувларига боғлиқ бўлади. Грунт сувларининг сатҳи пасайса, капилляр сув зонасининг юқори чегараси ҳам пасаяди ва, аксинча, ер ости сувлари сатҳи кўтарилса, унинг ҳам сатҳи кўтарилади.

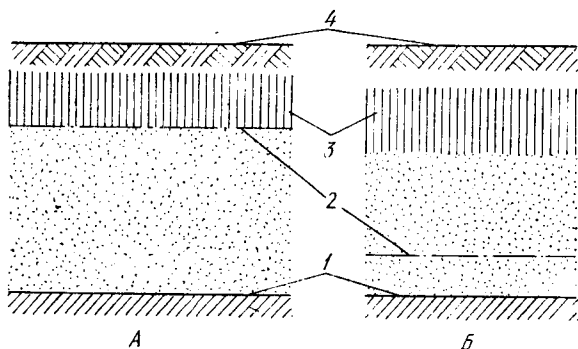
Бўғланиш натижасида капилляр кўтарилган сувларнинг сатҳи ўзгармайди, чунки ер ости суви доимо унинг парланган қисмини тўлдириб, озиқлантириб туради.

Капилляр осилган сув капилляр кўтарилган сувдан ер ости суви билан алоқада бўлмаслиги билан фарқланади. Капилляр осилган сув ер ости сизот сувлари чуқур жойлашган ерларда ёғин-сочин ёки ерлар суғорилгандан кейин аэрация зонасининг юқори қисмида ҳосил бўлади.



24-расм. Зарраларининг каттаги ҳар хил жинсларда капилляр кўтарилиш эгри чизиқлари:

I—0,01 мм дан кичик; 2—0,05 мм д  
0,10 мм гача; 3—0,25 мм дан 0,50 мм гача; 4—0 50  
мм дан 1,00 мм гача.



25-расм. Капилляр кўтарилган (А) ва капилляр осилган (Б) сувлар:

1—сув ўтказмайдиган қатлам; 2—грунт сувларининг сатҳи; 3—капилляр сув; 4—ернинг усти.

Буғланиш натижасида капилляр осилган сувнинг сатҳи пасаяди. Узоқ давом этган буғланиш натижасида капилляр осилган сув бутунлай йўқолади.

Булардан ташқари, зарралар туташган жойидан ва жуда нозик капилляр йўллардан ўрин олган ва мустақил ҳаракат этмайдиган *ажралган капилляр* сувлар ҳам бўлади.

Капилляр сувлар боғланган ва эркин сувлардан ўзининг хусусиятлари билан фарқланади. Булар боғланган ва эркин сувлар ўртасидаги сув бўлиб, оғирлик кучи қонунига бўйсунмайди, тоғ жинси ғовакларида эркин ҳаракатланмайди, нозик (0,03 мм радиусли) капиллярларда  $-1,5^{\circ}\text{C}$  да йирикроқ капиллярда эса  $-18,5^{\circ}\text{C}$  да музлайди.

## 1. Капилляр сувларнинг инженерлик-геологик аҳамияти

Тоғ жинсларида сувларнинг капилляр кўтарилиш ҳодисаси муҳим амалий аҳамиятга эга. Масалан, қурғоқчилик бўладиган областларда тупроқнинг шўрланиш процесси шунга боғлиқ. Капилляр сув ер юзасига етганда, буғланиш процессида капилляр сувларнинг кўтарилиш ҳаракати турғун бўлади. Бунда ер ости сувлари чуқур горизонтларидан кўп туз кўтарилади ва улар тупроқнинг юқори қисмида қолади, натижада тупроқ шўрланади.

Капилляр сувлар режими капиллярлар зонаси чегарасида жойлашган иншоотларнинг мустаҳкамлигига ҳам салбий таъсир қилади. Сувнинг капилляр кўтарилишида мениск юзасида йўналиши 20-расмда кўрсатилганидек, манфий босим вужудга келади бу эса грунт ғовакларида сууқликнинг шимилишига ёки капилляр кўтарилишига сабаб бўлади.

Грунт мусбат босимга ҳам учрайди ва сиқилиб зичлашади.

Ҳўл қумнинг юзаси одатда қаттиқ бўлади. Ундан ҳатто оғир юкли арава ўтганда ҳам унинг ғилдираклари билинар-билинимас из қолдиради. Бироқ унга қўшилиши билан ўз зичлигини йўқотади. Демак, капилляр сувлардаги босимнинг атмосфера босимидан камайиши натижасида грунт доначалари бир-бирига тортилиб, грунтнинг зичлиги ошади.

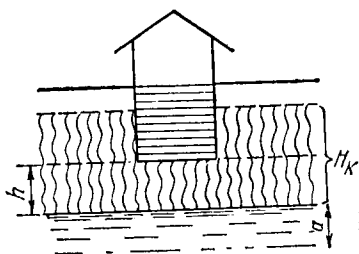
Капилляр зона юзасидаги босим капилляр кўтарилиш баландлигига тенг. Капилляр тўйиниш зонасидаги грунтнинг ҳаммаси шу босим остида туради. Шунинг учун иншоот (26-расм) бор жойда фундамент остидаги грунт иншоотнинг оғирлигидан ҳосил бўлган босимгагина эмас, балки капилляр босимга ҳам дуч келади:

$$P = \omega \cdot h \cdot \gamma,$$

бунда:  $\omega$  — заминнинг юзаси;  $\gamma$  — сувнинг солиштирма массаси;  $h$  — иншоот замида сувга тўйинган зона чегарасигача бўлган масофа.

Тўла тўйинган зона баландлиги чегарасининг вазияти ўзгарганда замин остидаги капилляр сувлар устунининг баландлиги

ва грунтга таъсир этадиган босим ҳам ўзгаради. Жумладан, ер ости сувлари юзаси пасайса, тўла тўйинган зонанинг юқори чегараси  $h$  нинг қиймати ортади, демак, грунтга таъсир этган босим ҳам ошади, бу иншоот заминининг қўшимча чўкишига олиб келади (26-расм).



26-расм. Капилляр зонадаги иморат заминида капилляр сувнинг схематик кўриниши:

$H_k$  — капилляр кўтарилиш баландлиги;  $h$  — иморат заминидан то сувга тўйинган зона ( $a$ ) чегарасигача бўлган масофа.

Хом ғиштдан қурилган бино деворининг бузиллиши (бино девори замин тубидан капилляр сувлар билан биргаликда келадиган тузларнинг девор ғиштига йиғилиши оқибатида бузилади), темир йўл изларининг эгри-бугри бўлиб кетиши ва шу каби ҳодисалар ҳам грунтнинг капиллярлигига боғлиқдир.

**Эркин сув.** Тортиш кучига бўйсунадиган, тоғ жинсларининг йирик бўшлиқлари ва дарзларини тўлдирган, ер қобиғида ўзининг оғирлик кучи таъсирида ҳаракат қиладиган сувлар эркин ёки гравитацион сувлар деб аталади. Эркин сувлар бир қанча турларга бўлинади.

Ер қатламларида тепадан пастга ўз оғирлик кучи таъсирида ҳаракатланувчи эркин сувларни сизиб юрувчи сув дейилади. У грунтга сизиб кирган сари капилляр сувга айланади. Сув ўтказмайдиган қатламга етгач, у ерда йиғилиб гравитацион сувга айланади, сув ўтказмайдиган қатлам қия бўлса, сув қия томонга қараб ҳаракатланади, натижада ер ости сувлари оқими ҳосил бўлади. Босимлар фарқи катта бўлса, пастки сувли қатламдаги ер ости сувлари устки сувли қатламларга ўтиб қуйилиши содир бўлади. Баъзан эркин сувлар тоғ жинслари орасидаги берк бўшлиқлар ичида бўлиб, ҳаракатланмайди, бундай сувларни иммобиллашган сув дейилади.

Эркин сувнинг физик ва химиявий хоссалари, ер усти сувларига яқин бўлиб, миқдори, таркиби ва физик хусусиятлари тоғ жинси структурасига, минералогик ва гранулометрик таркибига боғлиқдир. Оддий кўз билан кўриш мумкин бўлган бўшлиқлар оз бўлган гилларда эркин сувлар жуда кам бўлади, гоҳо бўлмаслиги ҳам мумкин. Бундай жинсларда фақат боғланган сувлар бўлади.

Эркин сув фақат йирик донали чўкинди ва дарзлилиги юқори магматик ва метаморфик жинсларда ҳаракатланади. Сувларнинг химиявий таркиби ҳар хил бўлиб, сувли қатламларнинг химиявий ва минерал таркибига боғлиқдир. Сув таркибида эриган туз ва газлар, коллоид ҳолда турли моддалар учрайди.

Эркин сувлар химиявий таркибига кўра чучук (тузларнинг умумий миқдори қудуқ қолдиқда 3 г/л га тенг), кам минераллашган (3—5 г/л), ўртача минераллашган (5—10 г/л), кучли

минераллашган (10—15 г/л) ва намоқоб (50 г/л дан ортиқ) сувларга бўлинади.

Инженерлик-геологик нуқтаи назаридан эркин сувлар универсал эритувчи ҳисобланади. Тоғ жинсларига агрессив таъсир кўрсатиб, уларнинг физик-механик хоссаларини ўзгартириб туради. Тоғ жинси дарзларида музлаб унинг пишиқлигини камайтиради, натижада жинслар майдаланади.

Эркин сувлар тоғ жинсларига гидростатик босим кўрсатиб, суффозия, карст, тоғ ёнбағирларида сурилиш ҳодисалари рўй беришига сабаб бўлади.

## VII БОБ. ТОҒ ЖИНСЛАРИНИНГ ФИЗИК ХОССАЛАРИ

### I. Тоғ жинсларининг умумий физик хоссалари.

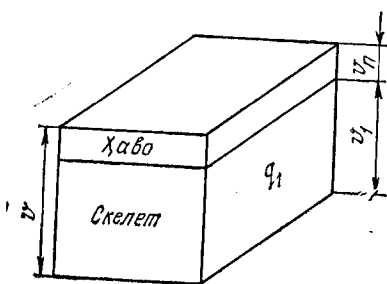
Тоғ жинсининг солиштирма оғирлиги. Маълум ҳажмдаги тоғ жинсининг қаттиқ дончалари оғирлигининг ёки абсолют қуруқ тоғ жинси оғирлигининг ( $q_1$ ) худди шу ҳажмдаги  $4^\circ \text{C}$  да олинган сув оғирлигига нисбати тоғ жинси солиштирма оғирлиги деб аталади (схемага қаранг 27-расм). Масалан, куб шаклидаги тоғ жинсининг қаттиқ фазаси (скелетининг) ҳажми  $V_s$ , унинг оғирлиги эса  $q_1$  бўлсин, у ҳолда шу тоғ жинсининг солиштирма оғирлигини ( $\gamma$ ) қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\gamma = \frac{q_1}{V_s} \text{ г/см}^3.$$

Тоғ жинси солиштирма оғирлигининг қиймати жинсни ташкил этувчи минералларнинг солиштирма оғирлигига боғлиқ бўлиб, унинг ғоваклиги ва намлигига боғлиқ бўлмайди. Шу сабабли тоғ жинси таркибида солиштирма оғирлиги ортиқ минераллар кўп бўлса, унинг солиштирма оғирлиги ҳам катта бўлади. Демак, темир ва магний элементлари кўп бўлган жинсларнинг солиштирма оғирлиги  $3,0\text{—}3,4 \text{ г/см}^3$ , енгил минераллардан ташкил топганлариники эса  $2,6\text{—}2,8 \text{ г/см}^3$  атрофида бўлади.

Чўкинди тоғ жинсларининг минерал таркиби асосий қисмини кварц, дала шпатлари, слюдалар ва иккиламчи минераллар ташкил этади. Агар таркибида органик моддалар ва чиринди кўп бўлса, солиштирма оғирлиги кичик бўлади. Масалан, чириндининг солиштирма оғирлиги одатда  $1,25\text{—}1,40 \text{ г/см}^3$  атрофида бўлиб, чириндига бой жинсларнинг (тупроқнинг) солиштирма оғирлиги  $2,4\text{—}2,5 \text{ г/см}^3$  атрофида бўлади.

Демак, тоғ жинсининг со-



27-расм. Икки фазали жинсининг тузилиш схемаси.



**Гранулометриқ таркиби ҳар хил тоғ жинсларининг ўртача солиштирма оғирлиги**

Тоғ жинслари	Ўртача солиштирма оғирлиги, г/см <sup>3</sup>	Жуда кўп учрайдиган солиштирма оғирлик миқдори, г/см <sup>3</sup>
Кум	2,66	2,65—2,67
Қумоқ тупроқ	2,70	2,68—2,72
Қумлоқ тупроқ	2,71	2,69—2,73
Гил	2,74	2,71—2,76
Лёсс	2,65	2,64—2,70

лиштирма оғирлигига қараб, унинг минералогик таркиби ёки аксинча, минералогик таркибига қараб, солиштирма оғирлигини билиш мумкин. Текширишлар таркибида сувда тез эрувчи тузлар ва органик бирикмалар кам жинсларнинг солиштирма оғирлиги кўпинча доимий ўзгармас бўлишини кўрсатади. (6-жадвал, Д. Е. Польшин 1948.)

Тоғ жинсларининг ҳажм оғирлиги. Тоғ жинсларининг, айниқса, чўкинди тоғ жинсларининг зарралари орасида бўшлиқлар бор, шу сабабли маълум ҳажмдаги грунтнинг оғирлиги шундай ҳажмдаги зичроқ жинсларнинг оғирлигидан кам бўлади. Тоғ жинси ҳажм оғирлиги бир см<sup>3</sup> жинснинг грамм ҳисобидаги вазнидир. Демак, тоғ жинси умумий оғирлигининг ( $q$ ) умумий ҳажмига ( $v$ ) нисбати унинг ҳажм оғирлиги ( $\Delta$ ) дейилади:

$$\Delta = \frac{q}{V} \text{ г/см}^3.$$

Тоғ жинсларининг ҳажм оғирлиги ғоваклилиги ва намлигига боғлиқ. Шу сабабли уларнинг ҳажм оғирлиги ҳамма вақт солиштирма оғирлигидан кичик бўлади. Намлиги қанча юқори ва ғоваклилиги кам бўлса, унинг ҳажм оғирлиги шунча катта бўлади. Бундан ташқари, тоғ жинсларининг ҳажм оғирлиги унинг солиштирма оғирлигига ҳам боғлиқ. Солиштирма оғирлиги катта бўлган жинсларнинг ҳажм оғирлиги ҳам катта бўлади (7-жадвал).

**Баъзи тоғ жинсларининг ўртача ҳажм оғирлиги**

Тоғ жинслари	Ҳажм оғирлиги, г/см <sup>3</sup>	Тоғ жинслари	Ҳажм оғирлиги, г/см <sup>3</sup>
Лёсс ва лёссимон тоғ жинслари	1,35—1,65	Зичлашган гил	1,75—2,30
Қум	1,45—1,70	Оҳақтош	2,15—2,30
Қумтош	1,75—2,65	Кварцит	2,50
Бўр	1,35—1,45	Доломит	2,55

Шундай қилиб, тоғ жинсининг ҳажм оғирлиги унинг минералогик таркиби, ғоваклилиги, намлиги ва қуруқлигига боғлиқ. Агар тоғ жинси сувга тўйинган бўлса, унинг ҳажм оғирлиги максимал қийматга, ғоваклилиги юқори, абсолют қуруқ жинсларнинг ҳажм оғирлиги минимум қийматга эга бўлади.

Тоғ жинсларининг ҳажм оғирлиги кўпчилик инженерлик ишларида, шу жумладан, тоғ ёнбағри ва қирғоқларга қурилган тўсиқ (тиргович) деворларига бўлган босимни аниқлашда, қияликларнинг сурилиш ҳодисасига қарши мустаҳкамлигини ҳисоблашда, ҳамда иморат ва иншоот замини жинсларидаги кучланишнинг (қаршилиқнинг) тақсимланишини аниқлашда асосий кўрсаткичлардан биридир.

Тоғ жинси скелетининг ҳажм оғирлиги. Тоғ жинсининг абсолют қуруқ ҳолдаги оғирлигининг шу жинснинг умумий ҳажмига нисбати жинс скелетининг ҳажм оғирлиги дейилади.

$$\delta = \frac{q - q_w}{V} = \frac{q_c}{V} \text{ г см}^3,$$

бунда:  $\delta$ —жинс скелетининг ҳажм оғирлиги;  $q$ —жинснинг нам ҳолдаги оғирлиги;  $q_w$ —жинсдаги сувнинг оғирлиги;  $q_c$ —жинснинг қуруқ ҳолдаги оғирлиги;  $V$ —жинснинг қуруқ ҳолдаги умумий ҳажми.

Тоғ жинси скелетининг ҳажм оғирлиги унинг минералогик таркибига ва ғоваклилигига боғлиқ. Ғоваклилиги қанча кам, таркибида оғир минераллар кўп бўлса, скелетининг ҳажм оғирлиги шунча катта бўлади.

Абсолют қуруқ ҳолдаги жинснинг ҳажм оғирлиги унинг солиштирма ва нам ҳолдаги ҳажм оғирлигидан ҳар доим кичик бўлади.

Скелет ҳажм оғирлик маълумотлари гил ва гилли жинсларнинг ғоваклилигини эмпирик формулаларда аниқлашда ишлатилади.

Тоғ жинси скелетининг ҳажм оғирлигини лабораторияда аниқлаб бўлмайди, чунки жинсни қуритганда унинг умумий ҳажми жинснинг торайиши ҳисобига камаяди. Шу сабабли скелет ҳажм оғирлиги жинснинг намлиги ва табиий ҳажм оғирлиги бўйича аниқланади.

Агар жинснинг умумий ҳажмини ( $V$ ), нам ҳолдаги умумий оғирлигини ( $q$ ) табиий ҳажм оғирлигини ( $\Delta$ ), жинс таркибидаги сувнинг оғирлигини ( $q_w$ ) жинснинг қуруқ ҳолдаги оғирлигини ( $q_c$ ) ва жинснинг табиий намлигини ( $W$ ) билан белгиласак, скелет ҳажм оғирлик қуйидагича аниқланади.

Юқорида келтирилган икки формулани таққослаймиз:

$$\delta = \frac{q_c}{V} \text{ ва } \Delta = \frac{q}{V},$$

бу тенгликларни қуйидагича ёзиш мумкин

$$V = \frac{q_c}{\delta} \text{ ва } V = \frac{q}{\Delta},$$

бундан

$$\frac{q_c}{\delta} = \frac{q}{\Delta}.$$

Агар  $q_c=1$  га тенг десак, у ҳолда

$$\frac{1}{\delta} = \frac{q}{\Delta} \quad \text{бўлади.}$$

Бизга маълумки,  $q=q_c+q_w$ , агар  $q_c=1$  бўлса,  $q=1+q_w$  га тенг.

Жинсининг табиий намлиги  $W = \frac{q_w}{q_c} \cdot 100$  га тенг бўлса,  $W=q_w \cdot 100$  га тенг бўлади, бундан  $q = 1 + 0,01 \cdot W$ .

Буларнинг қийматини юқоридаги тенгламага қўйиб, скелет ҳажм оғирлигини топамиз:

$$\frac{1}{\delta} = \frac{q}{\Delta}; \quad \frac{1}{\delta} = \frac{1+0,01 \cdot W}{\Delta}; \quad \Delta = \delta (1+0,01 \cdot W);$$

$$\delta = \frac{\Delta}{1+0,01 \cdot W} \text{ г/см}^3.$$

**Тоғ жинсининг намлиги.** Тоғ жинси ғовакликларида ушла-ниб турган ва 100—105°C да қиздирганда ундан ажралиб чиқадиган сув миқдорига унинг намлиги дейилади. Тоғ жинсининг кристалл панжараси тузилишида иштирок этувчи химиявий боғланган сувдан фарқли ҳолда намлик жинс зарралари атрофида ва улар орасидаги ғовак ва бўшлиқларда бўлади.

Табиий ҳолдаги тоғ жинсининг ғовак ва бўшлиқларидаги сув миқдори унинг табиий намлиги дейилади.

Табиий намлик қум ва гил каби жинсларнинг асосий физик ҳолатини билдирувчи хусусиятларидан бири ҳисобланади. Бу жинсларнинг пишиқлиги ва иншоот заминида ўзини қандай тутиши уларнинг табиий намлигига боғлиқ.

Ер ости сувлари тагидаги қатламларда табиий намлик ўзгармас бўлиб, унинг устки қатламларида, яъни аэрация зонасида ўзгарувчандир. Бундан ташқари табиий намлик суткали, мавсумий ва йиллик ўзгаришларга ҳам эгадир. Бунда табиий намлик ҳавонинг температурасига, босимига ва атмосфера ёғин-сочинларига, ер ости сувлари сатҳининг ўзгаришига боғлиқ.

Тоғ жинси намлигининг ўзгаришига инсон фаолияти — ерларни суғориш, қишлоқ хўжалик экинларининг характери, ер остидаги сув сатҳининг қўтарилиши ва ҳар хил қурилиш ишлари билан боғлиқ бўлган ерни ковлашлар, водопровод трубалари бузилишидан оққан сувлар, хўжалик ва саноат чиқинди сувлари таъсир этади.

Табиий намликнинг ўзгариши тоғ жинсининг пишиқлигига таъсир этади. Таъсир этиш кучи тоғ жинсининг хилига боғлиқ. Масалан, магматик жинслар табиий намлик таъсирида тезда ўзгармайди, гил ва гилли жинслар эса тез ўзгаради. Агар у аввал қаттиқ бўлса, нам таъсирида унинг пишиқлиги камайиб, юмшоқ ҳолга ўтади.

Табийй намликни топиш учун тоғ жинсидаги сувнинг оғирлигини, шу жинснинг қуриган ҳолидаги оғирлигига нисбатини юзга кўпайтириш керак, яъни

$$W = \frac{q_w}{q} \cdot 100\%,$$

бунда:  $W$ —жинснинг табиий намлиги;  $q_w$ —жинс таркибидаги сувнинг оғирлиги;  $q$ —қуруқ ҳолдаги жинснинг оғирлиги.

Шундай аниқланган намликнинг жинснинг **абсолют намлиги** дейилади. Намлик жинс таркибидаги сувни шу жинс оғирлигига нисбатан қанча процентини ташкил этишини билдиради.

Тоғ жинсларининг намлик ҳолатини характерлаш учун унинг фақат табиий намлигини билиш етарли эмас. Шу сабабли тоғ жинсларининг абсолют намлиги билан бирга нисбий намлиги ва тўйиниш коэффициенти (намлик коэффициенти) аниқланади.

Тоғ жинсининг ғоваклилигига нисбатан ифодаланган намлик нисбий намлик дейилади ( $W_n$ ). Бу намлик жинс таркибидаги сув шу жинс ғоваклилигига нисбатан қанча процентни ташкил этишини билдиради. Шу сабабли бу ҳолдаги намликни баъзан ҳажм намлиги деб ҳам аталади. Нисбий намликни топиш учун, аввал жинснинг абсолют намлиги топилади ва уни шу жинснинг скелет ҳажм оғирлигига ( $\delta$ ) кўпайтирилади, яъни:

$$W_n = W \cdot \delta.$$

Нисбий намликка қараб шу жинснинг ғоваклилиги қанча процент сув билан тўлганлигини билишимиз мумкин.

Булардан ташқари тоғ жинсининг намлиги унинг сувга тўйинганлиги ёки тўйинмаганлиги билан ҳам характерланиб тўйиниш коэффициенти ( $K_w$ ) билан ифодланади.

Тўйиниш коэффициенти  $K_w$  табиий намлик  $W$  нинг шу тоғ жинсининг сувга тўла тўйингандаги намлиги  $W_0$  га нисбатига тенг, яъни

$$K_w = \frac{W}{W_0}.$$

Бундан ташқари тўйиниш коэффициенти қуйидаги формула ёрдамида ҳам аниқланади:

$$K_w = \frac{W \cdot \gamma (100-n)}{100 \cdot n} = \frac{W \cdot \gamma}{100 \cdot \varepsilon} = \frac{(\Delta - \delta)}{n} \cdot 100 = \frac{W \cdot \delta}{100 \cdot n}.$$

Жинснинг сувга тўла тўйингандаги намлиги қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$W_0 = \left( \frac{1}{\delta} - \frac{1}{\gamma} \right) \cdot 100 = \frac{100 \cdot \varepsilon}{\delta (1 + \varepsilon)} = \frac{n}{\gamma (100-n)} = \frac{100 \cdot \varepsilon}{\gamma} = \frac{n}{\delta},$$

бунда:  $\gamma$ —жинснинг солиштирма оғирлиги;  $n$ —жинснинг ғоваклилиги;  $\varepsilon$ —жинснинг ғоваклилик коэффициенти;  $\Delta$ —жинснинг табиий ҳажм оғирлиги;  $\delta$ —жинснинг скелет ҳажм оғирлиги;  $W$ —жинснинг табиий намлиги.

Тўйиниш коэффициентининг қиймати 0 билан 1 орасида бўлиб, тоғ жинсининг қандай намланганлигини билдиради. Агар  $0 < K_w \leq 0,5$  бўлса, жинс кам намланган,  $0,5 < K_w \leq 0,8$  бўлганда, жинс жуда нам,  $0,8 < K_w \leq 1,0$  бўлганда, жинс сувга тўйинган ҳисобланади.

## 2. Тоғ жинсининг консистенцияси ва пластиклиги

Сув таъсирида тоғ жинсларининг хусусиятлари ўзгаради, натижада уларда эриш, шўрланиш, нураш, чўкиш, оқиш, шишиш каби геологик процесслар содир бўлади. Айниқса сувнинг таъсири гил ва гилли жинсларда яққол билинади. Намлигининг ўзгариши натижасида қонуний равишда уларнинг физик хоссалари ўзгаради. Намлиги оз бўлганда гилли жинслар қаттиқ ёки ним қаттиқ ҳолда бўлса, намлиги ошиб маълум миқдорга борганда улар қаттиқ ҳолдан юмшоқ пластик ҳолатга ўтиб хоҳлаган формага кирадиган бўлиб қолади; агар намлиги яна оширилса, у юмшоқ пластик ҳолатдан оқиш ҳолатига ўтади. Жинсларнинг бундай ҳар хил физик ҳолатларига уларнинг консистенция формаси дейилади.

Одатда жинсларнинг консистенция формаси уч кўринишда: қаттиқ, пластик ва оқувчан бўлади; ўз навбатида булар оралик ҳолидаги: *ним қаттиқ, ним пластик, пластик, юмшоқ* ва *оқувчан* каби консистенцияларга бўлинади.

Консистенция формаси жинслар таркибидаги сувнинг миқдорига (намлик даражасига) боғлиқ бўлиб, тоғ жинсининг пластиклиги билан характерланади. Пластиклиги маълум бир чегарага етганда у бир формадаги консистенциядан бошқа формадаги консистенцияга ўтади.

Тоғ жинслари хамирга ўхшаш юмшоқ бўлиб, ташқи куч таъсирида ҳар хил шаклга кира олиши ва бу шаклни сақлаб қолиш хоссаси уларнинг пластиклиги деб аталади.

Тоғ жинслари пластик бўлиши учун уларнинг намлиги маълум даражада бўлиши керак. Агар намлик маълум миқдордан кам бўлса, тоғ жинслари қаттиқ ҳолда, ортиқ бўлганда эса оқувчан ҳолатда бўлади. Демак, тоғ жинси консистенциясининг шакли маълум намлик ҳолатидагина ўзгаради. Бу намлик тоғ жинсларининг *пластиклик чегараси* ёки *характерли намлиги* дейилади.

Тоғ жинслари пластиклигининг юқори ва қуйи чегараси бўлади.

Тоғ жинсининг пластик ҳолатдан оқувчан ҳолатга ўтишидаги намлиги пластикликнинг *юқори чегараси* деб аталади ва  $W_t$  билан белгиланади. Масалан, хамир ҳолатдаги лёссимон жинснинг намлиги 25 процент бўлсин, биз унга сув қўша бошласак, унинг намлиги 25 процентдан ошиб боради. Намлик 30 процентга етганда у пластик ҳолатдан оқувчан ҳолатга ўтади. Ана шу оқишга ўтгандаги намлик 30 процентдан ошганда у пластиклигини йўқотади.

Тоғ жинсининг юмшоқ ҳолатдан қаттиқ ҳолатга ўтишидаги намлиги пластикликнинг қуйи чегараси деб аталади ва  $W_p$  билан белгиланади. Масалан, намлиги 25 процент бўлган юмшоқ тоғ жинсини қурита бошласак, унинг намлиги камаяди ва маълум қий-матга етганда пластик ҳолатдан қаттиқ ҳолатга ўтади. Масалан, қаттиқ ҳолатга ўтаётгандаги намлик 17% бўлса, у пластикликнинг қуйи чегараси бўлади. Пластикликнинг юқори чегараси билан қуйи чегараси орасидаги фарқ *пластиклик сони* дейилади ва  $M_p$  билан белгиланади.

### 3. Пластикликка таъсир кўрсатувчи асосий факторлар

Пластикликнинг юқори ва қуйи чегараси тоғ жинсининг гранулометрик ва минералогик таркибига, заррачаларнинг формасига, катионлар таркибига ва ғоваклардаги тузли эритманинг концентрациясига ҳамда химиявий таркибига боғлиқ бўлади. Тоғ жинсининг пластиклиги бундан ташқари зарраларни ўраб турган гидрат қобиғининг қалинлигига ҳам боғлиқ. Гидрат қобиғ қанчалик қалин бўлса, унинг пластиклиги шунча юқори бўлади.

Пластикликка таъсир қилувчи асосий факторлардан бири тоғ жинсининг гранулометрик таркибидир. Пластиклик асосан 0,05 мм дан кичик зарраларда намоён бўлади. Зарраларнинг майдалиги ошган сайин уларнинг пластиклиги ҳам орта боради. Коллоид зарралардан ташкил топган жинсларда пластиклик жуда юқори бўлади. 8-жадвал орқали коллоидли зарралардан ташкил топган жинсларнинг пластиклиги қонуний равишда ўзгариб ортиб боришини кўриш мумкин.

Тоғ жинсининг пластиклиги унинг минерал таркибига ҳам боғлиқ. Зарраларининг катталиги бир хил, аммо минералогик таркиби икки хил жинсларнинг пластиклиги ҳар хил бўлади. Бунга сабаб ҳар қайси жинсдаги минералларнинг ўз атрофида

8-жадвал

Оҳангарон водийсидаги баъзи гилли жинсларнинг пластиклиги

Жинслар номи	пластиклиги (%)		
	юқори пластиклик, $W_f$	қуйи пластиклик, $W_p$	Пластиклик сони $M_p$
Лёссимон жинс	26	19	7
Лёссимон жинс	27	18	9
Лёссимон жинс	30	20	10
Оғир қумоқ	32	19	13
Оғир қумоқ	33	18	15
Гил	50	32	18
Гил	58	30	28
Гил	70	40	30
Гил	45	22	23

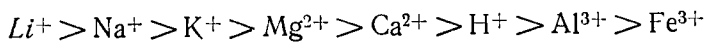
Зарралари 0,002 мм дан кичик минералларнинг пластиклиги (Аттербер бўйича)

Минералларнинг номи	Юқори пластиклик чегараси, %	Пастки пластиклик чегараси, %	Пластиклик сони, %
Биотит	87	44	43
Хлорит	72	47	25
Каолинит	63	43	20
Лимонит	36	27	9
Кварц	35	35	0

сувни боғлаб туриш қобилияти ҳар хил бўлишидир, яъни бир хил минерал атрофида боғланган сувнинг миқдори кўп, бир хилинигида озлигидир.

Одатда таркибида иккиламчи минераллар кўп бўлган жинсларнинг пластиклиги юқори бўлиб, бирламчи минераллардан ташкил топган бўлса, кам бўлади ва баъзан бўлмайди. Масалан, кварц каби минералларда пластиклик йўқ (9-жадвал).

Тоғ жинсларининг пластиклик хусусиятини ошириш қобилиятига қараб, таркибида учрайдиган асосий катионлар қатори қуйидагича бўлади:



Бу қаторликдан шу нарса маълумки уч валентли катионларга нисбатан бир валентли катионларга бой жинсларнинг пластиклиги кескин ошади, кальцийга (Ca) бой бўлган жинсларнинг пластиклиги аксинча, кам бўлади. Пластиклик жинс сув билан намлангандагина юзага келади; сув гидрат пардалар ҳосил қилади. Жинснинг гидрофиллиги қанча катта бўлса, унинг пластиклиги ҳам шунча катта бўлади.

Жинсларнинг юқори пластиклик чегарасини гил зарраларининг миқдорига нисбати жинснинг гидрофиллик кўрсаткичи дейилади, яъни

$$K_n = \frac{W_f}{M_c}$$

бунда:  $K_n$ —гидрофиллик кўрсаткичи;  $W_f$  юқори пластиклик чегараси;  $M_c$ —гил зарраларининг миқдори (% ҳисобида).

Гидрофиллик зарраларнинг миқдоригина эмас, балки уларнинг таркиби ҳамда сингдирилган катионларнинг таркибига ҳам боғлиқ.

Совет олимларидан П. А. Земятченский, В. В. Охотин, М. М. Филатов, И. В. Попов, Е. М. Сергеев, Ф. О. Мавлонов ва бошқаларнинг илмий тадқиқотлари гил, лёсс ва лёссимон жинсларнинг пластиклик хоссалари уларнинг минералогик ва гранулометриқ таркибига, намлик даражасига, ҳамда таъсир этаётган сувнинг химиявий таркибига боғлиқ эканини кўрсатади.

#### 4. Тоғ жинсларининг пластиклиги ва консистенциясига кўра классификацияланиши

Тоғ жинсларининг пластиклиги ва консистенция формалари уларнинг механик хоссадарини ва пишиқлигини ўрганишда муҳим аҳамиятга эга. Пластиклигига қараб жинсларнинг қайси хилга киришини, яъни классификациясини, иншоот замини остидаги жинсга бериладиган босим нормасини ва сув ўтказувчанлигини, табиий зичланганлик даражаси ва бошқаларни аниқлаш мумкин.

Гилли жинслар пластиклик чегарасига қараб СН и П II—Б. I—62 бўйича классификацияланади (10-жадвал).

10-жадвал

Гилли жинслар хил классификацияси

Тоғ жинсларининг хиллари	Пластиклик чегараси, $M_p$
Қумоқ (супесь) жинслар	$1 \leq M_p \leq 7$
Қумлоқ (суглинёк) жинслар	$7 < M_p \leq 17$
Гил	$M_p > 17$

Гилли жинсларнинг намлиги ошиши билан пишиқлиги ва консистенцияси ўзгаради. Шу сабабли уларнинг пишиқлигини баҳолашда консистенция формасини билиш лозим.

Консистенция формасини аниқлашнинг бир қанча усуллари мавжуд. Улардан бири жинснинг табиий намлигини ( $W$ ) юқори ва қуйи ( $W_p$ ) пластиклиги билан солиштириб кўришдан иборат.

Масалан,

$$\begin{aligned} W < W_p & \text{— грунт қаттиқ,} \\ W_p < W < W_f & \text{— грунт пластик,} \\ W > W_f & \text{— грунт суёқ.} \end{aligned}$$

Бу усулнинг камчиликларидан бири тоғ жинсининг пластиклик чегараси аниқланаётганда унинг структураси бузилиши ва эзилиши туфайли пишиқлигининг камайиши ҳисобга олинмайди. Пластикликнинг юқори ва қуйи чегарасига қараб, тоғ жинсини қандай ҳолатда эканлигини аниқлаш учун консистенция кўрсаткичидан фойдаланилади:

$$B = \frac{W - W_p}{M_p},$$

бунда:  $B$ —консистенция кўрсаткичи;  $W$ —жинснинг табиий намлиги;  $W_p$ —жинснинг қуйи пластиклик чегараси;  $M_p$ —пластиклик ссғи.

Консистенция кўрсаткичига кўра, тоғ жинсининг қандай ҳолатда эканлиги аниқланади:

$$\begin{aligned} B < 0 & \text{— жинс қаттиқ;} \\ 0 \leq B \leq 1 & \text{— жинс пластик;} \\ B > 1 & \text{— жинс оқувчан.} \end{aligned}$$



Жинсларнинг консистенция кўрсаткичини В. А. Приклонский (1955) тавсия этган қуйидаги формула орқали ҳам ифодалаш мумкин:

$$\begin{aligned} A > 1 & \text{— жинс қаттиқ;} \\ A = 0,7 \div 1 & \text{— жинс ним қаттиқ;} \\ A = 0,5 \div 0,7 & \text{— ним пластик;} \\ A = 0,25 \div 0,50 & \text{— пластик;} \\ A = 0,0 \div 0,25 & \text{— юмшоқ пластик;} \\ A = 0 & \text{ (манфий) — оқувчан.} \end{aligned}$$

Демак, консистенция кўрсаткичи орқали тоғ жинсларининг хилини ва ҳолатини аниқлаш мумкин. Булар эса қурилишда муҳим аҳамиятга эгадир.

## VIII БОБ. ТОҒ ЖИНСИНИНГ СУВГА БОҒЛИҚ ХОССАЛАРИ

### Тоғ жинсларининг сув таъсирида эриши, кўпчиши ва ивиши

Сув тоғ жинсларининг физик-механик хоссаларига жуда кучли таъсир кўрсатади. Сув тоғ жинси ғоваклариди, коваклариди ва дарзлариди ҳаракат қилиб, у билан доимо алоқада бўлади.

Сувнинг минераллар, тоғ жинслари ҳамда цемент бетонларни эритиб юбориш хусусияти агрессивлик қобилияти деб аталади.

Ер ости сувларининг агрессивлиги тоғ жинси таркибидаги тузлар билан ер ости сувлари таркибидаги тузларга боғлиқ. Агар тоғ жинси таркибидаги тузлар миқдори ер ости суви таркибидаги тузлардан кам бўлса, ер ости суви тоғ жинсини яхши эрита олмайди. Масалан, кальций карбонатга бой бўлган ер ости сувлари оҳак тошни, кальций сульфати билан тўйинган сув эса гипсни эритмайди.

Сувнинг эритиш қобилияти унинг тез ҳаракатланишига боғлиқ. Турбулентли ҳаракатда бўлган сувнинг эритиш қобилияти кучли бўлади. Сув температурасининг ошиши ҳам унинг эритиш қобилиятини кучайтиради. Сувнинг таркибида газлар (масалан,  $\text{CO}_2$ ) бўлса, температуранинг ортишидан газлар учиб кетиб, сувнинг эритиш қобилиятининг пасайишига сабаб бўлади. Масалан, Е. Г. Чаповскийнинг (1975) маълумотига кўра  $\text{CO}_2$  гази кўп сувда магnezитнинг нормал босим ва температурада эриши 8,1 г/л ни ташкил этса, сув температураси  $70^\circ\text{C}$  га етганда сув 2,4 г/л магnezитни эрита олади. Демак, температуранинг ошиши натижасида газга тўйинган сувнинг эритиш қобилияти 3,5 мартага камаяр экан.

Сув таъсирида тоғ жинслари тўла ва қисман эриши мумкин. Шунга кўра тўла эриш ва қисман эриш тушунчаси киритилган. Сувнинг характериға қараб, эриш яна икки турга: тўғридан-тўғри ва диффузив эришга бўлинади. Ер остки эркин сувларнинг таъсирида тоғ жинсларининг эришига *тўғридан-тўғри* эриш

дейлади. Эркин сувларнинг тоғ жинслари дарзликлари ва ғоваклариди ҳаракат этиши натижасида жинснинг диффузив эриши содир бўлади. Бунда ионлар қуйидаги схема бўйича ҳаракат қилади: жинс → ғовакдаги эритма → эркин сув.

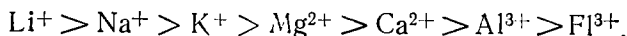
Қайд этилган эриш турлари тоғ жинсларининг инженерлик-геологик хусусиятларини ўзгартириб юбориши мумкин. Натижада, жинсларнинг ғоваклилиги, сув ўтказувчанлиги, ташқи куч таъсирида сиқилиши ортади, пишиқлиги камайди.

Тоғ жинсининг сув таъсирида ҳажмини катталаштириш қобилиятига кўпчиши ёки шишиш деб аталади. Бу айниқса гил ва гилли жинслар учун характерлидир. Уларнинг намлиги ортиши туфайли зарралари атрофидаги гидрат қобиғининг қалинлиги ошади ва жинснинг ҳажми орта боради.

Тоғ жинсининг кўпчиши унинг минералогик ва гранулометрик таркибига, ундаги катионлар турига, структура ва ғоваклигига, сувли эритманинг химиявий таркиби ва концентрациясига боғлиқ.

Таркибида монтмориллонит группасига мансуб минераллар кўп бўлган жинслар кучли кўпчийди.

Кўпчиши қобилиятига кўра катионлар қатори қуйидагича бўлади.



Демак, бир валентли катионларнинг кўпчиши қобилияти кучлидир. Бундан ташқари жинсларнинг кўпчиши таркибидаги катионларнинг турига боғлиқ. Масалан, Na га бой жинслар Ca бой жинсларга нисбатан икки марта ортиқ кўпчийди.

Тоғ жинсларининг кўпчиши натижасида уларнинг ғоваклиги сув ўтказувчанлиги ва намлиги ортади, бу эса тоғ жинсларининг пишиқлиги ва мустаҳкамлиги пасайишига сабаб бўлади. Бундан ташқари кўпчиш вақтида кўпчиш босими ҳосил бўлади. Бу босимнинг ҳосил бўлиши иморат замини учун хавфлидир. Масалан, иморат замида сув таъсирида кўпчидиган қатлам бўлса, у кўпчийди, ҳажмини оширади ва кўпчиш босими ҳосил бўлади. Натижада иморат ичидаги поллар кўтарилиб кетади, иморат асоси қийшайиб деформацияланади, иморат деворларида ёриқлар ҳосил бўлади. Кўпчиш ҳодисаси ер ости ишларида ҳам зарарлидир. Кўпчиш натижасида шахта таги кўтарилиб ёки ён деворлари шишиб, ер ости йўлларини торайтириб қўяди.

Жинсларнинг кўпчиши кўпчиш босими, кўпчиш намлиги ва кўпчиш миқдори билан ифодаланади:

$$U_n = \frac{V_{\text{наб}} - V_0}{V_0} \cdot 100\%,$$

бунда:  $U_n$ —кўпчиш миқдори %;  $U_{\text{наб}}$ —кўпчиган жинснинг ҳажми;  $U_0$ —жинснинг кўпчишдан аввалги ҳажми.

Тоғ жинсининг сувда ҳар хил зарраларга ажралиб кетиш қобилияти унинг *ишиши* дейлади. Бу гил ва гилли жинслар учун характерли.

Тоғ жинсининг ивиши унинг сувга нисбатан пишиқлигини билдиради. Сувга нисбатан пишиқ гилли жинслар секин, пишиқлиги кучсиз жинслар эса тез ивийди. Ивиш тезлиги ва характери уларнинг мипералогик ва гранулометрик таркибига, зичлигига, табиий намлигига, зарралар орасидаги ёпишқоқлик кучига, қотишманинг хилига, ионлар таркибига, сувнинг химиявий таркибига, минераллашганлик даражасига ва гилли жинсларнинг генетик турига боғлиқ. Соф гиллар сувда секин ивийди.

Намлиги юқори жинслар, қуруқ жинслардан секин ивийди. Масалан, қуруқ тупроқдан лой тайёрлаш жуда осон бўлади. Чунки тупроқ зарралари сувда тез ивийди. Агар шу лойни 2—3 кун қолдириб, шу лойни ўзидан яна суюқроқ лой тайёрламоқчи бўлинса, бунда лой тайёрлаш қийинлашади, лой берч бўлиб қолиб, ундаги зарраларнинг сувда ивиши жуда қийин бўлади. Шу сабабли гилли жинсларнинг сувда ивишини ўрганишда уларнинг бошланғич намлиги аниқланади. Текширишлар шуни кўрсатдики (Н. В. Коломенский, В. С. Шаров (1969) ва бошқалар) бошланғич намлиги юқори бўлган жинслар сувга чидамли бўлиб, секин ивийди. Шу сабабли критик намлик деган тушунча киритилган. Ҳар бир гилли жинсларнинг ўзига хос критик намлиги бор. Агар жинсларнинг табиий намлиги критик намликдан юқори бўлса, сувда ивимаёди, аксинча табиий намлиги критик намликдан паст бўлса, сувда ивийди.

Сув омборларини, канал ва очиқ шахталарни ишга туширишда тоғ жинсларининг ивишини аниқлаш лозим. Янги қурилган ҳали ишга тушмаган каналларнинг қирғоқларидаги жинслар қуруқ бўлса, уларни намлаб шиббаланади ва каналга сув очиб юборгунча қирғоқнинг намлиги оширилиб критик намлигидан юқори қилиб турилади. Шундай қилинган тақдирда каналга сув келганда қирғоқларнинг ивиши ва емирилиши секин бўлади.

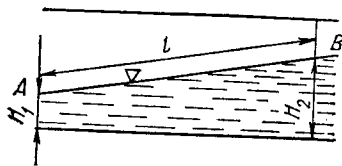
Тоғ жинсларининг сувда ивиши лабораторияда алоҳида асбоблар ёрдамида аниқланади.

Тоғ жинсининг сув ўтказувчанлиги. Тоғ жинсининг ўзидан маълум миқдорда сувни ўтказиш унинг сув ўтказувчанлиги дейилади. Сув ўтказувчанлик фильтрация коэффиценти билан ифодаланади. Босим градиенти бирга тенг бўлганда маълум юза орқали вақт бирлигида ўтадиган сув миқдорига фильтрация коэффиценти дейилади ва у «К» билан белгиланиб мм/сек ёки м/суткада ифодаланади. Буни фильтрация тезлиги деб ҳам аталиб, қуйидаги формула билан аниқланади:

$$v = K \cdot J; \quad K = \frac{v}{J} \text{ м/сут,}$$

бунда:  $v$  — фильтрация тезлиги;  $K$  — фильтрация коэффиценти;  $J$  — босим градиенти. Босим градиенти ( $J$ ) қуйидагича ифодаланади:

$$J = \frac{H_2 - H_1}{l} = \frac{n}{l};$$



28-расм. Ер ости суви оқимининг схемаси.

$l$  — фильтрация йўли узунлиги;  
 $h$  — сув босими.

Фiltrация йўли сув оқими бўйлаб  $AB$  масофани ўлчаш ва босим кучининг камайиши грунт сувлари сатҳининг  $A$  ва  $B$  нуқталардаги абсолют баландликлари айирмасини ( $H_2 - H_1$ ) топиш йўли билан аниқланади (28-расм).

Тоғ жинсининг сув ўтказувчанлиги унинг ғоваклигига ва йирик ғоваклар миқдорига ва гранулометриқ таркибига боғлиқдир.

Сув ўтказувчанлик тоғ жинслари таркибига кўра қуйидаги йўналишда камайиб боради: шағал → қум → қумлоқ → соз тупроқ → гил.

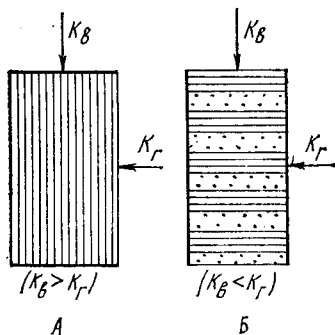
Гиллардан ташкил топган жинсларнинг сув ўтказувчанлиги бошланғич намлигига боғлиқ. Қуруқ гилли жинслар аввал сувни ўзидан яхши ўтказади, намлиги ошгандан сўнг сув ўтказувчанлиги кескин пасаяди. Намланганда тез кўпчиб кетадиган жинслар сувни кам ўтказади ёки мутлақо ўтказмайди. Монтмориллонит группаси шундай жинслар ҳисобланади.

Тоғ жинсларининг сув ўтказувчанлиги уларнинг структурасига ҳам боғлиқ. Масалан, микроструктурали гилли жинсларда, макро ва микро агрегатли ва серғовак лёссларга нисбатан сувни ўзидан ёмон ўтказади.

Тоғ жинсларининг сув ўтказувчанлиги уларнинг текстурасига ҳам боғлиқ. Шунга кўра тоғ жинсларида сувнинг тез ҳаракатланишига вертикал ва горизонтал йўналиш бўйича ҳар

хил бўлди. Лёсс ва лёссимон жинсларда йирик ғоваклар асосан вертикал йўналиш бўйича жойлашган; шу сабабли буларда фильтрация коэффициенти ёки фильтрация тезлиги вертикал йўналиш бўйича катта бўлади (29-расм, А). Тектураси йўл-йўл лента формасидаги гилли жинсларда фильтрация тезлиги аксинча горизонтал йўналишда катта бўлади (29-расм, Б). Бунга сабаб гилли қатламлар орасида гранулометриқ таркиби жиҳатидан фарқ қиладиган, гилга нисбатан сувни ўзидан яхши ўтказадиган қатламлар мавжудлигидир. Умуман қатламли жинсларда сув ўтказувчанлик қатламлар йўналишига қараб ҳар хил бўлади.

Сув ўтказувчанлик жинслар таркибининг ҳар хиллигига кўра аэра-



29-расм. Анизотроп ҳолдаги лёсс (А) ва лентасимон текстурали гиллар (Б) нинг фильтрацион хусусияти бўйича солиштириш схемаси:

$K_v$  — вертикал йўналиш бўйича фильтрация коэффициенти;  $K_h$  — горизонтал йўналиш бўйича фильтрация коэффициенти.

## Баъзи жинсларнинг сув ўтказувчанлиги (Е. Г. Чаповский, 1975)

Тоғ жинслари	Фильтрация коэффициенти, м/суткада
Кучли дарзланган карстлашган оҳактошлар	200—300 дан кўп
Яхши ювилган цементланмаган шағаллар	100 дан кўп
Қумли бўшоқ шағал ётқизиқлари	10—30
Ҳар хил таркибли қумлар	5—10
Қумлоқ тупроқлар	2—0,1
Қумоқ тупроқлар	0,1
Гиллар	0,001

ция зонада айрим горизонтларида кескин ўзгаради. Бир хил таркибли жинсларда сув ўтказувчанлик текис ва бир хил тезликда содир бўлса, ҳар хил таркибли жинсларда сув ўтказувчанлик нотекис ва ҳар хил тезликда содир бўлади.

Аэрация зонасининг устки қисми сувни кўп ва осон ўтказди, пастга томон сув ўтказувчанлик сусаяди. Бунга сабаб пастки горизонтларнинг зичлиги юқориги горизонтларга нисбатан анча катта бўлади;

Ҳар хил грунтларнинг сув ўтказувчанлиги катта масофада ўзгаради (11-жадвал).

Ф. П. Саваренский (1935) жинсларни сув ўтказувчанлигига қараб учта гурпуага ажратади:

1. Сув ўтказувчан жинслар фильтрация коэффициенти  $K > 1$  м/сут. Буларга йирик донадор жинслар яъни шағал, қумли ва шағалли ётқизиқлар киради.

2. Ним сув ўтказувчан жинслар ( $K = 1 - 0,001$  м/сут.). Буларга гилли қумлар, қумлоқлар, лёсслар, кучсиз дарзланган қаттиқ жинслар киради.

3. Практик жиҳатдан сув ўтказмайдиган жинслар ( $K < 0,001$  м/сут). Яхши кристалланган массив магматик ва метаморфик жинслар, гиллар, мергел ва аргиллитлар киради.

Гиллар амалий жиҳатдан сув ўтказмайдиган деб ҳисобланса ҳам, босим градиенти маълум миқдорга чиққанда улар ўзидан сув ўтказди. Гилларда асосан боғланган сув бўлади, босим таъсирида улар жинсдан ажралиб чиқади. Боғланган сувни ҳаракатга келтирувчи босим градиентига бошланғич босим градиенти ёки фильтрация бўсағаси градиенти дейилади.

Бошланғич градиенти миқдори 5—10 ва ундан юқори бўлиб, у тоғ жинсининг таркибига, структурасига ва зичдигига боғлиқ. Иншоотларнинг чўкишини ўрганишда бошланғич градиентни аниқлаш муҳим. Агар иншоот заминдаги гилли жинсларга таъсир этаётган босим бошланғич градиентдан катта бўлса, бу жинслар замин остида зичлашади ва зичланиш вақтга нисбатан тезроқ бўлади.

Тоғ жинсларининг сув ўтказувчанлик хусусиятлари лаборатория ва дала усулларида ўрганилади.

Тоғ жинсларининг сув ўтказувчанлик коэффициентини аниқлашнинг дала усули аниқ усуллардан бири бўлиб, гидрогеологик ва инженерлик-геологик тадқиқотларда кенг қўлланади.

Дала усули сувга тўйинмаган жинсларга қудуқлар орқали сув юбориш ва тўйинганларидан қудуқлар орқали сув чиқариб олишга асосланади.

Қудуқлар орқали тоғ жинсларига сув юбориш усули билан қуруқ сувсиз жинсларнинг сув ўтказувчанлиги аниқланади. Бундан мақсад сув омборларидан оқиб кетиши мумкин бўлган сув миқдорини билиш, гидротехник иншоот заминидagi сув ҳаракат тезлигини топиш, қишлоқ хўжалигида суғориш нормасини белгилаш ва шу кабиларни аниқлашдан иборатдир.

**Тоғ жинсининг нам сиғими ва сув берувчанлиги.** Тоғ жинсларининг маълум миқдордаги сувни сиғдира олиш ва уни ўзида сақлай олиш хусусияти уларнинг *нам сиғими* дейилади.

Жинсинг нам сиғими унда сақланиб турган сув оғирлигининг жинсинг скелет оғирлигига нисбатан ёки сув ҳажмининг жинсинг умумий ғоваклигига нисбати билан ифодаланади. Бу миқдорлар 100 га кўпайтирилса, нам сиғими % билан ифодаланган бўлади.

Жинс қатламларида сақланган сувни миқдори ва ҳолатига кўра нам сиғими тўлиқ, капилляр ва максимал молекуляр бўлади.

**Тўлиқ нам сиғими** деб жинсдаги ҳамма ғовакликларнинг сув билан тўйинган ҳолидаги намлигини айтилади. Тўлиқ нам сиғими грунт суви жойлашган жинсларнинг сувли қатламларидагина бўлиши мумкин. Тўла нам сиғимининг миқдори тоғ жинсининг умумий ғоваклигига тенг бўлади.

**Капилляр нам сиғими.** Тоғ жинсларида ушланиб қолган капилляр сувнинг миқдорига капилляр нам сиғими дейилади. Капилляр нам сиғимининг миқдори ўзгарувчан бўлади. У грунт сувларининг ётиш ҳолатига, жинсинг гранулометриқ таркибига, ғоваклилигига боғлиқдир. Механиқ таркиби бир хил тоғ жинсларида капилляр ҳошия (кайма) доирасида капилляр намнинг миқдори грунт сувлари юзасидан капилляр ҳошия чегараси томон кўтарилган сари камай боради.

Қатламли тоғ жинсларда турли механиқ таркибли горизонтларнинг капилляр нам сиғими қатламларнинг қалинлигига боғлиқдир. Гилларнинг капилляр нам сиғими энг катта бўлади, лёссники кичикроқ ва қумники ундан ҳам кичик бўлади, бироқ гилларда капилляр нам миқдори грунт суви юзасидан узоқлашган сари лёссдагига нисбатан камайиб кетади, бу эса ўз навбатида лёсснинг капиллярлик хоссасига боғлиқ.

**Тоғ жинсларининг зарралари юзасига сингдирилган (адсорбцияланган) сувнинг максимал миқдорига максимал молекуляр нам сиғими** деб айтилади. Бунинг миқдори жинс-

**Турли гранулометриқ таркибли тупроқларда гигроскопик сувнинг миқдори  
(М. Баҳодиров 1971)**

Тупроқлар	Гигроскопик сув миқдори, %	Тупроқлар	Гигроскопик сув миқдори, %
Қумли тупроқ	1,06	Ўрта қумли тупроқ	3,00
Қумли тупроқ	1,40	Соз тупроқ	5,40
Енгил қумоқ тупроқ	2,09	Оғир соз тупроқ	6,54

нинг максимал гигроскопик ҳолатдаги намдан бир оз кам бўлади.

Тоғ жинсининг ҳаводаги сув буғларини сингдириб олиши унинг **гигроскопиклиги** дейилади. Табиий шароитда қуруқ бўлган тоғ жинсининг таркибида ҳам маълум миқдорда гигроскопик сув бўлади. Жинсининг минералогик ва гранулометриқ таркибига кўра унинг гигроскопиклик хусусияти ўзгариб туради (12-жадвал).

Максимал молекуляр нам сифими ҳам тоғ жинсининг минералогик ва гранулометриқ таркибига боғлиқ (13 ва 14-жадваллар).

## 13- ж а д в а л

**Минералогик таркиби ҳар хил бўлган баъзи тоғ жинсларининг тўла ва максимал молекуляр нам сифими (В. Д. Ломтадзе, 1970).**

Тоғ жинслари	Максимал молекуляр нам сифими, %	Тўла нам сифими, %
Монтмориллонитли гил	44	71
Каолинли гил	22	43
Гидрослюдали гил	14	29
Нозик донатор кварцли қум	2	25

## 14- ж а д в а л

**Турли гранулометриқ таркибли тоғ жинсларининг максимал молекуляр нам сифими (А. Ф. Лебедев, 1972).**

Фракциялар	Фракцияларнинг катталиги, мм	Максимал молекуляр нам сифими, %
Қумли йирик донатор	1—0,5	1,6
—, —ўртача донатор	0,5 —0,25	1,6
—, —майда донатор	0,25—0,10	2,7
—, —нозик донатор	0,25—0,05	9,8
Чангли (алевритли)	0,05—0,005	10,2
Гилли	0,005	44,2

**Сув берувчанлик.** Сувга тўйинган жинсининг сув бериш қобилиятини унинг сув берувчанлиги деб аталади. Тоғ жинсининг сув берувчанлиги, сув берувчанлик коэффициентини билан ифодаланadi. Қумларнинг сув берувчанлиги тўла нам сифимидан максимал молекуляр нам сифимининг айирмасига тенг:

$$\mu_B = W_{n.B} - W_m,$$

бу ерда:  $\mu_B$  — сув берувчанлик коэффициенти;  $W_{n.B}$  — тўла нам сифими;  $W_m$  — максимал молекуляр нам сифими.

Тоғ жинсининг сув берувчанлиги унинг хилига, зарраларининг катта-кичиклигига, ковакларини тўлдириб турган материал таркибига, ғоваклигига ва сувнинг температурасига боғлиқ. Йирик дондор жинсларнинг сув берувчанлиги катта бўлиб у зарралар кичрайган сари камайиб боради.

## IX БОБ. ГИЛЛИ ЖИНСЛАРНИНГ КОЛЛОИД ХОССАЛАРИ

### 1. Коллоид зарралар ва уларнинг хиллари

Тоғ жинсларининг физик, химиявий ва биохимиявий нураши натижасида улар таркибида майда зарралар аралашмаси — дисперсия системаси ҳосил бўлади. Дағалроқ зарралар (чанг, қумлар) физик-химиявий хоссаларига кўра майда зарралардан фарқ қилмайди, аммо жуда майда зарралар — коллоидлар фарқ қилади.

Катталиги 0,0001 мм дан 0,000001 мм гача бўлган зарралар коллоидлар деб аталади. 0,0000001 мм дан кичик зарралар суюқликни ташкил этади. Коллоидларнинг тузилиши ҳақида VI бобда батафсил тўхтаб ўтилган (14 ва 15- расмлар).

Жинс коллоидлари минерал, органик ва органик-минерал коллоидларга бўлинади (М. А. Панков, 1963).

Минерал коллоидларга қуйдагилар киради:

1) майдаланган минераллар, алюмосиликатлар, силикатлар. Бу минераллар манфий зарядли бўлиб, гилларда кам учрайди.

2) коллоид кремнезем ( $\text{SiO}_2 \cdot n \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Бу минерал дала шпатлари, силикатлар ва слюдаларнинг химиявий нурашидан ҳосил бўлади, манфий зарядли гилли жинсларда кўпроқ учрайди.

3) иккиламчи минераллар: а) монтмориллонит группаси: монтмориллонит  $m\{\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_2\} \cdot p(\text{Al}, \text{Fe})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$  бейделлит  $\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  ва нонтронит  $(\text{Fe}, \text{Al})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}_2] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Бу группа манфий зарядланган коллоидларга киради. Коллоидлар нам таъсирдан бўкиб, ҳажми икки марта ортиб кетади; б) каолинит под группаси: каолинит  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , диккит  $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_8$ ; в) галлуазит группаси: галлуазит  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ; г) аллофан группаси: аллофан  $m\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot p\text{H}_2\text{O}$ . Бу группа ҳам манфий зарядланган коллоидлар жумласига кириб, намланганда унча кўпчимайди; д) гидрослюда группаси: иллит ва бошқалар; е) мусковит подгруппаси: мусковит  $\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Булар ҳам манфий



Коллоид минералларнинг химиявий таркиби, % ҳисобида  
(Н. И. Горбунов бўйича)

Минераллар	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub> R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Монтмориллонит	65,0	21,9	4,00	0,26	5,8	0,24	0,09	4,5
Каолинит	54,3	43,0	1,30	0,20	0,13	0,02	0,01	2,1
Галлуазит	50,8	45,0	1,82	0,20	0,13	0,01	0,03	1,3
Гидрослюда	52,3	25,8	4,04	0,50	2,60	6,5	0,33	3,13
Биотит	38,6	14,2	13,5	—	18,3	9,3	0,75	2,88
Вермикулит	44,5	16,4	9,60	0,89	23,6	0	0	3,3
Гетит	0	0	89,9	—	—	—	—	—
Гиббсит	0	65,4	—	—	—	—	—	—

зарядланган. Ўз хоссаларига кўра байделлит билан каолинит ўртасидаги ўринда туради. Минерал коллоидларга яна темир ва алюминий гидроксидлари группаси ҳамда гидраргеллит Al[OH]<sub>3</sub> киради. Масалан, гетит FeO·OH билан лимонит FeO·OH + pH<sub>2</sub>O. Гидраргеллитнинг сизиб тўпланган шакллари-ни гибсит ва боксит деб аталади.

Турли хил гилларда минерал коллоидларнинг химиявий таркиби турлича бўлиб, SiO<sub>2</sub> буларнинг энг кўпини ташкил этади (15-жадвал).

Органик коллоидларга асосан чиринди моддалар киради.

Органик — минерал коллоидлар эса буларнинг иккаласи чўкишидан ҳосил бўлган чўкиндилар ҳисобланади. Масалан, кремнезем аллюминий гидроксиди ёки темир гидроксиди билан органик коллоидлар ўзаро таъсирланиб органик — минерал моддалар ҳосил қилади.

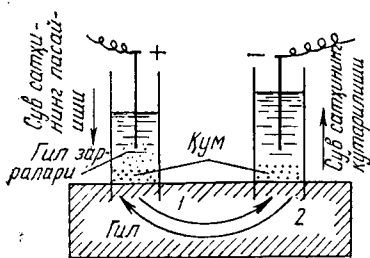
Шундай қилиб, гил ва гилли жинсларнинг асосий қисми коллоид зарралардан иборат бўлиб, уларнинг физик-механик ва химиявий хоссалари шу коллоидларга боғлиқдир.

Коллоид зарраларнинг ўзаро ва атрофдаги муҳит, яъни сув, сув буғи таъсири натижасида уларнинг коллоидли хоссалари намоён бўлади.

Гилли жинсларнинг иморат ва иншоот заминида ўзларини қандай тутишларини олдиндан билишда ва физик-механик хоссаларини яхшилашда уларнинг коллоидли хоссаларини ўрганиш муҳим аҳамиятга эга. Шу сабабли қурилишда иморат ва иншоот заминининг чуқурлигини аниқлашда, айниқса ер ости шахта ишларида гилли жинсларнинг коллоидли хоссалари баътафсил ўрганилади.

## 2. Гилли жинсларда электрокинетика ҳодисаси

Коллоидли хоссаларининг ўзгаришидан гилли жинсларда турли ҳодисалар вужудга келади. Ана шулардан бири электрокинетика ҳодисасидир.



30-расм. Электроосмос ва электрофорез ҳодисаларини тажрибада кузатиш схемаси:

1—сув ҳаракатининг йўналиши; 2—гил зарралари ҳаракатининг йўналиши.

цилиндр ичига ювилган кварцнинг қумларидан солиб, унинг устига дистилланган сув қуйган. Цилиндр ичига электролитлар тушириб, ўзгармас ток юборганда, қуйидаги ҳодиса рўй беради. Плюс зарядли (анод) электролит туширилган трубкадаги сув пастдан юқорига лойқалана бошлайди. Унда гил зарралари қумларнинг орасидан ёриб чиқиб юқори томонга ҳаракатланади. Цилиндрдаги сувнинг сатҳи пасая боради. Манфий зарядли (катод) трубкада эса сув тиниқ ҳолда бўлади, фақат унда сув сатҳи секин аста кўтарила бошлайди. Шундай қилиб, сув зарралари аноддан катодга қараб, гил зарралари эса катоддан анодга қараб ҳаракат қилади.

Гил зарраларининг электр токи орқали бир жойдан иккинчи жойга силжишига **электрофорез**, сув зарраларининг аноддан катодга силжишини **электроосмос** дейилади.

Агар шиша трубадиз ва сувсиз электролитларнинг ўзини гилга тиқиб юқоридаги тажриба такрорланса, анод атрофида гилнинг намлиги камайиб, катод атрофида ортади, демак, аноддан сув катодга қараб ҳаракатланар экан.

Электроосмос принципига асосланиб электродренажлар (электрозовурлар) ёрдамида карьерлар, қурилиш котлованлари, шахта деворлари ва шунга ўхшаш иншоотлар атрофидан сувга тўйинган сувларнинг суви қочирилади. Бунинг учун ўша жойларга электролитлар қоқилиб, уларга доимий ток юборилади. Катод атрофида йиғилган сув бурғи қудуқларидан насос билан тартиб олинади.

### 3. Гилли жинсларда коагуляция ва пептизация ҳодисаси

Коллоид химиядан маълумки, ҳар бир коллоид зарра, шу жумладан, гил коллоидлари икки ҳолда — золь ва гель ҳолида бўлиши мумкин. Золь ҳолдаги коллоид суюқ муҳитда бўлиб, тўхтовсиз ҳаракат қилади. Гель ҳолдаги коллоид, аксинча бир неча зарралар йиғиндисидан иборат ёпишқоқ қуйқа ҳолида бўлиб, суюқ муҳитда осон чўқади, яъни маълум бир шароитда

коллоид зарралар бир-бирига бирикиб, ўзида йирик, мураккаб зарраларни ҳосил қилади. Бу зарралар агрегат зарралар деб аталади. Коллоидларнинг, шу жумладан, зарраларнинг бундай усулда катталашишига коагуляция ҳодисаси дейилади. Натижада эритмада коллоидлар бирикиб чўкма ҳосил қилади. Табиий факторлар таъсирида шароит ўзгариши туфайли агрегатлар бузилиб, коллоид зарраларга парчаланиб кетиши мумкин. Бу процессга, яъни коагуляциянинг тескарисига пептизация ҳодисаси дейилади.

Коагуляция ҳар хил табиий факторлар таъсирида ҳосил бўлади. Шунга кўра бу ҳодиса электролитли коагуляция, ўзаро таъсир коагуляцияси, музлаш коагуляцияси ва қуриш коагуляцияси каби турларга бўлинади.

**Электролитли коагуляция** амалий жиҳатдан катта аҳамиятга эга. Коллоидлар коагуляцияси, асосан, коллоидлар билан электролитлар таъсирида вужудга келади. Эритмада электролитлар концентрацияси ошиши туфайли электролитли коагуляция ҳосил бўлади. Электролит концентрациясининг ошиши натижасида эритмада дзета — потенциал жуда пасайиб кетади, натижада коагуляцияга яхши шароит туғилади.

Маълумли жинсининг суюқ фазасида туз, кислота ва ишқорлар бўлади. Булар ( $\text{CaCl}$ ,  $\text{NaOH}$  ва бошқалар) сувда эриган ҳолда диссоциация қонунига мувофиқ ҳар хил зарядли ионларга, яъни мусбат зарядли катионларга ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Na}^{+}$  ва бошқалар) ва манфий зарядли анионларга ( $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{OH}^{-}$  ва бошқалар) парчаланadi.

Бир хил зарядли коллоид ва ионлар бир-бирини итаради, ҳар хил зарядли коллоидлар ва ионлар эса бир-бирини тортади. Натижада мусбат ёки манфий зарядли ионлар билан тўқнашган қарама-қарши электр зарядли коллоид мицелла нейтралланади ва бошқа коллоид мицелла томонидан тортиб олинади. Бу ҳодиса кўпинча мусбат зарядли ионлар ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{H}^{+}$  ва бошқалар) ҳисобига содир бўлади. Чунки гил коллоидларининг кўпчилиги манфий зарядли ацидоид мицеллалардан иборатдир. Демак, жинсдаги коагуляция процесси, асосан, катионларнинг таъсир этиши натижасида вужудга келади.

Коагуляция ва пептизация ҳодисасининг тезлиги ва характери бу процессда иштирок этаётган электролитларнинг валентлигига ва коллоиднинг турига ҳамда жинсининг гранулометриқ таркибига боғлиқ. Бунда минерал коллоидлар органик коллоидларга нисбатан реакцияга тезроқ киришади, шунингдек, бир валентли катионлар ( $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{H}^{+}$  га қараганда, икки ва кўп валентли катионлар ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Fe}^{+++}$ ) активроқ иштирок этади.

Коагуляция процессининг тезлиги эритма таркибида водород ( $\text{H}^{+}$ ) ва гидроксил ( $\text{OH}^{-}$ ) ионлари бўлишига ҳам боғлиқ. Агар эритмада озгина водород ( $\text{H}^{+}$ ) бўлса, коагуляция процесси кучаяди, аксинча ( $\text{OH}^{-}$ ) нинг бўлиши бу процессни сусайтиради.

Коллоидлар коагуляцияси қайтадиган бўлади, яъни бириккан коллоидлар табиат факторлари таъсирида ажралиб кетиши ва ажралмаслиги мумкин. Бу асосан таъсир этаётган катионларнинг валентлилигига боғлиқ. Бир валентли катионлар ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{H}^+$ ) таъсирида вужудга келган агрегатлар осонлик билан ажралиб кетади. Буни қайтадиган коагуляция дейилади. Икки ва кўп валентли ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Fe}^{+++}$  ва бошқалар) катионлар таъсирида пайдо бўлган агрегатлар эса жуда қийин ажралади ёки мутлақо ажралмайди. Буни қайтмайдиган коагуляция дейилади.

Шундай қилиб, қарама-қарши зарядланган ионларгина коагуляцияловчи таъсирларини кўрсатади. Бундай ионларни коагулятор ҳосил қилувчи ионлар ёки коагуляторлар дейилади. Коагуляция ҳосил қилмовчи, яъни зарра билан бир хил зарядга эга бўлган ионларни стабилизатор ёки пептизатор ионлар деб аталади.

Табиатда электролитли коагуляция кенг тарқалган. Бунга дарё сувларидан оқиб келган коллоидларнинг денгиз ва океанлар тубига чўкиши мисол бўла олади.

Баҳор пайтида дарёлар эриган қор ва музлар ҳисобига тўлиб оқади, бунда электролитлар, яъни тузлар оз бўлади. Тошқин даврида сув дарё ўзанидаги ва қирғоғидаги тоғ жинсларини ювади, натижада сув кучли лойқаланади. Лойқа дарё суви билан денгизга қуйилади. Денгиз суви шўр, унда электролит кўп, бунда зарралар (коллоидлар) бир-бири билан бирикиб катталашади ва денгиз тагига чўқади, сув тиниқлашади. Денгиз сувининг шўрлиги қанчалик юқори бўлса, коагуляция шунчалик тез бўлади. Бунинг натижасида дарёнинг денгизга қуйиладиган жойида каттагина қалинликда балчиқ қатлами ҳосил бўлади. Дарёнинг бу қисмини ҳозирги замон дельтаси деб аталади.

**Ўзаро коагуляция.** Тоғ жинсларининг нураши ва тупроқ ҳосил бўлиши процессида ҳар хил электр зарядга эга бўлган коллоид зарралар вужудга келади. Темир ва алюминий гидроксидлари одатда мусбат зарядланган бўлиб, иккиламчи минераллар манфий зарядланган бўлади. Қарама-қарши зарядланган зарраларнинг бир-бирига яқинлашиши натижасида коагуляция ҳодисаси рўй беради, натижада мураккаб таркибли агрегатлар ҳосил бўлади.

Ўзаро коагуляция ҳам табиатда жуда кенг тарқалган. Бунинг натижасида ернинг энг устки қисмида тупроқнинг иллювиал қатлами ҳосил бўлади.

**Тоғ жинсларининг музлаш пайтидаги коагуляция.** Коллоидли эритма ёки гил музлаётганда ҳам коллоид зарраларнинг бир-бири билан бирлашиши, яъни коагуляция ҳодисаси содир бўлади. Музлаш даврида эритманинг концентрацияси секин-аста оша боради, натижада коагуляция ҳодисаси вужудга келади. Эритмада муз кристаллари ҳосил бўлиши бу процессни тезлаштиради, коллоид зарраларни бир-бирига яқинлаштиради ва агрегатларни ҳосил қилади.

Музлаш натижасида ҳосил бўлган коагуляция процессининг амалий аҳамияти жуда катта. Бу агрегатлар тупроқ намлигини узоқ сақлашга имкон туғдиради. Бунга сабаб шуки, тупроқнинг энг устки қисмида агрегатлар ҳосил бўлиб, улар тупроқ аэрациясини тезлаштиради, яъни тупроқнинг устки қисмидаги сувлар тезда буғланиб, унинг устида қаттиқ пўстлоқ ҳосил бўлади. Бу пўстлоқ остида тупроқнинг намлиги анча вақтгача сақланиб туради.

**Тоғ жинсларининг қуриши пайтидаги коагуляция** уларнинг иссиқликда қуришидан ҳам ҳосил бўлади. Аммо бу коагуляция кам ўрганилган. Кўпчилик олимларнинг фикрича, коагуляциянинг бу тури ҳам жинснинг қуриши вақтида эритмада ионлар концентрациясининг ошиши туфайли ҳосил бўлади.

Бу коагуляциянинг бошқа турларидан фарқи шуки, у ўз ҳолига қайтмас процессдир, яъни қуриган жинснинг намлиги илгариги коллоид ҳолига қайтиб келмайди. Бундан шундай хулоса чиқадики, кўпчилик гиллар қуриганда уларнинг физик хоссалари бирмунча ўзгаради.

**Пептизация ҳодисаси.** Юқоридан маълумки, пептизация — бу агрегатларни ажралиб, майдаланиб олдинги ўз ҳолига қайтиш ҳодисасидир.

Пептизация ҳодисаси коагуляция ҳодисасига қарама-қарши шароит ҳосил бўлгандагина содир бўлади.

Пептизация ҳодисасини сунъий йўл билан ҳам ҳосил қилиш мумкин. Бунинг учун эритмадаги электролит тузлар чиқариб олиниб, натрий ишқори ёки аммиак қўшилади.

Пептизация ҳодисасини сунъий равишда ҳосил қилиш ва уни ўрганиш катта аҳамиятга эга.

Тоғ жинсларининг ҳақиқий гранулометриқ таркибини аниқлашда пептизация ҳодисасидан фойдаланилади. Бунинг учун гранулометриқ таркибни аниқлаш учун тайёрланган гилга аммиак қўшилади.

Пептизация ҳодисаси тоғ жинсларининг сув ўтказувчанлигини камайтиради. Шу сабабли бу ҳодисадан халқ хўжалигида кенг фойдаланилади. Масалан, соз тупроқдан ўтган каналларда сувнинг канал тагига ва ён томонига шимилиб кетишини камайтириш учун пептизация ҳодисасидан фойдаланилади, яъни хлорли натрийни сувга қўшиш билан канал остида ва ёнларида ўзидан сувни ёмон ўтказувчи қатламлар ҳосил қилиш мумкин (академик А. Н. Соколов усули).

#### **4. Гилли жинсларда ўзидан ўтаётган модда ва газларни сингдириш ҳодисаси**

Майда заррали жинслар ўзидан ўтаётган эритма ва газлардаги моддаларнинг бир қисмини ўзида ушлаб қолади. Буни сингдириш (ютиш) ёки сорбция ҳодисаси дейилади. Бундай ҳодиса хилма-хил ва муракаб бўлиб, химиявий, физик-химиявий ва биологик процессларда юз беради. Академик К. К. Гедройц тупроқнинг сингдириш қобилиятини беш хилга: механик, физик,

физик-химиявий, химиявий ва биологик сингдиришларга бўлган. Булардан физик-химиявий сингдириш инженерлик-геологик ишларда муҳим аҳамиятга эга.

Гилли жинс қатламларининг ўзидан ўтаётган сувдаги майда зарраларни ушлаб қолиш қобилиятига механик сингдириш дейилади. Бунда тоғ жинси филтёр хизматини қилади.

Механик сингдириш жинснинг гранулометрик таркибига, структураси, зичлиги ва ғоваклигига боғлиқ. Гил ва чанг зарраларидан иборат жинслар қумли жинсларга нисбатан сувдаги куйқундини ўзида кўпроқ ушлайди.

Тоғ жинси ғовакларидан ушланиб қолган моддалар тоғ жинси билан мустақкам алоқада бўлади, улар зарраларни цементлайди.

Физик сингдиришда газ ва сувда эриган моддалар жинс зарралари устки тортишув энергияси таъсирида ушланиб қолади. Бунда сингаётган модда билан тоғ жинси зарралари орасида химиявий реакция содир бўлмайди, чунки физик сингдириш процессида коллоид зарра юзасига сингган модда молекула ҳолида бўлади. Шунинг учун молекуляр сингдириш деб ҳам аталади.

Физик сингдиришнинг характери ва тезлиги жинснинг гранулометрик таркибига боғлиқ. Сингдириш коллоид зарралар кўп бўлган жинсларда яхшироқ бўлади. Жинсда эриган моддаларни коллоид зарралар молекула ҳолида ўнғайгина сингдирилади.

Физик сингдириш кўпинча механик сингдириш билан бирга бўлади. Масалан, дарё ва канал ўзанлари остида ўзидан сувни секин ўтказувчи юпқа гил қатламлари ҳосил бўлади. Сув омборларига ёки канал сувларига гил ташлаб уларнинг тагида сунъий равишда унинг қатламчаларини ҳосил қилиб сувни шимилиб кетишини камайтириш мумкин.

Физик-химиявий сингдириш тоғ жинси зарраларига сув таъсир қилишидан содир бўлади. Бунда жинс эритмасидаги ҳар хил тузлар ва кислоталар сувли муҳитда диссоциация қонунига кўра катион ва анионларга парчаланadi. Ажралган ионлар ҳар хил зарядли бўлади. Масалан,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$  ва  $\text{HCl}$  молекуласининг парчланишидан  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{H}^+$  катионлари ва  $\text{NO}^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{Cl}^-$  анионлари ажралади. Маълумки, коллоид зарраларининг деярли ҳаммаси манфий зарядланган бўлади. Ажралган ионлар билан коллоидлар орасидаги ўзаро таъсирдан катионлар зарраларга сингади. Эритмадаги ионларнинг баъзилари сингиш натижасида йўқолади ва булар ўрнига эквивалент миқдорда тенг бўлган бошқа ионлар ҳосил бўлади. Бундай процессга физик-химиявий сингдириш дейилади.

Физик-химиявий сингдириш туфайли катионлар коллоидлар юзасида маҳкам ушланиб турса ҳам, улар ажралаб чиқиб, жинс эритмасидаги моддалар билан реакцияга киришади. Шунинг учун физик-химиявий сингдириш ионли ўрин алмашиш адсорбцияси деб аталади.

Сингдириш ҳодисаси катионларга нисбатан яхши, анионларга нисбатан эса жуда кам ўрганилган.

Тупроқда ионларнинг алмашилиш реакциясини биринчи бўлиб, академик К. К. Гедройц ўрганиб, бу ҳодисанинг ўзига хос қонуниятларини аниқлади. У бу процесснинг асосий сабаби зарра юзасидаги электрик зарядлар деб ҳисоблайди. Зарраларнинг катталиги 0,005 мм дан кичик бўлган жинсларда бу ҳодиса кучли бўлар экан, чунки бундай жинсларда юза энергияси катта бўлади. Шу сабабли жинс таркибидаги 0,005 мм дан кичик бўлган зарралар сингдирувчи комплекс деб аталади (К. К. Гедройц).

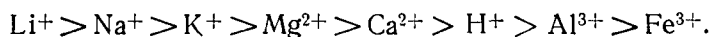
Тоғ жинси таркибидаги алмашилишга лаёқатли ионлар йиғиндисига сингиш сиғими ёки алмашилиш сиғими дейилади. Сингиш сиғими 100 г абсолют қуруқ ҳолда олинган тоғ жинси учун миллиграмм — эквивалент ҳисобида ифодаланadi. Сингиш сиғими кўпчилик жинсларда 60 мг. экв. атрофида бўлиб, баъзи жинсларда 100 мг. экв гача боради. (Е. Г. Чаповский, 1975). Жуда майда зарралардан ташкил топган бетонит гили юқори сингдириш хусусиятига эга.

Алмашилиш процессида ҳамма катионлар бир хил тезликда ҳаракат қилмайди. Тажрибалар шуни кўрсатадики, баъзи катионлар бошқа ионларни тез, баъзилари эса секин сиқиб чиқаради. Бунда уч валентли катионлар жуда актив, бир валентлилар жуда пассив бўлади. Бундан водород мустаснодир, унинг активлиги икки валентли катионларникига нисбатан ҳам анча юқоридир.

Энергияни сингдириш бўйича энг кўп тарқалган катионларнинг жойланиш қатори қуйидагича бўлади:



Бу қатордаги ҳар бир актив катионлар эритмадан активлиги паст бўлган катионни сиқиб чиқариши мумкин. Энергияни чиқариш бўйича катионларнинг жойланиши юқоридагига тескари ҳолда бўлади:



Табиатда гилли жинслар  $H^+$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  катионларидан бирига тўйинган бўлади. Шунга кўра уларнинг номлари олдига шу катионнинг номи қўйиб ёзилади. Масалан, натрийли гил (бетонит), кальцийли гил ва ҳоказо.

Табиатдаги кўпчилик тупроқ ва унинг остидаги гил қатламларида кальций ионлари кўпинча сингдирилган ҳолда учрайди. Бу эса сувда кальций тузининг кўплигидан далолат беради. Бир валентли катионлар ичида натрий кўпинча сингдирилган ҳолда, асосан денгизда ҳосил бўлган чўкинди жинсларнинг суви эритмасида учрайди. Водород иони эса континентал шароитда доимий оқар сувлар таъсирида ҳосил бўлган кам тузли чўкинди жинсларда учрайди.

Гилли жинсларда алмашиниш тезлиги уларнинг минералогик ва гранулометрик таркибига боғлиқ. Зарралари кичиклашган сайин уларнинг сингдириш сифими ортиб боради.

Бирламчи минералларнинг коллоид зарраларида иккиламчи минералларникига нисбатан алмашиниш процесси секин боради.

Сингиш миқдорига реакция муҳити ҳам катта таъсир кўрсатади. Масалан, водород ионлари эритмалардан катионларнинг сингдирилишига тўсқинлик қилади. Агар эритмада рН юқори бўлса, тўсқинлик камаяди ва аксинча, оз бўлса, тўсқинлик кўпаяди. Бунга сабаб эритмада рН нинг озайиши натижасида бошқа катионларга нисбатан водород ионининг тоғ жинсидаги алмашиниш қобилияти камаяди ва рН нинг ошиши туфайли кўпаяди.

Алмашиниш қобилияти ва интенсивлиги тоғ жинсининг ҳароратига ҳам боғлиқ. Тоғ жинсини 40°C дан юқори температурада қиздирилса, катионларнинг алмашиниш процесси сусаяди. Тоғ жинсига таъсир этувчи эритма концентрациясининг ошиши ҳам ионларнинг алмашинишини тезлаштиради.

Алмашиниш қобилияти тоғ жинси структурасига ҳам боғлиқ. Структураси бузилмаган жинсларда алмашиниш процесси бузилганига нисбатан секин боради.

Тупроқнинг унумдорлигини аниқлашда, нефть маҳсулотларини тозалашда, сувларни тузсизлантиришда, тоғ жинсларининг нурашини ва физик-механик хоссаларини аниқлашда, айниқса қурилиш ва бошқа мақсадлар учун грунтнинг мелiorатив ҳолатини яхшилашда физик-химиявий алмашиниш ҳодисаси батафсил ўрганилади.

Алмашинаётган катионларнинг таркиби гилли жинсларнинг физик ҳолати (пишиқлигига) ва инженерлик-геологик хоссаларига кучли таъсир кўрсатади. Масалан, алмашиниш процесси каолинли гилларга нисбатан монтмориллонитли гилларнинг инженерлик-геологик хоссаларига кучли таъсир этади. Гилли жинсларнинг инженерлик-геологик хоссаларига алмашиниш сифимидан ташқари алмашинаётган катионларнинг таркиби ҳам кучли таъсир этади. Масалан, тоғ жинси таркибига сингаётган натрий ва кальций ионлари унга ҳар хил таъсир кўрсатади: натрий иони сингиган тоғ жинсининг сув ўтказувчанлиги, ташқи кучга қаршилиги ва чидамлилиги кам, кўпчиши, пластиклиги ва эриши кўп, агар жинс кальций ионига тўйинса, бунинг тескариси бўлади.

## 5. Гилли жинсларда тиксотроп ҳодисаси

Агар коллоид зарралардан ташкил топган, намлиги анча юқори бўлган жинсларга механик куч (силкитиш, аралаштириш) таъсир қилса, у бирдан пластик ҳолдан суyoқ ҳолга ўтади. Бунга тиксотроп ҳодисаси дейилади. Бу ҳодиса электр токи, тебранма куч, ультра товуш тўлқинлари таъсирида ҳам сунъий равишда ҳосил бўлиши мумкин. Суyoқ ҳолга келган масса маъ-



лум вақт ўтгандан сўнг олдинги қуюқ пластиклигига қайтади. Қайтиш вақти бир неча секунддан бир неча суткагача давом этади. Тоғ жинсининг ўз ҳолига қайтиши учун кетган вақт қанча оз бўлса, у тиксотроп процессига шунчалик тез учрайдиган бўлади.

Тиксотроп ҳодисаси таркибида гил зарралари кўпроқ бўлган майда донали денгиз ва дарё қумларида кўп учрайди. Юқори намликка эга бўлган бундай қум қатлами устида одам юриб, бир оз тебранса ёки сакраса, оёқ остидаги қум суюлиб оёқ қумга ботиб кетади ва бир оз вақт ўтгандан сўнг яна ўз ҳолига қайтади. Бу ҳодиса тоғ жинсининг гранулометрик таркибига, зарралар формасига, эритманинг таркибига, электролит ҳосил қилувчи тузлар концентрациясига ҳамда зарра атрофидаги гидрат қобиғининг қалинлигига ва сувнинг температурасига боғлиқдир.

Гидрофилли гилли минераллардан ташкил топган монтмориллонит группасига кирувчи гилларда тиксотроп ҳодисаси кучли каолинит группасига кирувчи гилларда эса кучсиз бўлади. Бу ҳодиса ҳали яхши ўрганилмаган. Олимлардан П. А. Ребиндер, Б. В. Дерягин (1946) ва бошқалар бу ҳодиса ҳақида бир қанча фикрларни айтдилар. Е. М. Сергеевнинг (1968) фикрича, бу ҳодиса зарра атрофидаги бўш боғланган сувларнинг эркин сувга айланиши натижасида содир бўлади. Бунда зарраларнинг ўзаро боғланиши бузилади ва жинс суюқ ҳолга айланади. Ташқи куч таъсири йўқолгандан сўнг сув яна зарралар билан ўзаро боғланиб, тоғ жинсини мустаҳкамлайди.

Тиксотропик ҳодисани ўрганиш грунтшунослик фанининг асосий вазифаларидан бири ҳисобланади, чунки бу ҳодисани ўрганиш инженерлик-геологик нуқтаи назардан муҳим аҳамиятга эга. Свайли фундаментларни қуришда, бурғу қудуқлари қазихда, шахта ишларида тиксотроп ҳодисаси катта тўсқинлик кўрсатади. Темир йўл замини поезд юрганда ўпирилиб кетади, тоғ ёнбағирларида сурилишлар содир бўлади. Бу ҳодисанинг турлари ва уларга қарши тадбирлар ҳақида ушбу қўлланманинг II қисмида батафсил тўхталиб ўтамиз.

## **Х БОБ. ТОШҚОТГАН ВА ЯРИМ ТОШҚОТГАН ЖИНСЛАРНИНГ ФИЗИК-МЕХАНИК ХОССАЛАРИ**

Тошқотган жинсларга кам нураган магматик ва метаморфик жинслар, ярим тошқотган жинсларга эса зичланган ва кристалланган чуқинди жинслар (шағалтош, қумтош, оҳактош ва бошқалар) киради.

Тоғ жинсининг ташқаридан таъсир этувчи механик кучга қаршилиқ кўрсатиш қобилияти физик-механик хоссаси деб аталади.

Тоғ жинслари физик-механик хоссаларига уларнинг деформацияланиши (сиқилиши), пишиқлиги ва реологиклиги киради.

Тоғ жинсининг физик-механик хоссалари унинг ҳосил бўлиши, минералогик таркиби ва дарзлилик даражасига, тошқотган жинсларнинг физик-механик хоссалари эса уларнинг нураганлик даражасига боғлиқдир.

## 1. Тошқотган ва ярим тошқотган жинсларнинг деформацияланиши

Тоғ жинсининг ташқи куч таъсирида ўз шаклини ўзгартиришига деформацияланиш дейилади. Деформацияланиш уч турга: I — эластик; II — пластик; III — бузилиш деформациясига бўлинади.

Тоғ жинсининг ташқи куч таъсирида ўз шаклини ўзгартириб куч таъсири йўқолиши билан дастлабки ҳолатига қайтиш хусусияти унинг эластиклиги дейилади. Бундай деформацияни эластик деформация деб аталади.

Ташқи куч таъсирида ўз шаклини ўзгартириб, куч таъсири йўқолганда бу шаклни сақлаб қолиши тоғ жинсининг пластиклиги, деформацияни эса пластик деформация деб аталади.

Эластик деформация тошқотган ва ярим тошқотган жинслар учун, пластик деформация эса чўкинди жинслар учун характерлидир. Кучли нураган мўрт тошқотган ва ярим тошқотган жинсларда ҳам пластик деформация содир бўлади.

Тоғ жинсини деформациялантирувчи босим ҳар бир сантиметр квадрат юзага тушаётган куч интенсивлиги ( $p$ ) қуйидаги формула орқали аниқланади:  $P = \frac{Q}{F}$  кгк/см<sup>2</sup>, бунда:  $Q$  — тоғ жинсига таъсир этаётган куч, кг ҳисобида;  $F$  — куч таъсир этаётган юза, см<sup>2</sup>.

Тоғ жинси эластик ва пластик деформацияланишининг чегараси бўлади. Бу чегара унга таъсир этаётган ташқи куч миқдори билан ифодаланади ва у куч критик босим деб аталади ( $p_k$ ).

Тоғ жинсига таъсир этаётган ташқи куч миқдори критик босимдан ошиб кетса, бузилиш деформацияси намоён бўлади, тоғ жинси яхлитлиги бузилиб майдаланади ва эзилади.

Ташқи куч таъсирдан тоғ жинсида содир бўладиган деформация турларини билиш, бир хил деформациядан иккинчи хил деформацияга ўтиш босқичларини ўрганиш критик босимни аниқлашда катта роль ўйнайди. Критик босимни аниқлаш эса қурилиш ишларида муҳим аҳамиятга эга. Агар иморат ёки иншоот оғирлиги таъсирида заминда ҳосил бўлган босимнинг миқдори критик босимдан ошиб кетса, замин остидаги жинс қаттиқ сиқилади, унинг бир бутунлиги бузилиб, иморат бирдан чўқади, яъни деформацияланади.

Тоғ жинсининг деформацияланиш тезлиги унинг генетик хилига, таъсир этаётган кучнинг миқдори ва характериға боғлиқдир.

Таъсир этувчи ташқи кучлар характериға кўра икки турга — статик ва динамик кучларға бўлинади.

Тинч ва осойишта таъсир этадиган куч — статик куч, тебратиб, силкитиб таъсир қиладиган куч эса динамик куч деб аталади.

Тошқотган ва ярим тошқотган жинслар асосан статик куч таъсирида деформацияланади, динамик куч таъсиридан эса жуда оз деформацияланади. Тоғ жинсига таъсир этаётган ташқи кучга унинг ичида шу кучга қарама-қарши йўналган ва унга тенг, баъзан ундан кичик қаршилик кучи — кучланиш ҳосил бўлади. Уни  $\sigma$  билан белгилаб, кгк/см<sup>2</sup> да ифодаланади.

Кучланиш иморат ёки иншоот оғирлиги таъсирида вужудга келади. Иншоот фундаменти ерга тегиб турган жойда кучланиш максимал қийматга эга бўлиб, пастга томон камайиб болади.

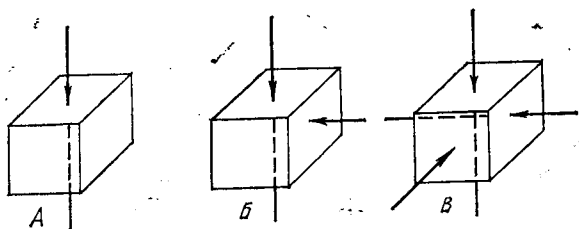
Жинснинг деформацияланиш хоссаси қуйидаги кўрсаткичлар билан ифодаланади: деформация модули  $E_1$ , Пуассон коэффициенти  $\mu$ , силжиш модули  $G$  ва ҳажм сиқилиш модули. Буларнинг асосийлари ҳақида батафсил тўхтаб ўтамиз.

Босим остида грунтнинг деформацияланиши ҳар хил шароитда: ён томонлари очиқ, энига кенгайиши мумкин бўлган ҳолда (31-расм, А), икки (31-расм, Б) ва уч томонига (31-расм, В) босим таъсир қилган ҳолда аниқланади. Биринчи ҳолдаги аниқлашни бир ўқ бўйлаб иккинчисини икки ўқ бўйлаб, учинчисини уч ўқ бўйлаб сиқиш дейилади. Иморат ва иншоот заминидаги тоғ жинсларининг деформацияланишини моделлаш усули билан махсус компресслаш асбобларида статик ёки динамик кучлар таъсирида аниқланади.

Тоғ жинси бир ўқ бўйлаб сиқилганда (31-расм, А) деформацияланиш ҳисобига унинг баландлиги кичиклашади (32-расм), буни ( $\Delta l$ ) жинснинг бўйига томон абсолют деформацияланиши дейилади ва қуйидагича аниқланади:

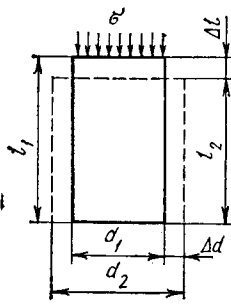
$$\Delta l = l_1 - l_2,$$

бунда:  $\Delta l$  — жинснинг бўйига томон абсолют деформацияланиши, мм;  $l_1$  — жинснинг ташқи куч таъсир этмасдан олдинги бошланғич баландлиги, мм;  $l_2$  — жинснинг деформациялангандан кейинги баландлиги, мм.



31-расм. Жинсларнинг ташқи куч таъсирида сиқилиши схемаси:

А—бир ўқ бўйлаб; Б—икки ўқ бўйлаб; В—уч ўқ бўйлаб.



32- расм. Жинсларнинг бир ўқ бўйлаб сиқилгандаги деформацияланиши схемаси.

Абсолют деформация  $\Delta l$  нинг бошланғич баландлик  $l_1$  га нисбати шу тоғ жинсининг бўйига томон нисбий деформацияси дейилади ва қуйидагича ифодаланади:

$$l = \frac{\Delta l}{l_1},$$

бунда:  $l$  — жинсининг бўйига томон нисбий деформацияси. Бир ўқ бўйлаб деформацияланаётган жинсининг бўйи қисқариши билан баъзан унинг эни кенгаяди: кенгайиш миқдори  $\Delta d$  жинсининг энига кўра абсолют деформацияси дейилади:

$$\Delta d = d_1 - d_2,$$

бунда:  $\Delta d$  — жинсининг энига томон абсолют деформацияси, мм;  $d_1$  — жинсининг ташқи куч таъсир қилмасдан олдинги бошланғич эни, мм;  $d_2$  — жинсининг деформациялангандан кейинги эни, мм.

Энига томон абсолют деформация  $\Delta d$  нинг бошланғич энига нисбати тоғ жинсининг энига томон нисбий деформацияси дейилади ва у қуйидагича ифодаланади:

$$l' = \frac{\Delta d}{d_1},$$

бунда:  $l'$  — жинсининг энига томон нисбий деформацияси.

Тоғ жинсининг энига томон нисбий деформацияси  $e'$  нинг бўйига томон нисбий деформацияси  $e$  га нисбати Пуассон коэффициенти  $\mu$  дейилади:

$$\mu = \frac{l'}{l}.$$

Пуассон коэффициенти тоғ жинсларининг ташқи куч таъсирида сиқилиши ва кенгайишини кўрсатувчи асосий деформацияланиш кўрсаткичлардан бири ҳисобланади ва унинг қиймати 0,1 дан 0,4 гача бўлади. Бу коэффициентнинг миқдори қанча катта бўлса, жинс кучли деформацияланувчи бўлади (16-жадвал).

Жадвалдан маълумки, тоғ жинсларининг ташқи куч таъсиридан деформацияланиши ҳар хил бўлиб, жинсининг хилига, минералогик таркибига, зичланганлик даражасига ва дарзлилигига боғлиқ.

Шуни айтиш керакки, ҳар қандай тоғ жинси (магматик, метаморфик) идеал эластиклик хусусиятига эга эмас. Бунга сабаб, тоғ жинси орасида микродарзлар ва микроғовакликлар бўлишидир. Шу сабабли кўпчилик магматик ва метаморфик жинсларда икки хил эластик ва ноэластик деформациялар номён бўлади. Бу икки хил деформация йиғиндиси — умумий деформация деб аталиб қуйидагича ифодаланади:

$l_{\text{общ}} = l_{\text{обр}} + l_{\text{осм}}$ , бунда:  $l_{\text{общ}}$  — умумий деформация;  $l_{\text{осм}}$  — ноэластик деформация;  $l_{\text{обр}}$  — эластик деформация.

Тошқотган ва ярим тошқотган жинсларнинг эластиклик хусусиятлари  
характеристикаси (В. Д. Ломтадзе, 1970)

Тог жинслари	Эластиклик модули, $10^4$ кгк/см <sup>2</sup>	Пуассон коэффици- енти
Гранит	30—68	0,15—0,30
Сиенит	50—88	0,14—0,26
Габбро	60—125	0,11—0,38
Диабаз	80—110	0,26—0,38
Базальт	20—100	0,20—0,23
Мармар	35—97	0,15—0,27
Кварцит	50—85	0,13—0,26
Гранитли гнейс	17—50	0,20—0,32
Доломит	30—80	0,25—0,27
Зичланган оҳақтош	25—75	0,25—0,33
Зичланмаган оҳақтош	7—15	0,30—0,36
Мергель	15—46	0,30—0,40
Зичланмаган қумтош	30—72	0,15—0,25
Зичланмаган қумтош	6—20	0,22—0,30

Эластик деформация ўз навбатида икки хилга: шартли бирдан ҳосил бўлиб йўқолувчи ва узоқ давом этувчи эластик деформацияларга бўлинади:  $l_{обр} = l_{гн} + l_{уп}$   
бунда:  $l_{гн}$  — шартли бирдан ҳосил бўлувчи эластик нисбий деформация;  $l_{уп}$  — узоқ давом этувчи эластик деформация. Демак, умумий деформация қуйидагича ифодаланади:

$$l_{общ} = l_{гн} + l_{уп} + l_{ост.}$$

Ташқи босим таъсирида ҳосил бўлган кучланишнинг деформацияга нисбати шу жинснинг деформация модули дейилади ва у Гук қонунига кўра қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$\sigma = E \cdot l \frac{\text{кгк}}{\text{см}^2}; \quad E = \frac{\sigma}{l} \frac{\text{кгк}}{\text{см}^2},$$

бунга:  $E$  — деформация модули;  $\sigma$  — кучланиш;  $l$  — нисбий деформация.

Деформация модули ўз навбатида эластик деформация модули  $E_y$  ва умумий деформация модули  $E_{общ}$  га бўлинади.

Босим таъсирида ҳосил бўлган кучланишнинг эластик деформацияга нисбати эластик деформация модули дейилади ва қуйидагича ифодаланади:

$$E_y = \frac{\sigma}{l_{обр}} \frac{\text{кгк}}{\text{см}^2}.$$

Босим таъсирида ҳосил бўлган кучланишнинг умумий деформацияга нисбати умумий деформация модули дейилади ва қуйидагича аниқланади:

$$E_{общ} = \frac{\sigma}{l_{общ}} \frac{\text{кгк}}{\text{см}^2}.$$

Тенгламалардан маълумки, умумий деформация эластик деформациядан катта, яъни  $l_{обш} > l_{обр}$ , шунга кўра  $E_y > E_{обш}$  бўлади. Тўғри чиқиқли деформацияланувчи материалларда (темир ва бошқалар) эластиклик деформация модули доимо умумий деформация модулига тенг бўлади.

Текширишлар (Беликов, Никитин, 1962 ва бошқалар) натижасида динамик куч таъсирида ҳосил бўлган деформация модули эластик деформация модулидан катта эканлиги аниқланди:

$$E_d > E_y,$$

бунда:  $E_d$  — динамик эластиклик модули. Демак, магматик ва метаморфик тоғ жинслари статик кучга қараганда динамик куч таъсирида кўпроқ деформацияланар экан.

Шундай қилиб, ташқи кучнинг узоқ таъсир этиши туфайли тош қотган ва ярим тош қотган жинсларда деформация модули уч хилга бўлинади, яъни динамик эластиклик модули; статик эластиклик модули; умумий деформация модули. Булар орасидаги боғланиш қуйидагича бўлади:

$$E_d > E_y > E_{обш}$$

Иморат ва иншоотларнинг статик куч таъсирида чўкишини аниқлашда статик эластиклик модулидан, бирдан динамик куч таъсир қиладиган иншоотларнинг чўкишини аниқлашда динамик эластиклик модулидан фойдаланилади. Умумий деформация модулидан эса деформация модуллари орасидаги бир-бирига боғлиқликни ифодалашда фойдаланилади.

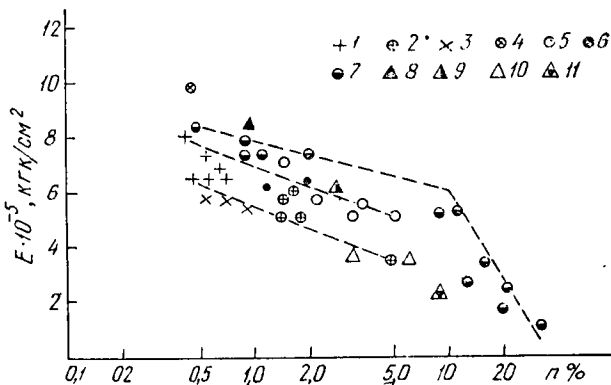
Деформациянинг бошқа хиллари қуйидаги формулалар орқали топилади:

$$\begin{aligned} K &= \frac{E}{3(1-2\mu)} = \frac{EG}{3(3G-E)}; & K &= \frac{P_0}{\theta}; \\ G &= \frac{E}{2(1+\mu)} = \frac{9 \cdot K - E}{3 \cdot K \cdot E} & G &= \frac{\tau}{\gamma}; \\ E - \frac{9 \cdot K \cdot G}{3 \cdot K + G} &= 3K(1-2\mu); & E &= \frac{\sigma}{\epsilon}; \\ \mu - \frac{E}{2G} - 1 &= \frac{3 \cdot K - E}{6 \cdot K}; & \mu &= \frac{l^1}{l} \end{aligned}$$

бунда:  $E$  — деформация модули;  $\theta$  — ҳажм нисбий деформацияси;  $K$  — ҳажм сиқилиш модули;  $P_0$  — гидростатик босим;  $G$  — силжиш модули;  $\mu$  — Пуассон коэффициенти;  $\tau$  — уринма кучланиш;  $\gamma$  — силжиш деформацияси.

## 2. Тоғ жинсининг деформацияланишига таъсир этувчи факторлар

Тошқотган ва ярим тошқотган жинсларнинг минералогик таркиби, ғоваклилиги, дарзлилиги, ётиш ҳолати ва температураси уларнинг деформацияланишига катта таъсир кўрсатади.



33-расм. Қаттиқ жисмларда таркиб ва ғовакликнинг эластикликка таъсирини ифодаловчи график:

1—мигматит ва гранитоидлар; 2—битта—ярымта учрайдиган гранитлар; 3—габбро ва диабазлар; 4—лабродоритлар; 5—темирли кварцитлар; 6—қумтошлар ва кварцитлар; 7—карбонатли жинслар; 8—асосий эффузивлар; 9—ўрта эффузивлар; 10—бордон эффузивлар; 11—туфлар ва туфобрекчилар

Тоғ жинсларининг эластиклик хусусиятлари жинс ҳосил қилувчи минералларнинг эластиклик константларига боғлиқ. Корунд, пирит, гранат, магнетит, гематит, жадеит, оливин, циркон каби минералларнинг эластиклик модули баъзан пўлатниқидан ҳам юқори ( $2 \cdot 10^6$  кг/см<sup>2</sup>). Бундан кейинги ўринда диопсид, эпидот, авгит, шох алдамчиси, флюорит ва апатит каби минераллар туради. Чўқинди жинсларда кўп тарқалган кварц, дала шпати, слюда, кальцитлар ўртача эластикликка эга.

Минералогик таркибнинг эластикликка таъсирини ғоваклилиги  $n < 1\%$  бўлган жинсларда яққол кўриш мумкин (33-расм). Графикдан маълум бўлишича, эластиклик константи юқори бўлган минераллардан ташкил топган жинсларнинг эластиклик модули ҳам юқори бўлади. Масалан, мигматит, гранит, габбро, диабаз, лабродорит, темирли кварцит ва бошқалар. Графикдан яна шу нарса маълумки, жинснинг ғоваклилиги ортиши билан унинг эластиклик хусусияти камайди. Ғоваклилик 5% ортгандагина у жинсларнинг эластиклигига таъсир кўрсатади.

Шуни ҳам айтиб ўтиш керакки, ғоваклилиги жуда оз баъзи метаморфик жинсларнинг эластиклик модули шу жинсни ташкил этувчи минералларнинг эластиклик модулидан юқори бўлади. Масалан, кристалланган мармарнинг эластиклик модули ( $10,57 \cdot 10^5$  кг/см<sup>2</sup>) шу жинсни ташкил этувчи кальцитниқидан ( $8,45 \cdot 10^5$  кг/см<sup>2</sup>) ортиқ. Бунинг сабаби мармарнинг зичлиги ( $2,85$  г/см<sup>3</sup>) кварцитниқидан ( $2,71$ ) ортиқлиги. Бундан ташқари мармар таркибида темирли аралашмалар мавжудлигидир.

Тоғ жинсларининг эластик хоссасига уларнинг дарзлилиги ҳам катта таъсир кўрсатади. Дарзlilik коэффиценти ортиши билан эластиклик деформация модули ( $E_y$ ) камайиб, умумий деформация ( $l_{обш}$ ) ортиб боради.

Дарзли жинсларнинг умумий деформация модули И. В. Тарасова томонидан тавсия этилган қўйидаги формула орқали аниқланади:

$$E_{\text{общ}} = \frac{E_m}{1 + \gamma}$$

бунда:  $E_{\text{общ}}$  — дарзли жинснинг умумий деформация модули;  $E_m$  — жинс таркибидаги асосий минералнинг деформация модули.

$$\gamma = \frac{[\epsilon \cdot \Pi]}{a \cdot h};$$

$\epsilon$  — текшириш учун олинган намуна блоклари орасидаги ёриқнинг кенглиги,  $h$  — блоклар йиғиндисининг умумий баландлиги,  $a$  — блоклар орасидаги бир-бирига тегиб турган жойнинг нисбий юзаси.

Тўхтагул гидроузелидаги оҳактошдаги нисбий юза  $\alpha = 3 \cdot 10^{-4}$   $6 \cdot 10^{-4}$  ёки 0,03—0,06% ни ташкил этади. И. В. Тарасованинг аниқлашига кўра  $\alpha > 2\%$  бўлганда, жинсдаги ёриқлар унинг деформация модули камайишига таъсир кўрсатмайди. Бундай дарзликка эга бўлган оҳактош магматик жинслар каби эластик деформацияга эга бўлади.

Нураш процесси натижасида тоғ жинсларида нураш ёриқлари ҳосил бўлиб, жинснинг деформацияланиш хоссалари ўзгаришига катта таъсир кўрсатади. Шу сабабли магматик жинсларнинг деформацияланиш ва пишиқлик хоссалари уларнинг нураганлик даражасига боғлиқ (17-жадвал).

17-жадвал

Йирик донатор гранитларнинг физик-механик хоссаларига нураш процессининг таъсири (Б. П. Беликов, 1961)

Жинслар	Чуқурлиги, м	$\Delta$ г/см <sup>3</sup>	n, %	$\sigma_{\text{сж}}$ кгк/см <sup>2</sup>	Модуль 10–5 кгк/см <sup>2</sup>	
					умумий деформация, $E_{\text{общ}}$	эластик деформация, $E_y$
Нураган гранит	0	2,54	3,07	1130	0,90	1,61
Нураш таъсир қилган гранит	15	2,61	1,33	145,0	2,34	2,94
Дарзли гранит	3,0	2,69	1,07	1800	4,39	4,70
Монолит ҳолдаги гранит	17,0	2,67	0,98	2390	4,92	5,14
Монолит ҳолдаги гранит	49,0	2,61	0,63	2400	5,97	5,97



## Тошқотган чўкинди жинсларнинг деформация модулига босим йўналишининг таъсири (Руппенейт, 1956)

Тоғ жинслари	Деформация модули, кгк см <sup>2</sup>		Ўзгаринг коэффициенти	$E_{\parallel}$ $E_{\perp}$ (ўртача)
	Ўтиш чизигига параллел $E_{\parallel}$	Ўтиш чизигига перпендикуляр $E_{\perp}$		
Йирик дондор кумтош	160000—400000	145000—435000	4—20	1,0
Ўртача дондали кумтош	250000—330000	240000—310000	2—5	1,2
Майда дондор кумтош	270000—460000	250000—430000	1—18	1,2
Алевролит	80000—280000	60000—270000	6—48	1,5

17-жадвалдан маълумки, чуқурлик ортган сайин жинснинг дарзлиги камаяди ва 49 метрга борганда деформация модули эластиклик модулига тенг бўлади.

Тошқотган чўкинди жинсларнинг табақаланганлиги ҳам уларнинг деформацияланиш хоссаларига таъсир кўрсатади.

Тошқотган чўкинди жинсларда деформация модули уларнинг табақаланишига ёки ётиш чизигига параллел йўналиш бўйича юқори ва унга перпендикуляр йўналишда паст бўлади (18-жадвал). Чунки тоғ жинсларининг пишиқлиги ётиш чизиқлари бўйлаб катта бўлади, физик-механик ва бошқа хоссалари эса перпендикуляр йўналишда ўзгарувчан бўлади.

### Тошқотган ва ярим тошқотган жинсларнинг механик пишиқлиги

Тоғ жинсларининг ташқи куч таъсирида ҳосил бўлган ички кучланишга қаршилик кўрсата олиш хусусияти уларнинг механик пишиқлиги ёки мустаҳкамлиги дейилади.

Тоғ жинсларининг механик пишиқлиги сиқилиш ( $R_{сж}$ ), чўзилиш ( $R_p$ ), силжиш ( $R_{ск}$ ) ва эгилиш ( $R_{изг}$ ) механик пишиқликларга бўлинади.

Инженерлик-геологик ишларда жинсларнинг сиқилишига механик пишиқлигини ўрганиш муҳим аҳамиятга эга. Чунки иморат ва иншоот заминдаги тоғ жинслари босим таъсирида сиқилади.

Тоғ жинсининг сиқилишига нисбатан пишиқлиги сиқилиш қаршилиги ёки мустаҳкамлик чегараси дейилади ва кгк/см<sup>2</sup> билан ифодаланади. Бу мустаҳкамлик чегараси жинс кўндаланг кесимининг бирлик юзасига тўғри келувчи унинг бир бутунлигини бузувчи максимал босим миқдорини билдиради, яъни:

$$R_{сж} = \frac{P_{разр}}{F} = \frac{\text{кгк}}{\text{см}^2},$$

бунда;  $R_{сж}$  — сиқилиш қаршилиги ёки мустаҳкамлик чегараси;  $P_{разр}$  — жинс яхлитлигини бузувчи босим кг ёки тонна;  $F$  — босим таъсир этаётган жинс юзаси.

Шундай қилиб, тоғ жинсларининг мустаҳкамлик чегараси уларни максимал сиқиш учун сарф бўлган кучнинг қийматини ифодалайди. Масалан, тоғ жинсини максимал сиқиш учун 50 кгк/см<sup>2</sup> куч сарф этилса, бу куч мустаҳкамлик чегараси бўлади, чунки бундан ортиқ кучда у бузилиб, яхлитлигини йўқотади.

Тоғ жинсининг юқори ва пастки мустаҳкамлик чегараси бўлиб (19-жадвал) у тоғ жинсларининг генетик турига, минералогик таркибига, дарзлилигига, текстураси ва структурасига, ғоваклилигига, нураганлик даражасига боғлиқдир. Кучли нураган магматик тоғ жинсларининг мустаҳкамлик чегараси нурамаганидан кичик бўлади. Масалан, нурамаган гранитнинг мустаҳкамлик чегараси 2000 кгк/см<sup>2</sup> бўлса, нураган гранитники 40 кгк/см<sup>2</sup> ва ундан ҳам кичик бўлади.

Тоғ жинсларининг пишиқлиги биринчи навбатда уларнинг минералогик таркибига боғлиқ. Жуда майда кристалланган ва бир текис донатор структурали базальт, диабаз, кварцит каби жинсларнинг сиқилишга нисбатан мустаҳкамлик чегараси жуда юқори бўлиб, 4500—5000 кгк/см<sup>2</sup> гача боради.

Тоғ жинсининг пишиқлиги шу билан бир қаторда минералогик таркибнинг бир хиллигига ҳам боғлиқ. Ҳар хил минераллардан ташкил топган жинсга нисбатан бир хил минераллардан ташкил топган жинсларнинг пишиқлиги юқори бўлади.

Одатда катта иншоотларнинг заминдаги босим интенсивлиги 15—20 кгк/см<sup>2</sup> дан ошмайди, шу сабабли магматик ва метаморфик жинслар мустаҳкам замин бўла олади. Аммо, улар кучли нураган ёки дарзлилиги ва ғоваклилиги юқори бўлса, гигант иншоотлар заминига яроқсиз бўлади.

Шуни ҳам айтиш керакки, нураган магматик ва тошқотган чўкинди жинсларга сув таъсир қилганда уларнинг пишиқлигига бироз путур етади (мергель, аргиллит, қумтош, шағалтош ва бошқалар), яъни улар сув таъсиридан намланиб юмшоқланади.

19-жадвал

Баъзи магматик ва зичлашган жинсларнинг мустаҳкамлик чегараси

Тоғ жинслари	Мустаҳкамлик чегараси, кгк/см <sup>2</sup>		
	юқори чегара	пастки чегара	ўртачаси
Гранит	2401	1232	1581
Порфирит	2326	1344	1835
Базальт ва диабаз	4570	920	2600
Трахит	2600	560	1700
Кристалланган оҳактош	1161	795	949
Зичлашган оҳактош	1915	330	1003
Кумтош	1800	90	—
Чиганоқ оҳактош	20	4	—

Шу сабабли бундай жинсларнинг мустаҳкамлик чегарасини аниқлаш билан бир қаторда намлангандаги юмшоқланиш коэффициентини ҳам аниқланади.

Нам жинснинг сиқилишга нисбатан мустаҳкамлик чегараси ( $R_w$ ) нинг қуруқ ҳолдаги мустаҳкамлик чегараси ( $R$ ) га нисбати юмшоқланиш коэффициентини  $K_{разм.}$  дейилади, яъни

$$K_{разм.} = \frac{R_w}{R}$$

Агар жинслар юмшоқланиш коэффициентини 0,75 дан кичик бўлганда намланса, улар юмшоқланадиган жинслар қаторига киритилади.

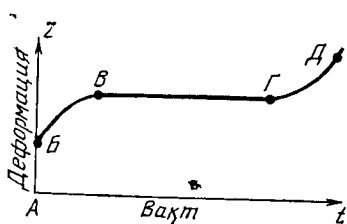
### 3. Тоғ жинсларининг реологик хусусиятлари

Реология юнонча «рео» — оқиш деган маънони билдиради. Суюқлик ҳақида гап борса, бу процессни тушунтириш ҳеч қандай исбот талаб қилмайди. Қаттиқ тоғ жинслари учун бу терминни ишлатиш тушунтиришни талаб этади.

Юқорида қайд қилинганлардан маълумки, ташқи куч таъсирида тоғ жинси деформацияланади. Деформация вақтида тоғ жинсларини ташкил этган минераллар сиқилади ва силжийди. Бу ҳодисанинг тезлиги таъсир этаётган кучнинг миқдорига ва унинг таъсир қилиш вақтига боғлиқ. Баъзан ташқи кучлар тез ва қисқа вақт ичида таъсир этади, масалан, жуда катта оғирликка эга бўлган юк машинаси ёки поезднинг бирор жойдан ўтиб кетиши бунга мисол бўла олади. Баъзи кучлар, масалан, иморат ва иншоотлар босими узоқ вақт таъсир этади. Узоқ вақт таъсир этадиган кучлардан тоғ жинсларининг минераллари узоқ вақт давомида секин-секин ҳаракатга келиб силжийди. Маълум вақт ўтгандан сўнг тоғ жинсларининг яхлитлиги бузилиб, емирилади. Мана шу узоқ вақт таъсир этиб жинснинг яхлитлигини бузган кучнинг миқдори қисқа вақт таъсир этиб шу жинснинг яхлитлигини бузадиган куч миқдоридан доимо кам бўлади. Масалан, тоғ жинсига қисқа вақт таъсир этиб унинг бир бутунлигини бузадиган куч 300 кг/см<sup>2</sup> бўлса, худди шу жинсга узоқ вақт таъсир этиб унинг бир бутунлигини бузадиган куч миқдори 150—200 кг/см<sup>2</sup> бўлиши мумкин.

Демак, оз миқдордаги куч ҳам тоғ жинсига узоқ вақт таъсир қилса, жинснинг физик-механик хоссалари ўзгарар экан. Шундай қилиб, тоғ жинсларида деформация ва кучланишнинг вақтга қараб ўзгариши шу жинснинг реологик хусусияти дейилади.

Жинсларнинг реологик хусусияти уч шаклда намоён бўлади: а) секин пластик оқувчан ёки силжувчан, бунда босим донмий ўзгармас бўлиб, деформация тўхтовсиз ўса боради; б) деформация миқдори сақланган ҳолда, кучланиш тўхтовсиз камайиб боради; в) жинснинг мустаҳкамлиги камаяди, яъни узоқ вақт таъсир этган ташқи кучдан жинснинг пишиқлиги камайиб яхлитлиги бузилади. Босим доимий ўзгармаган ҳолда бўлиб, жинс



34-расм. Жинсларнинг силжувчанлигини инфодаловчи график.

деформациясини тобора ўсиш ҳодисаси **оқувчанлик** (силжувчанлик) ёки **реологик** ҳодиса дейилади.

Тоғ жинсига таъсир этаётган кучланишнинг вақтга қараб камайиши **релаксация** ҳодисаси деб аталади. Бу ҳодисалар кўпинча гиллар ва баъзи мустаҳкамлик чегараси 500 кгк/см<sup>2</sup> бўлган ярим тошқотган жинслар учун характерлидир (мергель, аргиллит ва

бошқалар).

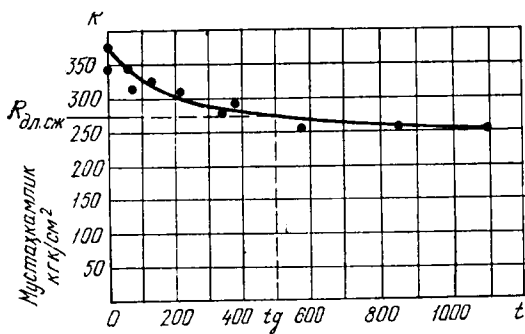
Идеал тошқотган жинсларда пластик силжувчанлик ёки оқувчанлик (реологик ҳодиса) катта чуқурликда узоқ вақт (геологик эра ва аср) таъсир этувчи кучли босим ва температура таъсирида содир бўлади.

Одатдаги шароитда ер юзида ва бироз чуқурликда ётган жинсларда ташқи босим таъсирида деформацияланиш мўрт жинснинг деформацияланишига ўхшаш бўлади.

Иморат ва иншоот қурилаётганда унинг заминига таъсир этувчи босим тобора ортиб боради. Қурилиш тамом бўлгандан сўнг иншоот заминидagi жинс доимий ўзгармас босим остида бўлади. Шу сабабли босимнинг ортиб бориш тезлиги натижа-сида заминдаги жинсларда бўладиган реологик (силжувчанлик) ҳодисасини ўрганиш амалий жиҳатдан муҳим аҳамиятга эга.

Табий шароитда кўпинча силжувчанлик гилли ва ярим тошқотган жинсларда кузатилади. Устки қатламларнинг остки қатламларга узоқ вақт таъсир қилиши жинсларда силжувчанликни ҳосил қилади. Бу ҳодиса кўпинча ер ости ишларида фойдали қазилмаларни қазиб чиқаришда хавф туғдиради. Масалан, ёғочлар билан яхши мустаҳкамланишига қарамай шахтанинг ён деворлари бузилиб кетади. Бундан ташқари шахталарда кўтарилишлар, ўпирилишлар, сурилишлар содир бўлади.

Жинсларда доимий ўзгармас куч таъсирида содир бўладиган силжувчанлик ҳодисасини узоқ вақт тажриба ўтказиш йўли билан аниқлаш мумкин. (34-расм). Бунда вақт билан деформация орасидаги боғланишни кўриб чиқамиз. Графикдан шу нарса маълумки, жинсга куч таъсир қилиши билан деформация процесси бирдан ўзгариб катта миқдорга (АВ кесмасига) эга бўлади, кейин деформация оша боради, аммо унинг тезлиги ва миқдори камайиб ВВ кесмага эга бўлади. Бундан кейин узоқ вақт давомида деформация тезлиги ва миқдори ўзгармас бўлиб туради (ВГ кесмаси). Охири деформация миқдори қисқа вақт ичида бирдан кўтарилади ва Д нуқтасига етганда жинснинг яхлитлиги бузилади. Деформациялар характерига кўра эластик ёки пластик силжувчан бўлиши мумкин. Шунга кўра деформациянинг биринчи босқичини (АВ) эластик, иккинчисини (ВВ) қарорсиз силжиш, учинчисини (ВГ барқарор силжиш ва тўр-



35- расм. Тоғ жинсларининг узоқ муддатли пишиқлигини ифодаловчи график

тинчисини (ГД) эса прогрессив силжиш деформацияси деб юри- тилади.

Келтирилган тажрибадан шу нарса маълумки, узоқ вақт таъсир этган босимдан тоғ жинсларининг пишиқлиги ўзгарар экан. Шу сабабли тоғ жинсларининг қандай босим остида қанчалик чидамлилигини аниқлаш лозим. Бу эса тоғ жинси устига қурилган иншоотнинг хизмат қилиш муддатини аниқлашга имкон беради.

Қатта босим остида силжувчанлик процессининг ривожланиши туфайли бир қанча вақт ўтгандан сўнг тоғ жинсининг яхлитлиги бузилишига унинг узоқ вақт давомидаги чидамлилиги дейилади.

Тоғ жинсининг қандай босим остида ва қанча вақтгача чидашини аниқлаш учун узоқ йиллар давомида тажрибалар ўтказилади. Натижада ҳар бир тажрибада жинсининг бир бутунлигини бузувчи куч миқдори, бунга кетган вақт аниқланади ва 35- расмда кўрсатилгандек, бузувчи куч билан вақт орасидаги боғланишни ифодаловчи график тузилади. Графикдаги эгри чизик ёрдамида расмда кўрсатилгандек, жинсининг узоқ вақт чидамлилики чегараси ва шунга тўғри келувчи вақт аниқланади.

## ХІ БОБ. БУШОҚ ТОҒ ЖИНСЛАРИНИНГ ФИЗИК-МЕХАНИК ХОССАЛАРИ

### 1. Бўшоқ тоғ жинсларининг ташқи куч таъсирида деформацияланиши

Ҳар хил катталиқдаги зарралардан ташкил топган бўшоқ чўкинди жинсларга дисперсли грунтлар дейилади. Дисперсли грунтлар ўзларининг келиб чиқиши, тузилиши, минералогик ва гранулометриқ таркиби, ғоваклилиги, сув ўтказувчанлиги ва бошқа бир қанча хусусиятлари билан бир-биридан фарқланади ва турли группаларга бўлинади.

IV бобдан маълумки, дисперсли грунтлар асосан учта группага: йирик, ўртача донали ва майда заррала жинсларга бўлинади. Буларнинг деформацияланиш хоссалари ҳам бир-биридан фарқланади.

Ташқи куч таъсирида дисперсли грунтлар яхши деформацияланади ва ўз ҳажмини камайтиради. Айниқса йирик ва ўрта донали жинслар (шағаллар, қумлар) динамик куч таъсирида жуда яхши деформацияланади, чунки уларнинг зарралари орасида ёпишқоқлик бўлмаганлиги сабабли, титратувчи куч таъсирида зарраларнинг жойланиши яхши бўлади.

Майда зарралари гил ва гилли жинслар статик куч таъсирида яхши деформацияланади.

Демак, дисперсли грунтлар устига қурилган иморат ва иншоотлар магматик ва метаморфик жинсларнинг устига қурилган иморатларга нисбатан тез ва кўп чўқади.

Гилли жинсларнинг деформацияланиши тошқотган ва ярим тошқотган жинсларникидан катта фарқ қилади. Агар гилли жинслар абсолют қуруқ ҳолда бўлса, уларнинг деформацияланиши худди ярим тошқотган жинсларникига ўхшаш бўлиб, бироз намликка эга бўлиши билан уларнинг деформацияланиши пластик ҳолатга ўтади, чунки юқорида айтганимиздек бу турдаги жинслар намланганда пластик хусусиятга эга бўлади.

Дисперсли грунтларнинг асосий деформацияланиш хусусиятларидан бири уларнинг ташқи куч таъсирида сиқилиши ҳисобланади. Сиқилиши натижасида уларнинг зарралари зичланади, ғоваклилиги камаяди, таркибидаги газлар, сувлар жинс таркибидан ажралиб чиқиб кетади ва ҳоказо.

Дисперсли грунтларнинг ташқи куч таъсирида сиқилиши вақтга қараб ўзгаради. Шунга кўра, уларнинг деформацияланиш кўрсаткичлари икки гурпуага бўлинади. Биринчи гурпуа кўрсаткичларга ташқи босимнинг миқдорига қараб ўзгарувчи кўрсаткичлар — зичланиш коэффиценти ( $\alpha$ ), нисбий деформация ( $I_p$ ), иккинчи гурпуа кўрсаткичларга эса ўзгармас доимий босимнинг узоқ вақт таъсири натижасида деформациянинг ўзгаришини ифодаловчи консолидация коэффиценти ( $u$ ), сиқилиш қаршилиги ( $R$ ) ва бошқалар кирғди.

Дисперсли грунтларнинг бу деформацияланиш кўрсаткичлари лабораторияда компрессия асбобларида бир ўқ ва уч ўқ бўйлаб маълум босимда сиқиб аниқланади. Бундай сиқилишни компрессия дейилади. Бунда тоғ жинси махсус цилиндр ҳалқа ичига солиниб, ён томонларининг кенгайишига йўл қўйилмаган ҳолда сиқилади. Тоғ жинси сиқилганда унинг ғоваклилиги ва ҳажми камаяди. Ғоваклилиги ва ҳажмининг камайиши ташқи босимнинг миқдорига ва таъсир қилиш характерига боғлиқдир.

## 2. Зичланиш коэффиценти ва чўкиш модули

Тоғ жинсининг зичланиш коэффиценти унинг икки хил босим таъсирида зичланишини билдиради. Буни аниқлаш учун текшириладиган жинсдан махсус цилиндрга намуна солиниб, компрессия асбобига қўйиб  $P_1$  куч билан сиқилади. Сиқилиш процесси тамом бўлгач, намуна  $P_2$  куч билан яна сиқилади ва сиқилиш процесси тамом бўлгунча кутилади, сўнгра зичланиш

процесси коэффициентини ( $\alpha$ ) қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$\alpha = \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{P_2 - P_1} \frac{\text{см}^2}{\text{кгк}},$$

бунда:  $\epsilon_1$  — жинсининг  $P_1$  куч билан сиқилгандан кейинги ғоваклилик коэффициентини;  $\epsilon_2$  — жинсининг  $P_2$  кучи билан сиқилгандаги ғоваклилик коэффициентини.

$\epsilon_1$  ва  $\epsilon_2$  ларнинг қиймати қуйидагича аниқланади:

$$\epsilon_1 = \epsilon_0 - \frac{\Delta h_1}{h} (1 + \epsilon_0),$$

$$\epsilon_2 = \epsilon_0 - \frac{\Delta h_2}{h} (1 + \epsilon_0),$$

бунда:  $\epsilon_0$  — жинсининг бошланғич ғоваклилик коэффициентини;  $h$  — цилиндр ичидаги жинсининг сиқилмасдан олдинги баландлиги, мм.  $\Delta h_1$  ва  $\Delta h_2$  — текширилаётган тоғ жинсининг  $P_1$  ва  $P_2$  кучлари таъсирида сиқилиш миқдори, мм.

$\Delta h_1$  ва  $\Delta h_2$  ларнинг қиймати қуйидагича топилади:

$$\Delta h_1 = h - h_1; \quad \Delta h_2 = h - h_2,$$

бунда:  $h_1$  ва  $h_2$  — текширилаётган жинсининг  $P_1$  ва  $P_2$  кучлар билан сиқилгандан кейинги баландлиги, мм.

Зичланиш коэффициентини ғоваклилик коэффициентини  $\epsilon$  билан сиқувчи ташқи кучлар орасидаги боғланишни ифодаловчи графикда яққол тасаввур қилиш мумкин (36-расм). Графикдан кўришиб турибдики, ғоваклилик коэффициентининг ўзгариши ташқи куч функциясига тенг:

$$\epsilon = f(P).$$

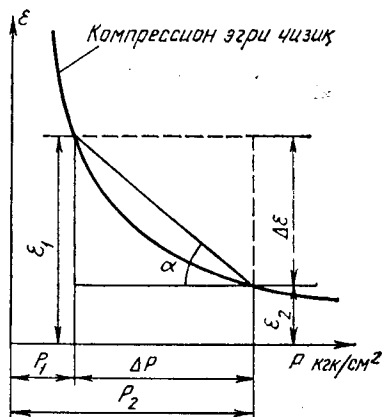
Зичланиш коэффициентини эса ғоваклилик коэффициентини билан ташқи кучга қараб ўзгарилади. Графикдан (44-расм) маълумки:

$$\epsilon_1 - \epsilon_2 = \Delta \epsilon; \quad P_2 - P_1 = \Delta P$$

$$\alpha = \frac{\Delta \epsilon}{\Delta P} = \text{tg } \alpha = \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{P_2 - P_1},$$

бунда:  $\Delta P$  — кучлар боқичларининг айирмаси;  $\Delta \epsilon$  — ғоваклилик коэффициентининг  $\Delta P$  таъсирида ўзгариш қиймати.

Зичланиш коэффициентини миқдорига қараб жинсларнинг куч таъсирида қандай зичланишини аниқлаш мумкин.



36-расм. Ташқи куч билан жинс ғоваклилик коэффициентини орасидаги боғлиқликни ифодаловчи график.

Агар  $a < 0,001$  бўлса, тоғ жинси таъсир этаётган куч таъсирида сиқилмайди:  $0,001 \leq a \leq 0,01$  бўлса — озроқ сиқилади:  $0,01 \leq a \leq 0,1$  бўлса — кўп сиқилади;  $a > 0,1$  бўлса — жуда кўп сиқилади, деб ҳисобланади.

Бундан ташқари, сиқилувчан тоғ жинсларининг зичланиш даражасини профессор Н. Н. Маслов (1971) тавсия этган чўкиш модули билан ҳам характерлаш мумкин. Чўкиш модули  $l_p$  билан белгиланади ва у 1 м қалинликдаги тоғ жинсининг ташқи куч таъсирида сиқилиш ёки зичланиш миқдорини билдиради ва мм/м билан ифодаланади. Чўкиш модули  $l_p$  қуйидаги формула ёрдамида топилади:

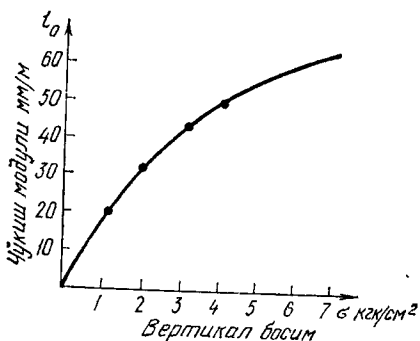
$$l_p = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_p}{1 + \varepsilon_0} = 1000 \frac{\Delta h}{h},$$

бунда:  $\varepsilon_0$  — тоғ жинсининг ташқи куч таъсир қилмасдан олдинги ғоваклилик коэффициенти;  $\varepsilon_p$  — тоғ жинсига ташқи куч таъсир қилгандан кейинги ғоваклилик коэффициенти;  $\Delta h$  — тоғ жинсининг ташқи куч таъсирида сиқилиш миқдори, мм;  $h$  — тоғ жинсининг ташқи куч таъсир қилмасдан олдинги бошланғич баландлиги, мм.

Чўкиш модулининг қийматига қараб, тоғ жинсларининг ташқи куч таъсирида сиқилиш даражаси аниқланади. Бунинг учун проф. Н. Н. Маслов (1971) тузган жадвалдан фойдаланилади (20- жадвал).

20- жадвал

Чўкиш модули	Тоғ жинсларининг сиқилиш даражаси
1 1 — 5 5 — 20 20 — 60 60	сиқилувчан эмас оз сиқилувчан ўртача сиқилувчан юқори даражада сиқилувчан жуда кўп сиқилувчан



37-расм. Чўкиш модулининг босимга боғлиқлигини ифодаловчи график.

Чўкиш модулини аниқлашнинг энг муҳим томони шундаки, шу миқдор орқали жинсининг ташқи куч таъсирида қанча миқдорда чўкишини тезда билиш, буни эса графикдан яна ҳам яхшироқ тасаввур қилиш мумкин (37-расм). Бунинг учун ҳар хил босимда чўкиш модули аниқланади ва босим билан чўкиш модули орасидаги муносабатни ифодаловчи график тузилади. Бу графикда текширилаётган жинсининг у ёки бу босим остида қанча чўкиши яққол кўзга ташланади.

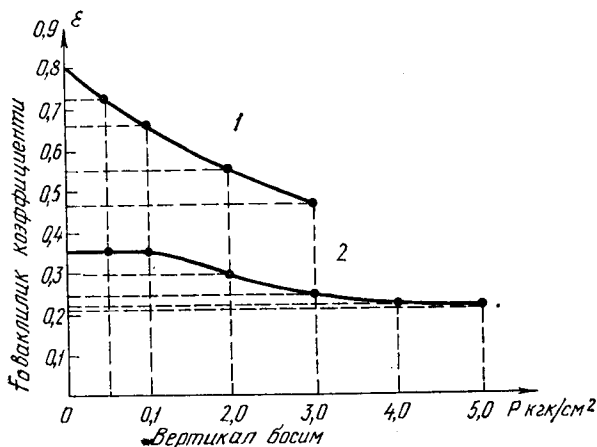


Чўкиш модули орқали хоҳлаган қалинликдаги жинсинг ташқи куч таъсирида умумий чўкиш миқдорини аниқлаш мумкин. Бунинг учун Н. Н. Маслов тавсия этган юқоридаги формула орқали 1 м қалинликдаги тоғ жинсининг чўкиш модули аниқланади, сўнг тоғ жинсининг ташқи куч таъсирида сиқилиши мумкин деб ҳисобланган умумий қалинлигини чўкиш модулига кўпайтирилади ва умумий сиқилиш миқдори топилади, яъни:

$$b = l_p \cdot H,$$

бунда:  $b$  — ташқи куч таъсирида сиқилиш мумкин деб ҳисобланган жинсининг умумий сиқилиш миқдори: мм;  $H$  — ташқи куч таъсирида сиқилиши мумкин деб ҳисобланган жинсининг умумий қалинлиги, м.

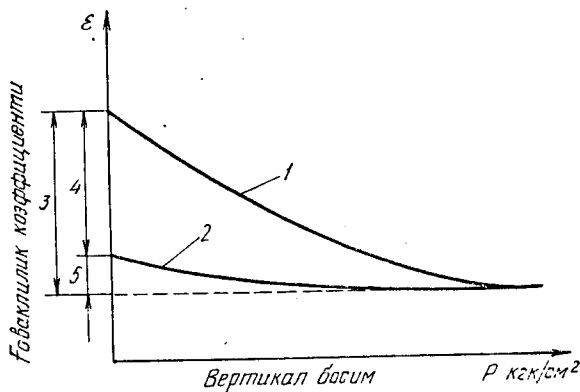
Ғоваклилик коэффиценти  $\epsilon$  билан сиқилувчи ташқи кучлар орасидаги боғланишни ифодаловчи эгри чизиққа компрессия эгри чизиғи дейилади. Бу эгри чизиқ тоғ жинсининг хилига, ғоваклилиги, намлиги ва ташқи кучнинг характериға боғлиқ (38-расм).



38-расм. Гиллардан олинган намуналарнинг компрессия эгри чизиғи:

1—кучли сиқилувчан аллювиал суглинка; 2—кучсиз сиқилувчан кўмир дэвридаги гил.

Гилли жинсларда деформация асосан эластик бўлмаса ҳам баъзи гилли жинсларда, айниқса, гилларда деформация бироз эластик бўлади. Буни билиш учун компрессия асбобида сиқилган гилни сиқувчи кучдан секин-аста озод этганимизда, унинг ҳажми, асосан баландлиги бироз ўзгаради, ғоваклилик коэффиценти орта боради. Буни ҳам графикда ифодалаш мумкин (39-расм). Графикдан маълумки, жинсни ташқи кучдан озод



39- расм. Компрессион эгри чизиқлар:

1—жинсининг ташқи куч таъсиринда сиқилишдаги компрессион эгри чизиғи; 2—шу жинсининг шишишдаги эгри чизиғи; 3—умумий деформация; 4—қолдиқли деформация; 5—эластик деформация.

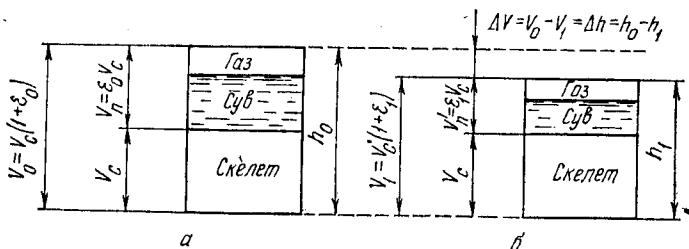
этилса ҳам у бутунлай олдинги ҳолига қайтиб келмайди, агар ўз ҳолига қайтса, иккинчи эгри чизиқ биринчи эгри чизиқ устига тушган бўлар эди.

### Нисбий деформацияни аниқлаш

Компрессия асбобларида дисперсли грунтлар сиқилганда жинсининг диаметри ўзгармаган ҳолда, фақат баландлиги  $\Delta h$  га, ҳажми  $\Delta V$  га ўзгаради (40- расм). Шунга кўра жинсининг баландлиги бўйича олинган нисбий деформация  $\frac{\Delta h}{h}$  ҳажмига нисбатан олинган нисбий деформацияга тенг бўлади, яъни:

$$l_p = \frac{\Delta h}{h} = \frac{\Delta V}{V_0},$$

бунда:  $h$  — текширилаётган жинсининг бошланғич баландлиги, мм;  $\Delta h$  — босим остидаги жинс баландлигининг ўзгариши, мм;  $V_0$  —



40- расм. Компрессияда грунтлар ҳажмининг ўзгаришини кўрсатувчи схема:

а—грунтнинг биринчи ҳолати; б—компрессиядан кейин;  $V_0$  — бўшлиқлар (ғоваклар) ҳажми;  $V_c$  — грунт скелетининг ҳажми

текширилаётган жинснинг бошланғич ҳажми, см<sup>3</sup>;  $\Delta V$  — босим остидаги жинснинг ҳажмини ўзгариши, см<sup>3</sup>;  $l_p$  — маълум бир босим остидаги жинснинг нисбий деформацияси.

39-расмдаги схемага қараб, ана шу формулани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\Delta h = h \frac{\Delta V}{V_0} = h \frac{V_c(1 - \varepsilon_0) - V_c(1 + \varepsilon_1)}{V_c(1 + \varepsilon_0)} = h \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_1}{1 + \varepsilon_0},$$

бунда:  $V_c$  — жинс скелетининг ҳажми, см<sup>3</sup>;  $\varepsilon_0$  — жинснинг бошланғич говаклилик коэффициенти;  $\varepsilon_1$  — жинснинг маълум босим остидаги говаклилик коэффициенти.

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_0 - \frac{\Delta h}{h} (1 + \varepsilon_0) = \varepsilon_0 - e_1(1 + \varepsilon_0).$$

Ташқи босим таъсирида нисбий деформация қандай ўзгаришини яхши тасаввур қилиш учун ҳар хил босим остида нисбий деформация аниқланади ва босим билан нисбий деформация орасидаги боғланишни ифодаловчи график тузилади (41-расм). График ёрдамида текширилаётган жинснинг у ёки бу босим остида қандай деформацияланиши аниқланади.

Дисперсли тоғ жинсларининг умумий деформация модули қуйидагича аниқланади:

$$E_{\text{общ}} = \beta \frac{1 + \varepsilon_0}{a} = \frac{\beta}{a_0},$$

бунда:  $E_{\text{общ}}$  — умумий деформация модули;  $a$  — зичланиш коэффициенти;  $a_0 = \frac{a}{1 + \varepsilon_0}$  — нисбий сиқилиш коэффициенти;  $\beta$  — ён босим коэффициентига боғлиқ бўлган коэффициент;

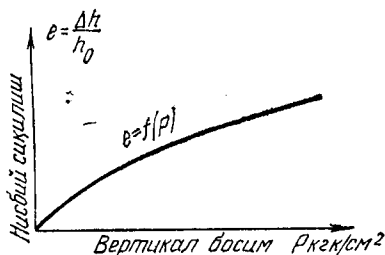
$$\beta = \frac{(1 + \xi)(1 + 2\xi)}{1 + \varepsilon_0},$$

бунда:  $\xi$  — ён босим коэффициенти;

$$\xi = \frac{p_{\text{гор}}}{p_{\text{верх}}}$$

бунда:  $p_{\text{гор}}$  — ён ёки горизонтал босим;  $p_{\text{верх}}$  — тик ёки вертикал босим.

Тоғ жинсларини компрессия асбобларида тик куч билан босганда, жинс кенгайиб атрофига, яъни цилиндр деворларига босим билан таъсир этади. Бундай босим кучини ён босим дейилади. Бунинг тик босимга нисбати ён босим коэффициенти дейилади ( $\xi$ ).



41-расм. Нисбий сиқилиш билан вертикал босим орасидаги боғланишни ифодаловчи эгри чизиқ.

Ён босим коэффициентининг миқдори 1 билан 0 орасида ўзгариб, зич ва қаттиқ гил учун 0,5 оқувчан гил учун 1,0, қумлар учун 0,3—0,5 оралигида бўлади.

### 3. Консолидация ва консолидация коэффициенти

Ташқи куч таъсирида дисперсли жинсларнинг сиқилиш тезлиги ҳар хил бўлади. Қум ва шағалларда доимий ўзгармас босим таъсирида сиқилиш процесси тез ва оз вақтда тамом бўлади. Намлиги юқори бўлган гил ва гилли жинсларда сиқилиш процесси жуда узоқ чўзилади. Баъзи гилларда эса бу процесс бир неча ўн йилларга чўзилади. Жинсларнинг доимий ўзгармас босим таъсирида узоқ вақтгача сиқилиш процессига консолидация дейилади,

Консолидация процесси консолидация даражаси ёки консолидация коэффициенти билан ифодаланади ва у қуйидагича аниқланади:

$$U = \frac{S_1}{S} \cdot 100\%,$$

бунда:  $U$  — консолидация даражаси;  $S_1$  — деформация тамом бўлмасдан  $t$  вақт ичида жинснинг сиқилиш миқдори, мм;  $S$  — деформация тўхтагандан сўнг жинснинг тўла сиқилиш миқдори, мм

Консолидация даражаси маълум вақт ичида умумий деформациянинг ёки тўла чўкишнинг қанча проценти содир бўлганини билдиради. Масалан, 10 соат ичида жинснинг ташқи куч таъсирида сиқилиш миқдори 0,08 см га тенг; деформация 82 соатда бутунлай тамом бўлиб, тўла сиқилиш миқдори 0,2 см га тенг бўлди десак, 10 соат ичида консолидация даражаси 40% га тенг бўлади, яъни

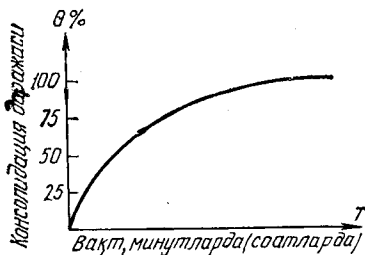
$$U = \frac{0,08}{0,2} \cdot 100 = 40\%.$$

Маълум вақт ичида консолидация процессининг қанча проценти содир бўлишини тез ва осон билиш учун консолидация даражаси билан вақт орасидаги боғланишни билдирадиган консолидация эгри чизиги чизилади (42-расм). Бу график ёрдамида хоҳлаган вақтдаги консолидация даражасини аниқлаш мумкин.

Консолидация коэффициенти консолидация процессининг тезлигини ифодалайди ва қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$C_v = \frac{K_{\phi}(1 + \epsilon)}{a \cdot \gamma_b} \text{ см}^2/\text{с}$$

бунда  $K_{\phi}$  — фильтрация коэффициенти;  $\epsilon$  — Говаклилик коэффициенти;  $a$  — зичланиш коэффициенти;  $\gamma_b$  — сувнинг ҳажм оғирлиги.



42-расм. Консолидация эгри чизиги.

Тоғ жинсларининг характериға кўра консолидация процесси икки хилға бўлинади. Биринчи хил консолидация асосан чангли ва гилли қумларда содир бўлади. Бундай жинсларда консолидация процесси уларнинг таркибидаги сувнинг ташқи куч таъсирида чиқиб кетиши ҳисобига содир бўлади. Сув чиқиб кетиши билан консолидация процесси ҳам тўхтайди. Шунини ҳам айтиш керакки, бундай жинсларда консолидация тез тамом бўлади.

Иккинчи хил консолидация фақат гиллар учун характерли бўлиб, жуда узоқ чўзилади; чунки буларда мустақкам боғланган сув бўлиб, босим таъсирида ажралиши жуда секин бўлади.

Шундай қилиб, дисперсли жинсларнинг деформация хусусиятларини билдирувчи кўрсаткичлар ёрдамида иморат ва иншоотларнинг қанча чўкиши аниқланади, яъни:

$$S = \sigma \frac{\beta}{E_{\text{обш}}},$$

бунда:  $S$  — иншоотнинг чўкиш миқдори;  $\sigma$  — тик босимнинг ярми, кгк/см<sup>2</sup>;  $h$  — сиқилаётган қатламнинг қалинлиги, м;  $E_{\text{обш}}$  — умумий деформация модули;  $\beta$  — коэффициент.

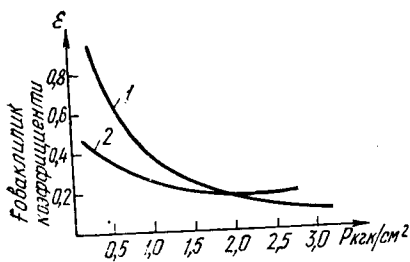
Агар иншоот заминидаги сиқилувчан жинслар бир қанча қатламлардан иборат бўлса, юқоридаги формула билан ҳар бир қатламнинг чўкиш миқдори аниқланиб, уларнинг қиймати бир-бирига қўшилади ва умумий чўкиш миқдори аниқланади.

#### 4. Дисперсли грунтларнинг деформацияланишига таъсир қилувчи факторлар

Дисперсли грунтларнинг деформацияланиши уларнинг гранулометрик ва минералогик таркибига, структурасига, ғоваклигига, намлигига таъсир қилган босимнинг миқдори ва характериға, зарраларнинг эластиклик хусусиятиға боғлиқ.

Қумли жинсларнинг сиқилишида зарраларнинг катта-кичиклиги катта роль ўйнайди. Тажриба шунини кўрсатадики, бир хил минералогик таркибли, аммо ҳар хил катталиқдаги заррачалардан ташкил топган кварцли қумлар бир хил босимда сиқилганда майда заррали қумларга нисбатан йирик заррали қумларда деформация даражаси катта бўлади. Бунга сабаб босим таъсир этаётган солиштира юза йирик зарралари қумларда кам, майда заррали қумларда эса кўп бўлади. Маълумки, ташқи босимнинг интенсивлик кучи таъсир этаётган юзага боғлиқдир. Масалан, 10 кг босим 10 см<sup>2</sup> юзага таъсир этса, ҳар бир см<sup>2</sup> юзага таъсир этаётган куч интенсивлиги 1 кгк/см<sup>2</sup> га тенг, агар шу босим 5 см<sup>2</sup> юзага таъсир қилса, ҳар бир см<sup>2</sup> га куч интенсивлиги 2 кгк/см<sup>2</sup> бўлади. Йирик заррали қумларда ҳар бир заррага тўғри келадиган кучнинг миқдори майда заррали қумларникидан ортиқроқ бўлади. Ташқи босим таъсирида зарраларнинг бир-бирига тегиб турган жойлари эзилади.

Қум зарраларининг орасида гил зарралари бўлиши қумли жинсларнинг деформацияланиш вақтини узайтиришга сабабчи-



43-расм. Фоваклилиги ҳар хил жинснинг компрессион эгри чизиғи:

1—фоваклилиги юкори; 2—фоваклилиги паст.

чиклиги ва сувга муносабати муҳим роль ўйнайди. Айниқса жинсларнинг таркибида монтмориллонит группасига мансуб иккиламчи минералларнинг кўп бўлиши уларнинг сиқилишига катта таъсир кўрсатади. Бундай жинсларда деформация процесси узоқ давом этади. Шу сабабли бундай жинслар деформациясини баъзи олимлар «асрлик» деформация дейдилар. Бундай дейилишига асос бор. Масалан, бундан 100—200 йил олдин шундай жинс устига қурилган иншоотларда ҳали ҳам деформация (сиқилиш) процесси давом этмоқда.

Дисперсли жинсларнинг сиқилишига таъсир кўрсатувчи асосий факторлардан бири унинг бошланғич зичлиги ёки фоваклилиги ҳисобланади. Гилли жинсларда бошланғич фоваклилик коэффиценти сиқилиш натижасида улар ҳажмининг қандай ўзгаришининг бирдан-бир кўрсаткичидир. Бошланғич фоваклилиги катта жинслар ташқи куч таъсирида жуда тез сиқилади ва уларда фоваклилик коэффицентининг ўзгариши катта бўлади. Бундай жинслар компрессион эгри чизиғининг шакли 43-расмда кўрсатилгандек бўлади.

Бошланғич фоваклилиги оз бўлган жинслар сиқилганда уларда деформация миқдори кам бўлиб, босим таъсирида фоваклилик коэффиценти ҳам оз ўзгаради (43-расм).

Тоғ жинсларининг сиқилиш характери структурасининг бузилган ёки бузилмаганлигига ҳам боғлиқ. Структураси бузилган жинслар бузилмаган жинсларга қараганда ташқи куч таъсирида қаттиқ сиқилади. Шу сабабли иморат ва иншоот заминидаги жинсларнинг сиқилиши уларнинг структураси бузилмаган ҳолатида ўрганилади.

Гил ва гилли жинслар сиқилишида уларнинг бошланғич намлиги катта роль ўйнайди. Оз намланган жинслар секин ва оз сиқилади, намлиги юқори жинслар тез ва кучли сиқилади. Шу сабабли гилли жинсларнинг куч таъсирида тўла сиқилишини аниқлаш учун уларнинг табиий намлиги билан бир қаторда, сувга тўйинган ҳолдаги сиқилиши ҳам аниқланади. Сувга тўйинган жинсга куч таъсир этиши билан унинг таркибидаги эр-

дир. Чунки гилли ва гил жинсларда деформацияланиш даври узоқ давом этади. Юқорида қайд қилганимиздек, жинсларнинг сиқилишига уларнинг минералогик таркиби кучли таъсир кўрсатади. Масалан, таркибида слюда кўп бўлган қумларда деформация пластик ва эластик характерга эга бўлади.

Гилли жинсларнинг деформацияланишида зарраларнинг шакли, катта-ки-

кин сув тез ажралиб чиқади, бунинг ҳисобига унда сиқилиш процесси тез ва кучли бўлади. Бунга сабаб зарралар орасидаги бўшлиқларни сув ўрнига ўша зарралар эгаллайди, яъни жинс зичлашади.

Тоғ жинсининг сиқилиши унга таъсир қилаётган кучнинг характери ва таъсир этиш тезлигига ҳам боғлиқдир. Жинсга таъсир этувчи кучлар статик, динамик ва зарбли бўлади. Гилли жинслар статик куч таъсирида тез сиқилса, қумлар динамик куч таъсирида тез сиқилади.

Бирдан бўладиган зарбли куч таъсирида тоғ жинслари жуда тез сиқилади. Бунга сабаб, зарралар орасида катта гидродинамик кучланиш ҳосил бўлади. Баъзан жинсларнинг структураси бузилиб кетиб деформация кучли бўлади.

Тоғ жинсининг сиқилиши таъсир кучининг тезлиги ёки босқичига ҳам боғлиқдир. Жинсларнинг сиқилишини компрессион асбобларида аниқлаётганда оз-оздан куч таъсир эттириб борилади. Масалан, жинсни 10 кгк/см<sup>2</sup> куч билан сиқиш керак бўлса, асбобдаги тоғ жинси шу 10 кгк/см<sup>2</sup> куч билан бирдан сиқилмайди; аввал 0,5, кейин 1,0; 1,5; 2; 2,5; 3,0 ва охири 10,0 кгк/см<sup>2</sup> куч билан сиқилади. Ҳар бир босқичда сиқилиш тугагандан сўнг иккинчи босқич кучи қўйилади.

Бундай қилинишига сабаб тоғ жинси устига қурилаётган иморатлар ҳам қурилиш тезлигига қараб, ўз заминидаги жинсни секин-аста сиқа боради.

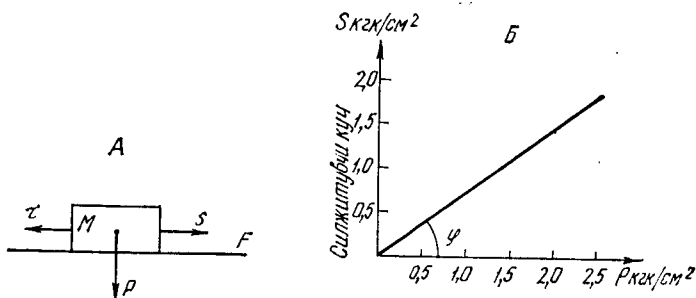
## 5. Бўшоқ тоғ жинсларида силжиш қаршилиги

Грунтлардаги силжиш қаршилиги уларнинг пишиқлик хусусиятини ифодаловчи асосий факторлардан ҳисобланади. Ундан турли инженерлик геологияси масалаларини ҳал этишда фойдаланилади.

Тоғ жинсларига ташқи куч таъсир қилса, зарралар орасидаги боғланиш бузилади, натижада улар зичланиш билан бир қаторда ҳар томонга қараб ҳаракатланади. Шунда зарралар орасида силжитувчи куч ҳосил бўлади ва бу кучга қарши силжиш қаршилиги ёки ишқаланиш кучи вужудга келади. Бу куч зарраларнинг силжишига қаршилик кўрсатади. Шу сабабли бу кучни силжишга қаршилик кучи дейилади.

Ташқи босим таъсирида жинс зарралари орасида ҳосил бўлган силжитувчи куч таъсирида унинг зарралари бир жойдан иккинчи жойга силжийди. Натижада ҳамма иншоотлар, айниқса, тоғ ёнбағрига қурилган иншоотлар деформацияланади, тоғ ёнбағриларида сурилишлар, ўпирилишлар каби қатор геологик ва инженерлик-геологик ҳодисалар содир бўлади.

Ташқи куч таъсирида тоғ жинси зарралари орасида ҳосил бўлган сурувчи ёки силжитувчи кучнинг таъсир қилиш доираси ва интенсивлиги унга қарши вужудга келган силжишга қаршилик кучининг миқдорига боғлиқ. Силжишга қаршилик кучи турли жинсларда ҳар хил бўлади. Масалан, қумларга нисбатан



44-расм. Қаттиқ жисмнинг текислик устида силжиши схемаси ва графиги:

$M$ —жисм;  $\tau$ —ишқаланиш  $\tau$  ёки силжишга қаршилик кучи;  $S$ —силжитувчи куч;  $K$ —оғирлик ёки нормал куч;  $\varphi$ —ишқаланиш бурчаги.

гилли жинсларда силжиш қаршилиги катта, бунга сабаб гилли жинсларнинг зарралари бир-бирига ёпишган бўлиб, уларда ёпишқоқлик кучи мавжуддир.

Агар бу иккала силжитувчи ва силжиш қаршилиги кучлари бир-бирига тенг бўлса ёки иккинчиси биринчисидан катта бўлса, жинс зарралари силжисмайди, мувозанат ҳолда бўлади. Буни яхшироқ тушуниш учун оддий бир мисолни кўриб чиқамиз.

Айтайлик  $M$  масса  $F$  текислигида ётибди. Шу массанинг қияликдаги мувозанат ҳолатини текшираемиз (44-расм, а). Физикадан маълумки, бирор  $F$  текисликда ётган жисм шу текисликка ўз оғирлигига тенг бўлган  $P$  кучи билан таъсир этади. Бу жисмни  $S$  кучи билан силжитиш керак бўлса, бу кучга қарама-қарши йўналган ишқаланиш кучи ёки силжишга қаршилик кучи  $\tau$  ҳосил бўлади.

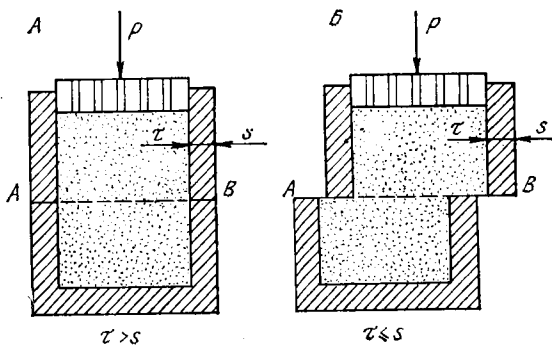
Силжитувчи куч  $S$  нинг миқдори массанинг оғирлигига, яъни  $P$  кучига боғлиқ. Масса қанча катта бўлса, у шунча оғир бўлиб, уни силжитиш учун катта куч керак бўлади.

Агар силжитувчи куч  $S$  билан оғирлик кучи  $P$  орасидаги боғланишни ифодаловчи график тузилса (44-расм, б) ундаги  $\varphi$  бурчаги ишқаланиш бурчаги дейилиб, бурчакни  $\operatorname{tg} \varphi$  си ишқаланиш коэффициенти дейилади. Графикда  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{S}{P}$  га тенг.  $P$ —ташқи куч интенсивлиги  $\text{кг/см}^2$ . Бунда  $S = P \cdot \operatorname{tg} \varphi$  Одатда  $S = \tau$  га тенг, шунга кўра  $\tau = P \cdot \operatorname{tg} \varphi$  тенгликни ёзамиз. Бу тенглама Кулон қонуни дейилади. Бу қонунга мувофиқ силжишга қаршилик кучи ёки сурувчи куч масса оғирлиги  $P$  га тўғри пропорционалдир.

## 6. Қумли жинсларда силжиш қаршилигини аниқлаш

Сочилувчан қумларда зарралар орасидаги силжишга қаршилик кучи  $\tau$  ни ва ички ишқаланиш бурчаги  $\varphi$  ни аниқлаш учун қуйидаги тажрибани кўриб чиқамиз.





45-расм. Силжиш тажрибасининг схематик тасвири.

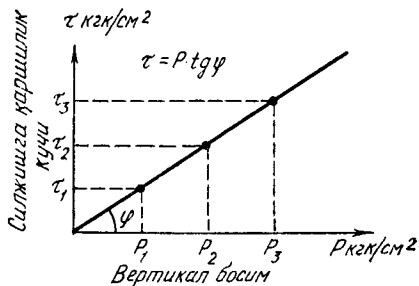
Тажриба ўтказилмоқчи бўлган асбоб бир-бири устига ўрнатилган иккита цилиндрдан иборат бўлиб, унинг пастки қисми силжимайдиган, устки қисми эса  $AB$  чизиғи бўйлаб силжийдиган бўлади. Цилиндрлар бир-бирининг устига ўрнатилиб, текшириладиган қумга тўлдирилади (45-расм,  $A$ ) ва унинг устига поршень орқали вертикал  $P$  кучи қўйилиб, блок ёрдамида цилиндрнинг тепа қисмига силжитувчи кучни ҳосил қилувчи  $Q$  кучи таъсир эттирилади. Бунда  $Q$  кучи миқдорини оз-оздан цилиндрнинг тепа қисми сурилгунга қадар кўпайтириб борилади (55-расм,  $B$ ).

Тажриба шуни кўрсатадики, қум ичида силжитувчи куч  $S$  га қарама-қарши йўналган ишқаланиш кучи  $\tau$  ҳосил бўлиб, қум зарраларининг силжишига қаршилик кўрсатади. Шу сабабли бу кучни силжишига қаршилик кучи дейилади. Бу куч назарий жиҳатдан силжитувчи куч  $S$  дан бироз кичик бўлади, амалда эса  $S$  га тенг деб олинади.

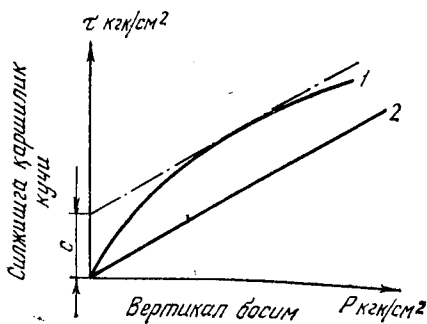
Бу тажрибани  $P_1, P_2, P_3, P_4$  вертикал куч таъсирида бажариб силжишга қаршилик кучлари  $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4$  лар аниқланади ва булар билан вертикал куч  $P$  орасидаги боғланишни ифодаловчи график тузилади (46-расм). Графикдаги  $\varphi$  бурчаги қумнинг ички ишқаланиш бурчаги дейилиб, бу бурчак тангенсини ( $\operatorname{tg}\varphi = \frac{\tau}{P} = f$ ) ички ишқаланиш коэффициенти деб аталади. Бу тенгламадан қумнинг силжиш қаршилигини ифодаловчи Кулон тенгламасини тузамиз, яъни:

$$\tau = P \cdot \operatorname{tg}\varphi = P \cdot f$$

Бунда тўғри чизиқ координата бошидан ўтади. Тажрибадан маълум бўлишича сурилиш зонасида қумларнинг фоаклилиги ўзгаради. Бундан ташқари табиатда-



46-расм. Қумларнинг силжиш қаршилиги графиги.



47-расм. Зичланган қумларда структуранинг силжитувчи кучга таъсири (М. Н. Гольдштейндан);

1—зич ҳолдаги қумнинг графиги; 2—зичланмаган қумнинг графиги; C—зич қумларда структура қаршилиги (кг см<sup>2</sup> ҳисобида).

лар учун Кулон тенгламаси қуйидагича бўлади:

$$\tau = P \cdot \operatorname{tg} \varphi_3 + C_3$$

бунда:  $\varphi_3$  — қумнинг ички ишқаланиш бурчаги;  $C_3$  — қумдаги илиниш кучи.

Тоza қумларда ички ишқаланиш бурчаги  $\varphi$  30—40° орасида бўлиб, ички ишқаланиш коэффициентни 0,58 дан то 0,84 гача ўзгаради (В. А. Приклонский, 1955).

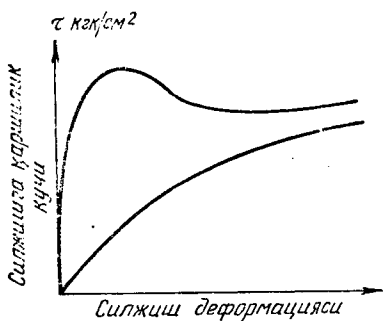
Совет олимларининг текширишларига кўра, қумларда ички ишқаланиш бурчаги билан бунга тўғри келувчи коэффициентларнинг ўзгариши уларнинг минералогик ва гранулометриқ таркибига, зарраларнинг шаклига, намлигига, ғоваклилигига ва тажрибани ўтказиш усулига боғлиқ.

Қумларнинг ғоваклилиги камайиши билан ички ишқаланиш бурчаги ортиб боради. Бунга сабаб, қум қанчалик зич бўлса, силжитувчи куч миқдори шунчалик катта бўлади. Бундан ташқари, қумлар ташқи куч таъсирида деформацияланаётганда баъзан деформация миқдори оз бўлганда ҳам (48-расм) силжишга қаршилик кучи бирдан аввал ортиб сўнг камайиб кетади. Бунга сабаб, зичлашган қумларда илиниш кучи ҳосил бўлиб, қумнинг деформацияланишига бироз қаршилик кўрсатади.

Тоza қумларда намликнинг ўзгариши ички ишқаланиш коэффициентига унча таъсир қилмайди, шундай бўлса ҳам, тажриба шуни кўрсатадики, намли қумлардаги силжишга қаршилик кучи (49-расм) озгина намликда бирдан максимал қийматга эга бўлиб, кейин камайиб кетади. Бунинг сабаби нам зарралар орасидаги капилляр ёпишқоқлик кучидир. Одатда тоza қумларнинг нам ҳолдаги ички ишқаланиш бурчаги қуруқ ҳолдагисига нисбатан 1—2° кам бўлади.

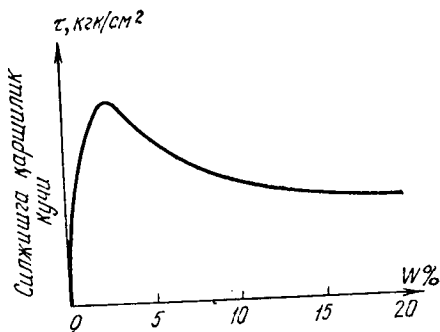
Ички ишқаланиш бурчаги ва силжишига қаршилик кучнинг ўзгаришига тажрибани ўтказиш усули, айниқса силжитувчи

ги қумлар таркиби мураккаблиги сабабли вертикал куч билан силжишга қаршилик кучи орасидаги боғланишни ифодаловчи чизиқ ҳар доим координата бошидан ўтувчи тўғри чизиқдан иборат бўлавермайди (47-расм). Бунга сабаб зичланган қумларда зарралар силжиётганда бир-бирига илинади, бу илиниш кучи гил зарралари орасидаги ёпишқоқлик кучи сингари зарраларнинг силжишига қаршилик кўрсатади. Шунга кўра ички ишқаланиш бурчаги ҳам ўзгаради. Бундай қум-



48- расм. Зичлиги ҳар хил қумларда деформация билан силжитувчи кучнинг боғлиқлигини ифодаловчи график:

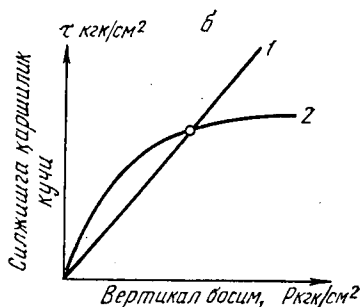
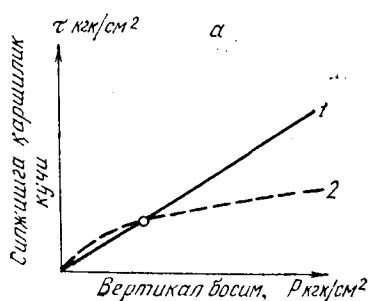
(М. Н. Гольштейндан), 1—зич қум; 2— зичланмаган қум.



49- расм. Қумларда силжитувчи кучга намликнинг таъсирини ифодаловчи график (М. Н. Гольштейндан).

кучни аниқловчи асбобга  $Q$  кучни қўйиш тезлиги ҳам катта таъсир кўрсатади. Тажрибани асбоб шайнига  $Q$  кучни тез-тез ва катта-катта миқдорда ёки оз-оздан қўйиб ўтказиш мумкин (50- расм). Графикдан маълумки  $Q$  кучларнинг миқдори ва қўйиш тезлиги юқори бўлганда ички ишқаланиш бурчаги катта бўлади.

Қумни ташкил этувчи минерал зарраларнинг қаттиқлиги, силлиқлиги ва шакли ҳам силжишга қаршилик кучининг ўзгаришига таъсир этади. Қаттиқ ва ўткир қиррали минерал зарралардан тузилган қумларда силжишга қаршилик кучи жуда юқори бўлади. Майда донали минералларда ички ишқаланиш бурчаги йирик донали минералларга нисбатан кичик бўлади (21-жадвал).



50- расм. Зичлиги ҳар хил қумларда силжишга қаршилик кучи силжитувчи кучларнинг қўйилиш тезлигига боғлиқлигини ифодаловчи график:

а—зичланмаган қум; б—зичланган қум; 1—силжитувчи кучларни оз-оздан қўйиб борилган; 2—силжитувчи кучларни кўп-кўпдан тезда ошириб борилган.

Ҳар хил миярзалогик таркибли фракцияларнинг ички ишқаланиш бурчаги ( $\varphi$ )

Зарраларнинг катталиги, мм	Ички ишқаланиш бурчаги (градус)		
	слюда	ўткир қиррали кварц	силиқланган кварц
2—1	28	66	61
1—0,5	26	56	—
0,5—0,25	18	46	—
0,25—0,1	19	27	28
0,1—0,06	17	17	—

21-жадвалдан маълум бўлишича, йирик донали қумларда майда зарралаи қумларга нисбатан ички ишқаланиш бурчаги ва силжишга қаршилиқ кучи катта бўлади.

Қумларда ички ишқаланиш бурчагининг ўзгаришига ташқи кучнинг миқдори ҳам таъсир кўрсатади. Масалан, вертикал сиқувчи куч  $10 \text{ кгк/см}^2$  гача бўлганда ички ишқаланиш бурчаги ошиб боради ва вертикал куч  $P > 30 \text{ кгк/см}^2$  бўлганда камая боради.

### 7. Вибрация таъсирида қумлар хусусиятларининг ўзгариши

Қумларнинг энг асосий механик хусусиятларидан бири вибрация (титраш) натижасида ўз ҳажмини камайтиришидир. Вибрация вақтида қумнинг ҳажми камайиши билан бир қаторда бир қанча хоссалари ҳам ўзгаради. Бу ўзгариш нисбий тебранма тезланишнинг миқдорига боғлиқдир.

Вибрация тезланишининг оғирлик тезланишига нисбати **нисбий тебранма тезланиш** дейилади ва қуйидагича ифодаланади:

$$m = \frac{g_{\text{внб}}}{g}$$

бунда:  $m$  — нисбий тебранма тезланиш;  $g_{\text{внб}}$  — вибрация тезланиши;  $g$  — оғирлик кучи тезланиши.

Вибрация тезланиши  $g_{\text{внб}}$  нинг миқдори тебраниш частотаси ва амплитудасига боғлиқ:

$$g_{\text{внб}} = A\omega^2,$$

бунда:  $A$  — тебраниш амплитудаси;  $\omega$  — тебраниш частотаси.

Вибрация натижасида қумнинг ички ишқаланиш бурчаги ўзгаради (51-расм) Д. Д. Барканнинг (1955) маълумотларига кўра тебранма тезланиш миқдорининг ошиши билан унинг ички ишқаланиш коэффициенти камая боради. Тезланиш маълум бир миқдорга етгач қумларда ички ишқаланиш кучи шунчалик камайиб кетадики, қум қуюқроқ суюқликка ўхшаб қолади. Агар қумнинг устида бирор оғирроқ нарса турган бўлса у қумга бо-

тиб кетади, қум орасида қумдан енгил нарсалар бўлса, аксинча улар қум юзига қалқиб чиқади.

Вибрация таъсирида қумнинг ички ишқаланиш бурчаги камайиши билан бирга унинг табиий қиялик бурчаги ҳам камайиб кетади. Натижада қум қиялик бўйлаб суюқликка ўхшаб оқади. Шу сабабли суюқликнинг ёпишқоқлик коэффициентига ўхшаш вибрация таъсирида бўлган қум виброёпишқоқлик коэффициентига камайиб кетади.

Виброёпишқоқлик коэффициенти қумнинг намлигига, физик ҳолатига, тебраниш тезлигига боғлиқ бўлиб, ўзгариб туради. Олимларимизнинг маълумотларига кўра, виброёпишқоқлик коэффициенти билан тезланиш орасидаги боғланишни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\beta_{\text{виб}} = \frac{a}{m \cdot \kappa},$$

бунда:  $\beta_{\text{виб}}$  — виброёпишқоқлик коэффициенти;  $a$  ва  $\kappa$  — эмпирик коэффициентлар;  $m$  — нисбий тебранма тезланиш.

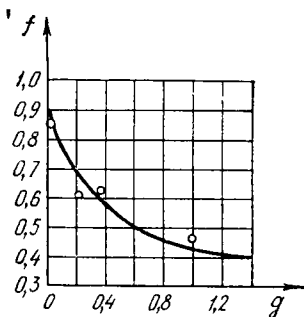
Формуладан кўринадики, вибрация тезланиши ортиши билан виброёпишқоқлик коэффициенти камайар экан.

Виброёпишқоқлик коэффициенти миқдорининг ўзгариши қумларнинг намлигига боғлиқ. Уртача ва кучли намланган қумларда виброёпишқоқлик коэффициенти минимал қийматга эга бўлади. Оз намланган (намлиги 13—14%) қумларда виброёпишқоқлик коэффициенти максимал қийматга эга бўлади.

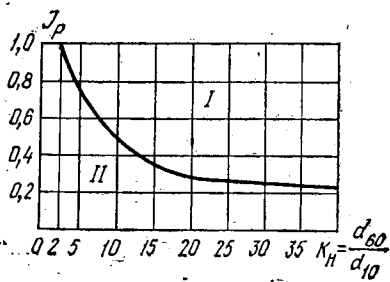
Қумнинг ғоваклилик коэффициенти ( $\epsilon$ ) ва унинг нисбий тебранма тезланиши ( $m$ ) орасидаги боғланишни ифодаловчи эгри чизиққа **виброкомпрессия эгри чизиғи** дейилади (52-расм). Бу эгри чизиқнинг характери қумнинг таркибига, физик ҳолатига ва вибрация пайтда унга таъсир этувчи нормал кучнинг миқдорига боғлиқ. Вибрация натижасида қумнинг зичланиши унинг виброзичланиши деб аталади. Бу зичланишнинг характери қуйидагиларга боғлиқ:

1. Босим таъсирида бўлмаган қумлар вибрация тезланиши жуда оз бўлганда ҳам зичлана бошлайди.

2. Босим остидаги қумлар-



51-расм. Вибрация вақтида ички ишқаланиш коэффициенти билан тебранма тезланиш орасидаги боғлиқликни ифодаловчи график (Д. Д. Баркандан).



52-расм. Уртача донатор қумларнинг вибрацион эгри чизиғи.

нинг вибрация таъсирида зичланиши вибрация тезланишининг миқдорига боғлиқ. Вибрация тезлиги оз бўлганда босимдаги қумлар зичланмайди.

3. Вибрация тезланиши критик миқдорга кўтарилганда босим остидаги қумлар зичлана бошлайди.

4. Нисбий тебранма тезланиш миқдорининг критик ҳолатга чиқиши қумнинг таркибига, физик ҳолати ва ташқи кучнинг миқдорига боғлиқдир. Тажрибалар шуни кўрсатадики, нисбий тебранма тезланиши ( $m$ ) оғирлик кучи тезланишининг тахминан 0,4 дан 1,0 қисмигача бўлади. Майда заррали қумлар энг юқори виброзичланиш хусусиятига эгадир. Йирик ва нозик заррали қумларнинг виброзичланиши бироз камдир. Зарралари яхши силлиқланган қумларнинг вибрацияланиш қобилияти юқори бўлади.

Қумларнинг вибрация таъсирида зичланишини ўрганиш, улар устига поезд ёки автомобиль йўллари, завод ва фабрикалар қурилганда муҳим аҳамиятга эга.

Қумларнинг вибрация таъсирида юмшаш ва оқишини Н. М. Герсеванов (1937) қуйидаги тенглама орқали аниқлашни тавсия этади:

$$\Delta \cdot h (2\varphi_0 \cdot \pi + 1) - (n + n_{\text{внб}}) \geq 0,$$

бунда:  $\Delta$  — қумнинг ҳажм оғирлиги;  $\varphi_0$  — тинч турган қумнинг ён босим коэффициентини;  $n$  — қумга таъсир этувчи доимий босим;  $n_{\text{внб}}$  — вибрация натижасида ҳосил бўлган тасодифан куч;  $h$  — фундаментнинг ер юзасидан чуқурлиги.

Агарда тенгламанинг натижаси нолдан катта ёки нолга тенг бўлса, заминдаги қум вибрацияга хатарли бўлмайди, нолдан кичик бўлса, заминдаги қум вибрацияга хавфли ҳисобланади. Вибрацияга хавфли қумларнинг вибрацияга мустаҳкамлигини ошириш учун махсус усуллар, яъни вибрацияланувчи свайлар (қозиклар) ва бурғу қудуқлари маълум. Булар ёрдамида 30—40 метр чуқурликдаги қумларнинг зичлиги вибрация йўли билан оширилади.

## 8. Гил ва гилли жинсларда силжиш қаршилиги

Гил ва гилли жинсларда силжишга қаршилик кучининг наоён бўлиши қумларга нисбатан анча мураккабдир. Бунга сабаб уларнинг зарралари орасида ёпишқоқлик кучи мавжудлигидир.

Гилли жинсларнинг зарралари орасидаги ёпишқоқлик кучининг миқдори ҳар хил бўлиб, у жинснинг ёшига боғлиқдир. Ёш жинслар унча зичланмагани учун зарралар орасидаги ёпишқоқлик кучи кам бўлади, эски ётқизиқлар жуда яхши зичланганлиги сабабли уларда ёпишқоқлик кучи катта бўлади. Вақт ўтиши билан ёш гилли ётқизиқлар устига янги қатламлар ётиши натижасида уларнинг зичлиги ва зарралар орасидаги ёпишқоқлик кучи орта боради. Гил ва гилли жинслардаги ёпишқоқлик қайтувчи ва қайтмовчи ёпишқоқликларга бўлинади. Жинслар-

нинг структураси бузилгандан кейин яна илгари ҳолига келиши қайтувчи ёпишқоқлик, ўз ҳолига келмаслиги қайтмайдиган ёпишқоқлик дейилади.

Гилли жинсларнинг структураси бузилгандан кейин ҳосил бўлган ёпишқоқлик дастлабки ёпишқоқликдан донмо кам бўлади.

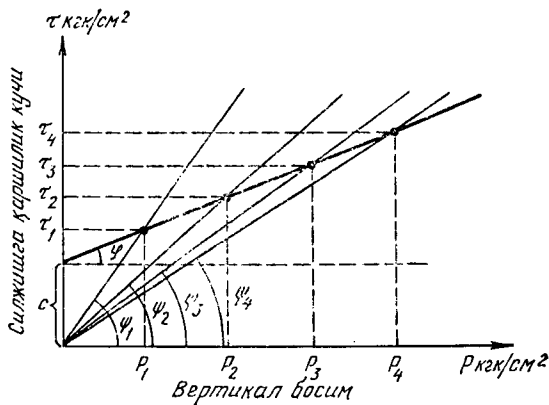
Гилли жинсларнинг пишиқлиги зарралар орасидаги ёпишқоқлик ва ишқаланиш кучига боғлиқ. Зарралар ўзаро ҳаракатланганда улар орасида ишқаланиш кучи билан бир қаторда ёпишқоқлик кучи ҳам ҳосил бўлади. Шунга кўра гилли жинслар учун Кулон қонуни қуйидагича ёзилади:

$$\tau = P \cdot \operatorname{tg} \varphi + C,$$

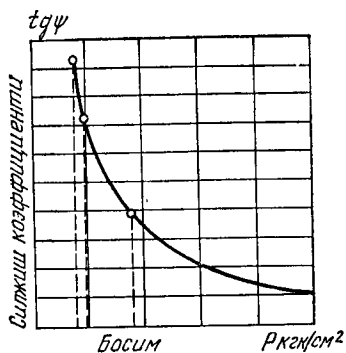
бунда:  $C$  — ёпишқоқлик кучи.

Гилли жинсларнинг ички ишқаланиш бурчаги  $\varphi$  ёпишқоқлик кучи  $C$  ни топиш учун қумлар ёпишқоқлигини аниқлагандек бир-бирига ўрнатилган ва устки қисми сурилувчан цилиндр текширилаётган жинс билан тўлдирилиб силжитувчи асбобга ўрнатилади ва унга вертикал куч  $P$  ва силжитувчи куч  $S$  таъсир эттирилиб, силжишга қаршилик кучи  $\tau$  топилади. Бу тажрибани  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$  вертикал кучлар таъсирида бир неча марта такрорлаш натижасида силжишга қаршилик кучлари  $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_n$  аниқланиб, булар билан вертикал кучлар орасидаги боғланишни ифодаловчи график тузилади (53-расм). Графикдан маълумки, тўғри чизиқ координата бошидан ўтмай, бироз юқоридан бошланиб ордината ўқининг бир қисмини кесиб ўтади. Ана шу ордината ўқидаги кесмага тўғри келувчи куч тоғ жинсининг зарралари орасидаги ёпишқоқлик кучи деб аталади ва  $C$  билан белгиланади. Бу тўғри чизиқ билан горизонтал чизиқ орасидаги бурчак  $\varphi$  ички ишқаланиш бурчаги дейилади.

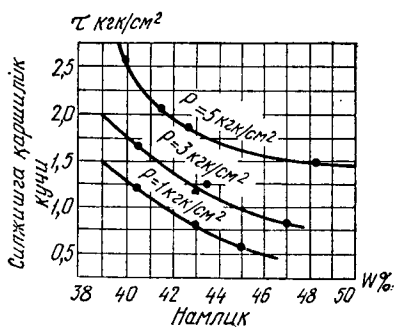
Топилган нуқталарнинг координаталар боши билан туташибидан ҳосил бўлган  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  бурчаклар сурилиш қаршилиги бурчаклари деб аталади ва бу бурчакнинг тангенци  $\operatorname{tg} \varphi$  сурилиш қаршилиги коэффициенти дейилади.



53-расм. Гилли жинсларнинг силжишга қаршилик кучи билан вертикал босим орасидаги боғлиқликни ифодаловчи график.



54-расм. Босим билан силжиш коэффициенти  $tg\phi$  орасидаги боғланишни ифодаловчи график.



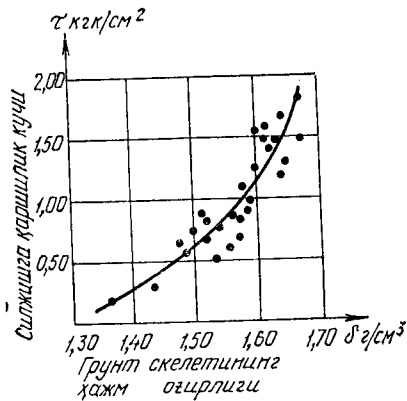
55-расм. Ҳар хил вертикал босимда гилли жинслар намлиги билан силжиш қаршилигининг боғлиқлигини ифодаловчи график.

Баъзи мутахассислар, шу жумладан, Н. Н. Маслов (1959) жинсларнинг силжишга пишиқлигини сурилиш қаршилиги бурчаги ва коэффициенти билан баҳолашни тавсия этадилар.

Жинснинг силжишга пишиқлигини аниқловчи кўрсаткичлар ўзгарувчан бўлиб, жинснинг хилига, минералогик ва гранулометрик таркибига, намлиги, ғоваклилиги ва структурасига боғлиқдир.

Сурилиш бурчаги қаршилиги коэффициенти вертикал кучга қараб ўзгаради. Бу куч ошган сари сурилиш қаршилиги коэффициенти камайиб боради (54-расм).

Гилли жинслар намлигининг ўзгариши натижасида уларнинг ички ишқаланиш бурчаги ва ёпишқоқлик кучи ўзгаради. Намлиги ортиб борган сари силжишга қаршилик кучи камайиб боради (55-расм).



56-расм. Гилли жинсларда силжиш қаршилиги билан ҳажм оғирлигининг боғлиқлигини ифодаловчи график.

Жинснинг ғоваклилиги ҳам унинг деформацияланишига катта таъсир кўрсатади. Жинс қанчалик зич, ғоваклилиги кам бўлса, ишқаланиш шунчалик катта бўлади, чунки зарралар орасидаги масофа қисқариб, уларнинг бир-бирига тегишидан ишқаланиш кучи содир бўлади (56-расм).

Гилли жинсларнинг пишиқлиги уларнинг структурасига ҳам боғлиқ. Деформация ва силжишга қаршилик кучининг миқдори ва характери ташқи кучнинг ҳажмига боғлиқдир. Ташқи кучнинг миқ-



дори ошган сари силжишга қаршилик кучи ҳам ортиб боради ва маълум миқдорга етганда тоғ жинсининг структураси бузилиб, силжишга қаршилик кучи камайиб, деформация бирдан ошиб кетади (57-расм).

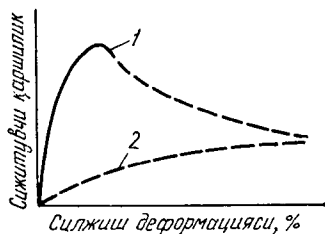
Бундан ташқари жинсларнинг ички ишқаланиш бурчаги ўзгаришига уларнинг минералогик таркиби ҳам катта таъсир кўрсатади. Масалан, монтмориллонитли гилларнинг ички ишқаланиш коэффициенти бошқа гилларникидан паст ( $4-10^\circ$ ), каолинли ва гидрослюдали гилларники кўп ( $10-20^\circ$ ), палигорситники  $30-40^\circ$  га боради.

Бирламчи минераллар кўп бўлган гилли жинсларда ички ишқаланиш бурчаги ортиб боради (22-жадвал).

Эрувчан тузларга бой гилли жинсларнинг намлиги ортиши билан уларнинг ички ишқаланиш бурчаги қиймати камаяди, чунки бундай жинсларнинг намлиги ортиши билан таркибидаги тузлар эриб, ғоваклилиги ортиб, зичлиги камайиб кетади.

Жинсларнинг ички ишқаланиш бурчаги ва силжишга қаршилик кучлари уларнинг текстурасига ҳам боғлиқ. Қат-қат текстурали гилли жинсларда силжиш қаршилиги қатламлар йўналиши бўйича бир қийматга эга бўлса, унга тик йўналишда бошқа қийматга эга бўлади. Текширишлар шуни кўрсатадики, қатламлар йўналиши бўйича силжишга қаршилик кучи оз бўлиб, унга тик йўналишда кўп бўлади.

Жинс таркибидаги эритманинг химиявий таркиби ва концентрацияси ҳам уларнинг пишиқлигига катта таъсир кўрсатади. Масалан; таркибида эриган натрий кўп бўлиши жинснинг силжишга қаршилик кучини камайтиради, кальций кўп бўлиши эса, аксинча, силжишга қаршилик кучини оширади. Бунга са-



57-расм. Гилли жинсларда структуранинг силжиш қаршилигига таъсирини ифодаловчи график:

1—табиий структурали жинснинг силжиш қаршилиги; 2—структураси сунъий равишда бузилган жинснинг силжиш қаршилиги.

22-жадвал

Қумнинг ички ишқаланиш бурчаги ўзгаришига монтмориллонит қўшимчасининг таъсири (Г. П. Чеботарев, 1953)

Қумнинг монтмориллонит аралашмаси		
Қумнинг миқдори, %	Монтмориллонит миқдори, %	$P=1$ кгк/см <sup>2</sup> бўлганда $\phi$
95	5	$56^\circ$
85	15	$39^\circ$
75	25	$19^\circ$
50	50	$16^\circ$
0	100	$9^\circ$

баб натрий кўп гил зарраси атрофида сув пардасининг қалин бўлиб, зарралар орасидаги ишқаланиш кучи камаяди: кальций кўп гил зарраси атрофида эса сув пардаси жуда юққа бўлади.

## ХИ БОБ. ТОҒ ЖИНСЛАРИНИНГ ИНЖЕНЕРЛИК-ГЕОЛОГИК КЛАССИФИКАЦИЯСИ

Тоғ жинси ва тупроқларни грунт сифатида ўрганиш ва ишлатиш учун уларни хилларга ажратиш, таркиби ва тузилиши жиҳатидан бир-бирига ўхшашларини маълум гурппага бириктириш классификация деб аталади.

Қўйилган мақсад ва вазифаларга кўра тоғ жинслари классификациясининг турлари жуда ҳам кўп. Масалан, минералшунослар ўз мақсадлари учун тоғ жинсларини минералогик таркибига қараб, петрографлар, литологлар эса петрографик ва литологик таркибига қараб классификация қиладилар.

Табиатда тоғ жинслари жуда кўп ва хилма-хилдир. Улар баъзи хоссалари жиҳатидан бир-бирига ўхшайди. Масалан, гранит билан диорит ёки мрамор бир-биридан минералогик таркиби ва структураси жиҳатидан фарқ қилади. Аммо қаттиқлиги бир-бирига яқин. Тоғ жинсларининг ана шу хоссаларига, айрим белги ва кўрсаткичларига қараб синфларга бўлиниши — классификацияланиши мумкин.

Тоғ жинсларининг минералогик ва химиявий таркиби, структураси, текстураси, ётиш шароити, генезиси, ташқи кучга чидамлилиги ва пишиқлиги уларни классификация қилишда асосий белгиларидан ҳисобланади. Булар табиий геологик факторлар (тектоник бузилиш, дарз кетиш, нураш, метаморфизм ва шу кабилар) таъсиридан доимо ўзгариб туради. Тоғ жинсига яна инсон фаолиятида вужудга келадиган инженерлик-геологик факторлар (иморат ва иншоот фундаменти учун чуқурлар қазииш, фойдали қазилмаларни чиқариб олишда шахталар қазииш, катта иморат ва иншоотларни қуриш, жинсларнинг намлик ва иссиқлик режимини ўзгартириш, ер ости ва усти сувлари таъсирини камайтириш ёки кўпайтириш) ҳам катта таъсир кўрсатади. Шу сабабли тоғ жинсларининг классификациясини тузишда юқорида қайд этилган геологик ва инженерлик-геологик факторларни албатта ҳисобга олиш лозим.

Тоғ жинсларининг классификациясини тузишдан яна бир мақсад биринчидан, дала ва лаборатория шароитида уларнинг қандай хосса ва хусусиятларини аниқлаш кераклигини олдиндан белгилаб олиш керак бўлса, иккинчидан уларнинг устига қурилган иморат ва иншоотларда бўладиган ўзгаришларни аниқлашдир.

Тоғ жинсларининг таркибини, тузилишини ва физик хусусиятларини аниқлаш учун бажариладиган лаборатория машғулотларининг ҳажми ва тури тоғ жинсларининг хилига, яъни қайси классификацияга киришига боғлиқ, масалан, магматик

тоғ жинслари учун қўлланадиган лаборатория текширув тажрибалари, чўкинди жинслар учун қўлланадиган лаборатория ишларидан фарқ қилади. Магматик жинслар учун уларнинг нураганлик даражаси, дарзлилиги ўрганилса, чўкинди жинслар учун табиий намлиги, ғоваклилиги, сув ўтказувчанлиги, пластиклиги ва ҳоказолар ўрганилади.

Шундай қилиб, табиатда учрайдиган ва қурилиш мақсадлари учун ишлатиладиган тоғ жинслари ўзининг ҳосил бўлиши, таркиби, тузилиши ва физик-механик хоссалари жиҳатидан ҳар хилдир. Шу сабабли уларни ўрганишда маълум бир тартибга солиш лозим. Бунинг учун уларнинг классификациясини тузиш керак.

Инженерлик геологиясида, тоғ жинсларининг турли-туман классификацияси мавжуд. Булар ҳозирги пайтда асосан тўртта группага — умумий, алоҳида, соҳа бўйича ва регионал классификацияга бўлинади.

**Умумий классификацияда** табиатда учрайдиган ҳамма тоғ жинслари умумий ўхшашлик белгиларига қараб маълум группаларга бирлаштирилади. Жинсларнинг умумий ўхшашлик белгиларига уларнинг ёши, ҳосил бўлиши, ётиш ҳолати, қаттиқлиги ва шу кабилар киради. Умумий классификацияда тоғ жинсларининг жуда кўп белгилари, хосса ва хусусиятлари ҳисобга олинади. Шу вақтга қадар кўпчилик инженерлик геологияси мутахассислари томонидан тоғ жинслари умумий классификациясининг турли-туман вариантлари ишлаб чиқилган. А. П. Павлов (1935) биринчи бўлиб тоғ жинсларининг умумий инженерлик-геологик классификациясини ишлаб чиқди. Аммо классификацияни тузишда у тоғ жинслари таркибини, петрографик хусусиятларини ҳисобга олмасдан, фақат уларнинг зарралари орасидаги қовушқоқлик (ёпишқоқлик) кучини ҳисобга олди.

Тоғ жинсларининг умумий инженерлик-геологик классификациясини Ф. П. Саваренский (1937) ҳам тузди. Бунда тоғ жинсларининг асосий белгиларидан физик-механик хоссалари, ранги, гранулометрик таркиби, қаттиқлиги, пластиклиги, сув ўтказувчанлиги, сув сиғими, сиқилиши, ишқаланиши ҳамда бошқа бир қанча хоссалари ҳисобга олинган. Ф. П. Саваренский тоғ жинсларини 5 та А, В, С, Д ва Е группаларга ажратади.

А группага нурашга учрамаган ташқи куч таъсирида сиқилмайдиган қаттиқ магматик, метаморфик ва кучли цементланган чўкинди жинслар киради.

В группага бироз нураган ташқи куч таъсирида озроқ сиқиладиган магматик, метаморфик тошқотган чўкинди жинслар киради.

С группага ўзидан сувни секин ўтказадиган ва сув таъсирида пластик ҳолга келадиган чўкинди жинслар киради. Бу турдаги жинсларнинг таркиби асосан 0,05 мм дан 0,001 мм гача бўлган чанг, тўзон ва 0,001 мм дан кичик гил зарраларидан иборат бўлиб, улар асосан магматик жинсларнинг химиявий, физик нурашидан ва денгиз чўкиндисидан ҳосил бўлади. Жинс

**Тоғ жинсларининг инженерлик-геологик классификацияси**

I класс Тошқотган (қағтиқ) жинслар			II класс Гилли жинслар						
I категория—сувга чидамли (ишқорланмайдиган) жинслар			II категория—сувга чидамсиз (ишқорланадиган) жинслар						
I категория—сувга чидамли (ишқорланмайдиган) жинслар			II категория—сувга чидамсиз (ишқорланадиган) жинслар						
1- группа—магматик жинслар	2- группа — метаморфик жинслар	3- группа — цементланган чүкннди жинслар	1- группа — органик лар	2- группа — химиявий жинс- лар	3- группа — цементланган, сувга чидамсиз жинслар				
						Гранит, диабаз, порфирит, базальт	Оҳақтошлар, чиганоқлар, доломит- лашган оҳақтошлар	Ош тузи, гипс, ангидрит, доломитлар	Оҳақли кумтошлар, оҳақли, гипсли шағалтошлар
						Кварцит, мәрмар, кремнийли сланц- лар, слюдалли сланцлар	Кремнийли шағалтошлар, брекчия- лар, қумтошлар, оҳақтошлар ва опокалар	Оҳақли кумтошлар, оҳақли, гипсли шағалтошлар	Аргиллитлар, алевролитлар, гилли мергеллар, опокасимон гиллар

зарралари орасида ёпишқоқлик кучи мавжуд бўлиб, уларнинг қаттиқлиги намлигига боғлиқ бўлади.

Д группага асосан зарралари орасида ёпишқоқлик кучи бўлмаган, сочилувчан, ўзидан сувни яхши ўтказадиган қум, шағал тошлар киради.

Е руппани алоҳида таркибга, физик хоссага эга бўлган юмшоқ жинслар — торф, балчиқ, инсон фаолияти таъсирида ҳосил бўлган грунтлар ташкил этади.

Ф. П. Саваренский бу группалардаги жинсларни инженерлик-геологик характеристикасига қараб класс ва классчаларга бўлди. Кейинчалик бу классификация В. А. Приклонский, Н. Н. Маслов, П. Н. Паноков, А. М. Дранников, В. Д. Ломтадзе, Е. М. Сергеев, Ф. О. Мавлонов ва бошқалар томонидан тўлдирилди.

(Н. Н. Маслов, 1941)

		III класс Сочилувчан (донадор) жинслар		IV класс Алоҳида хусусиятли жинслар	
II категория — сувга чидам- сиз, тез юм- шайдиган жинслар		I категория —сувга чидам- ли (эримайдиған) жинслар		II категория —сувга чидамсиз (эрувчан) жинслар	
Консистенциясу турлича бўлган гил- лар ва гилли жинслар (суглинка- лар)	1- группа — қаттиқ ва ярим қаттиқ жинслар	1- группа — йирик донадор жинслар	1- группа — йирик донадор жинслар	1- группа — йирик донадор жинслар	Бўр, лёсс, тузали грунтлар, торф, бал- чиқли тупроқлар, абадий музлаган жинслар, сув оқизиб келиб ётқиз- ган жинслар, инсон фаолиятидан ҳосил бўлган грунтлар
	2- группа — пластик ҳолда- ги жинслар	2- группа — қумлар	2- группа — қумлар	2- группа — қумлар	
	3- группа — консистенцияси оқувчан ҳолдаги жинслар				
		Магматик ва метаморфик жинслар- нинг емиришидан ҳосил бўлган тош, шағал, шебень ва дрсвалар	Қварц, дала шпатли ва олинвилли қумлар	Ўткир қиррали оҳакли тошлар ва шағаллар	
				Доломитли ва гипсли қумлар	

Классификациялар ичида энг қулай ва ишлаб чиқаришда кўп қўлланадиганларидан бири Ф. П. Саваренский, Н. Н. Маслов ва Е. М. Сергеевнинг классификацияси ҳисобланади.

Н. Н. Маслов классификациясида тоғ жинсларининг физик механик хоссалари, жумладан, пишиқлиги, мустаҳкамлиги, сувга ва шу каби суюқ моддаларга чидамлилиги асосий классификацияловчи белгилар қилиб олинган. Шунга кўра грунтлар қуйидаги учта тошқотган гилли ва сочилувчан классларга бўлинган. Ҳар қайси класс сувга чидамлилиги билан бир қанча категория ва группаларга бўлинган (23-жадвал).

Н. Н. Маслов ўзининг классификациясида грунтларнинг қурувчилар учун энг муҳим хусусиятларини ҳисобга олган. Унинг камчилиги шундан иборатки, грунтларнинг генетик ва петрографик белгилари ва хусусиятлари тўла аксини топмаган.

## Грунтларнинг умумий классификацияси (Е. М. Сергеев, 1959)

Класслар	Группалар	Группачалар
Зарралари қаттиқ боғланган жинслар	Магматик жинслар	чуқурликдаги (интрузив) отқинди (эффузив)
	Метаморфик жинслар	регионал — метаморфик контакт — метаморфик
	Цементланган чўкинди жинслар	цементланган йирик парчали цементланган майда донадор қотишган гилли ва чангли
	Химиявий ва биохимиявий чўкинди жинслар	кремнийли темирли карбонатли сулфатли галоидли
Зарралари қаттиқ боғланмаган жинслар	Гилли ва чангли жинслар	гилли лессли (алевртли)
	Цементланмаган парчали жинслар	йирик донадор қумли
Тупроқлар	Тупроқлар	зоналли интразоналли
Сунъий грунтлар	Сунъий грунтлар	маданий қатламлар ўтиринди (нанос) тўкма (насыпь) сунъий яхшиланган сунъий яхшиланмаган

Е. М. Сергеев (1959) классификациясига кўра грунтлар 4 классга, 8 группага ва 23 группачаларга бўлинади (24- жадвал).

Биринчи икки класс тоғ жинсларининг структурали боғланишига, қолган иккитаси эса генетик типига қараб ажратилган. Шу усулда группа ва группачаларнинг бир хиллари тоғ жинсларининг генетик белгисига қараб ажратилган бўлса, бошқа бир хиллари петрографик белгиларига қараб ажратилган.

Биз қуйида грунтларни генетик ва петрографик ҳамда физик-механик хоссалари бўйича тузилган умумий классификацияни тавсия этамиз. Бу классификацияга Ф. П. Саваренский классификацияси асос қилиб олинган. Грунтлар генетик хилига кўра 4 классга ва петрографик хусусиятларига қараб 10 группага ажратилган.

I класс — магматик жинслар. Ўз навбатида 3 группага: интрузив (гранитлар, сиенитлар, гранодиоритлар, габбро ва бошқалар), ярим интрузив (гранит, порфиритлар, габбропортифиритлар) ва эффузив (кварцли ва кварцсиз порфиритлар, порфиритлар, диабазлар, липаритлар, трахитлар, дацитлар, андезитлар, базальтлар) жинсларга бўлинади.

II класс — метаморфик жинслар. Ўз навбатида икки группага: яхлит (мармар, кварцитлар) ва қат-қатли (гнейслар, кристалли сланецлар) жинсларга ажралади.

Бу икки классга кирувчи жинслар ўзидан сувни ўтказмайди ва сувда ишқорланмайди. Агар дарзлари бўлса, шу дарзлар орқали сув ўтиши мумкин. У ҳолда уларнинг сув ўтказувчанлик коэффициенти 10 м суткадан ошмайди.

Бу икки классдаги жинсларнинг зичлиги жуда юқори, ғоваклилиги паст, солиштира оғирлиги  $2,65—3,1$  г/см<sup>3</sup>, пишиқлиги ва таранглиги жуда юқори, сиқилиш қаршилиги  $500—4000$  кгк/см<sup>2</sup>, умумий деформация модули  $100000$  кгк/см<sup>2</sup> дан юқори бўлиб, ташқи куч таъсирида деярли сиқилмайди.

III класс — чўкинди жинслар. Ўз навбатида 5 та группага: тошқотган (қумтошлар, шағалтошлар), ярим тошқотган (оҳактошлар, алевролитлар, аргиллитлар, мергеллар), зарралари бир-бирига боғланган бўшоқ (гиллар, гилли соз ва қумоқ, қумлоқ грунтлар), зарралари бир-бирига боғланмаган сочилувчан (қумлар, шағаллар, тошлар) ва химиявий, биохимиявий (галит, сильвинит, сильвин, гипс, доломит, бўр, оҳактош, лимонит, боксит) жинсларга бўлинади. Бу классга кирувчи грунтлар табиатда кенг тарқалган бўлиб, ер юзасининг кўп қисмини эгаллаб ётади ва қурилишда асосий объект ҳисобланади.

Тошқотган ва ярим тошқотган жинслар ўзидан сувни секин ўтказди, сув ўтказиш қобилияти нураганлик даражасига, дарзлилигига боғлиқ бўлиб, сув ўтказувчанлик коэффициенти  $0,5—30$  м сутка оралиғида бўлади. Бу турдаги жинсларнинг зичлиги катта, ўртача ғоваклилиги  $10—15\%$ , солиштира оғирлиги  $2,2—2,65$  г/см<sup>3</sup>, сиқилиш қаршилиги  $20—4000$  кгк/см<sup>2</sup> бўлиб, ташқи куч таъсирида жуда кам сиқилади.

Зарралари бир-бирига боғланган бўшоқ гил, гилли соз ва қумоқ, қумлоқ грунтлар сувни ўзидан жуда секин ўтказди; сув ўтказувчанлик коэффициенти кўпинча  $0,1$  м сутка дан кичик бўлади. Шу сабабли уларни сув ўтказмайдиган грунтлар деб ҳам атайдилар. Бу грунтларнинг зичлиги ҳар хил, ғоваклилиги  $25—60\%$ , солиштира оғирлиги  $2,10—2,70$  г/см<sup>3</sup>, табиий намлиги  $10—80\%$ , пишиқлиги ва қаттиқлиги жуда ўзгарувчан (у грунтнинг намлигига боғлиқ) бўлиб, ташқи куч таъсирида тез сиқилади, умумий деформация модули  $25—50$  кгк/см<sup>2</sup> оралиғида бўлади.

Зарралари бир-бири билан боғланмаган сочилувчан қум, шағал тошлар каби грунтлар ўзидан сувни жуда яхши ўтказди; сув ўтказувчанлик коэффициенти  $30$  м/сутка ва ундан ҳам ортиқ бўлади. Бу турдаги жинсларнинг зичлиги ҳар хил, шунга кўра ҳажм оғирлиги ҳам ўзгарувчан ( $1,4—1,9$  г/см<sup>3</sup>), ғоваклилиги ўртача ( $25—40\%$ ), пишиқлиги зарраларининг жойланишига ва зичлик ҳолатига боғлиқ, умумий деформация модули  $50—1000$  кгк/см<sup>2</sup> бўлиб, ташқи куч таъсирида яхши сиқилади.

Химиявий ва биохимиявий йўл билан ҳосил бўлган грунтлар ўзидан сувни турли тезликда ўтказди: сув ўтказувчанлик коэф-

фициенти 0,7 дан 30 м/сутка оралиғида ўзгариб, жинсларнинг дарз-лилик даражасига, нураганлиғига боғлиқ. Бу турдаги жинсларнинг зичлилиги ўртача, солиштирма оғирлиги 2,15—2,65 г/см<sup>3</sup>, ғоваклилиги 15—20% пишиқлиги ва қаттиқлиги турлича (таркибига боғлиқ), сиқилиш қаршилиги 150—3000 кгк/см<sup>2</sup> бўлиб ташқи куч таъсирида деярли сиқилмайди.

IV класс — юмшоқ ва енгил грунтлар. Бунга асосан алоҳида таркибга ва физик хусусиятга эга бўлган юмшоқ жинслар торф, балчиқ ва сунъий грунтлар киради.

**Алоҳида, соҳа бўйича ва регионал классификация.** Тоғ жинсларининг алоҳида ёки махсус классификацияси умумий классификацияга қўшимча бўлиб, бунда грунтлар алоҳида белги ва хоссалари бўйича классификацияланади. Масалан, минералогик ёки гранулометрик таркиби бўйича ёки сув ўтказувчанлиғига қараб классификациялаш махсус классификация турига киради.

Грунтларнинг соҳа бўйича классификацияси маълум бир қурилиш (йўл қурилиши ва шу кабилар) талаби бўйича тузилган бўлади. Бунга қурилиш нормаси бўйича 1962 йилда тузилган грунтларнинг классификациясини мисол қилиб келтириш мумкин. Бу классификацияга кўра тоғ жинслари тўртта группага: қоя тошли, шағалли, кумли ва гилли жинсларга бўлинади.

Регионал классификация маълум бир турдаги жинсларни типларга ажратишга хизмат қилади. Бунга лёссимон жинсларни чўкувчанлиги ёки ҳосил бўлиш шароитига қараб генетик типларга ажратиш мисол бўла олади.

Шундай қилиб, кейинги вақтларда тоғ жинсларининг инженерлик-геологик хоссаларини ўрганиш ва улардан қурилиш мақсадлари учун грунт сифатида фойдаланишда юқорида қайд қилинган турли классификациялари ишлаб чиқилди. Бу классификациялар асосида тоғ жинсларининг асосий белгиларидан бири — ҳосил бўлиш шароити ётади. Шунга кўра тоғ жинслари магматик, метаморфик ва чўкинди каби асосий учта генетик типга ажралади. Ҳар қайси генетик типга тегишли тоғ жинслари ўзига хос белги ва хусусиятлари билан характерланади.

Тоғ жинсларининг минералогик таркиби, структураси ва текстураси ётиш ҳолати, физик ва механик хоссалари уларнинг ҳосил бўлган шароитини ва кейинчалик уларда қандай ўзгаришлар содир бўлишини кўрсатувчи асосий белгилардан бири ҳисобланади. Тоғ жинсларининг ҳосил бўлганлик шароитини ифодаловчи бу генетик белгилар уларни бир қанча петрографик типларга ажратиш имкониятини яратади.

Тоғ жинсларининг классификациясини тузишда генетик ва петрографик турлари ҳамда физик-механик хоссаларига қараб уларни маълум группаларга бириктирилади ва ҳар қайси группага тааллуқли жинсларнинг қурилиш мақсадлари учун сифати, яъни пишиқлиги, мустаҳкамлиги, деформацияланиши, сув ўтказувчанлиги ҳамда бошқа хосса ва хусусиятлари кўрсатилади. Шуларни ҳисобга олиб тузилган классификация схемаси талабга жавоб берадиган классификация схемаси ҳисобланади.



## ИНЖЕНЕРЛИК ГЕОДИНАМИКАСИ

### ХIII БОБ. ГЕОЛОГИК ВА ИНЖЕНЕРЛИК-ГЕОЛОГИК ПРОЦЕССЛАР

Инженерлик геодинамикаси планетамизнинг ичи ва ташқарисида содир бўладиган геологик процессларни ўрганади. Шу билан бирга инсоннинг инженерлик фаолияти туфайли вужудга келган геологик процессларни ҳам ўрганади.

Геологик процессларга: тектоник ҳаракатлар, зилзила, нураш, сурилиш, чўкиш, қулаш, қор кўчкиси (лавина), ғорлар пайдо бўлиши, тупроқ қатламларининг ювилиши ҳамда шамол ҳаракати ва денгиз тўлқинлари вужудга келтирадиган ҳодисалар киради. Бу процессларни ўрганиш ва уларнинг олдини олиш инженерлик геодинамикасининг асосий вазифаларидан ҳисобланади.

Халқ хўжалигини ривожлантиришда катта сув омборлари, каналлар, автомобиль ва темир йўллар, кўприклар, саноат иншоотлари ва иморатлар қурилади, тоғли ва тоғ олди районлари ўзлаштирилиб, кончилар шаҳарчаси, шахталар ва тоғ-кончилик саноати вужудга келади. Геологик процесслар эса буларга маълум даражада таъсир кўрсатиб, уларнинг ишдан чиқишига, бузилишига сабабчи бўлади. Масалан, сел туфайли тоғ этагидаги қишлоқлар вайрон бўлиши, дарё кўприклари бузилиши, йўллар ишдан чиқиши мумкин. Шунинг учун ҳар бир инженер-геолог, қурувчи ва лойиҳаловчи қуриладиган иморат ва иншоот майдо-нида ва теварак-атрофида қандай геологик процесслар содир бўлишини, улар қурилаётган иншоотга қандай таъсир этишини олдиндан аниқлай билиши лозим.

Иморат ва иншоотлар лойиҳасини тузишда лойиҳачига масъул вазифа юкланади. У лойиҳада иншоотга таъсир қиладиган процессларга қарши курашиш тадбирларини ҳам лойиҳалаштириши шарт.

Геологик ҳодисаларни ўрганиш қурилиш, лойиҳалаш ва инженерлик-геологик ишлардан ташқари, фойдали қазилмаларни қазиб олишда ҳам катта аҳамиятга эга. Бу ҳодисалар баъзан катта қийинчиликлар туғдиради, чунки уларнинг таъсирида шахталар босиб қолади, фойдали қазилмаларни қазиб олиш қийинлашади.

Шундай қилиб, геологик процесслар табиий офатлар келиб чиқишига сабаб бўлади. Шунинг учун бу процессларни ўрганиш катта илмий ва практик аҳамиятга эга. Геологик процессларнинг сабабларини, оқибатларини, уларнинг олдини олиш йўлларини ўрганиш ҳар бир инженер-геологнинг асосий вазифаси ҳисобланади.

Одатда геологик ҳодиса ва процесслар табиий равишда ва одамлар иштирокида содир бўлади. Табиий равишда содир бўладиган процессларни геологик, инсон фаолиятидан вужудга келадиган процессларни инженерлик-геологик процесслар дейилади (Каменский Г. Н. 1935). Масалан, бирон жойда чўкиш ҳодисаси табиий сабаблар — ер ости сувлари сатҳининг кўтарилиши ёки ёғингарчилик кўп бўлиб, узоқ вақт сувнинг кўлобланиб қолиши, жинс қатламлари, намланиши натижасида содир бўлса, буни геологик ҳодиса, агар шу чўкиш ҳодисаси инсон фаолияти, яъни қўриқ ерларни ўзлаштириш, канал, сув омборлари қуриш ва суғориш ишлари билан боғлиқ бўлса, инженерлик-геологик ҳодиса ҳисобланади.

Геологик процесслар ҳосил бўлиш шароитига кўра **эндоген** (ички) ва **экзоген** (ташқи) процессларга бўлинади.

## 1. Эндоген процесслар

Ер ядросида ва қобиғида мураккаб геологик процесслар доимо бўлган ва бўлиб туради.

Ернинг ичида ҳосил бўлган геологик процесслар унинг ҳосил бўлиш тарихи билан чамбарчас боғлиқдир. Ернинг ҳосил бўлиши ҳақидаги гипотезаларга кўра планеталар совуқ жисм сифатида таркиби ва солиштирма массаси турлича бўлган қаттиқ зарраларнинг тўпламидан вужудга келган. Бу зарралар орасида радиоактив моддалар ҳам бўлган, булар эса парчаланиб, иссиқлик чиқариш хусусиятига эга. Радиоактив парчаланиш натижасида ернинг ички қисми қизий бошлаган ва ер юмшаб, пластик бўлиб қолган. Бундай юмшоқ моддалар жуда секин ҳаракат қила бошлаган, енгилроқ массалар аста-секин ер сиртига сурилиб («сузиб») чиққан, оғир массалар эса ер маркази томон ҳаракат қилган, силжиган. Оғирлик кучи таъсирида пластик массада рўй берадиган бундай ички қатламланиш (сараланиш) ҳодисаси **гравитацион дифференциация** дейилади. Бу процеснинг тезлиги ва таъсири Ернинг зичлигига боғлиқ. Ернинг марказига борган сари унинг зичлиги ва босими орта боради, шунинг учун ер қобиғи унинг чуқур қисмларига қараганда дифференциация ҳодисаси осонроқ ва тезроқ рўй беради.

Ер шарининг ички қисмидаги гравитацион дифференциация таъсирида зичроқ (марказий ядрога) ва енгилроқ (ер қобиғида) қатлам ҳосил бўлган, булар орасида зичлиги ўртача қатламлар жойлашган.

Гравитацион дифференциация процесси ҳозирга қадар ҳам давом этаётган бўлса керак. Ниҳоятда кўп энергия ажратиб чи-

қарадиган бу процесс Ер шаридаги анчагина ҳодисаларга сабаб бўлади, дейиш мумкин, бу ҳодисалар Ер юзасига ҳам таъсир қилади.

Ернинг ички энергияси таъсирида содир бўладиган ҳаракатлар тектоник ҳаракатлар дейилади.

Ер қобиғи остидаги процесслар натижасида вужудга келадиган ҳаракатлар бирламчи ҳаракатлар деб юритилади. Ерни ташкил этувчи модданинг гравитацион дифференциацияланиши, яъни унинг зичлигига қараб қатламланиши бу процесслар ичида муҳим роль ўйнайди. Модданинг пастга тушиши шу жой устидаги ер қобиғининг чўкишига, модданинг юқорига чиқиши эса ер қобиғининг кўтарилишига сабаб бўлади. Бирламчи ҳаракатларнинг кучайиши билан ер қобиғида мураккаб зўриқиш ҳолатлари рўй беради, бунинг натижасида тоғ жинсларида иккиламчи тектоник ҳаракатлар ҳосил бўлади.

## 2. Бирламчи тектоник ҳаракатлар

Ер қобиғи чуқур жойида бўладиган вертикал ҳаракатлар бирламчи ҳаракатлар туркумига кириб, асосан икки турга: тебранма ва тўлқинсимон ҳаракатларга бўлинади.

Тебранма ҳаракатлардан ернинг катта участкалари аста-секин кўтарилади ёки, аксинча, чўқади. Бундай ҳаракатлар ҳамма жойда, ҳамма геологик даврларда бўлиб ўтган.

Ер қобиғидаги тебранма ҳаракатлар натижасида қуруқлик ва денгиз майдони ўзгариб туради. Қуруқлик кўтарилганда денгиз чекинади, бунга денгиз регрессияси дейилади. Денгиз майдони кичраяди ва денгиз тубининг қирғоққа яқин қисмлари очилиб қолади. Қуруқлик чўкканда бунинг акси бўлади, денгиз майдони кенгайиб, қуруқлик кичраяди, денгиз қирғоқларини сув босади, бу денгиз трансгрессияси деб аталади.

Тебранма ҳаракатлар катта-катта жойларнинг инженерлик-геологик шароитини ўзгартиради. Денгиз ёки қуруқлик майдонининг кенгайиши натижасида жойнинг иқлими ҳам ўзгаради. Денгиз кенгайганда, атрофдаги иқлим кўпроқ денгиз иқлимига яқинлашади, қуруқлик кенгайганда эса, аксинча, иқлим континенталлашади. Иқлимнинг ўзгариши вақт ўтиши билан шу жойнинг тоғ жинсларига, тупроғига ва органик дунёсига таъсир этади. Натижада денгиз ва материкларнинг ички ва ташқи қиёфаси ўзгариб боради. Денгиз чекинганда айрим материклар, ороллар бир-бирига қўшилиб қолиши, денгиз трансгрессияда эса, аксинча, қуруқлик айрим-айрим материкларга, оролларга бўлиниб кетиши мумкин.

Тебранма ҳаракатлар вақтида қуруқликнинг кўтарилиши ёки чўкиши дарёларнинг эрозия ишига ҳам таъсир кўрсатади, чунки бунда эрозия базиси ё пасаяди ёки кўтарилади. Дарёлар қуйиладиган сув ҳавзасининг сатҳи эрозия базиси дейилади. Трангрессия процесси туфайли денгиз тик қирғоқларга ҳам аста-секин босиб келади, қирғоқлар емирилади, кесилиб, сурилиб тушади, натижада қирғоқлар тобора материкнинг ичкарасига

кириб боради ва қирғоқлар ўрнида ҳосил бўлган текис ерлар сув тагида қолади. Сув тагида қолган бундай ерлар абразион юза дейилади, қирғоқни денгизнинг кесиби бориши процесси эса абразия деб аталади.

Ер қобиғидаги тебранма ҳаракатлар натижасида ер қобиғи кўтарилган ва пасайган областларга бўлиниб кетади. Бу областлар ўз ҳолатини узоқ вақтгача сақлайди ёки тўлқинсимон бўлиб секингина силжийди, натижада ер қобиғида тўлқинсимон ҳаракатлар ҳосил бўлади. Тўлқинсимон ҳаракатларнинг интенсивлиги жойнинг тузилишига боғлиқ. Масалан, геосинкинал областларда тўлқинсимон ҳаракатлар жуда кўп бўлади.

Ер қобиғининг актив тектоник ҳаракатда бўлиб турадиган қисми геосинкинал область деб аталади. Бундай жойлар тўлқинсимон ҳаракатнинг активлиги ва тоғликлари билан ажралиб туради, энг баланд кўтарилган зоналар билан энг чуқур чўккан зоналар бир-бирига яқин бўлади. Ҳаракатлар амплитудаси 12—18 км. га етади.

Шундай қилиб, геологик маънода геосинкинал мураккаб рельеф (тоғлар, чўкмалар) области қуруқлик ва денгиз тартибсиз жойлашган областдир. Ички денгизлар, ярим очик денгизлар ва ороллар ўртасидаги денгизлар группасига кирадиган чуқур денгизлар эгаллаб ётган территориялар — Ер шаридаги ҳозирги геосинкиналлардир.

Геосинкинал ўз тараққиётида икки босқични ўтади. Биринчи босқичда геосинкинал литосфера интенсив чўкаётган ва чўкинди жинслар ҳамда сув остидан чиққан лава маҳсулотлари жуда кўп тўпланаётган денгиз ҳавзаси бўлади. Иккинчи босқичда геосинкинал ер қобиғи асосан кўтарилаётган область бўлиб, бу вақтда денгиз чекинади, жинслар бурмалар ҳосил қилади, магма чиқиб келади ва, ниҳоят, ёриқлар пайдо бўлади.

Ер қобиғининг жуда пассив тектоник ҳаракат бўлиб турадиган қисми платформа деб аталади. Платформалар тузилишига кўра икки қават бўлиб, устки қаватини чўкинди тоғ жинслари ташкил этади, улар горизонтал ҳолда ётади ёки бироз бурмаланган бўлади. Пастки қават қари жинслардан иборат бўлиб, бурмаланган бўлади. Бундай областларда тўлқинсимон ҳаракатлар кучсиз, кичик, уларнинг амплитудаси 2—3 км дан ошмайди. Бу ҳаракатлар натижасида ниҳоятда катта (диаметри бир неча юз километр) участкалар салгина чўқади ва худди шундан кейин майдонлар билинар-билинмас кўтарилиб қолади; озгина чўккан жойлар синеклиз, бироз кўтарилган жойлар антиклиз дейилади. Синеклиз ва антиклизлардаги тоғ жинслари қатламлари салгина бурмаланган ёки горизонтал бўлади.

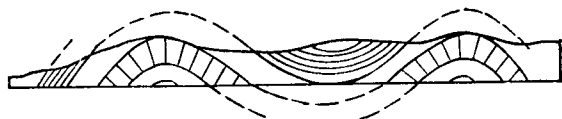
Ер қобиғи бирор қисми тараққиётининг платформа босқичи шу ерда геосинкинал процесс тугагандан сўнг бошланади; бунда тектоник ҳаракатлар ўзгаради, бу моддалар дифференциацияланишининг заифлашганини ва секинлашганини кўрсатади. Ҳар қандай платформа ўз вақтида геосинкинал босқичдан ўтган.

### 3. Иккиламчи тектоник ҳаракатлар

Тоғ жинслари қатламларида бурмаланишлар ва ёриқлар ҳосил қилувчи ҳаракатлар иккиламчи тектоник ҳаракатларга киради. Булар бирламчи вертикал ҳаракатлар натижасидир. Бурмаланишлар ҳосил бўлишини қуйидагича тушунтириш мумкин. Ер қобиғининг бирон қисмида пайдо бўлган куч қатламларни юқорига эгиб кўтаради, баъзи жойлар кўпроқ, баъзи жойлар камроқ кўтарилади деб фараз қилайлик. Қаттиқ ва яхлит ер қобиғи бу кучга қаршилиқ кўрсатади. Тоғ жинсларининг бир-бирига қарама-қарши йўналган икки куч орасида сиқилган қуйи қатламлари босим катта бўлган жойлардан босим кичик жойларга томон сурилиб бурмаланишлар ҳосил қилади, яъни қатламлар букилади.

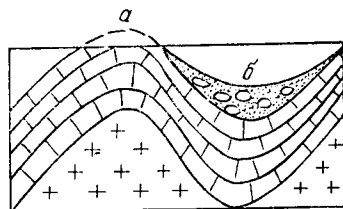
Дастлаб ер қобиғи чуқур қатламлари деформацияланади. Бурмаланмаган устки қатламлар бурмаланиш ҳосил қилувчи ҳаракатга ҳамон қаршилиқ кўрсатади. Лекин бурмаланаётган қатламларнинг қалинлиги ортиб, устки бурмаланмаган қатламнинг қалинлиги камайиб боради. Натижада устки қатламларнинг қаршилиқ кучи камаяди. Пастдан юқорига қараб таъсир этаётган босим маълум босқичга етганда ер қобиғининг юқоридаги қатламларида ҳам бурмалар ҳосил бўла бошлайди. Бурмаланган қатламлар системаси кўндаланг профилнинг умумий схемаси 58-расмда кўрсатилган. Дўнг томони юқорига қараган

58-расм. Бурмаланган қатламлар системаси кўндаланг кесимининг умумий схемаси



бурма антиклинал, пастга қараб эгилган (ботиқ) бурма синклинал дейилади (59-расм).

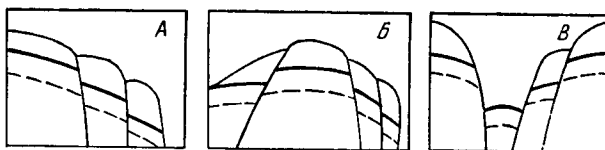
Ер қобиғининг букилган жойи чўзилади ва ёриқлар пайдо бўлади. Ёриқлар билан ажралган участкалар тезликда юқорига кўтарилиши ёки чўкиши мумкин. Кўтарилиш ёки чўкишлар ҳар хил йўналишда содир бўлиши мумкин. Тоғ жинсларининг вертикал ёки деярли вертикал ёриқ бўлиб, бир-бирига нисбатан юқорига кўтарилиши ёки чўкиши сброс, қия ёки горизонтал ёриқ бўйлаб силжиши надвиг деб юритилади. Сброслар оралиғидаги чўкма гребен, гребенлардан кўтарилган баландлик горст дейилади (60-расм).



59-расм. Тоғ бурмаланишларининг схематик кўриниши:

a—антиклинал; б—синклинал;

Жойларнинг инженерлик-геологик шароитини ўрганишда юқорида қайд этилган тектоник ҳа-



60- расм. Сброслар (А), горст (Б) ва гребен (В)

ракатлар натижасида ҳосил бўлган структураларнинг характери ва турини билиш шарт.

Тоғлик районлар инженерлик-геологик шароити ўрганилганда тоғларнинг қандай ҳосил бўлганлигини ва уларни ташкил этувчи жинслар дислокацияга учраган ёки учрамаганлигини аниқлаш керак.

Бурмаланиш натижасида қатламлар дастлабки ётиш ҳолатларини ўзгартиради ва буларни дислокацияга учраган қатламлар деб аталади.

Ер шаридаги тоғларнинг ҳосил бўлиши турлича рўй берган. Улар асосан икки йўл билан таркиб топган. Бурмаланмаган қалин чўкинди жинслар мавжуд областлар — геосинклиналарда бурмаланишлар ҳосил бўлган, сўнгра бурмаланган бутун ўлка кўтарилган, натижада антиклиналга ўхшаган ниҳоятда катта баландлик антиклинорий вужудга келган. Тоғлар вужудга келиши билан ер қобиғи чўзилади, бурмали структураларни кесиб ўтадиган узилма ёриқлари пайдо бўлади ва тоғли ўлكانинг айрим катта-катта бўлаклари бир-бирига нисбатан силжийди.

Тоғларнинг иккинчи йўл билан ҳосил бўлишини қуйидагича тушунтириш мумкин. Ўтмиш даврларда бурмаланган ва тектоник ҳаракатлардан пластик букилиш хусусиятини йўқотган зич областларда ер қобиғи янги бурмаланишлар ҳосил қилмай кўтарилади ва тоғликлар ҳосил бўлади. Бундай шароитда асосан узилма дислокациялар кўплаб вужудга келади.

Шундай қилиб, икки турдаги тоғликлар: бурмали ва яхлит бўлаклардан ташкил топган палахса тоғликлар ҳосил бўлади. Кавказ, Альп, Кордильера, Анд тоғлари бурмали тоғларга, Тянь-Шан, Олтой ва бошқалар палахса тоғлар типига киради.

Шуни ҳам айтиб ўтиш лозимки, тоғларнинг ҳосил бўлишида эндоген кучларгина эмас, балки экзоген кучлар ҳам иштирок этади. Экзоген кучлар ер қобиғининг катта-катта майдонида кўтарилган жойларни майда қисмларга — тоғ тармоқлари, водийлар ва бошқаларга бўлиб юборади, натижада ернинг геоструктура элементлари (яхлит материклар ва яхлит океан ҳавзалари), морфоструктура элементлари (рельефнинг катта-катта нотекисликлари — текисликлар, платолар, тоғ тизмалари) ҳамда морфоскульптура элементлари (водийлар, поғонасимон жарликлар, чўкмалар ва бошқа майда шакллар) ҳосил бўлади.

#### 4. Экзоген процесслар классификацияси

Экзоген процессларга ернинг устки қисмида бўладиган процесслар: нураш, сурилиш, ағдарилиш, ўпирилиш, ювилиш, эриш ва бошқалар киради. Экзоген процесслар ўз навбатида, денудация ва аккумулятив турларга бўлинади. Емирилган ғовак ва чақиқ минерал массаларнинг (оғирлик кучи, сув, шамол, муз натижасида) баландроқ жойлардан пастроқ жойларга олиб борилиши денудация дейилади. Нураган жинсларнинг денудация натижасида ернинг чуқурроқ жойларига тўпланиши аккумуляция дейилади. Нураш маҳсулотлари олиб борилиши мумкин бўлган энг паст сатҳ денудация базиси дейилади, Денудация баланд жойларда, аккумуляция эса паст жойларда бўлганлигидан, денудация ер қобиғи кўтарилган жойларни пасайтиради, аккумуляция эса чўккан ерларни тўлдиради.

Эндоген ва экзоген процесслар ҳар доим биргаликда рўй беради. Шунинг айтиш керакки, тектоник кўтарилиш билан ер юзасининг емирилиши бир хил тезликда борса ва у нураган маҳсулотларни сув, шамол ва бошқалар узлуксиз олиб кетиб турса, бундай тектоник кўтарилиш натижасида рельеф ўзгармайди. Агарда денудация процесси ернинг кўтарилиш тезлигига нисбатан секинроқ борса, жой баландлашиб боради.

Геологик процесслар жойларнинг инженерлик-геологик шартини ўзгаришига, қурилаётган иншоот ва иморатларга жуда катта салбий таъсир кўрсатади. Шу сабабли инженерлик-геологик текширув ишларида буларни ўрганишга алоҳида аҳамият берилади.

Геологик процессларнинг инженерлик-геологик классификацияси 1937 йилда Ф. П. Саваренский томонидан ишлаб чиқилган. Кейинчалик И. В. Попов, П. Н. Панюков, А. М. Дранников ва бошқа олимлар бу классификацияни янги факторлар асосида мукамаллаштирдилар (25-жадвал).

25-жадвал

#### Геологик процесслар классификацияси (Ф. П. Саваренский, 1937)

Геологик процессларнинг содир бўлиши ва ривожланишидаги асосий факторлар	Геологик процессларнинг номлари
<p>I. Ер юзасидаги сувларнинг (денгиз, дарё, кўл, канал сувлари) ҳамда атмосфера ёғинларининг фаолияти билан боғлиқ процесслар</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Қирғоқларнинг ювилиши ва емирилиши (денгиз абразияси ва дарё эрозияси)</li> <li>2. Қияликларнинг (тоғ ён бағирларининг) ёғин сувлари билан ювилиб жарликлар ҳосил бўлиши</li> <li>3. Селлар ва сув тошқинлари</li> </ol>
<p>II. Ер усти ва ер ости сувларининг фаолияти билан боғлиқ процесслар</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Ботқоқлик</li> <li>5. Намлик таъсиридан чўкиш</li> <li>6. Карст</li> </ol>

Геологик процессларнинг содир бўлиши ва ривожланишидаги асосий факторлар	Геологик процессларнинг номлари
III. Ер усти ва ости сувларининг фаолияти билан боғлиқ, тоғ ёнбағрида ва қияликларда учрайдиган процесслар	7. Сурилишлар (кўчкилар) 8. Упирилишлар
IV. Ер ости сувларининг фаолияти билан боғлиқ процесслар	9. Суффозия (ўпқонлар) 10. Пливунлар (суюлмалар)
V. Шамол фаолияти билан боғланган геологик процесслар	11. Емирилиш 12. Тўпланиш
VI. Тоғ жинсларининг музлаши ва эриши билан боғлиқ процесслар	13. Тупроқнинг музлаши ва музлаш таъсирида кўпчиши 14. Абдий музликлар
VII. Тоғ жинсларининг ички (эндоген) кучи билан боғлиқ процесслар	15. Чўкиш, сиқилиш ва кўпчиш
VIII. Ернинг ички (эндоген) кучи билан боғлиқ процесслар	16. Зилзила
IX. Инсон фаолияти билан боғлиқ геологик процесслар	17. Ернинг устида ва остида бўладиган деформациялар (сурилиш, ағдарилиш, шахталарда ўпирилиш, чўкиш ва бошқалар)

IX категориядаги геологик процесслар 1935 йилдан бошлаб инженерлик-геологик процесслар деб аталади (Г. Н. Каменский, 1935). И. В. Попов инженерлик-геологик процесслар классификациясини ишлаб чиққан ва уни геологик процесслар билан таққослаган (26- жадвал).

Жадвалда ифодаланган инженерлик-геологик процесслар табиий геологик процесслардан қурилаётган иншоот территориясига тегишлилиги ва майдонининг чекланганлиги, вақти-вақтида сакраш характеридаги катта интенсивлиги, вақт ўтиши давомида тез вужудга келиши билан фарқланади.

26- ж а д в а л

Инженерлик-геологик процесслар ва уларга оид табиий-геологик процесслар (П. В. Попов, 1959)

Инженерлик-геологик процесслар	Инженерлик-геологик процессларга оид табиий геологик процесслар
1. Иншоотлар остидаги тоғ жинсларининг зичланиши	1. Вақт ўтиши билан ер остки қатламларининг устки қатламлар оғирлиги ҳамда музликлар таъсирида зичлашуви
2. Канал ва водопровод сувлари таъсирида лёсс жинсларининг чўкиши	2. Устида ёғин сувлари йиғилиши натижасида лёсс жинсларининг чўкиши ва чўкиш сатҳларининг ҳосил бўлиши



Инженерлик-геологик процесслар	Инженерлик-геологик процессларга оид табиий геологик процесслар
3. Музлаган тоғ жинсларининг иншоот остида. деформацияланиши ва ер юзасининг музлашидан йўлларда учрайдиган кўпчиш ҳодисалари	3. Муз қатламлари, муз тепаликлари ва ер остида кўмилиб қолиб кетган музларнинг эришидан ҳосил бўлган форсимон бўшлиқлар
4. Сунъий қияликлардаги деформациялар (сурилишлар, ўпирилишлар, ағдарилишлар)	4. Тоғ ён бағрида содир бўладиган сурилиш, ўпирилиш, ағдарилиш ва чўкишлар
5. Сув омборлари қирғоқларининг ювилиб кетиши	5. Денгиз ва кўл қирғоқларининг ювилиб кетиши
6. Ер остида олиб борилган ишлар туфайли тоғ жинсларининг силжиши ва ер юзасининг чўкиши	6. Форларнинг ўпирилиши ва ер юзасининг чўкиши

### 5. Инженерлик-геологик процесслар ва инсон

Инсон шубҳасиз ўз фаолияти билан ер устида бўладиган табиий геологик процессларни секинлаштиради ёки тезлаштиради, уларни маълум йўналишга солади.

Инсоннинг табиатга қанчалик ва қандай таъсир кўрсатиши кишилик жамияти тараққиётининг даражасига боғлиқ. Турли ижтимоий системалар: масалан, капиталистик ва социалистик системалар ўзаро таққосланса, одамлар табиий муҳитга турли мақсадларда таъсир кўрсатиши, бу таъсирнинг даражаси ва характери турлича эканлиги яққол кўринади. Капитализмда иш плансиз бажарилиб, бир тўда бойларнинг фойдасини кўзлаб, табиий бойликлар нобуд қилинади, табиатга қудратли техника воситалари билан таъсир этишни хусусий мулкчилик ва хусусий манфаатлар зиддияти чеклаб қўйган. Социалистик жамиятда табиатга халқ фаровонлигини ошириш мақсадида рационал, планли равишда таъсир кўрсатилади. Ишлаб чиқариш воситаларига хусусий мулкчилик йўқлиги сабабли техникадан максимал даражада фойдаланишга ва кишилар бахт-саодати йўлида давлат аҳамиятига эга бўлган тадбирлар амалга оширилишига ҳеч нарса тўсқинлик қилмайди.

Киши табиатга, шу жумладан, жойнинг инженерлик-геологик шароитига жуда катта ва хилма-хил таъсир кўрсатади. Инсон ер рельефини ўзгартиради, котлованлар, зовурлар, хандақлар қазийди, кўл ва ботқоқликларни қуритади, ҳовузлар ва катта сув омборлари қуради, суғориш системалари, шунингдек турли дарё системаларини, денгизларни бир-бирига боғлайдиган каналлар қазийди. Бу ишлар жойнинг инженерлик-геологик шароитини ўзгартириб юборади, ботқоқликлар, шўрхоқликлар ўрнида ўтлоқ ва экинзорлар, суғорилган чўлларда воҳалар бунёдга келади; тўғон билан тўсилган ва бинобарин, эрозия ба-

заси кўтарилиб қолган дарёда эрозия ва аккумуляция процессларининг характери ўзгаради.

Ниҳоят, инсон фаолияти таъсири натижасида ўзининг ҳажми ва тезлиги билан табиий геологик ҳодиса ва процесслардан қолишмайдиган инженерлик-геологик ҳодиса ва процесслар вужудга келади. Шу сабабли инсоннинг инженерлик ва хўжалик фаолиятини худди геологик ҳодиса ва процессларни вужудга келтирувчи табиий факторлар билан бир қаторга қўйиш ва унга катта эътибор бериш лозим.

Чуқур карьерлардан, ёпиқ шахталардан фойдали қазилмаларни қазиб олишда ер юзининг рельефи кескин ўзгаради, қурилиш ёки қишлоқ хўжалиги учун яроқли ерлар ишдан чиқади, бундай жойларда ўпирилишлар, сурилишлар, силжишлар вужудга келади.

Кейинги йилларда хўжалик ва техник мақсадлар ҳамда ичиш учун ер қаъридан жуда катта миқдорда сув чиқариб олинмоқда. Бу эса ер ости сувлари запасининг камайишига ва жойнинг гидрогеологик шароити ўзгаришига сабаб бўлмоқда.

Каналлар, сув омборлари қурилиши натижасида жойнинг гидрогеологик шароити кескин ўзгаради, сув омборлари атрофидаги майдонларда ер ости сувларининг сатҳи кўтарилади, натижада ботқоқликлар, шўрхоқлар ҳосил бўлади.

Шундай қилиб, геологик ва инженерлик-геологик процесслар инсон фаолияти билан боғлиқ ҳолда содир бўлади. Шу сабабли инженерлик ишларида табиий мувозанатни бузмасликка ҳаракат қилиш лозим. Табиий мувозанатнинг бузилиши туфайли кучли салбий ҳодисалар вужудга келади.

## 6. Геологик процесс ва ҳодисаларнинг ер юзида тарқалиши ва ривожланиши

Маълумки, геологик процесслар ва ҳодисалар ернинг ички ва устки қисмида содир бўлади. Ернинг ички қисмида бўладиган геологик процессларнинг тарқалиш майдони ва ривожланиши биринчидан ернинг ички кучига, иккинчидан шу кучни вужудга келтирувчи тектоник ҳаракатнинг турига боғлиқдир.

Ернинг устида бўладиган экзоген геологик процессларнинг тарқалиш майдони ва ривожланиш тараққиёти жойнинг табиий шароитига, тоғ жинсларининг турига ва бу процессларни ҳосил қилувчи факторларнинг хилига, кучига ҳамда инсон фаолиятининг характерига боғлиқ.

Геологик процесслар ва ҳодисалар муайян қарама-қаршилик мавжудлигида содир бўлади. Масалан, тоғ жинсида қаршиликни ортиши туфайли зарралар орасидаги кучлар таранглашади, натижада қулаш, сурилиш ҳодисалари рўй беради, ёки ташқи куч таъсирида тоғ жинси сиқилиб, унинг ғовақлилиги камайиб зичлиги ортади, натижада чўкиш ҳодисаси содир бўлади ва ҳоказо.

Геологик процессларнинг энг муҳим хусусиятларидан бири уларнинг регион, область ва районларда бир текис эмас, балки, бир жойда кучли бўлиб, катта майдонни эгаллаши, бир жойда секин ёки тез ва ҳар хил кўринишда содир бўлишидир. Бунинг сабаби жойнинг физик географик шароити, геологик тўзилиши, геоморфиологик ва гидрогеологик табиати турлича эканлигидир. Масалан, денгиз, кўл ва сув омборлари қирғоқларининг ювилиши ва емирилиши асосан кучли шамол эсан вақтга тўғри келади; чунки кучли шамол таъсирида денгиз ва кўл юзида кучли тўлқинлар ҳосил бўлиб, қирғоққа қаттиқ урилади, натижада қирғоқлар ювилади ва емирилади.

Дарёларда бўладиган эрозия ҳодисалари ва селлар баҳор пайтида сув тўлиб оққанда кучли бўлади. Худди шунга ўхшаш тоғлиқ районлардаги кўчки ҳам кўп ва узоқ вақт давом этувчи ёғингарчиликдан кейин содир бўлади. Булардан ер юзида бўладиган экзоген процесслар жойларнинг иқлими, физик ва географик шароитига боғлиқ, деган хулоса чиқариш мумкин.

Геологик процессларнинг содир бўлиши жойнинг рельефига ҳам боғлиқ. Масалан, баландлиги ва нишаблиги юқори тоғлиқ районларда қулаш, тўкилиш, сурилиш, қор кўчкилари содир бўлса, текис жойларда ботқоқлик, шўрхоқлик, чўкиш, аккумуляция процесслари содир бўлади.

Геологик процесс ва ҳодисалар ритмик хусусиятга эга. Вақт ўтиши билан ҳодисаларнинг такрорланиб туришини ритмика деб атаймиз ва уни икки турга бўламиз: даврий ритмика — ҳодисаларнинг маълум бир хил вақт ўтгандан кейин такрорланиши; циклли (даврий бўлмаган) ритмика — ҳодисаларнинг ҳар хил вақт ўтгандан кейин такрорланишидир. Ўзбекистон шароитида ҳар баҳорда тоғлиқ районларда сел ва сурилишлар рўй бериши даврий ритмикага мисолдир. Аммо сел ва сурилиш ҳодисаларининг сони айрим йилларда жуда кўп ёки жуда кам бўлади, бу эса циклли ритмикага мисолдир. Қилинган анализлар шуни кўрсатадики, тахминан ҳар 11 йилда баҳорги ёғингарчилик миқдори кўпаяди ва шунга боғлиқ ҳолда геологик процесслар (сурилиш, сел ва бошқалар) ҳам ўзгаради.

Умуман иқлимнинг исиб ёки совиб кетиши, музликларнинг босиб келиши ёки чекиниши, кўлларда сув сатҳининг кўтарилиши ёки пасайиши, зилзилалар ер ҳаётидаги даврий бўлмаган ҳодисалардир. Бу ҳодисалар вақти-вақтида такрорланади.

Ер устидаги маълум зоналарда маълум геологик ҳодисалар содир бўлади.

#### XIV БОБ. АҒДАРИЛМАЛАР, ТЎКИЛМАЛАР ВА СОЧИЛМАЛАР

Нураш процесси таъсирида тоғли районларда вақти-вақти билан бўлиб турадиган ағдарилмалар, тўкилмалар ва сочилмалар дейиладиган ҳодисалар рўй беради. Булар натижасида темир йўл ва автомобиль йўллари тўсилиб қолади, дарёлар бўғилади, баъзан ҳатто қишлоқлар кўмилиб кетади.

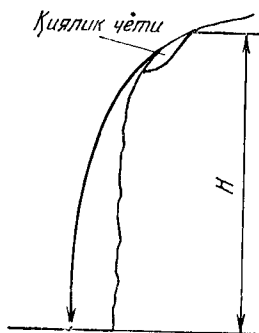
Ағдарилма ёки қулаш ҳодисаси деб, катта ҳажмли тоғ жинсларининг қияликдан ағдарилиб тушишини айтилади. Қулашлар вужудга келиши ва ҳаракатланиш шароитига кўра асосан икки турга: отилма ва ҳақиқий ағдарилмаларга бўлинади.

Тик қияликдан катта тош бўлақларининг бирданига узилиб, ўқ каби пастга отилиб тушишига отилмалар ёки виваллар дейилади. Буларнинг ҳаракат йўлининг кўп қисми ҳавода бўлади (61-расм). Отилмалар асосан магматик жинслардан ташкил топган тик қояларда вужудга келади.

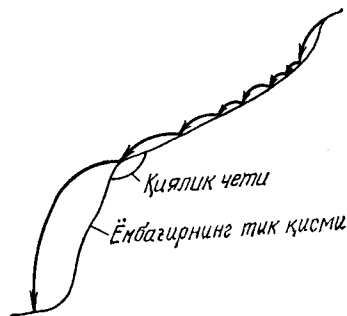
Йирик тош бўлақларининг ёнбағирлик бўйлаб, думалаб ва отилиб кетишига ҳақиқий ағдарилмалар дейилади. Бунда қоядан ажралиб, узилиб турган тоғ жинсларининг катта бўлақлари олдин ёнбағирлик бўйлаб думалайди, сўнгра қияликнинг тик жойига келганда пастга қараб отилади (62-расм). Шунинг учун ҳақиқий ағдарилмалар ҳаракат йўлининг кўп қисми ёнбағирлик устида, оз қисми ҳавода бўлади. Ағдарилмалар ёнбағирнинг мустаҳкамлиги камайиб қолган жойларда содир бўлиб, инсон ҳаёти учун ҳамда иншоотларнинг нормал ишлаши учун катта хавф туғдиради. Шу сабабли бу ҳодисаларни ўрганиш ҳосил бўлиш қонуниятларини аниқлаш ва унга қарши чораларни ишлаб чиқиш инженерлик геологияси фанининг асосий вазифаларидан бири ҳисобланади.

Ағдарилмалар СССР нинг Қарпат, Қрим, Кавказ тоғларида, Урта Осиёда, Сибирда ва Узоқ Шарқда кенг тарқалган. Улар асосан, магматик ва метаморфик тоғ жинсларидан ташкил топган қояларда содир бўлади. Ағдарилиб тушган жинслар ҳажми катта бўлса, у дарёларни тўсиб, қисқа вақт ичида катта-катта кўллар ҳосил бўлишига сабаб бўлади. Масалан, Озарбайжон Гёк-Гель деб аталувчи етти кўл, Кавказдаги машҳур Рица кўли ва Хисордаги Искандар кўли ағдарилма туфайли ҳосил бўлган.

Баъзи ағдарилмалар чуқинди жинслардан ташкил топган қияликларда ҳам ҳосил бўлади. Масалан, 1964 йилда Зарафшон ва Фан дарёлари қўшиладиган жойда кўчкига ўхшаш ағдарилма содир бўлиб, дарё тўсилиб қолди, натижада тўсиқ олдида



61-расм. Отилламаларнинг ҳосил бўлиш схемаси.



62-расм. Ағдарилмаларнинг ҳосил бўлиш схемаси.

чуқур қўл ҳосил бўлди. Бу ҳодиса Тожикистондаги Айний қишлоғининг тепа қисмида содир бўлганлиги учун адабиётларда Айний қулаши деган номни олди. Буни бартараф қилиш учун катта куч сарф қилинди.

Ағдарилмалар сунъий йўл билан ҳам ҳосил қилинади. Бундай ағдарилмалар фойдали қазилмаларни очиқ усул билан қазиб олишда вужудга келади. Масалан, Ангрендаги очиқ кўмир ҳавзасида, Олмалиқдаги темир рудаси конида ва бошқа шунга ўхшаш очиқ конларда тез-тез ағдарилиш бўлиб туради. Булар айрим пайтларда катта зарар келтиради — рудалар қазиб олишни қийинлаштиради. Тоғ жинсларининг ҳар хил катталиқдаги парчаларга бўлиниб, ўз оғирлиги таъсирида, тоғ ён бағирларининг пастки қисмига тўпланиши тўкилмалар дейилади. Улар ҳам асосан тоғли районларда учрайди. Тўкилмалар ҳам халқ хўжалигига катта зарар келтиради, транспорт ҳаракатига халақит беради, баъзан транспорт ҳаракатини бутунлай тўхташиб қўяди.

Тўкилмаларни ташкил қилувчи жинсларнинг катта-кичиклиги ва таркиби ҳар хил: баъзилари фақат йирик парчалардан иборат бўлиб, баъзилари қум ва тупроқ аралашмаси билан бирга учрайди. Шунга қараб, тўкилмалар йирик, ўртача ва майда парчали тўкилмаларга ажралади. Уларнинг ғовақилиги ҳам ҳар хил бўлиб, ўртачаси 30—40% ни ташкил этади.

Тўкилмалар тўпламининг қалинлиги ҳар хил бўлиб, улар ҳосил бўлиш факторларига ва қияликнинг нишаблигига боғлиқ. Тўкилмалар тўпламининг қалинлиги одатда қияликнинг юқоридан пастки қисми томон қалинлашиб бориб, бир неча ўн метрни ташкил этади.

Тўкилмалар қияликнинг қайси жойига йиғилиши ёнбағирнинг нишаблигига боғлиқ. Агар ёнбағирнинг нишаблиги катта бўлса, тўкилмалар унинг энг пастки қисмига, агар кичик бўлса, унинг ўрта қисмига тўпланади.

**Сочилмалар** деб ясси тоғликларда тик бўлиб чиқиб қолган қояларнинг нурашидан ҳосил бўлган тоғ жинсларининг парчаларига айтилади. Бу процесс натижасида тоғ ёнбағирларида қум, шағал ва кумли гиллардан иборат ётқизиқлар пайдо бўлади. Улар ҳосил бўлган жойида қолиши билан тўкилмалардан фарқ қилади. Агар сочилмалар жуда нишаб қияликларда ҳосил бўлса, тўкилмаларга айланади. Сочилмалар таркибида sanoat аҳамиятига эга бўлган муҳим минераллар (олтин, платина, калий, вольфрамит, магнетит ва бошқалар) бўлади. Аммо сочилмаларнинг халқ хўжалигига келтирадиган зарари ҳам кўп. Сочилмалар тўкилмалар сингари йўлларни тўсиб қўяди, йўл қурилиши ишларини секинлаштиради ва ҳоказо.

Сочилмаларни ташкил этувчи жинс зарраларининг гранулометрика таркиби ва шакллари ҳар хил бўлиб, туб жинснинг таркибига боғлиқ. Агар сочилмалар қумтошларнинг емирилишидан ҳосил бўлса, уларнинг таркиби қумдан иборат бўлади, агар оҳақтош ёки ундан қаттиқроқ бўлган жинсларнинг нурашидан

ҳосил бўлса, ҳар хил ҳажмли тоғ жинси парчалари ва зарраларидан ташкил топади. Сочилмадаги тоғ жинслари бўлақларининг ўлчамлари 0,1—0,5 м гача бўлади. Сочилмалар билан қопланган қияликнинг нишаблиги жуда оз бўлиб, баъзи жойларда горизонтал бўлади.

## 1. Ағдарилма ва тўкилмалар ҳосил бўлиши

Қоя тошлардан ташкил топган тоғ ёнбағирларидаги жинслар мувозанат ҳолатининг бузилиши ағдарилма ва тўкилмалар содир бўлишининг асосий сабабларидан биридир.

Силжитувчи кучни вужудга келтирадиган тоғ жинсларининг қияликдаги оғирлиги ва кўп дарзлилиги мувозанат бузилишига сабаб бўлади. Бунда айтиқса физик нураш катта роль ўйнайди.

Тоғ ёнбағирларида очилиб ётган қоялардан ташкил топган жинсларда нураш ёриқлари ҳосил бўлади ва бу ёриқлар нураш процесси туфайли кенгайди. Ёриқлар жинс парчалари ва зарралари билан тўла бошлайди. Бу эса ўз навбатида ёриқларнинг кенгайишига ва тоғ жинси мувозанатининг бузилишига олиб келади. Ағдарилма ва тўкилмалар ҳосил бўлишида ер ости сувлари ва унинг гидродинамик босими, zilзила ёки сунъий портлаш натижасида ҳосил бўлган сейсмик кучланишлар, йўл қурилиши учун ёнбағирларни қирқош ҳам муҳим роль ўйнайди. Масалан, тоғ жинси орасидаги ёриқлар кенгайиб қулашга яқинлашганда бирдан ер силкинса, кучли ағдарилмалар ҳосил бўлади.

Ағдарилмаларнинг ҳосил бўлиши ва ривожланишида тектоник ёриқлар, дарзлар алоҳида роль ўйнайди. Агар тектоник ёриқларнинг йўналиши қиялик томонга бўлса, бунда жуда катта ҳажмдаги ағдарилмалар ҳосил бўлади. Ағдарилмалар майда ёриқларнинг кенгайиши натижасида ҳосил бўлса, у кейинчалик тўкилмаларга айланади. Аксинча, тўкилмалар ёки сочилмалар ҳосил бўлаётган қияликларда йирик тектоник ёриқлар мавжуд бўлса, бу ёриқларнинг кенгайиши туфайли тўкилмалар ағдарилмаларга айланади.

Тоғ жинсларининг дарзлилиқ даражасига қараб, ағдарилма ва тўкилмалар ҳосил бўладиган жойларни В. Д. Ломтадзе (1977) тўртта категорияга ажратган:

1. Тоғ жинслари маълум даражада майдаланган, ёриқлари кўп, ҳар метрида энг ками 5 та дан 8 тагача ёриқлар мавжуд. Бундай жойларда ағдарилмалар тез-тез бўлиб, тўкилмалар ҳам учраб туради.

2. Тоғ жинслари ўртача ёриқликка эга, ҳар метрида 2—3 та ёриқлар мавжуд. Ағдарилма ва отилмалар тез-тез бўлиб туради.

3. Тоғ жинслари кам ёриқларга эга, ҳар 2—3 метрида битта ёки иккита ёриқ учрайди. Бундай жойдаги ағдарилмалар хавфли ҳисобланади, чунки улар катта ҳажмга эга бўлади.

4. Тоғ жинслари ёриқларга эга эмас. Бундай жинсларда узоқ вақтгача ағдарилмалар ҳосил бўлмайди.

Тоғ жинсларининг ёриқларини баҳолаётганда, албатта уларнинг йўналишига аҳамият бериш керак, чунки ёриқларнинг йўналиши ағдарилмаларнинг ривожланишида муҳим роль ўйнайди.

Ағдарилма ва тўкилмаларнинг ҳосил бўлишида жойларнинг геоморфологик шароити, шу жумладан, ёнбағирларнинг нишаблиги ва сойлар билан қирқилганлиги, жойларнинг баланд-пастлиги ҳам катта роль ўйнайди. Кўп ағдарилмалар нишаблиги жуда тик бўлган тоғ ёнбағирларида ҳосил бўлади.

Ағдарилмаларнинг бузувчи кучи қулаётган жинснинг масса-сига ва қулаш тезлигига тўғри пропорционалдир. Бу куч, асосан қулаш тезлиги квадратини массага кўпайтмасининг ярмига тенг:

$$P = \frac{m \cdot v^2}{2},$$

бунда  $m$  — тоғ жинсининг массаси;  $v$  — тоғ жинсининг қулаш тезлиги.

Эркин тушувчи жисмнинг тезлиги шу жисм узилиб турган жойнинг Саландлигига боғлиқ, яъни  $v = \sqrt{2gH}$ , бунда  $H$  — қияликнинг баландлиги;  $g$  — эркин тушаётган жисм тезланиши.

Шундай қилиб, ағдарилмаларнинг бузувчи кучи ва хавфининг масса-сига, ағдарилма ҳосил бўлган жойнинг баландлигига ҳам боғлиқ. Унинг баландлиги қанчалик юқори бўлса, ағдарилманинг бузувчи кучи шунча катта бўлади. Масалан, 10—12 м баландликдан тушган ағдарилмалар тоғ ёнбағирларидан ўтган йўлларни доимо бузиб туради.

Ағдарилмалар ҳосил бўлишида ҳозирги тектоник ҳаракатлар ҳам катта роль ўйнайди. Бу ҳаракатлардан тоғлар секин-аста ўсади, ёнбағирларнинг нишаблиги ортади. Бундан ташқари ҳозирги тектоник ҳаракатлар зилзилаларни вужудга келтиради. Бу ўз навбатида ағдарилмаларга сабаб бўлади.

Ағдарилма ва тўкилмалар ҳосил бўлишига регионал факторлардан ташқари, қияликнинг ўзида содир бўладиган факторлар ҳам муҳим роль ўйнайди. Масалан, қияликлар устининг яланғочланиб қолиши натижасида, тоғ жинсларида физик нураш процесси кучайиб кетади. Бу эса ўз навбатида тоғ жинсларида дарзларни кўпайтиради. Айниқса бундай ҳодисалар тоғлик районларда автомобиль йўлларни қуришда, тунеллар ўтказишда ва фойдали қазилмаларни очиқ усул билан қазиб олишда содир бўлади.

Шундай қилиб, ағдарилма ва тўкилмалар ҳосил бўлишига қуйидаги факторлар таъсир кўрсатади: 1) жойнинг иқлими ва нураш процесси; 2) жойнинг геоморфологик тузилиши ва нишаблик даражаси; 3) тоғ жинсларининг физик-механик хусусиятлари, нураганлик даражаси, дарзлилиги; 4) ҳозирги тектоник ҳаракатлар; 5) жойнинг сейсмоактивлиги; 6) инсоннинг инженерлик фаолияти.

## 2. Ағдарилма ва тўқилмалар классификацияси

Юқорида айтилганидек, ағдарилмалар ҳаракатлиниш ҳолатига қараб ҳақиқий ағдарилма ва отилмаларга бўлинади. Бундан ташқари ағдарилмалар қулаб тушаётган жинсларнинг таркибига қараб қуйидаги турларга ажралади;

1. Тошли ағдарилмалар. Булар ўз навбатида ағдарилиб тушаётган тошларнинг ҳажмига кўра: а) катта (бир неча м<sup>3</sup> дан бир неча минг м<sup>3</sup>); б) кичик (150—200 м<sup>3</sup> гача); в) майда (алоҳида тош парчалари) ағдарилмалар дейилади.

2. Гилли, қумтошли, шағалли ағдарилмалар.

3. Аралаш жинсли ағдарилмалар.

Тўқилмалар ҳам таркиби ва ҳаракатига қараб бир неча турларга бўлинади (27, 28-жадваллар).

27-жадвал

Тўқилмаларнинг таркибига кўра турлари

Турлар	Ағдарилаётган булақлар шакли ва ҳажми	Ағдарилиб тушаётган жинсларнинг петрографик таркиби	Таркибининг асосий қисмини ташкил этувчи тош жинси бўлақларининг катталиги (мм)	Ўртача нишаблик бурчани α
А.	Харсангтошли, йирик парчали	Яхши кристалланган, массив ҳолдаги жинслар	100 дан ортиқ	37°
Б.	Ўртача йирикликдаги парчалар ва ўткир қиррали тошлар	Отқинди ва чўкинди жинслар	200—100	35°
В.	Ўткир қиррали кичик тош парчалари ва бўлақлари	Кучли нураган жинслар	2—20	32°
Г.	Ҳар хил катталиқдаги, ясси пластинка формасидаги жинс бўлақлари ва парчалари	Сланецлар ва чўкинди жинслар	—	30°

28-жадвал

Тўқилмаларнинг ҳаракатлиниш даражасига кўра турлари

Турлар	Тўқилмалар характеристикаси	Ҳаракатлиниш коэффициенти «К»
I.	Ҳаракатдаги — «жонли» тўқилмалар	1,0
II.	Тўхташ белгилари йўқ, етарли ҳаракатдаги тўқилмалар	0,7—1,0



II.	Кейинчалик тўхтаб қолиш белгиларига эга бўлган озиқланиш манбаи кучсиз, секин ҳаракатдаги тўқилмалар	0,5—0,7
IV	Ҳаракатдан тўхтаган тўқилмалар	<0,5

Тўқилмаларнинг қияликда ётган нишаблик бурчаги  $\alpha$  ни шу тўқилмаларнинг табиий нишаблик бурчаги  $\varphi$  га нисбатан, ҳаракатланиш коэффиценти дейилади ва  $K$  билан белгиланади:

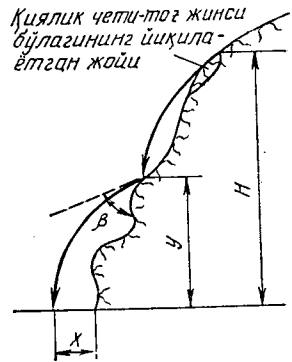
$$K = \frac{\alpha}{\varphi},$$

бунинг қиймати 0 билан 1 орасида ўзгаради;  $K > 1$  бўлса, тўқилмалар ҳаракатланувчан деб ҳисобланади.

Тўқилмаларнинг табиий нишаблик бурчаги  $\varphi$  далада махсус асбоблар ёрдамида аниқланади.

### 3. Отилмалар ва ағдарилмаларнинг ҳосил бўлиши

Маълумки, қияликда ётган ҳар бир тоғ жинсига силжитувчи куч ва бу кучга тескари қаршилик кучи таъсир қилади. Қаршилик кучига нисбатан силжитувчи кучнинг ортиб кетиши натижасида қияликларда отилмалар ва ағдарилмалар ҳосил бўлади 63-расмда (В. Д. Ломтадзе бўйича) отилмалар схемаси тасвирланган. Отилманинг хавфлилиги, тушган жойидаги нарсаларни бузиши биринчидан унинг баландликдан узилиб тушганлигига, йўлда бирор нарсага урилган ёки урилмаганлигига боғлиқ. Агар отилма қияликнинг бирор ерига урилмай тушса, тезлиги катта бўлиб, кучли бузувчи характерида бўлади; агар отилма расмда кўрсатилганидек, қияликнинг туртиб чиққан жойига урилиб тушса, унинг тезлиги камайиб бузувчанлиги камроқ бўлади. Отилмаларнинг хавфлилигини баҳолашда уларнинг ҳаракатланиш механизмини ўрганиш лозим. Отилиб тушаётган отилма массаси қияликнинг қандай жойига тушиши ва отилиш масофаси ҳам қияликнинг баландлигига боғлиқ. Агар қиялик тик бўлса, унинг тепасидан узилиб ва отилиб тушган масса қияликнинг тагига тушади. Отқинди жинслардан ташкил топган кўп қияликларнинг нишаблик бурчаги  $50^\circ$ — $80^\circ$  бўлади. Уларнинг баландлиги  $H$  ва ташқи тузилиши тур-



63-расм. Тоғ жинси бўлакларининг кўп йиқилмаларда кузатиладиган силжиш схемаси.

лича бўлиб, кўп ҳолларда бир неча туртиб чиққан жойлари бўлади. Қиялик тепасидан отилиб тушаётган масса қияликнинг туртиб чиққан жойларига урилиб, бир қанча бўлақларга бўлиниб пастга тушади.

Отилмаларнинг қандай узоқликка тушишини Е. К. Гречишев (1951) қуйидаги формула орқали аниқлашни тавсия этади:

$$x_t = \sin^2 \beta (H - y) \left( \sqrt{\cos^2 \beta + \frac{y}{H-y}} - \cos^2 \beta \right),$$

бунда:  $H$  — отилма узилиб чиққан жойнинг баландлиги;  $y$  — қияликнинг туртиб чиққан жойигача бўлган баландлик;  $\beta$  — отилма траекторияси билан туртиб чиққан жой оралигидаги бурчак;  $x_t$  — отилма тушган жой билан қиялик орасидаги масофа.

Бу формула орқали отилмаларнинг хавф туғдирувчи зонаси аниқланади, яъни уларнинг қайси жойга тушиши олдиндан белгиланади, Аммо бу формула анча куч талаб қилади. Шу сабабли кўп ҳолларда отилмаларнинг қандай узоқликка отилиб тушиши қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$x_t = \frac{\alpha + 45}{456} \cdot H.$$

Бу формулага биноан отилмаларнинг қандай узоқликка тушиши қияликнинг нишаблиги  $\alpha$  га ва баландлиги  $H$  га боғлиқ.

Отилмаларни қияликнинг энг пастки қисмидан неча метр узоқликка тушиши, яъни  $x_t$  нинг миқдори қияликнинг нишаблиги ва баландлигига боғлиқ бўлади. Энди ағдарилмаларнинг қандай масофага тушишини кўриб чиқамиз.

29- ж а д в а л

Қияликнинг нишаблиги	Қияликнинг баландлиги, м				
	12	20	30	40	50
90	3,5	6,0	12,0	12,0	15,0
80	3,5	5,5	8,0	11,0	14,6
70	3,0	5,0	7,5	10,0	13,0
60	2,5	4,5	7,0	9,0	12,0
50	2,5	4,0	6,5	8,5	11,0
40	2,5	4,0	6,0	8,0	10,0

Ағдарилмаларда тоғ жинси массаси юқорида айтганимиздек ёнбағирликда маълум масофагача думалаб бориб, қияликнинг тик жойига келганда пастга қараб отилиб тушади. Отилиб тушган массанинг қиялик асосидан қанча узоқликка тушиши, яъни  $x_t$  нинг миқдори ёнбағирликда думалаётган массанинг тезлигига боғлиқ. Тажриба ва кузатишлар шуни кўрсатадики, думалаётган массанинг тезлиги аввал жуда кичик бўлиб, тобора катталашади. Думалаётган масса тезлигининг ортиши унинг катталигига, шаклига, ёнбағирнинг нишаблик

даражасига ва жойнинг текислигига, ҳар хил тўсиқларнинг оз-кўплигига боғлиқ. Думалаётган массанинг шакли қанчалик думалоқ бўлиб, ҳаракат йўлида тўсиқлар кам ва нишаблик қанча бўлса, унинг тезлиги шунча юқори бўлади.

Ағдарилиб тушаётган массанинг тезлиги думалаётган массанинг оз-кўплигига боғлиқ. Агар ҳар хил ҳажмдаги бир қанча тоғ жинси массалари ёнбағирлик бўйлаб думаласа, улар бири-бирига урилиб думалайди, натижада тезлиги камаяди.

Ағдарилмаларнинг тезлигига ёнбағирнинг рельефи катта таъсир кўрсатади. Агар ёнбағирда ўнқир-чўнқир жойлар ёки туртиб чиққан баландликлар кўп бўлса, думалаб тушаётган массанинг тезлиги бирдан камаяди ва, аксинча, ёнбағир текис бўлиб, нишаблиги юқори бўлса, тезлиги борган сари ортиб боради. Бундан ташқари ағдарилмаларнинг тезлигига массанинг қаттиқлиги ҳам таъсир кўрсатади. Унча қаттиқ бўлмаган жинслар думалаш пайтида майдаланиб кетади, қаттиқлиги юқори бўлган жинслар кўп майдаланмай ағдарилади.

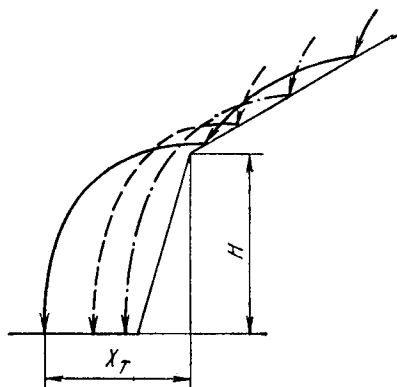
Ағдарилманинг қиялик асосидан қанча масофага отилиб тушиши, яъни  $x_T$  нинг миқдори ёнбағирликдан думалаётган массанинг сакраш нуқтасига боғлиқ. Агар ёнбағирликда сакраб тушаётган массанинг охириги сакраш нуқтаси қияликнинг тик қисми бошланган жойига тўғри келса,  $x_T$  масофанинг узунлиги максимал қийматга эга бўлади (64- расм).

Шундай қилиб, отилмаларнинг отилиш узоқлиги қияликнинг баландлиги ва нишаблигига боғлиқ бўлса, ағдарилмаларнинг отилиш масофаси уларнинг бошланғич тезлигига боғлиқ. Отилмаларда бошланғич тезлик 0 га тенг, ағдарилмаларда эса бошланғич тезлик юқорида қайд этилган факторларга (массанинг думалоқлигига, ҳажмига, ёнбағирнинг рельефи ва ҳоказоларга) боғлиқ.

Ағдарилмаларнинг отилиш узоқлиги ( $x_T$ ) қуйидаги формула орқали аниқланади (Е. К. Грецишев (1951):

$$x_T = \frac{v^2 \sin^2 \beta}{g} \left( \sqrt{\cos^2 \beta - \frac{2\tau H}{v^2}} - \cos^2 \beta \right)$$

Бу формула, асосан тикроқ қияликларда ҳосил бўлган ағдарилмаларнинг отилиш масофасини аниқлашда қўлланади. Агар ёнбағирнинг нишаблиги оз бўлса,  $x_T$  нинг қиймати қуйидаги формула орқали аниқланади:



64- расм. Тоғ жинси бўлақларининг ағдарилмаларда кузатиладиган силжиш схемаси.

$$x_T = \frac{v^2 \cdot \sin^2 \beta}{g} \left( \sqrt{\cos^2 \beta - \frac{2gH}{v^2}} - \cos \beta \right) - H \operatorname{ctg} \alpha$$

Формулалардан шу нарса маълумки, отилиш узоқлигини топиш учун қиялик баландлигини ( $H$ ), отилиш бурчагини ( $\beta$ ), қиялик нишаблигини ( $\alpha$ ), массанинг эркин тушиш тезланишини ( $g$ ) ва ағдарилиш тезлигини ( $v^2$ ) аниқлаш лозим.

Отилиш бурчаги Е. К. Гречишев (1951) тавсия этган қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$\beta = 90 - \frac{\alpha_0}{2},$$

бунда  $\alpha_0$  — қияликнинг тик бўлмаган ётиқроқ қисмининг нишаблик бурчаги.

Ағдарилаётган массанинг бошланғич тезлиги  $v$  ни бу ҳодиса содир бўлаётганда аниқлаш жуда қийин, чунки бу тезликнинг миқдори бир қанча факторларга боғлиқ. Шунинг учун  $v$  ҳисоблаш орқали аниқланади. Маълумки, масса ёнбағирликдан думалаб ағдарилаётганда қаршиликларга дуч келади. Шунга кўра бу тезлик қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$v = \frac{\sqrt{2gH}}{k}$$

бунда  $k$  — массанинг сакраб, думалаб тушишига қаршилик кўрсатувчи коэффициент; бу коэффициент жинс қияликнинг тик қисмигача сакраб думалаб тушган вақтнинг шу массани эркин тушиши учун кетган вақтга нисбатига тенг. Шу массанинг эркин тушиши учун кетган вақт  $t$  назарий йўл билан ҳисобланади, яъни  $t = \sqrt{2gH}$ .

Тажрибалар бу коэффициентнинг, яъни  $k$  нинг миқдори 2,75 билан 4,25 орасида бўлади. Агар қияликнинг тик қисмигача бўлган масофанинг тузилиши мураккаб: бир жойи тикроқ, бошқа жойи ётиқроқ, ўнқир-чўнқир ҳамда текис бўлса, унда ёнбағир маълум блокларга бўлинади ва ҳар бир блок учун қаршилик коэффициенти  $k$  аниқланади,  $v$  ни топишда унинг ўртача қиймати олинади.

#### 4. Ағдарилма ва тўкилмаларга қарши кураш.

Ағдарилма ва тўкилмаларни ўрганиш учун махсус инженерлик-геологик ишлар олиб борилади. Жойларнинг иқлими, геологик ва геоморфологик тузилиши, бу ҳодисаларни ҳосил қилувчи асосий факторлар диққат билан ўрганилади.

Ағдарилма ва тўкилмалар инженерлик-геологик нуқтаи назардан ўрганилганда, улар содир бўладиган жой узилиш, озиқланиш, ҳаракатланиш, транзит, ётқизилиш ёки йиғилиш зоналарига ажратилади ва ҳар бир зонага характеристика берилади.

Узилиш зонасида катта ҳажмдаги тоғ жинси қияликдан узилиб тушиб, ағдарилмалар ҳосил бўлса, озиқланиш зонасида ну-

раган жинслардан кичик-кичик тоғ жинси парчалари узилиб тушиб, тўкилмалар ҳосил бўлади. Ҳосил бўлган ағдарилма ва тўкилмалар маълум масофагача ҳаракатланиб бориб қияликнинг қуйи қисмида тўпланади. Узилиш ва озиқланиш зоналарини ўрганишда қиялик баландлиги, генетик типи, ёши, геологик тузилиши, қатламларнинг ётиш шароити, тоғ жинсларининг дарзлилиги, нураганлик даражаси, нишаблик бурчаги, ўсимлик дунёси аниқланади ва махсус журналга ёзилади.

Транзит зонасини ўрганишда қияликнинг узунлиги, баландлиги, нишаблиги, тоғ жинсларининг таркиби ва ётиш шароитлари, жойнинг геоморфологик тузилиши, ағдарилма ва тўкилмалар ҳаракатига қаршилик қилувчи тўсиқларнинг тури, ёнбағирни қоплаган ўсимлик дунёси ҳисобга олинади.

Йиғилиш зонасини ўрганишда водийнинг ўзани ва уни ташкил этувчи тоғ жинслари, зонадаги мавжуд иншоотлар, уларга ағдарилма ва тўкилмаларнинг қандай таъсир қилиши аниқланади.

Ағдарилма ва тўкилмаларни ўрганишда бундай ҳодисалар илғари қачон бўлгани, уларнинг ҳажми, ҳаракат тезлиги ва сабабларини кам билиш лозим. Агар бу ҳақда маълумотлар кам бўлса, шу ерли аҳолидан ағдарилма ва тўкилмалар ҳақида сўраш шарт. Агар ағдарилма ва тўкилмалардан сақланиш учун ҳар хил қурилмалар қурилган бўлса, уларни ҳозирги ҳолати, қурилган йили ва қандай эффект бераётганлиги аниқланади. Ағдарилма ва отилмаларни ўрганиб, уларнинг хавфлилик коэффициенти  $K_y$  аниқланади:

$$K_y = \frac{x_\phi}{x_T},$$

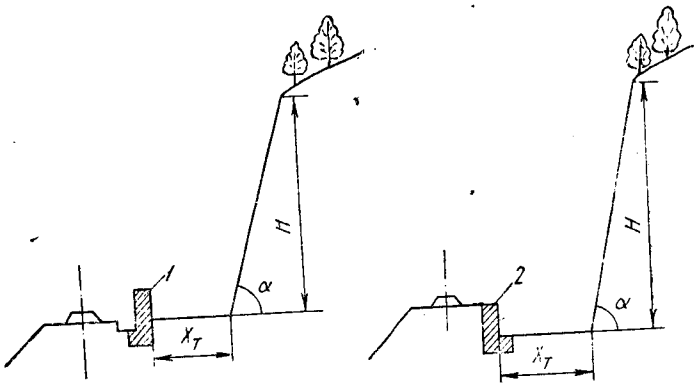
бунда  $x_\phi$  — йўлни ёки бошқа иншоотни отилиб тушаётган массадан сақлаб қолиш учун белгиланган майдоннинг кенглиги;  
 $x_T$  — ағдарилма ва отилмаларнинг назарий йўли, яъни формула билан аниқланган отилиш масофаси.

Агар  $K_y > 1$  бўлса, ағдарилма ва отилмалар унча хавфли бўлмайди, яъни отилиб тушган масса йўл ёқасидан анча узоқда бўлади;  $K_y < 1$  бўлса, ағдарилма ва отилма хавфли ҳисобланади.

Ағдарилма ва тўкилмаларнинг олдини олиш ва уларга қарши чора кўриш жуда кўп куч ва маблағ талаб этади.

Ағдарилмаларга қарши кўриладиган чоралардан бири тоғ жинсларини цементлашдир. Масалан, қияликдаги тоғ жинсларининг ёриқларини йўқотиш ва уни мустаҳкамлаш учун цементдан тайёрланган қоришма билан ёриқлар тўлдирилади. Шунда тоғ жинсларининг қаттиқлиги ва жипслиги ошади.

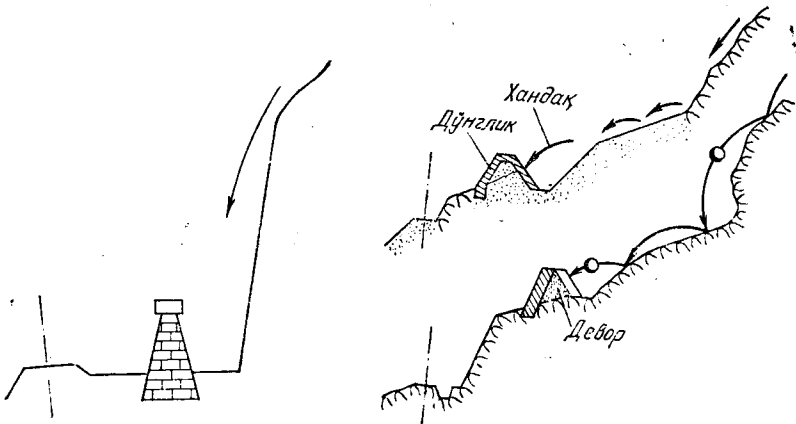
Бундан ташқари ағдарилмаларнинг йўлларга ва йўл ёқасидаги иморатларга таъсирини йўқотиш учун уларни ушлаб қолувчи деворлар ва ҳаракатланиш зонасида кучини қирқувчи ҳар хил тўсиқлар қурилади. Бу тўсиқлар ёнбағирнинг рельефига қараб турлича бўлади (65, 66, 67, 68, 69- расмлар). Ағдарилма ва отилмалар бўлиб турадиган районларда қуйидаги ишлар ба- жарилади:



65-расм. Ёнбағирдан ағдарилаётган тоғ жинси бўлақларини қияликнинг қуйи қисмида тутиб қолувчи деворлар (Н. М. Ройнишвилидан):

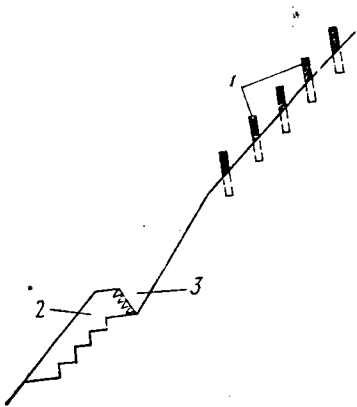
1—тўсиқлар; 2—тутқиқлар.

- 1) ағдарилма бўлиб турадиган қияликлар доим кузатиб турилади ва хавfli участкалар аниқлаб борилади;
- 2) ағдарилма бўлиши кутилган участка назорат остига олинади ва ағдарилма ҳосил бўлганда тезлик билан тегишли жойга хабар берилади;
- 3) ағдарилма ҳосил бўлишини билдирадиган автоматик сигналлар (нур бериш ёки овоз чиқариш йўли билан) ташкил қилинади;
- 4) ағдарилишга тайёр бўлиб турган тоғ жинси массаларини ағдариб юбориш учун қояга чиқувчилар бригадаси уюштирилади. Улар ағдарилай деб турган қояларни юмалатиб юборадилар.



66-расм. Қияликнинг қуйи қисмидаги тутувчи девор.

67-расм. Ағдарилаётган тоғ жинси бўлақларини тутиб қолувчи дўнгликлар, хандақлар ва деворлар.



68-расм. Афдарилмаларнинг ҳаракат тезлигини камайтирувчи тўсиқли қозиқлар—1, хандақлар—2, дўнгликлар—3.

лар ва қияликни ағдарилган жинслардан тозалайдилар;

5) ағдарилмаларга қарши қурилмаларнинг нормал ишлаши кузатиб турилади ва вақти-вақти билан уларни ремонт қилинади.

Тўкилмаларга қарши кураш ағдарилмаларга қарши курашга нисбатан бирмунча қулай. Бу чоралар асосан қуйидагилардан иборат:

1) қияликларни тўкилмалардан тозалаб туриш;

2) тўкилмалар йиғилиб қолган жойларни текислаш;

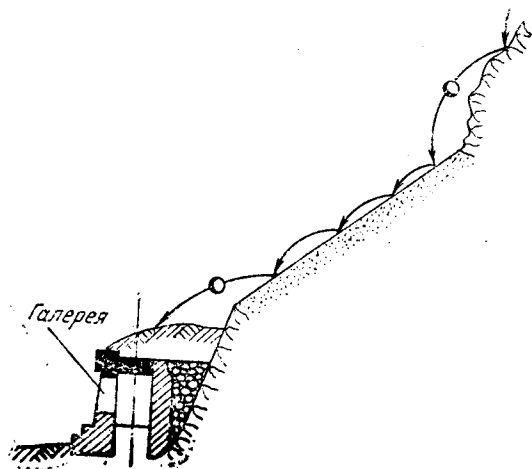
3) қиялик устига тўкилмаларни ушлаб қолувчи ҳар хил тўсиқлар қуриш;

4) тўкилмалар тез-тез бўлиб турадиган ёнбағирдаги йўллар устига сим тўрдан томлар қуриш. Вақти-вақти билан бу томлар тоғ жинси парчаларидан тозалаб турилади;

5) тўкилмалар тўпланадиган жой ер усти ва ер ости сувларидан муҳофаза қилинади, чунки сувга тўйинган ёки намланган тўкилмалар қиялик бўлиб бирданига кўчиб тушиши мумкин.

## XV БОБ. КҶЧКИЛАР

Денгиз, қўл ва дарё қирғоқларидаги, шунингдек, тоғ ёнбағирларидаги тоғ жинсларининг ўз оғирлиги билан қиялик бўйлаб маълум бир юза бўйича сурилиб ёки сирганиб тушишига



69-расм. Йўлларни ағдарилмалардан сақлаш учун ёнбағирнинг қуйи қисмига қуриладиган галерея схемаси.

**кўчки** деб аталади. Бу ҳодиса геологик процесс бўлиб, тоғ жинсларининг мустаҳкамлиги бузилиши, яъни ёнбағирдаги тоғ жинсларининг табиий факторлар таъсирида ўз мувозанат ҳолатини йўқотиши сабабли рўй беради.

Кўчки ҳодисаси ер шарининг деярли ҳамма жойида тарқалган бўлиб, халқ хўжалигига катта зарар келтиради, унга қарши нураш тадбирлари кўп маблағ талаб қилади.

Кўчки натижасида тоғ ёнбағирлари, денгиз ва дарё қирғоқлари сой бўйлари ҳамда очиқ усул билан фойдали қазилмалар олинаётган карьерларнинг чеккалари, ер юзасининг рельефи бузилади, текис қиялик ўрнига ўнқир-чўнқир ёки тик ёнбағирлар вужудга келади, натижада йил сайин жойларнинг рельефи ўзгариб боради.

Кўчкилар ҳажми, ҳосил бўлиш шароити, ҳаракат тезлигига қараб турлича бўлади. Баъзи кўчкилар натижасида катта қишлоқлар кўчиб тушган жинслар орасида кўмилиб кетади. Баъзан эса, кўчки шундай тезликда ҳаракат қиладики, ундан одамлар ҳам қочиб улгура олмайди. Масалан, Оқсоқотада бўлган кўчкида сурилиб тушган тоғ жинслари массаси бир зумда сойнинг бир қирғоғидан иккинчи қирғоғига ўтиб кетган.

Кўчкида сурилиб тушадиган тоғ жинсларининг турлари ва таркиби ҳар хил: баъзи кўчкиларда улар яхлит оҳақтош, қумтошдан иборат бўлса, баъзиларида эса бўшоқ лёссимон ва гилли жинслардан иборат бўлади. Масалан, Ўзбекистон областларида учрайдиган кўчкиларда кўпинча лёссимон жинслар сурилиб тушади, чунки кўчки тез-тез бўлиб турадиган ёнбағирларнинг кўп қисми ана шу жинслардан иборат. Кўчкиларнинг баъзилари тоғлик районларда — абсолют баландлиги 1000 м ва ундан ортиқ жойларда, баъзилари эса абсолют баландлиги 30—40 м жойларда (денгиз қирғоқлари) ҳамда дарё бўйларида вужудга келади.

Кўчкиларнинг тарқалиши ҳам бир текис бўлмай, баъзи жойларда жуда зич, бир-бирига уланиб кетган, баъзи жойларда бир-биридан узоқ-узоқ масофада учрайди.

Кўчки содир бўладиган жойлар мустаҳкамлик даражасига қараб турлича: баъзан кўчки содир бўлиши билан жойнинг мувозанат ҳолати бузилиб ва ўша ерда тез-тез кўчки содир бўлади, баъзи жойларда эса аксинча, кўчки вужудга келгандан кейин, жойнинг мустаҳкамлиги ортиб, анча вақтгача кўчкилар бўлмайди.

Кўчки ҳодисаси СССР да Қора денгиз бўйидаги Сочи, Ялта, Одесса шаҳарларида, Днепр, Волга, Ока, Дон ва бошқа дарёларнинг баланд қирғоқларида, Урта Осиёнинг тоғлиқ районларида тез-тез бўлиб туради. Кейинги 15 йил ичида Ўзбекистоннинг кон саноати ривожланган Оҳангарон, Олмалиқ, Олтинтопган районларида, Юқори Чирчиқ районидаги Хумсон, Боғистон, Хўжакент, Чиборғота ва бошқа қишлоқларда, Сурхондарё ва Қашқадарё областларининг тоғлиқ районларида кучли кўчки ҳодисалари рўй бермоқда.



Кўчки халқ хўжалигига зарар келтириш билан бирга жойларнинг инженерлик-геологик шароитини ҳам ўзгартиради. Кўчки натижасида тоғ ёнбағирлари ўйилиб, очилиб қолади, агар бу жойларда ер ости суви горизонтлари бўлса, очилиб қолган ёнбағирларда ер юзига чиқиб, ёнбағирнинг намланишига, шу райондаги ер ости сувлари сатҳининг пасайишига сабаб бўлади. Баъзан бунинг тескариси бўлади. Яъни ёнбағирларда ер ости сувлари сузиб чиқаётган жойлар кўчки ётқизиқлари билан қопланиб, ер ости сувларининг ер юзига чиқадиган жойи беркилиб қолади ва уларнинг сарфи камайиб, сатҳи кўтарилиб, режими ўзгаради.

Кўчки ҳодисалари ёнбағирларда бошқа ҳодисаларнинг келиб чиқишига ҳам сабаб бўлади. Масалан, кўчки ётқизиқлари сел оқимига қўшилиб, унинг ҳажмини бирданига кўпайтириб юборади, дарёларга тушиб, унинг сувини лойқалантиради.

Шундай қилиб, кўчки ҳодисаси қатор салбий оқибатларга олиб боради, вайронгарчиликларга сабаб бўлади. Шунинг учун бу ҳодисани ўрганиш ва унинг олдини олиш катта аҳамиятга эга.

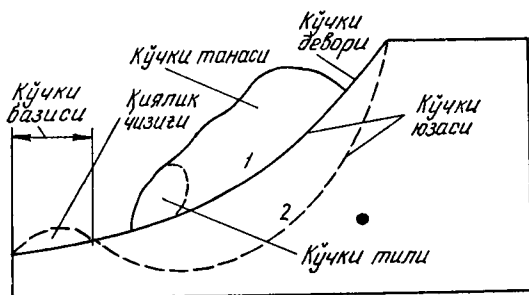
## 1. Кўчкилар морфологияси

Кўчкилар морфологияси деганда уларнинг ички ва ташқи тузилишини тушунамиз. Кўчки маълум участкага, чегарага ва шаклга эга. Кўчиб тушган масса кўчки ётқизиғини ҳосил қилади. Кўчки ётқизиқларининг шакли ва ички тузилиши турличадир. Баъзи кўчки ётқизиқлари бутунлай майдаланган ёки бўлақларга ажралган, аралашган бўлса, баъзилари унча майдаланмаган катта-катта блоклардан иборат бўлади.

Кўчиб тушаётган жинснинг ҳажми ҳар хил бўлиб, бир неча куб метрдан бир неча миллион куб метргача бўлади.

Кўчкининг кўчиш юзаси, ўйими, базиси, террасаси, узилиш девори ва танаси, тили деб аталувчи элементлари бўлади.

Кўчиш юзаси ёки сурилиш чизиғи деб, кўчаётган массанинг маълум бир юза бўйича ҳаракати траекториясига айтилади (70-расм). Кўчиш юзасининг шакли, кўпинча, тўлқинсимон, ёйсимон, текис тўғри чизиқ шаклида бўлади.



70-расм. Кўчкининг асосий морфологик элементлари (тузилиши):

1—кўчиш базисининг қиялик (нишаблик) чизиғига мос келган ҳолати; 2—кўчиш базисининг қиялик чизиғига мос келмаган ҳолати.

Кўчкида кўчки юзаси битта, иккита, учта ва ундан ҳам кўп бўлиб, кўчкининг тузилишини, структурасини ва мураккаблигини билдиради. Баъзан кўчиш юзасини емирилиш юзаси ҳам дейилади. Кўчиш юзаси бир нечта бўлса, кўчкининг ички тузилиши мураккаб бўлади, унинг бир қисми маълум бир юза бўйича ҳаракатланса, иккинчи қисми бошқа юза бўйича сурилади.

Кўчиш юзасининг шакли тоғ жинси таркибига, жойнинг геоморфологик тузилишига ва кўчкининг турига боғлиқ. Агар кўчки ҳосил бўлган ёнбағир ёки қирғоқ бир хил жинслардан иборат бўлса, кўчиш юзаси кўпинча доира (ёйсимон) шаклда бўлади, аксинча ёнбағирлик турли жинслардан ташкил топган бўлса, кўчиш юзаси тўлқинсимон ёки тўғри чизиқ кўринишида бўлади. Баъзан кўчкининг бир қисмида кўчиш чизиғи ёйсимон, бошқа қисмида тўлқинсимон ёки бироз эгилган бўлиши мумкин.

Тузилиши мураккаб жинсларда туб жинсининг юзаси ёки кучли нурашга учраган қатламнинг пастки чегараси, гил, аргиллит, мергель каби юмшоқ жинс қатламчалари, ёриқлар системаси, майдаланган тектоник ва музлаган зона кўчиш юзаси бўлиб хизмат қилади.

Кўчиш юзасини ёнбағирнинг пастки қисмидан ер юзига чиққан жойига кўчкининг таги (асоси), юқори қисмидан чиққан жойини эса кўчкининг чўққиси дейилади. Кўчиш юзаси ер юзига яқин, бироз чуқурроқ ва анча чуқурда ётиши мумкин. Шунга кўра кўчкиларнинг ҳажми ҳам турлича бўлади. Агар кўчиш юзаси ер юзига яқин бўлса, фақат ер юзининг энг устки қисми кўчади, бошқача айтганда, ернинг тупроқ қатлами делювиал жинс устидан ёки тупроқ ва делювиал қатлам биргаликда эллювиал қатлам устидан кўчиши мумкин.

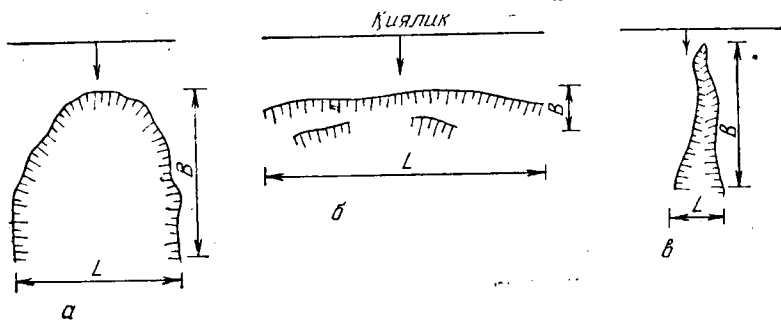
Йирик ва катта кўчкиларда кўчиш юзаси баъзан жуда чуқурдан ўтади. Кўчиш юзасининг чуқурлигига қараб кўчкилар юзаки, майда, чуқур ва жуда чуқур кўчкиларга бўлинади.

Кўчки юзасининг оз-кўплигига қараб кўчаётган масса яхлит бир бутун ёки айрим-айрим бўлақлардан иборат бўлиши мумкин. Агар кўчаётган масса айрим-айрим йирик бўлақлардан иборат бўлса, кўчиб тушаётган умумий массанинг юзаси поғонасимон бўлиб, поғонасимон сурилишлар ҳосил бўлади.

Кўчиш юзаси атрофларидаги жинсларда кўчиш зонаси ҳосил бўлади. Кўчиш зонасида жинсларнинг физик-механик хоссалари кескин ўзгаради. Масалан, кўчаётган жинсининг ғоваклилиги юқори бўлса, кўчиш зонасида у зичланиб ғоваклилиги камаяди ва, аксинча, ғоваклилиги паст бўлса, кўчиш зонасида унинг ғоваклилиги ошади.

Кўчки ўйими деб ёнбағирда ҳосил бўлган катта чуқурликларга айтилади. Айрим ёнбағирларда кўчки ҳодисаларининг ҳар йили содир бўлиши натижасида қияликда бир қатор кўчки ўйимлари ҳосил бўлади, ўйимларни бир-биридан ажратиб турган жойларни кўчки айирғичлари деб аталади.

Кўчки ўйимининг шакли ва чуқурлиги турлича бўлиб, кўчкининг турига, ҳосил бўлиш шароитига ва жойнинг геоморфо-



71-расм. Кўчкиларнинг планда ифодаланиши:

$B$ —кўчкининг кенглиги (эни);  $L$ —кўчкининг узунлиги (бўйи)  $a$ —эни бўйига тенг бўлган цирксимон кўчки;  $\sigma$ —эни бўйидан бир неча марта кичик кўчки;  $\sigma$ —бўйи энидан бир неча марта кичик оқсимсон кўчки.

логик тузилишига боғлиқ. Катта кўчкиларда кўчки ўйими доира ёки бироз чўзиқроқ шаклда бўлади.

Кўчки ўйимининг кўчки ҳаракати йўналишига перпендикуляр икки томони кўчкининг ён фронтлари (томонлари) деб, бу фронтлар орасидаги масофа кўчкининг кенглиги, кўчки узилиб тушган жойидан бошлаб тўхтаган жойигача бўлган масофа кўчкининг узунлиги дейилади. Баъзи кўчкиларнинг эни бўйидан узун бўлади. (71-расм).

**Кўчки базиси** деб, кўчиш юзасининг қиялик чизиғи билан кесишган жойига айтилади.

Кўчки базиси қияликнинг чизиғига баравар, ундан баландда ёки пастда бўлиши мумкин. Агар кўчки базиси қиялик чизиғидан пастда жойлашса, кўчки натижасида ёнбағирнинг энг пастки қисми кўпчиганга ўхшаб юқорига кўтарила бошлайди. Бундай жойлар кўчкининг ўсиш зонаси деб аталади. Бир қияликда бир неча марта кўчки бўлса, уларнинг кўчиш базислари хилма-хил бўлади. Бундай кўчкилар **кўп ярусли кўчкилар** дейилади. Кўчиш натижасида ҳосил бўлган ва поғонасимон супачалардан иборат майдонлар **кўчки террасалари** дейилади.

**Кўчиш ёки узилиш девори** деб кўчки юз бергандан сўнг, кўчиш юзасининг очилиб қолган қисмини айтилади. Кўчиш деворларининг баландлиги бир неча метрдан бир неча ўн метргача бўлиб, узунлиги бир неча ўн метрдан юз метргача ва ундан ортиқ ҳам бўлиши мумкин. Масалан, Оҳангарон водийсидаги баъзи кўчкилар кўчиш деворларининг баландлиги 30—40 м бўлиб, узунлиги 600—700 метрга боради.

Қиялик бўйлаб кўчиб тушаётган массани **кўчки танаси** деб аталади. Кўчган массанинг катталиги кўчиш деворининг чегараси билан белгиланади. Кўчки танасининг ҳажми ҳар хил бўлиб, кўчки бўлган жойнинг кенглигига ва кўчган массанинг қалинлигига боғлиқ. Кўчки танасининг ҳажми баъзан бир неча миллион куб метрни ташкил этади.

Кўчиб тушган массанинг энг олдинги қисми кўчки тили дейилади.

Кўчки танаси устида ва кўчиш деворлари атрофида ҳосил бўлган ёриқлар кўчки ёриқлари деб аталади. Кўчки ёриқларининг кенглиги, чуқурлиги ва узунлиги ҳар хил, кенглиги 1—2 м, чуқурлиги 5—7 м, узунлиги 15—20 м ва ундан ортиқ бўлади.

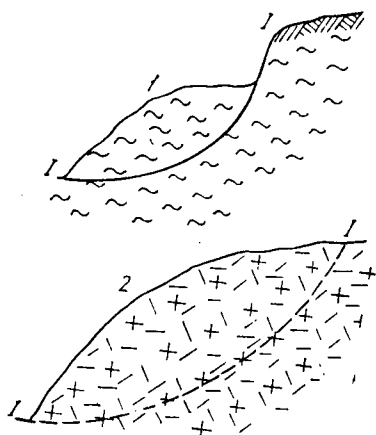
Шундай қилиб, кўчкиларнинг морфологик тузилиши ҳар хил: баъзилари узоқ ва яқиндан кўзга яққол кўринадиган, ҳамма морфологик элементлари бир-биридан яхши ажралган бўлса, баъзиларида бунинг акси бўлади. Кўчки элементларининг кўзга кўриниши уларнинг ёшига, ривожланиш босқичига, динамик активлигига боғлиқ.

## 2. Кўчкиларнинг ички тузилиши

Кўчкилар ёнбағирларнинг устки кўриниши қиёфасини ва ички қисмини ҳам ўзгартиради, натижада маълум тузилишга, структурага эга бўлган кўчкилар ҳосил бўлади. Уларнинг ички тузилиши жойнинг геологик ва геоморфологик тузилишига, кўчиш юзасининг шаклида ва кўчкини ҳосил қилувчи факторларга боғлиқ.

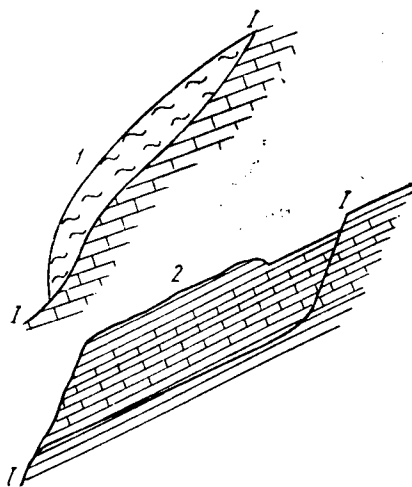
Жойларнинг геологик тузилишига кўра кўчкиларнинг таркиби бир хил тоғ жинсларидан иборат бўлиши мумкин. Бундай ҳолда кўчиш юзаси ярим доира шаклида бўлиб, таркиби бир хил тоғ жинси орасидан ўтади (72-расм). Бундай кўчкиларда кўчаётган массанинг структураси унча бузилмаган, кўпинча яхлит бўлади; кўчки ҳосил бўлмасдан илгари ёнбағирда битта ёки бир неча йирик ёриқлар ҳосил бўлади ва кейинчалик кўчадиған ер массаси ана шу ёриқларнинг бири бўйлаб узилиб, қиялик томон ҳаракат қилади. Натижада ёнбағир устида ҳар хил кўринишдаги кўчки танаси ҳосил бўлади. Баъзан бу кўчки танасининг устки қисмида кўчки танасининг ҳаракати йўналишига перпендикуляр ёриқлар ҳосил бўлади. Бундай кўчкиларнинг юқори қисмидаги узилиш деворига қараб, улардаги кўчиш юзасининг шаклини аниқлаш мумкин, аммо уларнинг устки ва пастки қисмида эса кўчиш юзасини аниқлаш анча қийин бўлади. Тажриба ва кузатишлар шуни кўрсатадики, кўчиш зонасида тоғ жинсининг намлиги жуда юқори бўлиб, уларнинг структураси бу зонада анча ўзгарган бўлади; ана шу белгиларга қараб кўчиш юзаси ва унинг қандай чуқурликда ётиши аниқланади.

Кўчкилар таркиби турлича бўлган жинслардан ташкил топган ёнбағирларда денгиз ва дарё соҳилларида ҳам вужудга келади. Бундай кўчкиларда кўчки юзасининг шакли ёнбағирнинг геологик тузилишига ва қатламларининг ётиш ҳолатига боғлиқ бўлади; бунда кўчаётган тоғ жинси яхлит бир катта бўлак ёки қуюқ масса ҳолида бир қатлам иккинчи қатлам устида силжиши кўринишида содир бўлади (73-расм), Баъзи ҳолларда икки қатлам орасида ёпишқоқлик кучи камайиб кучсизланиб қолган.



72- расм. Асеквент кўчклар:

1—таркиби бир хил гилли жинсларда ва 2—ёриқлари кўп қаттиқ жинсларда содир бўладиган кўчклар.



73- расм. Консеквент кўчклар:

1—деллювиал жинсларнинг она жинс устидан силжиши натижасида ва 2—ётиш чизиғи қиялик бўйлаб ётган конолит ҳолдаги жинсларда содир бўладиган кўчклар.

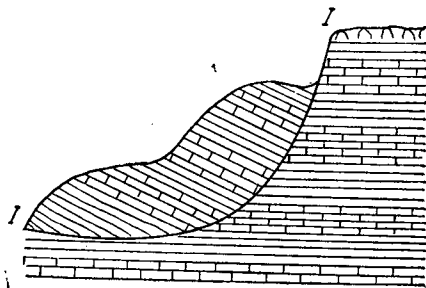
зоналар ҳосил бўлиб, бу зоналар кўчиш зонаси сифатида хизмат қилади.

Кўчклар горизонтал ёки бироз нишаб қатламлардан ташкил топган ёнбағирларда ҳам кўп содир бўлади. Бундай ҳолда кўчиш юзаси қатламларнинг ётиш чизиқларини кесиб ўтади (74- расм).

Кўчклар ички тузилишига кўра асосан 3 та: асеквент, консеквент ва инсеквент турларга бўлинади (Ф. П. Саваренский, 1937).

Асеквент кўчклар деб бир хил таркибли тоғ жинсларидан ташкил топган қияликларда содир бўлган кўчкларни айтилади. Буларга асосан лёссимон жинслардан ташкил топган ёнбағирлардаги кўчклар киради. Уларнинг сурилиш юзаси, кўпинча, ёйсимон шаклда бўлади.

Консеквент кўчклар деб, ҳар хил таркибли тоғ жинсларида ташкил топган ва қатламларнинг ётиш чизиғи ёнбағир томон йўналган қияликда содир бўлган кўчкларни айтилади. Бундай кўчкларда деллювиал жинс билан туб жинс ўртасидаги чегара чизиғи ёки икки қатлам орасидаги чегара чизиғи кўчиш юзаси бўлиб хизмат қилади.



74- расм. Инсеквент кўчклар.

Инсеквент кўчкилар деб ҳар хил таркибли тоғ жинсларидан ташкил топган ва қатламларининг ётиш чизиғи горизонтал ҳолдаги кўчкиларни айтилади. Бундай кўчкиларда кўчиш юзаси, қатламларнинг ётиш чизиғини кесиб ўтган бўлади.

### 3. Кўчки ҳосил бўлиш сабаблари

Кўчки содир бўлишининг сабабларидан бири жинслар намлигининг бирдан ошиб кетишидир.

Тоғ жинсларининг намлиги ошиши натижасида биринчидан уларнинг массаси ортади, иккинчидан зарралари орасидаги ёпишқоқлик кучи камаяди, структураси бузилади.

Ёнбағирларда ётган тоғ жинслари икки томонлама: усти атмосфера ёғинлари таъсирида намланса, таги ер ости сувлари таъсирида намланади.

Атмосфера ёғинлари Ўрта Осиёда бўладиган кўчкиларнинг асосий сабабларидир. Уч-тўрт кун тинимсиз ёққан ёмғирдан ва тоғдаги қорларнинг эришидан ҳосил бўлган сувларнинг бир қисми қияликлар бўйлаб пастга томон тушса, бир қисми тоғ ёнбағирларидаги лёсс ва лёссимон жинсларга шимилади. Жинс намлиги ошиб, маълум қатламлар орасида кучсизланган зоналар ҳосил бўлади. Бу зонада тоғ жинсининг намлиги юқори пластиклик чегарасига яқинлашиб қолади, натижада жинсларнинг консистенцияси ўзгариб, ярим қаттиқ ҳолда пластик юшоқ ҳолга ўтади ва қиялик бўйлаб силжийди.

Ер ости сувлари ҳам кўчкилар вужудга келишининг асосий сабабларидан биридир. Бу сувлар ёнбағирдаги жинсларга икки томонлама таъсир кўрсатади. Биринчидан, ер ости сувлари ёнбағирда булоқ кўринишида ер юзига чиқиб, доимо ёнбағирдаги жинсларнинг намлигини ошириб туради. Иккинчидан, қатламлар орасида сувли қатлам ҳосил қилиб, бу қатлам ўз устидаги ва тагидаги қатламнинг намлигини оширади. Бундай таъсирнинг узоқ вақт давом этишидан кўчки ҳодисаси рўй беради.

Тоғ жинсларининг литологик ва минералогик таркиби ҳам кўчкиларнинг ҳосил бўлишида катта роль ўйнайди.

Таркибида монтмориллонит ва каолинит минераллари кўп бўлган гиллар, лёссимон жинслар, кўпинча кўчкининг асосий сабаби бўлади. Бундай жинслар сув таъсирида шиша бошлайди, уларнинг ички ишқаланиш ва ёпишқоқлик кучи бирдан камайиб кетади ва қатлам қиялик бўйлаб кўча бошлайди. Агар бу қатламлар устида бошқа қатламлар ётган бўлса, албатта уларни ҳам бирга олиб тушади.

Кўчкининг сабабларидан яна бири гидростатик ва гидродинамик босимлардир. Булар таъсирида ёнбағирдаги жинсларнинг ташқи кучга мустаҳкамлиги ва чидамлилиги ўзгариб туради. Бу босимларнинг тоғ жинсига таъсири турлича: бир жойда кўп, бошқа жойда оз бўлиб, тоғ жинсининг турига, физик-механик хоссасига, таъсир этувчи кучга боғлиқдир. Ер ости ва усти сувлари тагида ётган жинс зарралари сувнинг кўтариш кучи (гидростатик куч) таъсирида бўла-

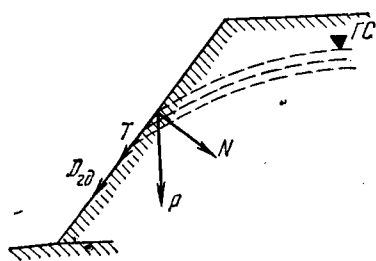
ди ва шу сабабли уларнинг оғирлиги камайиб, енгиллашади. Масалан, солиштирма массаси  $\gamma = 2,7 \text{ т м}^3$ , ғоваклилиги  $n = 40 \%$  бўлган жинс солиштирма массаси  $\gamma_b = 1 \text{ т м}^3$  га тенг бўлган сув остида бўлганда, унинг солиштирма массаси  $\gamma_0 = 1,02 \text{ т м}^3$  га тенг бўлади, яъни:

$$\gamma_0 = (\gamma - \gamma_b) (1 - n) = 1,7 \cdot 0,6 = 1,02 \text{ т м}^3.$$

Демак, сувнинг кўтариш кучи таъсирида сув остидаги жинсларнинг оғирлиги икки мартадан зиёд камаяр экан. Масалан, дарёдаги сув сатҳи кўтарилганда қирғоқнинг илгари сув остида бўлмаган пастки қисми энди сув остида қолади, бу жойдаги тоғ жинсига сувнинг кўтариш кучи таъсир қилиб, жинснинг оғирлиги камаяди ва у қиялик бўйлаб ўз устида ётган жинслар босимга чидаш бера олмай дарё томон силжийди. Бундай кўчкилар кўпинча янги ишга туширилган сув омборларида вужудга келади. Тўғон қурилиши натижасида дарёдаги сувнинг сатҳи кўтарилади ва қирғоқдаги жинслар сув остида қола бошлайди.

Гидродинамик куч ер ости сувининг ҳаракат йўлига йўналган бўлиб, ёнбағирда силжитувчи кучга қўшимча бўлади, яъни бунинг ҳисобига силжитувчи кучнинг миқдори ортади (75-расм). Гидродинамик босим дарёларда сув сатҳининг бирдан пасайиб кетиши натижасида ҳосил бўлади. Маълумки, баъзан дарёда ер ости суви таъминлаш манбага айланади, аммо бу узоқ вақт давом этмайди, маълум вақт ўтгандан кейин дарё сувининг сатҳи пасаяди, ер ости суви — расмда кўрсатилганидек дарё қирғоғи бўйлаб ҳаракатланади ва гидродинамик босим ҳосил бўлади. Бу босимнинг миқдори дарё қирғоғидаги жинсларнинг сув ўтказувчанлигига боғлиқ, уларнинг сув ўтказувчанлиги қанчалик паст бўлса, гидродинамик куч шунчалик юқори бўлади. Баъзи вақтларда гидродинамик босим таъсирида ёнбағирларнинг мустаҳкамлик коэффициенти 10% гача камаяди.

Кўчкиларнинг ҳосил бўлиш сабабларидан яна бири тоғ жинси орасидаги кучланишнинг ўзгаришидир. Физикадан маълумки, ҳар бир жинс ўз оғирлиги ва атрофидаги бошқа кучлар таъсирида маълум кучланиш остида бўлади. Бу кучланишнинг ўзгариши натижасида ёнбағирдаги тоғ жинсининг мустаҳкамлиги камаяди ёки кўпаяди, камайиши кўчкиларни ҳосил қилади. Масалан, дарё ёки денгиз қирғоқларининг ювилиши натижасида кучлар мувозанати ўзгариб, қирғоқнинг тепа қисмида соҳил бўйлаб ёриқлар ҳосил бўлади. Бу дарзларнинг кенгайиши ва чуқурлашиши натижасида тоғ жинсининг мустаҳкамлик коэффициенти камайиб, кўчки вужудга келади.



75-расм. Гидродинамик босимга эга бўлган қияликдаги кучлар схемаси.

Худди шунга ўхшаш ҳодиса фойдали қазилмаларни очиқ усулда қазиб олишда ҳам (карьер қирғоқларида) содир бўлади. Қазиб олинган фойдали қазилмалар ҳисобига карьер қирғоқларидаги тоғ жинслари орасида кучлар мувозанати бузилиб, дарзлар ҳосил бўлади ва қатламлар шу дарзлар бўйлаб силжийди.

Зилзила ҳам кўчки ҳодисасига сабаб бўлади. Зилзила туфайли лёсс ва лёссимон жинсларнинг физик-механик хоссалари ўзгаради. Масалан, кучли зилзила натижасида жинсларнинг ички ишқаланиш бурчаги  $1^\circ$  дан  $6^\circ$  гача кичраяди, бу эса ёнбағирнинг мустақамлик коэффициенти камайишига сабаб бўлади.

Шундай қилиб, кўчки ҳодисасида ёнбағирларнинг геологик тузилиши, рельефи, қатламларнинг ётиш ҳолати, ер ости ва устки сувлари, атмосфера ёғинлари, тоғ жинсларининг нураши ва таркиби катта роль ўйнайди. Аммо буларнинг айримларигина кўчкининг асосий сабаби бўлади. Масалан, ер усти сувлари ва атмосфера ёғинлари, ер ости сувлари ва шу жойнинг геологик тузилиши шулар жумласидандир. Буларни **актив**, қолганларини эса **пассив** сабаблар деб аталади. Баъзан кўчки содир бўлишида актив ва пассив сабаблардан ташқари сунъий сабаблар (инсон фаолияти) ҳам катта роль ўйнайди. Масалан, атмосфера ёғинлари таъсирида сувга бўкиб, кўчай деб турган масса яқинида портлатиш иши амалга оширилса ёки поезд қаттиқ силкиниб ўтса, бу масса ёнбағир бўйлаб бирданига сурилиб кетади.

#### 4. Кўчки механизми, динамикаси ва белгилари

Юқорида айтганимиздек кўчки пайтида тоғ жинслари ёнбағирлик бўйлаб яхлит кўринишда ёки алоҳида бўлак-бўлак бўлиб кўчади, баъзан кўчаётган масса қуюқ атала ҳолида қиялик бўйлаб оқади.

Кўчаётган массанинг ташқи кўриниши, силжиш усули ва характери кўчки механизмини белгилайди.

Бир қатламнинг иккинчи қатламга нисбатан ёки тоғ жинсининг бир қисмини иккинчисига нисбатан кўчиши кўчкининг асосий механизмини ифодаловчи хусусиятлардан ҳисобланади.

Кўчки механизми тоғ жинсининг турига ва унга таъсир этаётган факторларга боғлиқ. Агар кўчаётган масса қалин бўлиб, ер ости, дарё, денгиз сувлари таъсирида кўчаётган бўлса, у яхлит блок ҳолида ёки катта-катта бўлак кўринишда бўлади. Баъзан кўчиш механизми аралаш кўринишда ҳам бўлади. Масалан, катта-катта бўлак ҳамда кўчаётган тоғ жинси ёнбағирликнинг ўрта қисмида тўпланиб қолган ҳар хил сувлар ёки атмосфера ёғинлари билан аралашиб, қоришиб юмшоқ хамир ҳолида қиялик бўйлаб кўча бошлайди. Бундай кўринишдаги кўчкилар кўпинча ер ости сувлари ер юзига яқин бўлган, атмосфера ёғинлари таъсирида сатҳи кўтарилиб, ёнбағирларда булоқ кўринишида чиқиб турган қияликларда кўпроқ учрайди.

Тоғ жинсларининг яхлит блок ҳолида кўчиши структурали кўчки, *юмшоқ* ҳолдаги жинсининг аралаш-қуралаш бўлиб кўчиши



**пластик оқувчан кўчки** дейилади. Структурали кўчкиларда аниқ кўчиш юзаси мавжуд бўлса, пластик оқувчан кўчкиларда кўчиш юзаси ноаниқ бўлиб, уларни аниқлаш кўпинча қийин бўлади. Бундай кўчкиларда юмшоқ хамирга ўхшаган жинс, тагидаги қатламнинг нотекис юзаси устидан қиялик бўйлаб суюқ масса кўринишида ҳаракатланади.

Кўчки механизми тоғ жинсларининг геологик хусусиятига ҳам боғлиқ. Маълумки, гил ва таркибида гил бўлган жинсларга таъсир этаётган ташқи куч (босим) нормал ҳолдан ортиб кетиши ва жинсга узоқ вақт таъсир этиши натижасида бир қатлам иккинчи қатлам устидан жуда секинлик билан ҳаракатланади ва кўчки рўй беришига сабаб бўлади. Бунда пластик деформация ҳосил бўлади.

Кўчки механизмини тўлиқ аниқлаш учун унинг тузилишини ва кўчкида қатнашаётган тоғ жинсларининг хусусиятларини ҳамда кўчки динамикасини батафсил ўрганиш лозим.

**Кўчки динамикаси** деб унинг бошланиши, ўса бориши ва тўхташигача бўлган даврдаги хусусиятларининг ва ҳаракат тезлигининг вақт бирлигида ўзгаришига айтилади. Ёнбағирликда кўчкини вужудга келтирувчи шароит бир текис бўлмай, вақт бирлигида турли характерда ва миқдорда бўлади. Шунга кўра, кўчкининг рўй бериши ва ривожланиши ҳам нотекис бўлади. Шу сабабли кўчкиларнинг вужудга келиш ва ривожланиш даврини уч босқичга бўлинади, булар: тайёрланиш, кўчиш ва кўчган массанинг қияликдаги кейинги ҳолати.

**Тайёрланиш босқичида** табиатдаги кўчкини ҳосил қилувчи факторлар таъсирида қияликнинг мустаҳкамлик даражаси камайиб боради, аммо ҳали кўчки рўй бермайди, кўчкининг дастлабки белгилари пайдо бўла бошлайди. Бу босқичда қияликнинг кўчиш эҳтимоли бўлган қисмида ёриқлар пайдо бўлади. Кўчки бўлишидан далолат берувчи ёриқлар маълум бир йўналишда бўлиб, кўчкининг ҳажми ва шаклини белгилайди. Агар қияликда катта ҳажмда кўчки бўлса, ёриқлар чуқур бўлиб, узунлиги бир неча ўн метрни ташкил этади; қияликнинг кўчаётган қисми устида уйлар ва иншоотлар бўлса, уларнинг деворларида дарзлар пайдо бўлиб, улар кун сайин кенгайиб ва кўпайиб боради. Кўчкининг бу босқичи бир неча кундан бир неча ойгача чўзилиши мумкин. Босқичнинг давом этиш вақтининг оз ёки кўп бўлиши кўчки ҳосил қилувчи факторларга боғлиқ. Баъзан кўчки уларни ҳосил қилувчи факторлар таъсир қилиши билан тезда вужудга келади. Масалан, ёнбағирликнинг пастки қисмини бирдан кўп миқдорда қирқиб ёки жинсларнинг намлиги бирдан ошиб кетиши натижасида кўчки содир бўлади.

Агар тайёрланиш босқичи узоқ вақтни ўз ичига олса, кўчкининг бу даврдаги ривожланиши кўпинча нотекис бўлади, баъзан тезлашади, баъзан эса секинлашади ва яна тезлашади. Бу асосан, иқлим ва гидрогеологик шароитнинг суткали, мавсумий ва йиллик ўзгаришига боғлиқ.

Бу босқичда ёнбағирлик устида бўладиган ўзгаришлар, яъни ёриқларнинг ҳосил бўлиши, ер юзасининг пасайиши ёки кўтарилишини кўз билан кузатиб аниқланади. Бу ўзгаришларни тўғри ва миқдор жиҳатдан баҳолаш учун инструментал кузатишлар олиб борилади.

**Кўчиш босқичида** кўчки содир бўлади. Кўчиш тезлиги бир хил бўлмайди. Аввал тез, сўнг секин ва аксинча бўлиши мумкин.

Ўрта Осиёда бўладиган кўчкиларнинг тезлиги СССРнинг бошқа жойларида бўладиган кўчкилар тезлигига қараганда катта бўлиб, секундига бир неча метрга етади. Шу сабабли кўчкининг иккинчи босқичида кўнгилсиз воқеалар юз беради ва халқ хўжалигига катта зарар етади. Бу босқичда сурилшлар баъзан тўхтаб-тўхтаб узоқ вақтгача давом этиши ҳам мумкин, чунки кўчкига сабабчи факторлар ўз таъсирини вақт-вақти билан кўрсатади. Шу сабабли И. П. Попов (1959) кўчкиларни бу босқичда уч турга, яъни тез, секин ҳаракатланаётган ва тўхтаб-тўхтаб ҳаракатланаётган кўчкиларга ажратади. Уларнинг тез ёки секин ҳаракатланиши ёнбағирликларнинг нишаблигига боғлиқ. Нишаблик бурчаги катта бўлган ёнбағирликларда (30—35°) кўчки тезлиги катта бўлади.

**Кўчган массанинг кейинги ҳолати.** Кўчки рўй бергандан кейин ёнбағирликнинг мустаҳкамлиги бутунлай ўзгаради. Кўпчилик ҳолларда мустаҳкамлик даражаси ортади. Бунга сабаб, кўчки натижасида, биринчидан, ёнбағирликнинг нишаблиги қайта, иккинчидан, кўчиб тушган масса ёнбағирликнинг қуйи қисмида таянч вазифасини бажаради. Баъзан бунинг акси ҳам бўлади. Кўчки натижасида ёнбағирликнинг нишаблиги ортади, унинг юқори қисмида тик ҳолатга яқин бўлган, баландлиги 10—20 м келадиган узилиш деворининг атрофида ва ундан баландда ёриқлар ҳосил бўлиб, кўп ўтмай янги ёриқлар бўйлаб яна кўчки содир бўлади. Бу босқичда қияликнинг мустаҳкамлигини ўзгартирувчи янги факторлар вужудга келади. Агар кўчки оқувчан бўлса, ёнбағирлик устини қоплаб турган ўтлар ювилиб кетиб, унинг усти очилиб қолади. Натижада қияликни ташкил этувчи тоғ жинсларида нураш процесси кучаяди, атмосфера ёгинларининг ерга сингиши ортади. Агар кўчган массанинг қалинлиги катта бўлса, унинг ўрнида кўчки цирклари (чуқурликлари) ҳосил бўлади. Кўчкилар поғонасимон шаклда бўлса, ёнбағирликнинг кўчган жойида супачалар ҳосил бўлади. Бундай супачаларнинг ҳосил бўлиши қияликнинг рельефини ўзгартиради.

Кўчкиларнинг механизми ва динамикасини баҳолаш учун уларнинг ҳосил бўлиш белгиларини билиш лозим. Кўчкиларнинг рўй бериш белгилари қуйидагилар:

1. Биринчи босқичда кўчки ёриқлари ҳосил бўлади, ёриқлар олдин билинар-билинамас бўлиб, кейинчалик кенгайиб, чуқурлашиб ва узайиб боради. Ёриқлар аввал қияликларнинг узунасига пайдо бўлади, сўнг секин-аста кенгайиб, узайиб бир-бири билан қўшила бориши натижасида узунлиги бир неча ўн метрни таш-

кил этадиган ёриқларни ҳосил қилади. Шу ёриқларнинг энг узуну ва чуқури бўйлаб кўчиш содир бўлади.

2. Кўчкининг содир бўлиши натижасида кўчки бўлган жойнинг юқори қисмида узилиш девори бўлади.

3. Агар ёнбағирликда кўчки бўлган бўлса, қияликда кўчки цирклари мавжуд бўлади. Буларнинг янги ёки эскилигига қараб, кўчки қачон содир бўлганлигини аниқлаш мумкин.

4. Ёнбағирликнинг қуйи қисмида аста-секин кўтарилган жойлар вужудга келади. Бу эса кўчкидан дарак беради.

5. Қияликларда поғонасимон супачаларнинг пайдо бўлиши ва уларнинг устида ҳар хил ёриқларнинг бўлиши поғонасимон кўчкилар бўлганлигидан далолат беради. Бундай супачаларнинг сони баъзан ўнтагача этади.

6. Кўчки бўлган жойдаги дарахтлар қийшайиб қолади ва шу ҳолда ўсади. Бундай дарахтларни «Маст дарахтлар» деб ҳам аталади. Баъзан кўчки натижасида икки дарахт бир-бири билан қўшилиб ёки битта дарахтнинг ўзи иккига бўлиниб ўтиши ҳам мумкин. Қияликдаги дарахтларнинг бу ҳолда ўсишига қараб, кўчки қачон бўлганлигини аниқлаш мумкин.

7. Бир неча йил муқаддам кўчкига учраган ёнбағирликларнинг усти кичик-кичик дўнгликлардан иборат бўлиб, улар усти ўт ёки ёриқлар билан қопланган бўлади. Агар тепаликларнинг усти кўп йиллик ўтлар билан қопланган бўлса, кўчки бир неча йил илгари бўлганлигидан дарак беради. Аксинча, уларни усти янги ёриқлар билан қопланса, кўчки тамом бўлмаганлигидан дарак беради.

8. Қияликлар устида шурф ёки бурғи қудуқлари ковланганда чиққан жинсларнинг маълум йўналиш бўйлаб синиши ва синиш юзасида қирилган изларнинг бўлиши ҳам кўчки бўлганлигидан дарак беради.

9. Шурфдан ёки бурғи қудуқларидан олинган тоғ жинслари структурасининг кўчиш зонасига яқинлашган сари бузилиб бориши ҳам кўчки бўлганлигидан дарак беради.

10. Қиялик устига солинган уй ва иншоотларнинг деворларида ёки тоғ ёнбағридан ўтган йўлларда ёриқларнинг пайдо бўлиши, водопровод трубаларининг ва кабелларнинг узилиб кетиши, сим столбаларининг қийшайиб қолиши, сув қудуқларининг бузилиб кетиши ҳам кўчки бўлаётганлигидан далолат беради.

## 5. Кўчки классификацияси

Кўчки турлари катталиги, тузилиши, ҳосил бўлиш сабаблари, ривожланиш шароити, механизми ва динамикаси жиҳатидан хилма-хил бўлади. Шу сабабли уларнинг классификацияси ҳам турличадир.

Кўчкиларни классификациялашда уларнинг ҳосил бўлиш сабаблари, характери, шакли, ҳажми ва бошқа бир қанча белги-

лари ҳисобга олинади. Қуйида биз классификацияларга қис-қача тўхталиб ўтамиз.

Ёнбағирликнинг қандай жойидан бошланишига қараб, кўчкилар икки турга — деялпсив ва детрузив кўчкиларга бўлинади (А. П. Павлов, 1903). Кўчки ҳодисаси қияликнинг пастки қисмидан бошлаб юқорига қараб борса, **деялпсив**, қияликнинг тепасидан бошланиб, жинсларга ўз таъсирини кўрсатиб силжиса, **детрузив** кўчки деб аталади.

Кўчкида қатнашган тоғ жинсларнинг сонига қараб Қ. И. Богданович бирламчи ва иккиламчи кўчкиларни ажратган. Тоғ жинси кўчкида бир марта қатнашган бўлса, **бирламчи**, агар икки ва ундан ортиқ қатнашса, **иккиламчи** кўчки дейилади.

Кўчиш чизигини қатламларнинг ётиш чизигига нисбатан жойланишига қараб, Ф. П. Саваренский (1937) асеквент, консеквент ва инсеквент кўчкиларни ажратган.

Н. В. Родионов (1939) кўчкиларни ҳосил бўлиш сабабларига қараб, уч турга: **консистенцияли**; **суффозион** ва **структурали** кўчкиларга бўлган.

Тоғ жинсларининг ярим қаттиқ ҳолдан юмшоқ ҳолга ўтиши туфайли содир бўладиган кўчкиларга **консистенцияли**, суффозия ҳодисаси туфайли ҳосил бўладиганларига **суффозион** ва жинсларнинг бир бутунлиги сақланган ҳолда бўладиган кўчкиларга **структурали** кўчкилар дейилади.

Кўчкилар ёшига ва ҳосил бўлган вақтига қараб қадимий ва ҳозирги кўчкиларга ажратилади (И. В. Попов, 1946). Ҳозирги базис эрозиясидан олдин вужудга келган кўчкиларга **қадимий** кўчкилар дейилади. Масалан, юра даврида ҳосил бўлган кўчкилар қадимий кўчкилар ҳисобланади.

Замонавий кўчкилар ҳосил бўлган вақтига қараб ўз навбатида қари ва ёш кўчкиларга ажралади. Қари кўчкиларнинг ташқи белгилари йўқолиб кетган бўлади.

АҚШнинг йўл лойиҳалаш бюроси кўчкиларни ҳаракатланишга ва унда иштирок этган жинслар литологик таркибига қараб уч хил бўлади: 1) эгри чизиқ бўйлаб ҳаракатланувчи; 2) тўғри чизиқ бўйлаб бир текис ҳаракатланувчи; 3) ҳар хил чизиқ бўйлаб ҳаракатланувчи кўчкилар.

Г. С. Золотарёв (1956) кўчкиларни ҳажми ва тузилишига қараб қуйидаги турларга ажратади: 1) тошлоқ жинслардан ҳосил бўлган кўчкилар; 2) гил ва ярим тошлоқ жинслардан ҳосил бўлган блок ҳолида силжувчи кўчкилар; 3) ҳар хил жинслар аралашмасидан ҳосил бўлган кўчки оқимлари; 4) атмосфера ёғинлари таъсирида ер юзининг ювилиши натижасида ҳосил бўлган пливунлар ва спливлар; 5) ёнбағирликда майда погонасимон супачалар ҳосил қилувчи ҳар хил узилишлар.

Кейинги йилларда А. М. Дранников, Н. Н. Маслов, Е. П. Емельянова, Ф. О. Мавлонов, Р. А. Ниязов ва бошқалар томонидан кўчкининг ҳар хил классификацияси ишлаб чиқилди. Кўчки классификациясини турлича бўлишига сабаб, унинг ҳосил бўлиш шароити, сабаблари ва тузилишини хилма-хиллигидадир.

Ўзбекистонда учрайдиган кўчкиларни ҳосил бўлиш шароити ва таркибига кўра I класс, II класс ва III класс кўчкиларига ажратиш мумкин (76-расм). Ҳар бир классга тегишли кўчкилар ўз навбатида ҳосил бўлиш шароитига қараб бир қанча турларга бўлинади. Ўзбекистонда, асосан, I ва II класс кўчкилари кўп. Шу сабабли бу классга кирувчи кўчкилар ҳақида бироз тўхтаб ўтамиз.

Бир хил таркибли жинсларда учрайдиган кўчкилар:

1. Структурали кўчки. Бундай кўчки одатда нишаблиги юқори ва қалинлиги катта лёссимон жинслар билан қопланган ёнбағирларда ҳосил бўлади. Жинслар структураси унча бузилмаган ҳолда кўчади. Бундай кўчкиларни Тошкент областининг Чимёнсой, Хумсон ва бошқа жойларида учратиш мумкин. Бу турдаги кўчкилар ёнбағирлар вақтинча оқар сувлар таъсирида ювилиши ёки инсон томонидан қирқилиши натижасида ҳосил бўлади. Кўчиш чизиғи ёй шаклида бўлиб, бир хил таркибли тоғ жинси орасидан ўтади.

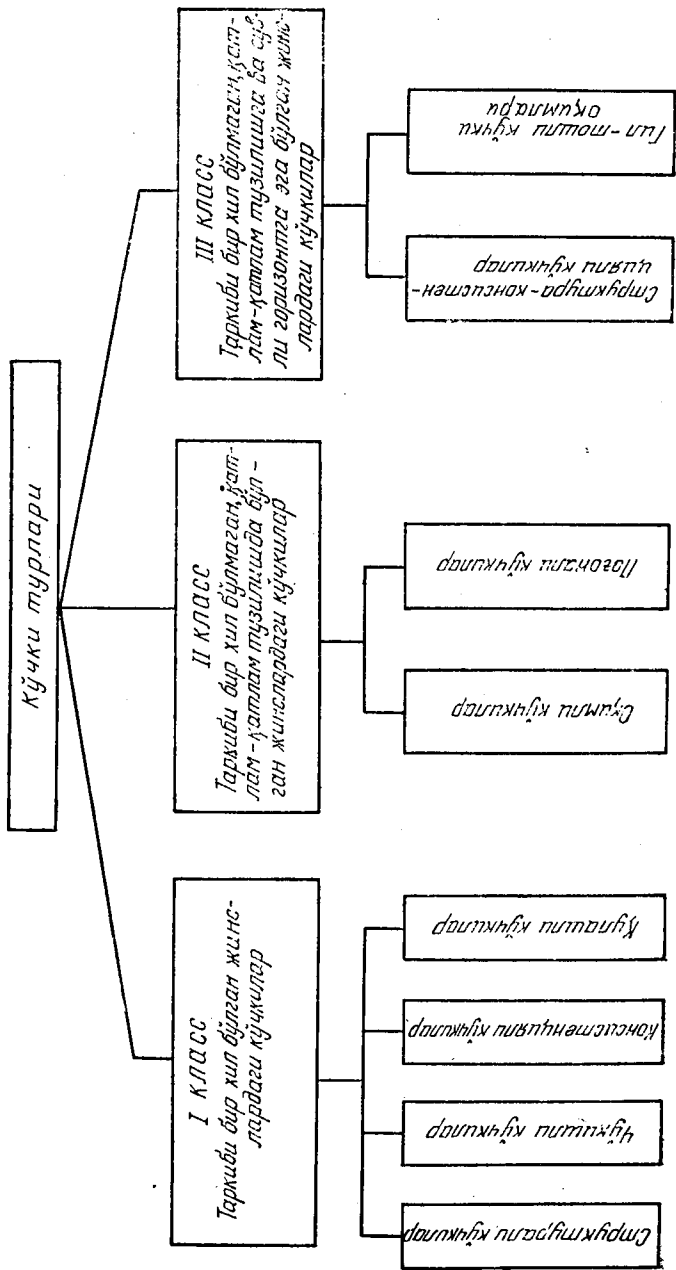
Структурали кўчкиларда кўчаётган массанинг усти поғонасимон супачалардан иборат бўлиб, улар ёнбағирнинг қуйи қисмида йўқола бошлайди. Кўчаётган массанинг эни кўчки узунлигидан бир неча марта катта бўлади. Масалан, кўчкининг узунлиги (кўчаётган массанинг нишаблик бўйича узунлиги) 50—100 м бўлса, эни 500—1000 м атрофида бўлади. Кўчаётган массанинг қалинлиги эса 10—20 ва баъзан 30 метргача етади. Ҳаракат тезлиги турлича, бошланиш даврида катта бўлади, кейинчалик секинлашиб қолади. Бу, асосан, таъсир этувчи факторларга боғлиқ. Баъзи факторлар тўхтаб-тўхтаб таъсир қилади.

2. Лёсс ва лёссимон жинсларнинг чўкишидан ҳосил бўладиган чўкишли кўчкилар.

Чўкувчан лёссимон жинсларга сув таъсир қилса, уларда чўкиш ҳодисаси рўй беради. Бу жинслар ёнбағирда ётганлиги сабабли чўкиш билан бир вақтда қиялик бўйлаб силжиш ҳам рўй бериб, унинг натижасида ёнбағир устида ёриқлар ҳосил бўлади. Атмосфера ёгинлари ёриқлардан ер мағзига сингиб, лёссимон жинсларнинг намлигини янада ошириб юборади. Бу эса кўчкининг ҳосил бўлишига сабабчидир. Бундай кўчкилар Урта Осиёнинг Олтинтопган, Қоскона, Тошбулоқ, Совуқбулоқ, Шауган, Абжаз ва бошқа жойларида кенг тарқалган (Р. А. Ниязов, 1968).

3. Консистенцияли ёки пластик кўчкилар. Лёсс ва лёссимон жинслар консистенциясининг бирдан ўзгариши натижасида ҳосил бўлади. Буларга сплив, опливин ва кўчки оқимлари киради.

Тупроқ-ўсимлик қатламининг кўчишига сплив дейилади. Нишаблиги 20—45° лёссимон жинслар билан қопланган ёнбағирликларда уларга ёмғир сувларининг таъсиридан вужудга келади. Бунда фақатгина ер юзининг 0,5—1,5 м чуқурлигигача бўлган қисми кўчади. Кўчган масса қуйқинди ҳолида қиялик бўйлаб оқади.



76- rasm. Kuchki turlarining umumiy klassifikasiyasi.

Опливин ҳам спливга ўхшаш бўлиб, фақат ҳажми жиҳатидан фарқланади. Бунда ер юзининг 5 метр чуқурликкача бўлган қисми кўчади. Бу ҳам узоқ вақт кўп ёмғир ёғиши, ер ости сувининг таъсири ёки қорнинг эриши натижасида ер юзасининг энг устки қисми суяқ ҳолга келиб, қияликдан паст томонга оқиб тушишидан ҳосил бўлади.

Опливинлар ёнбағирдаги ўтларни, майда дарахтларни суриб кетиб, ер юзасини ялонғочлаб қўяди. Бу эса шу жойдаги очилиб қолган тоғ жинсларининг нурашини тезлаштиради ва ёнбағирнинг мустаҳкамлигини пасайтиради. Опливинлар Урта Осиёнинг барча тоғлик районларида учраб, умумий кўчкиларнинг 60—70% ни ташкил қилади.

4. Оқимли кўчкилар қияликдан сурилиб келаётган бир неча опливинларнинг бир-бири билан қўшилиб кетишидан ёки катта қалинликдаги лёссимон жинсларнинг консистенцияси бирдан ўзгариб, суяқроқ ҳолга келишидан ҳосил бўлади. Кўчаётган массанинг қалинлиги 5—20 м, кенлиги 500—800 м бўлиб, узунлиги эса 800—1800 метрга етади (М. Г. Ходжаев, Л. Г. Круковский, 1968).

5. Қулашли кўчкилар одатда нишаблиги жуда катта бўлган (45—90°) ёнбағирларда ҳосил бўлади. Буларнинг ҳосил бўлишидан олдин ёнбағирнинг тик қисмида ёриқлар пайдо бўлади ва кейинчалик бу дарзлар кенгайиб, тоғ жинсининг катта бир бўлаги узилиб, қулаб тушади. Бу кўчкининг бошқаларидан фарқи шуки, бунда кўчган масса узоққа бормайди, бироз сурилиб тўхтаб қолади. Бундай кўчкилар кўпинча жар ёнбағирларида қирғоқларининг нишаблиги ортиб кетиши натижасида ҳосил бўлади.

Қулашли кўчкиларнинг ҳосил бўлиши натижасида ёнбағирларнинг нишаблиги тобора ошиб, мустаҳкамлик коэффициенти камайиб боради, натижада ёнбағирда жуда катта кўчки содир бўлади.

6. Контактли кўчкилар ҳар хил қатламлардан ташкил топган қияликларда содир бўлади. Бунда бир қатлам устидаги иккинчи қатлам уларнинг ётиш текислиги бўйлаб сурилади. Контактли кўчкилар оҳактошлар, қумтошлар орасида гил қатламлари бўлган жойда учрайди. Контактли кўчкилар баъзан тоғ жинслари қатламлари нурашидан ҳам содир бўлади, яъни ер орасидаги қатламлардан бири нураб ўзининг мустаҳкамлик даражасини йўқотади, натижада устидаги қатламларнинг кўчишига сабаб бўлади.

7. Поғонали кўчкилар ҳам турли қатламлардан ташкил топган ёнбағирларда учрайди. Бунда ёнбағирлардаги жинсларнинг ётиш ҳолати кўпинча горизонтал ҳолда, кўчиш чизиги қатламларнинг ётиш чизигини кесиб ўтади. Ф. П. Саваренский бундай кўчкиларни инсеквент кўчкилар деб атаган. Бундай кўчкиларда тоғ жинсининг табиий структураси бузилмасдан, маълум бўлақларга ажралиб сурилади.

Поғонали кўчкилар юқорида қайд қилинган турларига нисбатан секин тараққий этиб, катта майдонни эгаллайди, баъзан унинг қиялик бўйича узунлиги  $\frac{3}{4}$  км ни ташкил этиб, унинг эни 1—2 км га етади. Кўчган массанинг қалинлиги 20 м дан 80 м гача боради. Масалан, Оҳангарон водийсидаги Турк қишлоғи ва Загосансойда бўлган кўчки ҳажми 20 млн. м<sup>3</sup> ни ташкил этади.

## 6. Кўчки бўлиб турадиган жойларнинг кўчкига нисбатан мустаҳкамлигини аниқлаш

Кўчки бўлган ва кейинчалик бўладиган ёнбағирларнинг мустаҳкамлик даражасини баҳолаш ва прогноз қилиш кўчкини ўрганишда назарий ва амалий жиҳатдан катта аҳамиятга эга. Жойларни кўчкига нисбатан мустаҳкамлигини аниқлаш, буни олдиндан билиш ва унга қарши чора ва тадбирларни белгилаш мумкин.

Юқорида айтилганлардан маълумки, ҳар бир турга тегишли кўчкини ҳосил қилувчи факторлар хилма-хил бўлиб, ёнбағирларнинг мустаҳкамлигига турлича таъсир кўрсатади. Шу сабабли бир жойда кўчки жуда тез, иккинчи жойда секин, бир жойда катта, бошқа жойда кичик бўлади.

Ёнбағирларнинг кўчкига нисбатан мустаҳкамлигини сифат ва миқдор жиҳатдан баҳолаш лозим. Бунинг учун кўчки бўлаётган районнинг иқлими, геологик ва геоморфологик тузилиши, гидрогеологик шароити батафсил ўрганилади. Бунинг учун кўчки тарқалган ва бўлиши мумкин деб ҳисобланган жойларда инженерлик-геологик съёмка ишлари олиб борилади. Съёмка даврида кўчкининг ривожланиш динамикаси ва механизми аниқланади. Бунинг учун кўчаётган ёки кўчиши мумкин деб ҳисобланган ёнбағирликларда таянч реперлари панжараси ташкил қилинади ва реперлар ёрдамида кўчкининг тезлиги аниқлаб борилади. Натижада кўчкининг активлиги, ёки пассивлашаётганлиги, янгидан ривожланаётганлиги ёки бутунлай тўхтаётганлиги, йил фасларидаги ҳаракати ҳақида маълумот олинади.

Кўчки ой, йил ва бир неча йиллар давомида ўрганилади. Бунга стационар кузатиш дейилади. Стационар кузатиш вақтида кўчкининг ҳар бир ташқи белгиси, алоҳида қисмлари қандай тезликда ҳаракат қилаётганлиги ва бошқа хоссалари ўрганилади.

Кўчки тузилишини тўлиқ ўрганиш учун у содир бўлган ёнбағирларнинг геологик кесмалари тузилади. Бу кесмаларда кўчиш чизиги, ер ости сувларининг сатҳи, сурилиш натижасида қатламлар орасида бўлган ўзгаришлар кўрсатилади.

Кўчкилар механизмини мукамал ўрганиш учун махсус моделлар тузилади ва уларда сунъий кўчки ҳосил қилинади. Аммо бу усул шу вақтга қадар яхши йўлга қўйилмаган. Бунинг қийин томони шундан иборатки, моделларда кўчкини ҳосил қилувчи табиий факторларнинг ҳаммасини тўлиқ моделлаш жуда қийин.



Ёнбағирларнинг кўчкига нисбатан мустаҳкамлигини баҳолашда энг аниқ усуллардан бири математик ҳисоблашдир. Бу усул ёрдамида ёнбағирнинг мустаҳкамлик коэффиценти аниқланади. Коэффицент миқдорига қараб ёнбағир кўчкига нисбатан мустаҳкам ( $K > 1$ ) ёки мустаҳкам эмас ( $K < 1$ ) лиги ҳисобланади.

Ёнбағирларнинг мустаҳкамлик коэффицентини математик ҳисоблаш орқали аниқлаш учун шу қияликдаги ҳар бир геологик шароитни ва кўчкини ҳосил қилувчи факторларни ҳисобга олувчи ҳисоблаш усули ва схемаси танлаб олинади ва математик ҳисоблашлар шу схема асосида бажарилади.

1. Таркиби бир хил бўлган жинслардан тузилган ёнбағирларнинг кўчкига нисбатан мустаҳкамлик коэффицентини аниқлаш.

**Биринчи усул.** Кўчиш чизиғи бўйича қияликнинг мустаҳкамлик коэффицентини аниқлаш.

Ёй формасидаги кўчиш чизиғининг маркази қилиб ихтиёрий 0 нуқтани оламиз ва шу нуқта орқали AC кўчиш чизиғини ўтказамиз (77-расм). Сўнгра кўчиш чизиғи бўйича қияликнинг мустаҳкамлик коэффицентини аниқлаймиз. Бунинг учун қияликни бир қанча блокларга бўламиз ва математик ҳисоблаш орқали ҳар бир блокнинг мустаҳкамлик коэффицентини аниқлаймиз. Ҳар бир блокнинг кўчиш чизиғи ётган тоғ жинсларининг ички ишқаланиш бурчаги  $\varphi$  ва кўчиш чизиғи бўйлаб ёпишқоқлик кучи  $C$  ҳамда блокни суришга ҳаракат қилувчи куч  $H$  ни аниқлаймиз.

Кўчиш чизиғи бўйлаб 0 нуқтасига нисбатан кучлар моментининг тенгласини тузамиз ва уни нолга тенглаймиз:

$$\sum H_i R - \sum N_i \operatorname{tg} \varphi \cdot R - CLR = 0,$$

бунда  $R$  — кучлар momenti радиуси;  $N_i$  — силжишга қаршилик кўр сатувчи кучлар ёки нормал кучлар йиғиндиси;  $H_i$  — силжигувчи ёки актив кучлар йиғиндиси;  $\varphi$  — тоғ жинси ички ишқаланиш бурчаги;  $C$  — тоғ жинси ёпишқоқлик кучи;  $L$  — кўчиш чизиғи узунлиги.

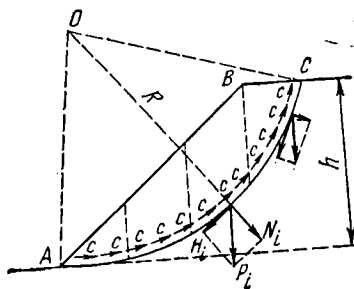
Формулани  $R$  га қисқартириб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\sum H_i - \sum N_i \operatorname{tg} \varphi - CL = 0.$$

$H_i$  ва  $N_i$  ларнинг қиймати график ёки қияликнинг нишаблик бурчаги орқали аниқланади:

$$H_i = P_i \sin \alpha_i; N_i = P_i \cdot \cos \alpha_i,$$

бунда  $P_i$  — блокларнинг оғирлиги;



77-расм. Битта кўчиш чизиғи бўйича қияликнинг мустаҳкамлигини аниқлаш схемаси.

$$P_i = F_i \Delta_i,$$

бунда  $F_i$  — блокларнинг юзаси;  $\Delta_i$  — тоғ жинсининг табиий ҳажм оғирлиги;

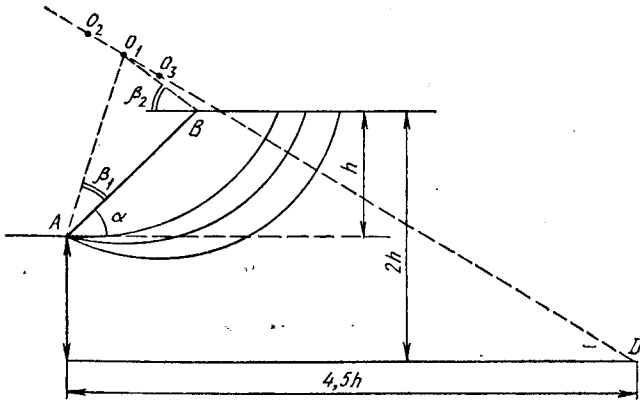
$$F_i = l_i \cdot h_i,$$

бунда  $l_i$  — блокнинг ўртача узунлиги;  $h_i$  — блокнинг ўртача баландлиги;

Қияликнинг мустаҳкамлик коэффициенти ( $\eta$ ) қуйидаги нисбат орқали ифодаланади:

$$\eta = \frac{\sum N_i \cdot \text{tg} \varphi - CL}{\sum H_i}$$

**Иккинчи усул.** Бир қанча кўчиш чизиғи бўйича қияликнинг мустаҳкамлик коэффициенти аниқлаш (78-расм). Бу усул икки схема бўйича бажарилади.



78-расм. Бир қанча кўчиш чизиғи бўйича қияликнинг мустаҳкамлигини аниқлаш схемаси.

**Биринчи схема.** Ярим ёй формасидаги кўчиш чизиқларининг марказлари қилиб  $O_1$ ,  $O_2$  ва  $O_3$  нуқталарини оламиз (78-расм) ва бу нуқталар орқали кўчиш чизиқларини чизамиз. Ҳар бир кўчиш чизиғи учун юқоридаги ҳисоблаш усули бўйича қияликнинг мустаҳкамлик коэффициенти аниқлаймиз.

Мустаҳкамлик коэффициенти энг кичик бўлган кўчиш чизиғи хавfli кўчиш чизиғи дейилади, чунки асосий кўчиш мана шу чизиқ бўйича ҳосил бўлади.

Ярим ёй шаклидаги кўчиш чизиқларининг марказлари  $O_1$ ,  $O_2$  ва  $O_3$  нуқталарда ётади, бу нуқталар эса  $OD$  чизиғи устида бўлади.  $OD$  чизиғини ўтказиш учун қияликнинг  $A$  нуқтасидан қиялик билан  $\beta_1$  бурчагини ҳосил қилувчи нур чиқарамиз, худди шунга ўхшаш  $B$  нуқтасидан ҳам  $\beta_2$  бурчагини ҳосил қилувчи нур чиқариб, иккала нурнинг кесишган жойини  $O_1$  билан белгилай-

миз ва бу нуқтани  $D$  нуқтаси билан туташтирамиз.  $D$  нуқтанинг ўрнини аниқлаш учун 78-расмда кўрсатилгандек қияликнинг икки ҳисса баландлигига тенг чуқурликда узунлиги  $A$  нуқтасидан  $4,5h$  га тенг келувчи масофани топиб, уни  $D$  билан белгилаймиз.

$\beta_1$  ва  $\beta_2$  бурчакларининг қиймати қияликнинг нишаблигига боғлиқ бўлиб, улар 30-жадвалдан аниқланади.

30-жадвал

$\beta_1$  ва  $\beta_2$  бурчакларининг қиймати

Қиялик баландлигининг асосига нисбати $\frac{h}{m}$	Қияликнинг нишаблик бурчаги $\alpha$	Қўшимча бурчаклар	
		$\beta_1$	$\beta_2$
1:1,0	45°00	28°	37°
1:1,5	33°41	26°	35°
1:2,0	26°41	25°	35°
1:3,0	18°25	25°	35°
1:5,0	11°19	28°	37°

$O_1$ ,  $O_2$  ва  $O_3$  нуқталар орасидаги масофа  $H$ . А. Цитович ҳисобига кўра  $(0,25 + 0,04 \cdot m)$   $h$  га тенг. Агар қиялик баландлигининг асосига нисбати 1:1, яъни  $m=1$  га тенг бўлса, бу нуқталар орасидаги масофа  $0,3 \cdot h$  га тенг бўлади.

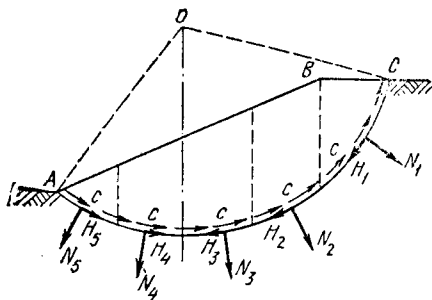
**Иккинчи схема.** Ҳар бир кўчиш чизиги бўйича ёпишқоқлик кучи  $C$  аниқланади:

$$C = \frac{\sum H_i - \sum N_i \operatorname{tg} \varphi}{L}.$$

Ёпишқоқлик кучи энг кичик бўлган ёй хавфли кўчиш чизиги ҳисобланади ва фақатгина шу кўчиш чизиги бўйича қияликнинг мустаҳкамлик коэффициентини ( $\eta$ ) аниқланади.

**Учинчи усул.** Бу усул бўйича қияликнинг мустаҳкамлик коэффициентини аниқлашда кўчиш чизигининг ётиш ҳолати ҳисобга олинади. Бу усул асосан кўчиш чизигининг пастки қисми 79-расмда кўрсатилганидек қиялик асосидан пастда ётса, яъни  $A$  нуқтасидан ўтган горизонтал чизикдан пастда бўлсагина қўлланади. Кўчиш чизигининг пастки қисмидаги силжитувчи кучларнинг ( $H_4$ ,  $H_5$ ) йўналиши учун юқори қисмидаги силжитувчи кучларнинг ( $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$ ) йўналишига нисбатан қарама-қарши бўлиб, қияликнинг ушлаб туришга ҳаракат қилади. Шу сабабли қияликнинг мустаҳкамлик коэффициентини топишда уларнинг қиймати  $H_{iуд}$  қияликни ушлаб турувчи кучларга қўшилади, яъни:

$$\eta = \frac{\sum N_i \operatorname{tg} \varphi + CL + \sum H_{iуд}}{\sum H_i}$$



79-расм. Кўчиш чизигининг ётиш ҳолатига ва унга таъсир қилувчи кучларнинг йўналишига қараб қияликнинг мустаҳкамлигини аниқлаш схемаси;  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$ —кучлар эса қияликни ушлаб қолишга интилади. Чунки уларнинг йўналиши қарама-қарши.

оғирлигини, пластиклик чегарасини, консистенция кўрсаткичини, блокнинг узунлиги ва ўртача баландлигини, унинг юзасини ҳамда оғирлигини кўчиш чизигининг нишаблик бурчагини, силжитувчи куч миқдорини, тоғ жинсларининг ички ишқаланиш бурчагини, ёпишқоқлик кучини, кўчиш чизигидаги табиий босимни силжишга қаршилик кўрсатувчи куч бурчагини билиш лозим. Шуларни аниқлагандан сўнг қияликнинг мустаҳкамлик коэффициенти топилади. Бу коэффициент қуйидагича аниқланади:

$$H = P \cdot \operatorname{tg} \alpha; \quad R = P \cdot \operatorname{tg} (\alpha - \psi);$$

$$T = H - R = P [\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} (\alpha - \psi)],$$

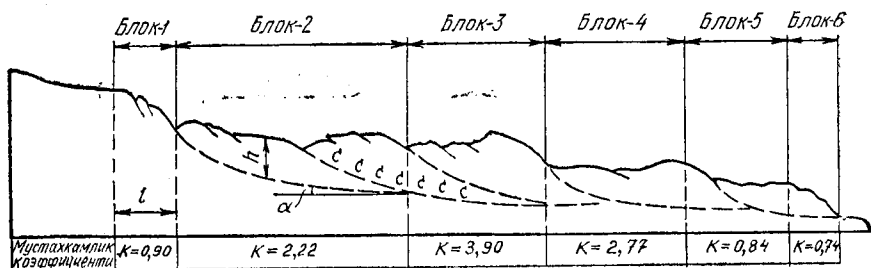
$$\eta = \frac{T}{H},$$

бунда  $\alpha$  — кўчиш чизигининг нишаблик бурчаги;  $H$  — қияликка таъсир қилувчи умумий босим;  $\psi$  — силжитувчи бурчак;  $P$  — блок ёки қиялик оғирлиги;  $T$  — ишқаланиш, ёпишқоқлик ва нормал куч томонидан ҳосил бўлган, блокни ушлаб туришга интилувчи куч;  $R$  — умумий босимнинг бир қисмини ташкил қилувчи, яъни қияликни силжитишга ҳаракат қилувчи актив босим.

Шуни ҳам айтиш жеракки, зилзила натижасида тоғ жинсларининг механик хоссалари бирмунча ўзгаради, айниқса унинг силжитишга қаршилик кўрсатувчи куч бурчаги  $\Psi$  сейсмик бурчак  $\theta$  га ўзгаради, яъни камаяди. Шунинг учун қияликнинг мустаҳкамлик коэффициенти аниқлашда бу ўзгариш ҳисобга олинади. Масалан, 8—9 балли зилзила бўладиган жойларда  $\Psi$  нинг миқдори ўртача  $3^\circ$  га камаяди. Кўчишга мойил бўлган бир қияликнинг мустаҳкамлик коэффициенти Маслов — Берер

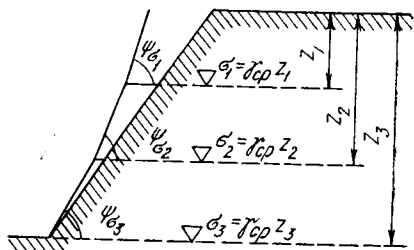
Тўртинчи усул. Қияликнинг мустаҳкамлик коэффициенти Маслов — Берер усули билан аниқлаш. Бу усул, ёнбағир ҳар хил тоғ жинсларидан тузилган бўлиб, кўчиш чизиги маълум бир чегара бўйича турли шаклда ётган бўлса қўлланади. Худди юқоридагига ўхшаб, бу усулда ҳам қиялик кўчиш чизиги ётишига ва ер усти рельефига қараб маълум блокларга бўлинади ва ҳар бир блокнинг мустаҳкамлик коэффициенти аниқланади. Бунинг учун қияликнинг қуйидаги параметрларини, шу жумладан, кўчиш зонасида тоғ жинсларининг табиий намлигини, ҳажм

усули бўйича аниқлашда қиялик бир нечта характерли блокка бўлинади ва ҳар бир блокнинг мустаҳкамлик коэффициенти аниқланади (80- расм). Расмдан кўринадики, биринчи, бешинчи ва олтинчи блокларнинг мустаҳкамлик коэффициенти бирдан кичик, яъни бу блоклар мустаҳкам эмас; иккинчи, учинчи ва тўртинчи блокларнинг мустаҳкамлик коэффициенти жуда юқори, ўртача 2,96 га тенг, улар биринчи блокка таянч бўлади, шу сабабли биринчи блок кўчишга хавфли эмас.



80- расм. Қияликнинг мустаҳкамлик коэффициентини Маслов- Берер усулида аниқлаш.

**Бешиччи усул.** Қияликларнинг мустаҳкамлигини Н. Н. Маслов усули бўйича баҳолаш. Бу усул олдинги усуллардан бутунлай фарқ қилади. Бунда қияликнинг мустаҳкамлик коэффициенти эмас, балки мустаҳкам деб ҳисобланган қияликнинг шакли аниқланади ва унга табиий қияликнинг ҳолати солиштириб кўрилади. Бунинг учун қияликдаги ҳар бир горизонтни (қатламни) ташкил этувчи тоғ жинсларининг ўртача ҳажм оғирлиги ( $\Delta_{cp}$ ), ички ишқаланиш бурчаги  $\varphi$ , ёпишқоқлик кучи  $C$ , икки горизонт чегарасидаги табиий босимлар  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$  ва шу босимлар натижасида вужудга келган силжитувчи кучлар коэффициенти  $F_{\delta_1}, F_{\delta_2}$  ва  $F_{\delta_3}$  ҳамда буларга мсс келувчи силжитувчи куч бурчаклари  $\psi_1, \psi_2, \psi_3$  аниқланади ва 81-расмда кўрсатилганидек, бу бурчақлар қийматига қараб, қияликнинг янги ҳолати топилади ва уни қияликнинг табиий ҳолати билан солиштириб кўрилади. Агар қияликнинг табиий ҳолати янги чизилган қияликнинг ўнг томонида ётса (81-расм), қиялик мустаҳкам, қияликнинг табиий ҳолати янги аниқланган қияликнинг чап томонида ётса, қиялик мустаҳкам эмас деб ҳисобланади. Агар янги топилган қиялик бурчаги табиий қиялик бурчагига тенг бўлиб, бу қияликлар бир-бирининг устида ётса, қиялик мустаҳкамлик чегарасида деб ҳисобланади.



81-расм. Қияликларнинг мустаҳкамлигини Н. Н. Маслов усули бўйича аниқлаш схемаси.

Ҳар бир қатламга тегишли силжитувчи кучлар коэффициентни қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$F_{\delta_1} = \operatorname{tg}\varphi_1 + \frac{C_1}{\delta_1} \quad \delta_1 = \Delta_{\text{ср}} \cdot z_1$$

$$F_{\delta_2} = \operatorname{tg}\varphi_2 + \frac{C_2}{\delta_2} \quad \delta_2 = \Delta_{\text{ср}} \cdot z_2$$

$$F_{\delta_3} = \operatorname{tg}\varphi_3 + \frac{C_3}{\delta_3} \quad \delta_3 = \Delta_{\text{ср}} \cdot z_3$$

Бу ерда  $\operatorname{tg}\varphi_1$ ,  $\operatorname{tg}\varphi_2$ ,  $\operatorname{tg}\varphi_3$  — ҳар бир горизонт учун тоғ жинсининг ички ишқаланиш коэффициенти;

$C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  — ёпишқоқлик кучи;  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3$  табиий босим;  $\Delta_{\text{ср}}$  — қияликни ташкил этган тоғ жинсининг ўргача ҳажм оғирлиги;  $z_1$ ,  $z_2$ ,  $z_3$  — табиий босимни аниқлаш учун зарур бўлган чуқурлик.

Бу усул кўпинча қатламлари горизонтал ҳолда ётган қияликларни, шу жумладан, сунъий равишда ҳосил қилинган қияликларнинг мустаҳкамлигини аниқлашда қўлланади.

## 7. Кўчкига қарши кураш

Кўчкининг сабаблари ва турлари хилма-хил бўлганлиги учун уларга қарши кураш чоралари ҳам турличадир.

Кўчкига қарши кураш деганда, уни ҳосил қилувчи сабабларни бутунлай йўқ қилиш ёки биров камайтириш, кучсизлантириш тушунилади. Масалан, дарё соҳилидаги кўчки қирғоқнинг эрозияланиши натижасида вужудга келаётган бўлса, қирғоқни эрозия процессидан сақлашга ҳаракат қилинади.

Ҳозирги вақтда кўчки билан курашиш чоралари қуйидаги группаларга бўлинади: 1) ер устки оқимларини тартибга солиш; 2) сувга тўйинган тоғ жинсларни сувсизлантириш; 3) тоғ ёнбағридаги массанинг қиялик бўйлаб бир текис тақсимланишини таъминлаш; 4) денгиз ва дарё қирғоқларини абразия ва эрозиядан сақлаш; 5) ёнбағридаги жинсларнинг кўчкига нисбатан мустаҳкамлигини ошириш учун таянч деворлари қуриш; 6) тоғ жинсларининг қаттиқлигини ошириш учун уларнинг физик-механик хоссаларини сунъий ўзгартириш; 7) дарахтлар ўтқазил; 8) инсон фаолияти таъсирида ҳосил бўлаётган кўчкининг олдини олиш ва бошқалар.

Бу чора ва тадбирларни қайси бирини қўллаш кераклигини аниқлашда қуйидагиларга риоя қилиш лозим:

1. Кўчкига қарши кураш чораларини танлаётганда кўчкининг сабабини тўғри аниқлаш.

2. Кўчкига қарши кураш чоралари фойдали бўлиши учун кўчиш бўлаётган жойнинг иқлими ва геологик тузилишини, қатламларнинг ётиш ҳолатини, таркибини, кўчиш юзасининг шакли ва қандай чуқурликдан ўтишини, ер ости сувларининг шароитини ва таъминланиш манбаини батафсил ўрганиш.

3. Кўчкига қарши биргина чора билан кифояланмай, уни

бутунлай тўхтатиш ёки таъсирини камайтириш учун тегишли чора ва тадбирлар комплексини ишлаб чиқиш.

4. Кўчкига қарши кураш чоралари комплексини ишлаб чиқишда уларнинг техник жиҳатдан афзаллиги ва арзонлигини ҳисобга олиш.

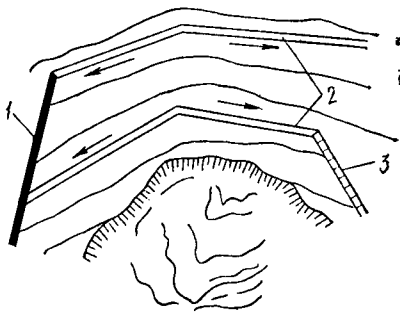
**Ер усти сувлари оқимларини тартибга солиш.** Атмосфера ёғинлари натижасида ёнбағирларда вақтинча оқадиган сув ҳосил бўлади. Кўчкининг олдини олиш чораларидан бири ана шу сувларнинг ёнбағирларда тўхтаб қолишига ёки ҳар томонга бепартиб оқишига йўл қўймасликдир. Чунки сувлар ёнбағирлардаги лёссимон жинсларнинг консистенциясини кескин ўзгартириб юборади.

Ер усти сувлари оқимларини тартибга солиш, кўчкининг усти ва атрофдаги жойларни текислаш, ёмғир ва қор сувларини кўчки участкаси устидан ўтказмасдан, йиғиб бошқа томонга оқизадиган ариқлар қазий, дарахтлар ўтқазийшдан иборатдир.

Ёнбағирларни текислашда ўнқир-чўнқир жойлар тўлдирилади, чўққайган ва дўппайган жойлар текисланади. Ёмғир ва қор сувлари бир жойда тўпланиб қолмай, ёнбағир бўйлаб текис оқади. Ёмғир ва қор сувларини кўчки участкасига яқинлаштирмаслик учун кўчаётган участканинг ҳали кўчмаган қисмида узиллиш деворидан махсус ариқлар қазилади (82-расм). Қор ва ёмғир сувлари шу ариқлардан оқади. Сувнинг ер мағзига шимилмасдан ариқларда тез оқиши учун уларнинг таги ва ён қисмлари цементланади. Бу ариқлар бош ва ёрдамчи ариқларга бўлинади.

Бош ариқлар кўчки бўладиган чегарадан 20—30 м узоқликда, кўчадиган жойнинг чегараси бўйлаб қазилади ва бу ариқларнинг икки бошида оққан сувларни йиғувчи катта ариқлар қовланади. Ариқлар чуқурлиги, узунлиги шу жойга ёғадиган ёмғир ва қорнинг миқдорига боғлиқ бўлади. Сувнинг тез оқиши учун ариқлар нишаб қилиб қовланади.

Бош ариқнинг асосий вазифаси тоғ тепасидаги қалин қор қатламларидан эриб тushаётган сувни ва булоқ сувларини суриладиган жойдан бошқа ёққа буриб юборишдан иборат. Бош ариқ билан кўчиш чегараси орасидаги жойларга ёғадиган ёмғир сувларини йиғиш учун узиллиш девори яқинига ёрдамчи ариқлар қазилади. Ёрдамчи ариқларнинг таги ва ён томонлари ҳам цементланади.



82-расм. Кўчки содир бўлган жойларни ёғин-сочин сувларидан сақлаш учун қуриладиган хандақларни жойлаштириш схемаси:

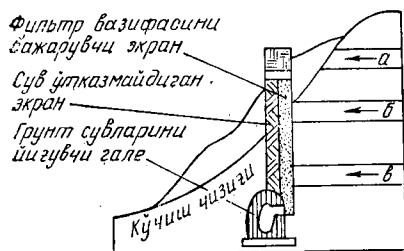
1—ёғин-сочин сувларини йиғувчи асосий хандақ; 2—ёрдамчи хандақлар; 3—ёрдамчи хандақларда йиғилган сувларни ташқарига чиқарувчи хандақлар.

Агар ёнбағирдаги жинслар сув таъсирида тез эрийдиган ва ювиладиган бўлса, қазилган ариқлар тахта ва ёғочлар билан мустаҳкамланади.

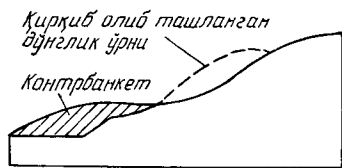
**Сувга тўйинган тоғ жинсларининг сувини қочириш.** Одатда Урта Осиёда учрайдиган кўпчилик кўчкилар ер сувлари таъсирида бўлади. Шу сабабли жинсларнинг сувини қочириш кўчкига қарши курашнинг асосий омилларидан бири ҳисобланади. Бунинг учун ҳар хил зовурлар қазилади. Ер ости сувларини йиғиб бошқа томонга оқизиб юборадиган иншоот системасига зовурлар дейилади. Ер ости сувлари ҳар хил чуқурликда ётади. Шунга кўра қовланадиган зовурлар ҳам ҳар хил: ётиқ очиқ, ётиқ ёпиқ, тик ва аралаш бўлади.

Ётиқ очиқ зовурлар оддий ариқлардан иборат бўлиб, кўчадиган жойнинг геоморфологик тузилишига кўра, қияликда ҳар хил йўналишда жойлашади ва ер ости сувларининг сатҳи ер юзасига яқин бўлган жойларда қовланади. Бундай зовурлар бир вақтда икки вазифани: ер ости сувларини йиғади ва ёмғир ҳамда қор сувларини тўплайди. Агар ер ости сувлари ер юзасидан анча чуқурда ва бир неча қатламларда жойлашган бўлса, тик зовурлар (бурғи қудуқлари) қазилади. Уларга йиғилган сувлар махсус насослар орқали ташқарига чиқариб ташланади. Ер ости сувларининг кўчкига таъсирини бутунлай йўқотиш учун баъзан дренажли галереялар (зовурли йўлаклар) қурилади (83-расм). Бундай галереялар бир неча сувли қатламлардаги сувни йиғиб, уларнинг кўчкига таъсирини бутунлай йўқотади. Бундай иншоотлар зарур бўлган тақдирдагина қурилади. Жой жуда ноқулай ёки ер ости сувли қатламлар сони кўп ва турлича жойлашган бўлса, аралаш дренажлар қовланади.

**Тоғ ёнбағридаги массани қиялик бўйлаб бир текис тақсимланишини таъминлаш** ҳам кўчкининг олдини олишга ёрдам беради. Бунинг учун кўчаётган ёки кўчмоқчи бўлган жойдаги тоғ жинсларининг бир қисми қирқиб олиниб ёнбағирнинг қуйи қисмига ётқизилади ва контрбанкет деб аталувчи тўсиқлар ҳосил қилинади (84-расм). Бундай тўсиқлар қияликнинг мустаҳкамлигини оширади. Қияликнинг тепа қисмидаги дўнглик қирқи-



83-расм. Дренажли галереянинг кўчадиган қияликда жойлашиш схемаси, а, б, в—сувли қатламлар.



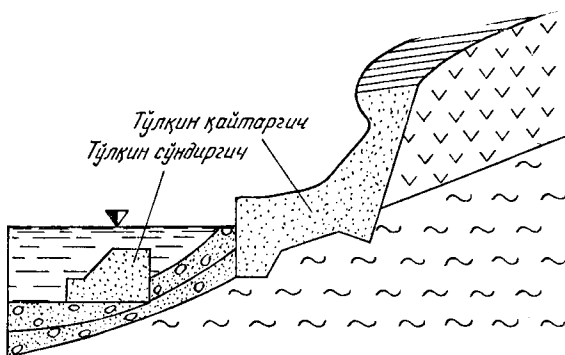
84-расм. Қияликларни яссиллаб ва контрбанкет қуриб уларнинг мустаҳкамлигини ошириш схемаси.



либ, этак қисмига ётқизилади. Бу билан қияликнинг нишаблиги камаяди ва пастки қисмида суриладиган массани ушлаб турувчи куч миқдори ортади.

**Денгиз ва дарё қирғоқларини абразия ва эрозиядан сақлаш.** Денгиз ва дарё қирғоқларида содир бўладиган ювилиш ва ўйилиш процесси кўчкени ҳосил қиладиган асосий сабаблардан бири ҳисобланади. Маълумки, шамол таъсиридан денгиз юзида сув тўлқинлари ҳосил бўлиб, қирғоққа тинмай урилиб туради. Қирғоқ емирила бошлайди. Уни абразиядан сақлаш учун қирғоқларга бетон тўлқин қайтаргичлар, тўлқин сўндиргичлар деб аталадиган блоклар қурилади (85-расм). Тўлқин сўндиргич ва қайтаргичлар сув тўлқинининг кучини ва баландлигини ўрта ҳисобда 65—75% камайтиради. Булар қирғоқларни ювилишдан сақлайди ва суриладиган массага таянч бўлади. Худди шунга ўхшаш дарё қирғоқларини ҳам ювилишдан сақлаш учун бетон плиталар ётқизилади.

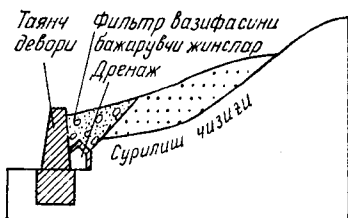
**Таянч деворлари қуриш.** Кўча бошлаган массани силжитмаслик учун кўпинча ёнбағирларга таянч деворлари қурилади



(86-расм). Бунинг учун кўчаётган массани ушлаб турувчи таянч деворларнинг кучи силжитувчи кучдан катта бўлиши шарт. Шундагина таянч девори кўчаётган массани ушлаб тура олади.

**Жинсларнинг физик-механик хоссаларини сунъий яхшилаш**

туфайли ҳам кўчкиларни тўхта-тиш мумкин. Кўчаётган участкадаги жинслар ҳар хил дарзликга эга, ғоваклиги юқори, сувга тўйинган бўлиши мумкин. Бундай жинсларда кўчки содир бўлмаслиги учун уларнинг кўчкига қаршилигини сунъий йўл билан оширилади.



86-расм. Сурилаётган қияликларни таянч девор ёрдамида мустаҳкамлаш.

Жинсларнинг хоссаларини сунъий ўзгартиришнинг тегишли усулларини аниқлаш учун уларнинг пертографик хусусиятлари

ва физик ҳолати, қайси хоссани ўзгартириш зарурлиги ва бу ишни бажариш учун қандай техник усулни ишлатиш мумкинлиги аниқланади. Кўчадиган жойларда жинсларнинг зичлиги ва мустаҳкамлигини оширувчи, намлигини ва сувга тўйинганлигини камайтирувчи усуллар қўлланади. Бу усулларга тоғ жинсларини цементлаш, электроосмотик қуритиш, электрохимиявий мустаҳкамлаш, зичлигини ошириш ва бошқалар кирди. Натижада уларнинг қаттиқлиги, зичлиги ва мустаҳкамлиги ошади. Жинсларнинг таркиби, физик ва механик хоссалари бутунлай ўзгаради.

Ёнбағирларга дарахт ўтқазиш ҳам кўчкиларни тўхтатишга ёрдам беради. Тоғ ёнбағирларига дуб, терак, қарағай, чинор каби узун илдизли дарахтлар шахмат усулида ўтқазилади. Агар кўчадиган ер массасининг қалинлиги унча катта бўлмаса, бундай жойларда дарахт ўтқазиш жуда фойдали бўлади. Тажрибалар шуни кўрсатадики, дарахтлар илдизлари билан кўчаётган жойнинг мустаҳкамлигини ошириш билан бирга уларни ёмғир сувлари таъсирида ювилишдан сақлайди ва барглари орқали тупроқдаги сувни транспиранциялаб жинснинг намлигини камайтириб туради. Кўчки бўлиб турадиган жойларда инсон фаолиятини ҳам тартибга солиш: қияликда чуқурлар ҳосил қилмаслик, қияликлар устига чиқинди тош ва тупроқларни ташламаслик; оғир иншоотлар қурмаслик, кўчиши мумкин бўлган қияликлар яқинида портлатиш ишларини бажармаслик, кўчадиган жойлар яқинидан ўтган темир йўлларда поездлар тезлигини оширмаслик, қиялик устидаги дарахт ва ўтзорларни йўқ қилмаслик, қияликларга экин экмаслик, экилса ҳам, уларни нормадан камроқ суғориш, кўчиш эҳтимоли бўлган ҳисобланган қияликларнинг устидан ҳар хил чиқинди сувларни оқизмаслик ва сув ушлаб турадиган ҳовузлар қурмаслик, қияликларни яссилаб, нишаблигини камайтириш керак. Ана шу чора ва тадбирларни ўз вақтида ишлатилса, кўчкилар сони йил сайин камайиб боради.

## **XVI БОБ. ДЕНГИЗ, ҚҮЛ ВА СУВ ОМБОРЛАРИ ҚИРҒОҚЛАРИНИНГ ЮВИЛИШИ ВА ЕМИРИЛИШИ**

### **1. Денгиз қирғоқларидаги геологик процесслар**

Денгизлар ер юзасининг 71 процентини ташкил қилади ва улар муайян геологик иш бажаради. Маълумки, атмосфера ёғинлари, шамол, материкдаги музликлар ва дарё сувлари ҳар йили тахминан 10 км<sup>3</sup> жинсларни денгизларга олиб келади. Бундан ташқари, денгиз суви сатҳининг кўтарилиши ёки пасайиши, тўлқинлар ва оқимлар туфайли унинг қирғоғи тинимсиз ювилиб ва емирилиб туради. Денгиз қирғоқларининг сув таъсирдан емирилиши абразия процесси деб аталади.

Қирғоққа тўлқин урилиб, сўнг қайтганда парчаланган тош, шағал ва қумларнинг бир қисмини ўзи билан денгизнинг чуқур жойларига олиб кетади, қолган кўп қисми эса соҳилда қолади. Соҳилда қоладиган жинслар миқдори унинг нишаблиги ва тўл-

қиннинг кучига боғлиқ. Соҳилнинг нишаблиги кичик бўлса, тўлқиннинг қирғоққа урилиш масофаси катта бўлади ва емирилган жинсларнинг кўпчилиги қирғоқ бўйида қолади. Бу ҳодисанинг кўп такрорланиши натижасида денгиз қирғоғининг кичик нишабли жойларида пляж деб аталадиган узун ва кенг майдонлар ҳосил бўлади. Аммо пляжнинг кўпи узоқ вақт турмайди — денгиз кучли сув тўлқинлари туфайли ювилиб кетади. Натижада соҳилнинг нишаблиги ошиб тик бўлиб қолади. Тик қирғоқларга тўлқиннинг урилиб қайтиши кучли бўлади.

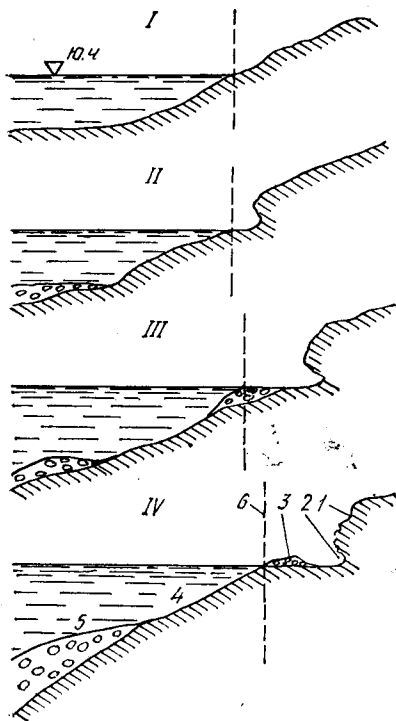
Қирғоқ шакли уни ташкил этган тоғ жинсларининг хилига, жойнинг геоморфологик тузилишига ва қирғоқдаги геологик процессларнинг характериға боғлиқдир.

Денгиз суви сатҳининг қирғоққа тегиб турган жойи соҳил чизиғи деб аталади. Соҳил чизиғи тўлқин кучига, сув сатҳининг кўтарилиши ёки пасайишига, сув режими ўзгаришига қараб доимо ўзгариб, гоҳ денгиз томон гоҳ қуруқлик томон силжиб туради. Соҳил чизиғи қуруқлик ёки денгиз томон бир қанча метрдан бир қанча юз метргача баъзан километргача силжиб туради. Соҳил чизиғининг денгиз ва қуруқлик томон силжишидан у бўйлаб ҳосил бўлган майдон денгиз соҳили ёки қирғоқ зонаси дейилади. Бу зонанинг кенглиги юқорида айтилганидек, соҳил чизиғининг силжишиға боғлиқ бўлиб, бир неча юз метрдан бир неча юз километрни ташкил этади.

Қирғоқ зонаси ҳосил бўлиш шароитига қараб абразион ва аккумулятив зоналарға бўлинади. Абразион зона кўпинча тик бўлиб, магматик ёки метаморфик жинслардан ташкил топади. Бундай зонанинг ювилиши ва емирилиш алоҳида хусусиятларға эға бўлиб, сув тўлқинларининг қирғоққа урилишидан ичкариға кириб кетган ўйиқлар — тўлқин бўғизлари ҳосил бўлади (87-расм). Абразион йўл билан ҳосил бўлган қирғоқ зонасининг асосий морфологик элементларига тик қирқилган қирғоқ 1, тўлқин ўйими 2, пляж 3, сув ости абразион саёз жой 4, қатлам-қатлам бўлиб тузилган сув ости аккумулятив саёз жойлар 5, соҳил чизиғи 6 киради.

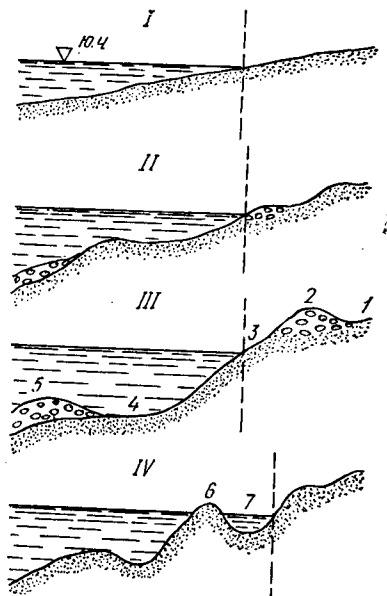
Аккумулятив қирғоқ зонаси кўпинча саёз соҳилдан иборат бўлиб асосан бўшоқ тоғ жинсларининг емирилишидан ҳосил бўлган материаллар қум, шағал ва тошлардан ташкил топади. Бундай қирғоқ зонасининг морфологик элементлари турлича бўлиб, (88-расм) сув устки аккумулятив террасаси 1, қирғоқ вали 2, пляж 3, сув ости аккумулятив қирғоқ саёз жойи 4, сув ости вали 5 ва сув сатҳидан туртиб чиққан барлар 6 дан иборат бўлади.

Денгиз қирғоқларида бўладиган геологик процесс ва ҳодисаларни ўрганиш катта аҳамиятға эға. Чунки денгиз қирғоқлари яқиниға турли иморат ва иншоотлар, автомобиль ва темир йўл, даволаниш санаторийлари ва дам олиш лагерлари, порт ва ҳоказолар қурилади. Бундан ташқари қирғоқдаги геологик процесслар аввал қурилган иморат ва иншоотларға таъсир кўратиши ва путур етказиш ҳам мумкин.



87-расм. Денгиз соҳиллари ювилиши натижасида абразив қирғоқлар ҳосил бўлиши босқичлари— I—IV (В. П. Зенкович):

1—тик қирғоқ; 2—тўлқин ўйми; 3—пляж; 4—сув ости абразив савз жой; 5—сув ости аккумулятив савз жой; 6—соҳил чизиги.



88-расм. Денгиз соҳиллари ювилиши натижасида аккумулятив қирғоқлар ҳосил бўлиши босқичлари— I—IV (В. П. Зенкович):

1—денгиз олди текислиги; 2—қирғоқ олди дунглиги (вал); 3—пляж; 4—сув ости аккумулятив савз жой; 5—сув ости дунглиги; 6—денгиз сатҳидан юқори турувчи бардар; 7—лагуналар.

### Сув омборлари қирғоқларидаги инженерлик-геологик процесслар

Халқ хўжалигини ривожлантириш мақсадида дарёлар тўсилиб, тўғонлар қурилади ва сунъий омборлари вужудга келтирилади. Сув омборларида содир бўладиган геологик процесслар денгиз ва кўл қирғоқларидагига ўхшаса ҳам, айрим белгилари билан улардан кескин фарқланади.

Дарёга тўғон қурилганда унинг юқори қисмида сув йиғилиб, дарё секин-аста димланиб, сув сатҳи кўтарилади. Дарёнинг тўғонга яқин қирғоқлари ва унинг атрофидаги жойлар сув остида қола бошлайди. Дарё режими кўл, катта сув омборларида эса денгиз режими билан алмашади. Дарё эрозияси тўхтайти, унинг ўрнига абразия процесси ривожлана бошлайди, қирғоқ бўйлаб пляж майдонлари ҳосил бўлади. Сув омборларида бў-

ладиган абразия процесси емирилиш режимининг ҳар хиллиги билан денгиз абразиясидан фарқ қилади.

Сунъий сув омборларида сув сатҳи йил давомида тез-тез ўзгариб туради. Сув омбори сувга тўлгач икки-уч йилда унинг қирғоқларидаги емирилиш тезлиги кейинги йиллардагига нисбатан анча юқори бўлади, йиллар ўтиши билан қирғоқнинг ювилиши ва емирилиш тезлиги пасаяди. Омбор сувга тўлдирилгач сув сатҳининг режими тез-тез ўзгариб туради. Олдинига аккумулятив террасалар ҳосил бўлади, кейинроқ улар сув тўлқинлари таъсирида ювилиб қирғоқнинг нишаблиги орта боради. Сув омборларининг туби сувда оқиб келган материалларнинг чўкиши туфайли саёланади.

Сув омборлари қирғоқларининг ювилиш ва емирилиш тезлиги уни ташкил этган жинсларнинг турига, сувда чидамлилигига боғлиқ. Сув омборларининг қирғоқлари лёсс ва лёссимон жинслардан ташкил топган бўлса, сув таъсирида жуда тез емирилади.

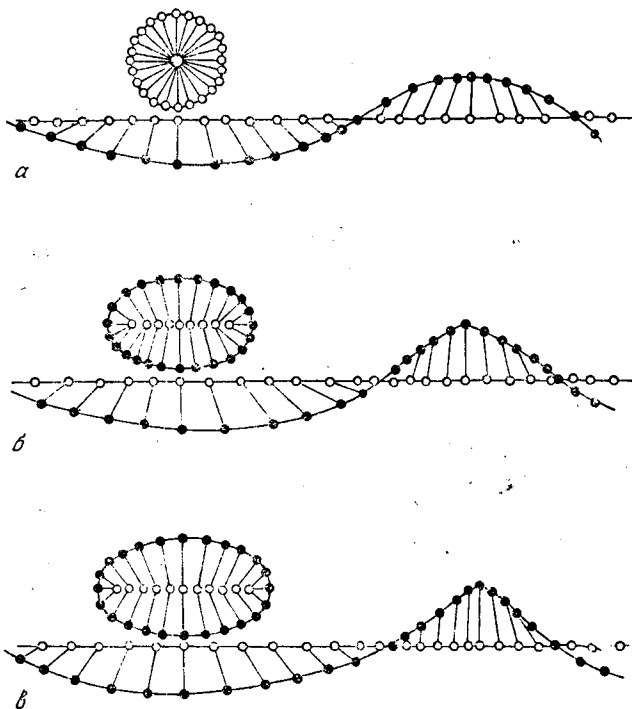
## 2. Денгиз, кўл ва сув омборларида тўлқин ҳосил қилувчи факторлар

Денгиз, кўл ва сув омборларида бўладиган шамол кучига қараб сув юзасида тўлқинлар ҳосил бўлади. Тўлқиннинг сув юзасидаги чўққиси сув остидаги чўққига нисбатан анча тик бўлади. Шамолдан тўлқинга ўтадиган энергия миқдори тўлқинни турли жойида турлича бўлади. Шу сабабли сув қатламининг ўзаро аралашуш тезлиги ва қалинлиги шамол йўналиши бўйича бир хил бўлмасдан пульсацион характерда бўлади (89-расм). Расмда тўлқиннинг пульсацион ҳаракати графиги ифодаланган. Ундан кўрамизки, сув зарралари шамол йўналиши бўйича бир оз чўзиқроқ эллипс бўйлаб ҳаракатланади. Сув зарраларининг бу шаклдаги ҳаракати сув юзасининг янги шаклини вужудга келтиради. Шамол таъсирида аввал сув юзасида майда живирлаган тўлқинчалар пайдо бўлади, кейинчалик улар йирик тўлқинлар ва тўлқинланишни ҳосил қилади (90-расм).

Одатда ҳаво оқимининг тезлиги ва сув юзасига бўлган босими нотекис бўлиб, унинг ҳаракати турбулент характерга эга. Шу сабабли улар сув юзасида ҳар хил баландликка ва узунликка тенг сув тўлқинлари ҳосил қилади.

Тўлқинни характерловчи кўрсаткичлар узунлиги  $L$ , баландлиги  $h$ , тўлқин даври  $T$ , тарқалиш тезлиги  $v$ , яъни  $v = \frac{L}{T}$  м/с ҳисобланади.

Шамол ҳаракатидан вужудга келган денгиз юзасидаги сув тўлқинларининг тарқалиш масофаси шамолнинг таъсир қилиш жойидан узоқроқ бўлади, шу сабабли денгиз юзасининг шамол йўқ бўлиб кўринган жойларида ҳам кучли сув тўлқинлари ва чайқалишлар бўлиб туради.



89- расм. Сув тўлқинларининг ҳаракатланиш формаси:

*a*—трохоиддалли; *б-в*—В. В. Шулейкиннинг янги кузатишларига кўра сувнинг пульсацион ҳаракати натижасида ҳосил бўлган тўлқин формаси (эллипсимон).

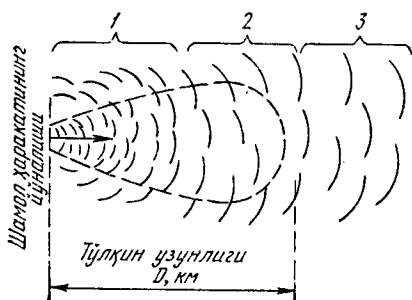
Шамол ҳосил қилган чайқалиш ва тўлқинлар катта энергия запасига эга. Тўлқин бажарган иш миқдори қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$E = \frac{1}{8} h^2 L,$$

буида  $E$  — тўлқин фронт бўйлаб ҳосил қилган энергия йиғиндиси тк м/м;  $h$  — тўлқин баландлиги, м;  $L$  — тўлқин узунлиги, м;

В. И. Зенковичнинг (1946) ҳисобига кўра, баландлиги  $h=6$  метр бўлган денгиз тўлқинининг энергия запаси 360 минг кгк·м. га ва тўлқиннинг фронт бўйлаб қуввати 240 о. к./м га тенг экан.

Тўлқин энергияси запасининг йиғиндиси унинг тарқалиш тезлиги  $D$  км, сув ҳавза-



90- расм. Шамол туфайли сув бетида ҳосил бўлган тўлқинлар эволюцияси (В. Баск):

1—живирлаган ва майда тўлқинлар; 2—тула ривожланган тўлқинланиш; 3—тулқинларнинг зибга ўтиши.

сининг қирғоқ олди чуқурлиги  $H$ , шамол тезлиги  $W$  м/с ва унинг давом қилиш вақти  $t$  га боғлиқдир.

Олинган маълумотларига кўра очиқ океанларда шамол тўлқинининг тезлиги жуда юқори бўлиб, жанубий кенгликда ши-моли-ғарбдан эсувчи шамол тўлқинларининг узунлиги 400 м га, баландлиги 12—13 м га, тезлиги эса 14—22 м/с га тенг.

Тўлқин баландлиги ва узунлигини аниқлаш учун бир қанча эмпирик формулалар мавжуд бўлиб, энг кўп ишлатиладигани қуйидаги Беренг формуласи ҳисобланади:

$$h = \frac{\frac{1}{3} W}{\left(1 + \frac{6,7}{D}\right) \left(1 + \frac{1,86}{t}\right)}; \quad L = \frac{12,34 \cdot W}{\left(1 + \frac{47,9 \cdot W}{D}\right) \left(1 + \frac{13,31}{t}\right)}.$$

Бу формуладан маълум бўлишича, тўлқиннинг баландлиги ва узунлиги унинг тезлиги  $W$  ва югуриш тезлиги  $D$  ҳамда таъсир этиш вақти  $t$  га боғлиқдир.

Стивенсон тўлқин баландлигини қуйидаги формула орқали топишни тавсия этади:

$$h = 0,37 \cdot \sqrt{D}.$$

В. П. Зенкович сув омборларида ҳосил бўлган тўлқинларни текшириб, уларнинг баландлиги ва узунлигини топишда В. Г. Андреяновнинг формуласидан фойдаланишни тавсия этади:

$$h = 0,0208 W \frac{5}{4} D \frac{1}{2} \quad L = 0,304 W D \frac{1}{2}.$$

Тўлқиннинг қирғоқда бажарган иши ва урилиш кучи унинг баландлигига, массасига ва тезлигига боғлиқ. Унинг баландлиги эса шамолнинг кучига, таъсир этиш вақтига, тарқалиш тезлиги ва сув ҳавзасининг қирғоқ зонасидаги чуқурлигига боғлиқ. Текширишлар шуни кўрсатадики, сув юзасидаги тўлқин ва жимирлашлар қирғоққа яқинлашганда сув ҳавзаси таг рельефининг таъсири туфайли уларнинг тарқалиш тезлиги, баландлиги ва узунлиги камайиб, энергияси ҳам пасайиб боради. Тўлқиннинг кучи денгизнинг чуқурроқ қирғоққа яқин жойларида саёз жойидан юқори бўлиб, қирғоққа томон камайиб боради. Тўлқинлар 1,5  $L$  м чуқурликкача таъсир қилади. Демак, тўлқиннинг таъсир қилиш чуқурлиги унинг узунлигига боғлиқ. Тўлқин узунлиги қанча катта бўлса, унинг таъсир этиш чуқурлиги шунча юқори бўлади. Агар қирғоққа яқин жойда сув ҳавзасининг чуқурлиги тўлқиннинг баландлигига тенг, яъни  $H = h$  бўлиб қолса, тўлқиннинг ҳаммаси ёки унинг бир қисми қирғоққа етиб келмай, унга яқинлашганда бузилади, яъни кучи қирқилади. Демак, қирғоққа уриладиган тўлқиннинг кучи, унинг баландлиги ва тезлигига қирғоқнинг қиялик даражасига, баландлигига, сув ҳавзасининг қирғоққа яқин жойдаги чуқурлиги ва рельефига боғлиқ. Саёз қирғоқларда тўлқин қирғоққа урилмайди, чуқур ва тик қирғоқларда эса катта куч билан урилади.

Тўлқиннинг тик қирғоққа урилиш кучи қуйидаги формула билан аниқланади:

$$P = \frac{\gamma_b \cdot v^2}{g} \text{ тк/м}^2 \text{ ёки } P = 0,105 \cdot v^2,$$

бунда  $\gamma_b$ —денгиз сувининг зичлиги, 1,0,26 га тенг;  $g$  — юқорига кўтарилган сувнинг эркин тушиш тезлиги.

Кучли шторм бўлганда тўлқиннинг урилиш кучи Сочи шаҳри районида 4,5 дан 5,7 тк/м<sup>2</sup> гача, очиқ денгизда 30 тк/м<sup>2</sup> ёки 3 кгк/см<sup>2</sup> га етган (А. М. Жданов, 1952).

Тўлқин ўзи билан бирга қум, шағал, тош ва валунларни қирғоққа уради, бунда қирғоқ емирилади. Бунга тасаввур қилиш қийин эмас.

### Денгиз, кўл ва сув омборлари қирғоқлари емирилишини ўрганиш

Денгиз, кўл ва сув омборлари қирғоқларининг емирилишини ўрганишда биринчи навбатда қирғоқ қандай жинслардан ташкил топганлигини билиш шарт. Юқорида қайд қилганимиздек қирғоқларнинг емирилиш тезлиги уларни ташкил этган жинсларнинг генетик хили дарзлилиги, зичлиги ва бошқа физик, механик хоссаларига боғлиқ.

Бир хил қаттиқ (магматик, метаморфик) ёки ярим қаттиқ (цементланган чўкинди) жинслардан иборат қирғоқларнинг ювилиши уларнинг петрографик тузилиши ва физик-механик хоссаларига боғлиқ. Бундай жинслардан ташкил топган қирғоқлар сувга чидамли бўлиб, жуда секин емирилади, емирилиш тезлиги уларнинг нураганлик даражасига боғлиқ. Шунинг учун бундай қирғоқларнинг мустаҳкамлигини ўрганишда жинсларнинг нураганлик даражаси батафсил аниқланади. Агар жинсларда тектоник ва бошқа хил йирик ёриқлар бўлса, ёриқларнинг кенлиги, йўналиши ва қандай жинслар билан тўлганлиги ўрганилади.

Қирғоқлар емирилиш жараёнида ўзининг мувозанат профилини ҳосил қилади, яъни қирғоқ емирилишдан тўхтайдди. Магматик ёки метаморфик жинслардан ташкил топган ва емирилиш жараёни тўхтаган денгиз ва кўл соҳилларида тик қирғоқлар борган сари қирғоқ чизигидан узоқлашади, натижада чўкинди жинслар билан қопланган ёки қопланмаган сув ости қиялиги (нишаблиги) ҳосил бўлади. Шамол таъсирида ҳосил бўлган сув тўлқинлари сув ости нишаблигига таъсир қилиб, унинг рельефини ўзгартириб туради. Тўлқин бундай ҳолда қирғоқнинг қоя тошлардан ташкил топган тик жойларига тўла куч билан етиб боролмайди, яъни сув остидаги дўнгликларга урилиб унинг кучи камайди.

Зарралари қовушмаган қум, шағал ва гил, қумоқ, қумлоқдан ташкил топган қирғоқларнинг емирилиш тезлиги жинсларнинг ғоваклилигига, сув ўтказувчанлиги ва физик-механик хос-



саларига боғлиқ. Бундай жинслардан тузилган қирғоқларда емирилиш процесси жуда тез бўлади, натижада соҳилда қум ва шағаллардан иборат пляжлар ҳосил бўлади. Қирғоқ саёзланади, тўлқиннинг жинс зарраларини сурувчи кучи бундай саёз қирғоқларда тик қирғоқларникига нисбатан кам бўлади.

Шундай қилиб, денгиз, кўл ва сув омборлари қирғоқларининг емирилиши натижасида қирғоқ чизиғи қуруқлик томонга сурила бошлайди. Сурилиш йилига бир неча метрдан бир неча ўн метргача бўлиб, қирғоқни ташкил этган жинсларнинг хилига боғлиқдир.

Қирғоқларнинг мустақкамлиги ва емирилишга чидамлилиги уларнинг ётиш ҳолатларига ҳам боғлиқ. Агар қирғоқдаги жинс қатламлари горизонтал ёки сув томонга энкайган бўлса, сув қирғоққа урилиши натижасида ҳар хил ўйимлар ҳосил бўлади, қирғоқ қатламларининг бири сув таъсирида тез ювилиб, тез емирилса, иккинчиси секинроқ емирилади. Емирилиш характери жинсларнинг типи, петрографик тузилиши ва структураси ҳамда текстурасига боғлиқ бўлади.

Қатламларнинг нишаблиги қирғоқ нишаблигига мос келса ва қатлам жуда қаттиқ жинслардан ташкил топган бўлса, бу қатлам қирғоққа табиий қоплама девор ҳисобланиб, қирғоқни емирилишдан сақлайди. Шунга кўра қирғоқларни ташкил этувчи қатламларнинг ётиш ҳолатлари ўрганилади.

Қирғоқларда бўладиган геологик процессларнинг интенсивлигига ернинг янги ва ҳозирги тебранма ҳаракати ҳам катта таъсир кўрсатади. Масалан, тебранма ҳаракатлар ёки материк музликларининг эриши натижасида дунё океани сатҳи кўтарилади. Олимларнинг аниқлашича, музлик даврининг охириги босқичида дунё океанининг юзаси 60—80 метргача кўтарилган. Бунинг натижасида денгиз қирғоқлари ҳозирги шаклга эга бўлган.

Текширишлардан маълум бўлишича, қирғоқлар емирилишига соҳил яқинидаги жойларнинг гидрографик тармоқлари ҳам катта таъсир кўрсатади. Масалан, дарё ўзи билан кўп жинс бўлақларини оқизиб келиб, денгизга қуйиладиган жойга ётқизади. Ётқиқиқлар денгиз соҳили нишаблигини камайтириб, қирғоқнинг мустақкамлигини кучайтиради. Агар ётқиқиқлар қирғоқда ва унинг сув остидаги жойларида узоқ вақт ётса бу ҳол қирғоқда абразия процесси содир бўлмаётганини билдиради, дарё олиб келган материалларнинг тез ювилиб, денгизга кетиб қолиши, қирғоқда абразия бўлаётганлигини кўрсатади.

Денгиз ва кўл қирғоқларининг хавфлилик даражасини аниқлашда қуйидаги вазифалар ҳал қилиниши лозим: 1) қирғоқни планировка қилиш, бу зонага иншоот ва иморатларни жойлаштириш; 2) қирғоқда содир бўлаётган геологик процессларни тўхтатиш ёки уларнинг олдини олиш учун конкрет участкаларда инженерлик иншоотлари қуриш.

Биринчи вазифани ҳал қилиш учун денгиз ва кўл соҳиллари бутунлай ўрганилади. Қирғоқнинг ювилаётган ва емирилаётган

участкалари аниқланади ва бу участкаларда қандай геологик ҳодисалар бўлаётганиги ёки бўлиши олдиндан белгиланади. Бунда кўпинча аэрофоти съёмка материалларидан фойдаланилади. Олинган маълумотлар ишлаб чиқилади ва қирғоқнинг қайси жойи фойдаланишга яроқли, қайси жойи яроқсиз ёки хавфли экани аниқланиб, қирғоқни емиришдан сақлаш чораларининг биринчи варианты ишлаб чиқилади.

Иккинчи вазифани ҳал қилиш учун қирғоқнинг емирилаётган ва ҳар хил геологик ҳодисалар содир бўлаётган участкалари батафсил ўрганилади. Ўрганилган ҳар бир участка учун конкрет инженерлик тадбирлари ишлаб чиқилади. Бунинг учун соҳилнинг ҳар қайси конкрет участкасида батафсил инженерлик-геологик ишлар олиб борилади. Қирғоқнинг ўрганилаётган участкасининг гидрогеологик ва инженерлик-геологик шароити қидирув ва тажриба ишлари олиб бориш ҳамда доимий кузатиш орқали ўрганилади, хавфли геологик процесслар бўлиши олдиндан аниқланади. Бундан ташқари қирғоқнинг шундай участкаларидаги тўлқин кучининг йўналиши белгиланиб, қирғоқнинг сув ости қисми рельефи, нишаблиги, чўкиндилар бор-йўқлиги, уларнинг таркиби аниқланади.

Сув омборлари қирғоқларининг ювилиши ва емирилишини ўрганиш айрим конкрет жиҳатлари билан денгиз ва кўл қирғоқларини ўрганишдан фарқланади.

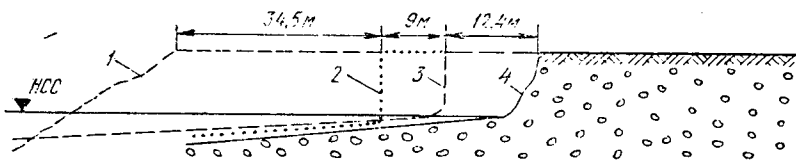
Сув омбори қирғоқлари проекта кўрсатилган сув ҳажмига тўлмай ювилиб, емирила бошлайди, натижада қирғоқ олдинги шаклини ўзгартиради. Бу ҳодиса сув омборлари соҳилларининг қайта тузилиши (ишланиши) дейилади.

Сув омбори қирғоқларининг қайта тузилиши тезлиги денгиз ва кўлларникига ўхшайди, яъни тўлқиннинг кучи ва сув омбори қирғоғини ташкил этган жинсларнинг типи, ётиш ҳолати, зичлиги, сув ўтказувчанлиги, қирғоқ ва унинг атрофидаги жойларнинг геоморфологик тузилишига боғлиқ бўлади.

Одатда сув омборлари текисликдаги ва тоғ оралиғидаги дарёларни тўсиб, тўғон қуриб вужудга келтирилади. Текисликларда барпо этилган сув омборларининг қирғоқлари геологик тузилиши, рельефи ва содир бўладиган процесслари билан фарқланади.

Текисликдаги дарёларда барпо этилган сув омборларининг қирғоқлари чўкинди жинслардан иборат бўлса, тоғли районлардаги сув омборларининг қирғоқлари магматик, метаморфик ва чўкинди жинслардан иборат бўлади. Шу сабабли тоғли райондаги сув омборларининг қирғоқлари нотекис, бир жойи тез (чўкинди жинслардан тузилган жойи), иккинчи жойи секин ювилиб емирилади. Натижада абразион қирғоқлар вужудга келади.

Текисликдаги сув омборининг қирғоқлари сув таъсирида тез ивийдиган гил, лёсс ва лёссимон жинслардан иборат бўлса, соҳил жуда тез ювилади ва емирилади. СССРдаги баъзи сув омборларининг қирғоқлари қанча узунликда емирилиши 31-жадвал ва 91-расмда кўрсатилган.



91-расм. Рибиндаги сув омбори қирғоқининг ювилиши (Е. Ф. Комарова ва А. И. Пряхин). Қирғоқнинг Пермут қишлоғи яқинидаги кесими:

1—1939 йилдаги; 2—1950 йилдаги; 3—1951 йилдаги; 4—1953 йилдаги.

Бу жадвалдан баъзи сув омборлари қирғоқларининг 70 процентгача қисми емирилгани кўринади. А. Б. Аванян ва В. А. Шарاپов маълумотларига кўра қирғоқлари лессимон жинслардан иборат Каховск сув омбори қирғоқлари емирилиши қуйидагича бўлган. Омборга сув тўлдирилиб, бир йил ўтгандан сўнг қирғоқдаги емирилган жойнинг эни 30—45 м га икки йилдан кейин 70—80 м га ва 4 йилдан кейин 90—100 м га етган. Днепропетровск сув омборларида эса 13 йилдан кейин қирғоғида емирилган жойнинг кенлиги 140—180 м га етган.

Ҳозирги вақтда сув омборлари қирғоқларининг емирилиши тезлиги ва миқдорини бир неча йил олдин айтиб бериш мумкин.

Сув омборлари қирғоқларининг ювилиши ва емирилиши характерини ўрганиш учун сув омборининг лойиҳаси тузилаётганда инженерлик-геологик ишлар орқали сув омбори қирғоқларининг геологик ва геоморфологик тузилиши, гидрогеологик шароити ва бу жойда содир бўлган геологик процесслар ўрганилади.

Сув омбори ишга туширилгандан сўнг ювиладиган ва емириладиган қирғоқлари доимо кузатиб турилади, қирғоқда бўлаётган ўзгаришлар ўрганиб борилади.

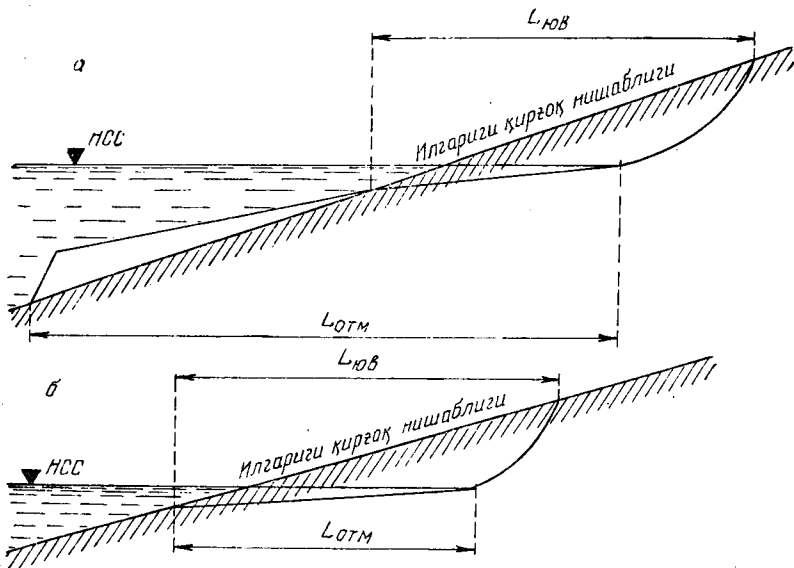
Сув омборлари қирғоқларининг емирилиши натижасида уларнинг сув ости қисмида саёз жой дейиладиган соҳил ҳосил бўлади. Саёз жой ҳосил бўлишига қараб иккига, абразион-аккумулятив саёз жой ва абразион саёз жойга бўлинади (92-расм).

Абразион-аккумулятив саёз жой бўшоқ жинслардан тузилган сув омборлари қирғоқларида, абразион саёз жой эса

31-жадвал

СССР да баъзи сув омборлари абразион қирғоқларининг ва соҳил чизигининг умумий узунлиги (А. Б. Аванян ва В. А. Шарاپовлар 1968)

Сув омборлари	Соҳил чизигининг умумий узунлиги, км	Абразион қирғоқнинг узунлиги	
		км	Қирғоқнинг умумий узунлигига нисбатан % ҳисобидан
Рибинск	1650	140	8,5
Кама	1340	618	46,1
Куйбишев	2500	1000	40,0
Цимлян	660	482	70,0



92-расм. Сув омборларида сув ости сазё жойли қирғоқлар схемаси:  
 а—аккумулятив-абразивон қирғоқ; б—абразивон қирғоқ;  $L_{юв}$ —қирғоқдаги ювилш  
 зонасининг эни;  $L_{отм}$ —қирғоқда сазё жой ҳосил қилувчи зонанинг эни.

қирғоқлари қаттиқ, сувда секин ювиладиган, секин ўзгарадиган жинслардан ташкил топган сув омборларида ҳосил бўлади.

Сув омборлари қирғоқларининг емирилиб қайтадан ҳосил бўлиши ва унинг характерини билиш учун 1) қирғоқнинг қайта тузилиш зонасининг кенглигини; 2) соҳил чизигининг қуруқликка томон сурилиш тезлигини; 3) емирилишни тўхтатишни инженерлик чоралари ва бошқаларни аниқлаш лозим.

Қирғоқнинг қайта тузилиш зонасининг кенглиги исталган пайтда, масалан, 5 йилдан, 10 йилдан кейин қандай бўлишини олдиндан айтиш мумкин.

Сув омборлари қирғоқлари қайта тузилишига денгиз ва кўллардагига ўхшаш қуйидаги факторлар таъсир қилади:

1) геологик факторлар: тоғ жинсларининг хиллари, ётиш шароитлари, тектоник структуралар йўналиши, ернинг янги ва ҳозирги тебранма ҳаракатлари, емирилишдан ҳосил бўлган бўшоқ жинсларнинг қирғоқ бўйлаб тарқалиши ва таркиби;

2) геоморфологик факторлар: қирғоқнинг сув остидаги қисми ва соҳил рельефи, соҳил чизигининг йўналиши, аккумулятив рельеф формаси жойланиши, ҳозирги геологик процесслар ва уларнинг интенсивлиги;

3) гидрологик факторлар: сув юзасининг кенглиги, музлаш режими, сув сатҳининг кўп йиллик, фасллик, ҳафталик ва суткалик режими, тўлқиннинг интенсивлиги, сув транспортларининг ҳаракати, дарёларнинг тошиши, сув оқимларининг йўналиши ва бошқалар;

4) инсоннинг хўжалик ва инженерлик фаолияти туфайли ҳосил бўлган шароит: қирғоқ зонасига турли иншоотлар қуриш, қирғоқларни ҳайдаш, қирқиш, қирғоқда экскаваторлар билан ишлаш ва бошқалар.

Қирғоқларнинг емирилиши вақт ўтиши билан секинлашади ва охири тўхтайтиди.

Сув омбори қирғоқларининг қайтадан тузилиши унинг ҳамма жойида бир хил бўлмайди: соҳилнинг бир жойида тез ва ҳажми катта, бошқа жойида эса секин ва ҳажми кичик бўлади. С. А. Вендров (1959) сув режимига кўра текисликдаги сув омборларининг қирғоқларини қуйидаги зоналарга бўлади:

1. Сувли чуқур зона. У сув сатҳининг жуда баландга кўтарилиши билан характерли. Тўлқин интенсивлиги жуда юқори бўлиб, қирғоқ кучли емирилади, отмель ҳосил қилувчи бўшоқ материаллар кўп бўлади. Бу зонада тўлқин сув омбори тагига таъсир қилмайди.

2. Сувли ўртача зона. Сув сатҳи кўтарилганда бу зона ўзининг кўп хусусиятлари жиҳатидан биринчи зонага яқинлашади. Қирғоқнинг емирилиши биринчи зонага нисбатан секинроқ бўлади. Тўлқинлар сув омбори тагига таъсир қилиб, унинг рельефини ўзгартиради. Натижада, сув омбори қирғоғида кичик сув ҳавзаси ҳосил бўлади.

3. Юқори зона. Тўлқинлар тараққиёти ва емирилиш секин боради.

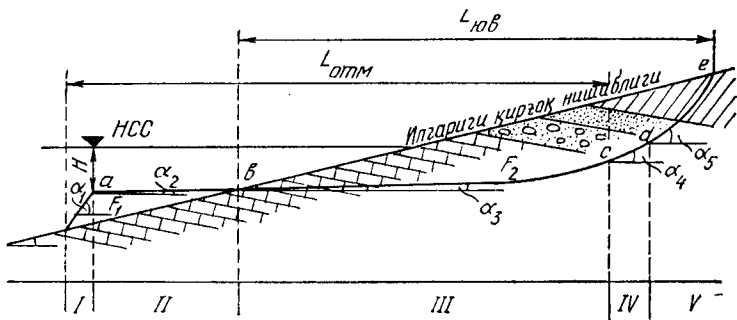
4. Энг чекка зона. Қирғоқнинг емирилиши билинар-билимас бўлади, баъзан умуман бўлмайди.

5. Саёз қўлтиқлар ҳосил қилган зона. Кўпинча бу зонада сувлар йиғилиб лагунага айланиб қолади, сўнгра бўшоқ жинслар билан тўла бошлайди.

Сув омборларининг мана шу ҳар қайси зонасида ўзига хос геологик процесслар рўй беради. Айниқса биринчи ва иккинчи зонада геологик процессларнинг интенсивлиги юқори бўлади.

Сув омборлари қирғоқларининг емирилиш характерини ва қайта тузилишини, қайси шаклга эга бўлишини олдиндан айтиб бериш учун қирғоқнинг емирилиши мумкин деб ҳисобланган жойларининг геологик кесмалари тузилади ва бу кесмада қирғоқнинг инженерлик-геологик шароити, яъни тоғ жинсларининг хиллари ва литологик таркиби, ётиш ҳолатлари ер ости сувларининг сатҳи, тоғ жинсларининг намлиги, сув ўтказувчанлиги ва бошқалар кўрсатилади. Булардан ташқари кесмада қирғоқнинг олдинги ҳолати ва бир неча йил, масалан, 10 йил ўтгандан кейин бўладиган ҳолати, тектоник ёриқлар йўналиши, абразион ва аккумулятив қирғоқларнинг геоморфологик тузилиши, қирғоқда бўлаётган ёки бўладиган геологик процессларнинг турлари тасвирланади.

Геологик маълумотлардан ташқари қирғоқда бўладиган тўлқинлар кучи, йўналиши, баландлиги, узунлиги, тезлиги ва бошқа гидрологик маълумотлар ҳам батафсил ўрганилади.



93-расм. Сув омборлари қирғоқларининг ювилиши ва қайта тузилишини олдиндан аниқлашда қўлланадиган ҳисоблаш схемаси (Г. С. Золотарёв):

I—сув ости отмели нишаблиги; II—сув ости отмелининг аккумулятив қисми; III—сув ости отмелининг абразив қисми; IV—қирғоқдан емирилиб тушган тор жинси булақларини думалатиш зонаси; V—қирғоқнинг сув остида бўлмаган қисми.  $L_{юв}$ —ювилиш зонасининг эни.  $L_{отм}$ —сув ости отмелининг эни.

Сув омборлари ишга тушгандан кейин қирғоқларининг қайта тузилишини ва қандай янги профилга эга бўлишини олдиндан айтиб бериш учун қўлланадиган ҳисоблаш усуллари жуда кўп. Уларнинг энг кенг тарқалгани Г. С. Золотарёв ва Е. Г. Качугин (1959) усуллари дидир. Бу усуллар соддалиги ва аниқлиги билан бошқа усуллардан ажралиб туради.

Г. С. Золотарёв усули билан сув омборлари қирғоқларининг геологик, геоморфологик, гидрогеологик, гидрологик ва инженерлик-геологик шароитлари батафсил ўрганилади ва бунга асосан 10, 20 йил ва ундан кейин қирғоқлар қандай ҳолатга келиши кўрсатиб берилди. Қирғоқнинг ҳар бир конкрет участкасининг геологик кесмалари тузилади ва ҳисоблаш орқали бу кесмада қирғоқнинг емирилишидан ҳосил бўлган сув ости отмелининг маълум вақтдан (5 йил, 10 йилдан) кейинги жойланиш чуқурлиги, баландлиги, қалинлиги ва қандай жинсларнинг емирилишидан ташкил бўлиши кўрсатилади. Бу усул 93-расмда кўрсатилган кесмадаги қирғоқ отмели поғонасининг чўққиси, яъни энг баланд жойи «а» нуқтанинг ўрнини топишга асосланган. Бу нуқтанинг ўрнини топиш учун айрим участканинг 2—3 та кесмаси тузилади ва унинг ўрни қуйидагича аниқланади. Тез ювиладиган қум ва қумлоқ жинслардан ташкил топган қирғоқлар учун 10 йилдан кейин «а» нуқтанинг сув сатҳига нисбатан жойланиш чуқурлиги таъминланиши 20% ли, яъни 100 йил ичида 20 марта қайтарилши мумкин бўлган тўлқин баландлигининг 1,5 қисмига тенг деб қабул қилинган. Қирғоқ қайта тузилишининг охириги моменти учун «а» нуқтанинг жойланиш чуқурлиги: а) осон ювиладиган ва емириладиган жинслардан тузилган қирғоқлар учун таъминланиши 5% ли тўлқин баландлигининг 2,5—3,0 қисмига; б) қийин ювиладиган зич гил, мергел ва шунга ўхшаш жинслар учун таъминланиши 1—2% ли тўлқин баланд-

лигининг 2,0—2,5 қисмига тенг бўлади. Қирғоғи жуда секин емириладиган сув омборлари учун 10 йилдан кейин «а» нуқта-нинг жойланиш чуқурлиги НПУ чизигига нисбатан олинса, емирилишининг охириги моменти учун сув кам бўлган йилнинг сув сатҳига нисбатан олинади.

Қирғоқнинг қайта тузилишида ҳосил бўлган отмелнинг ётиш ҳолатини кесмада кўрсатиш учун «а» нуқтадан  $\alpha_1$  бурчакка тенг нур чиқариб, отмел погонасининг ён қиялиги ва  $\alpha_2$  бурчагига тенг нур чиқариб отмел погонаси устининг қиялиги ҳосил қилинади ва нурни қирғоқнинг дастлабки чизиги билан кесишгунча давом эттириб «в» нуқтаси топилади. Сўнгра  $\alpha_3$  бурчаги ҳосил қилиб «в» нуқтасини «с» нуқтаси билан туташтириб отмелнинг абразион юзаси  $F_2$  топилади.  $\alpha_3$  бурчаги эса тоғ жинсининг ювилиши даражаси, тўлқин баландлиги ва прогноз қилиш муҳлатига қараб аниқланади. Кесманинг «с» нуқтасидан юқоридаги қисми тўлқиннинг ағдарилиш зонасига қараб белгиланади. Тўлқин ағдарилиш зонасининг баландлиги Н. Н. Джунковский (1948) формуласи ёрдамида аниқланади:

$$h_b = 3,2 \cdot k \cdot h \cdot \text{tg} \alpha,$$

бунда  $h_b$  — тўлқиннинг ағдарилиш баландлиги, м;  $k$  — қирғоқ қиялигининг текисликка боғлиқ бўлган коэффиценти (у текис бетонли қирғоқлар учун 1 га, тош билан қопланган қирғоқ учун 0,775 га, ўнқир-чўнқир қирғоқ учун 0,665 га тенг);  $h$  — тўлқин баландлиги;  $\alpha$  — қирғоқнинг қиялик бурчаги.

Тажриба шуни кўрсатадики, қирғоқ қиялигининг ортиши билан ағдарилиш баландлиги ортиб боради ва қиялик  $60^\circ$  бўлганда тўлқиннинг ағдарилиш баландлиги максимум қийматга эга бўлади. Кўп ҳолларда тўлқиннинг ағдарилиш баландлиги унинг баландлигининг 0,3—0,4 қисмига тенг бўлади. Қирғоқнинг тўлқин ағдарилиш зонасидаги қиялик бурчаги  $\alpha_4$  лабораторияда, далада ёки 32-жадвалдан аниқланади.

Г. С. Золотарев 10 йил вақт учун тўлқин ағдарилиш зонасининг кенглиги ва баландлиги миқдорини Н. Н. Джунковский формуласи орқали қирғоқ емирилишининг охириги муҳлати учун топилган (тўлқин ағдарилиш зонаси кенглиги ва баландлиги) миқдорига нисбатан 2 марта кам қилиб олишни тавсия этади.

Думалаш зонасининг тепасида  $d$  ва  $e$  нуқталари оралигида нишаблиги  $d_5$  га тенг қилиб олинган қирғоқнинг сувдан юқори қисмининг қиялик контури ажратилади ва бу контур оралигида қирғоқнинг табиий ҳолдаги литологик таркиби акс эттирилади, яъни қирғоқ илгари қандай жинслардан ташкил топганлиги ифодаланади.

Жинсларнинг қирғоқда мустаҳкамланиши қирғоқ емирилиш даврининг сўнги босқичида бўлади. Шу сабабли унинг мустаҳкам қиялиги шу райондаги мустаҳкам қиялиги шу райондаги мустаҳкам табиий қияликнинг қиялигига солиштириб кўриш билан аниқланади. 10 йил ва ундан кўп вақт ўтгач қирғоқнинг қайта тузилишини аниқлаш ва тузилган кесманинг тўғ-

Сув омборлари қирғоқларининг қайта тузилишни прогноз қилиш учун зарур кесмалар тузишда ишлатиладиган табиий қиялик бурчаклари (Г. С. Золотарев ва Д. Н. Раш)

Тоғ жинслари	Отмел қиялик бурчаги, градус	Отмелнинг ҳар хил муҳлат учун қиялик бурчаги $\alpha_2$ ва $\alpha_3$		Тўлқин ағдарилиш зонасининг ҳар хил муҳлат учун қиялик бурчаги $\alpha_4$		Аккумуляция хажмига нисбатан, %
		10 йилдан кейин	Охириги босқич	10 йилдан кейин	Охириги босқич	
Майда ва озик донадор қумлар	10—12	1°30	1°	5°	3°	5—10
Ҳар хил ўрта донадор қумлар	—, —	3°	2°	6°	4°	10—15
Йирик донадор қум ва гравий	18—20	5	3	10	6	15—20
Шағал ва қумли чақиқ тош	—, —	10—12°	8—10°	18—20°	15—18°	20—35
Шағал ва гил аралашган чақиқ тош	—, —	8—10°	6—8°	15—18	14—16°	20—25
Қумлоқлар	8—10	1°30	1°	4°	3°	3—5
Қумоқлар	—, —	—, —	—, —	—, —	2—3°	<3
Гиллар	—, —	2°	1°30	6°	8°	0
Лёссимон жинслар	—, —	1°30	1°	4°	2°	<3

рилигини билиш учун кесмада отмелнинг аккумулятив юзаси  $F_1$  ни абразион юза  $F_2$  га нисбатан ( $F_1:F_2$ ) 33-жадвалда кўрсатилган аккумуляция процентига солиштириб кўрилади. Бу нисбатнинг миқдори жадвалда кўрсатилган аккумуляция миқдорига тенг бўлса, кесма тўғри тузилган бўлади. Нисбат жадвалда-

33-жадвал

Турли тоғ жинслари учун ювилиш коэффициенти  $K_p$   
(Е. Г. Качугин бўйича)

Класс	Тоғ жинслари	$K_p$ м <sup>3</sup> (тк. м)
I.	Жуда осон ювиладиган жинслар — майда қумлар, енгил қумлоқлар, бўшоқ лёссимон жинслар	0,00650—0,00300
II.	Осон ювиладиган жинслар — ўрта заррали қумлар, қумлоқлар ва ўткир қиррали тош аралашган қумлоқлар	0,00300—0,00100
III.	Ўртача ювиладиган жинслар — оғир қумоқлар, йирик тошлар аралашган қумоқлар ва тош аралашган лойқалар ва қумлар	0,00100—0,00050
IV.	Қийин ювиладиган жинслар — гилли қумтошлар, қум ва тош аралашган шағаллар, опок қатлами аралашган гиллар	0,0050



гига тўғри келмаса, кесмадаги «а» нуқтанинг ўрни ўзгартирилиб, қирғоқ кесмаси юқорида айтилган усул бўйича қайтадан тузилади ва бу иш  $F_1:F_2$  нисбати жадвалдаги аккумуляция процентига тенг бўлгунича қайтарилади.

Шундай қилиб, Г. С. Золотарёв усули бўйича сув омбори соҳилининг қайта тузилишини олдиан аниқлаш учун қирғоқнинг конкрет жойларида инженерлик-геологик кесмалар тузилади ва бу кесмалар бўйича тоғ жинсларининг инженерлик-геологик хосса ва хусусиятлари тўла ўрганилади. Бунда тоғ жинсларининг сувли хусусиятлари (сув ўтказувчанлиги, сув сифими, эриши, юмшаши, табиий намлиги ва бошқалар), қирғоқнинг сув ости отмели поғанасининг қиялик бурчаги  $\alpha_1$ , аккумуляция юзасининг бурчаги  $\alpha_2$ , абразιον юзанинг сув ости қисми бурчаги  $\alpha_3$ , тўлқиннинг думалаш зонасида қирғоқнинг қиялик бурчаги  $\alpha_4$  ва қирғоқнинг сувдан юқоридаги қисмининг қиялик бурчаги  $\alpha_5$  аниқланади. Қирғоқнинг ҳар бир конкрет участкаси учун бир неча инженерлик-геологик кесма тузиб, буларнинг ичидан тўғри деб ҳисоблангани танлаб олинади ва кесма бўйича сув омбори қирғоғининг ювилиши ва емирилиши изоҳланади.

Е. Г. Качугин усули асосан икки нарсага тўлқинланиш энергияси  $E$  ва жинснинг қирғоқда ювилиш миқдорига асосланган. Текширишлар шуни кўрсатадики, қирғоқнинг ювилиш интенсивлиги ва емирилиш тезлиги қирғоқнинг шу жойидаги тўлқинланиш энергиясига тўғри пропорционал экан. Шунга кўра, маълум вақт давомида қирғоқдан ювилган жинснинг миқдори  $Q$  қуйидаги эмпирик формула орқали аниқланади:

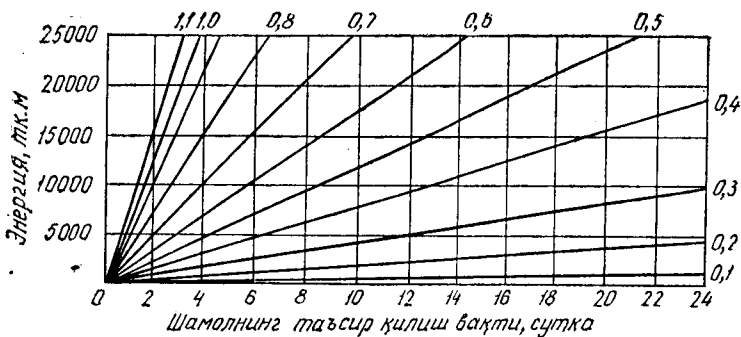
$$Q = E \cdot \kappa_p \cdot \kappa_b \cdot t^b$$

бунда  $Q$  — маълум вақт ( $t$  йил) давомида қирғоқнинг ҳар  $m^2$  юзасидан ювилган жинснинг миқдори,  $m^3/m$ ;  $E$  — текширилаётган конкрет участкадаги тўлқинланиш энергиясининг ўртача миқдори, тк. м (тонна — куч — метрда);  $\kappa_p$  — жинснинг ювилиш коэффициенти,  $m^3/ткм$ ;  $\kappa_b$  — қирғоқнинг баландлигига боғлиқ бўлган коэффициент;  $t$  — ювилиш вақти, йил;  $b$  — бирдан кичик ювилиш тезлиги камайишига боғлиқ даража кўрсаткичи.

Қирғоқнинг қайта тузилишини ифодаловчи маълумотлар сув омборларининг ювилишини кузатишда олинган маълумотларга фақат сув сатҳининг тебраниш амплитудаси паст бўлиб, сув юзасида муз йўқ бўлгандагина мос келади.

Тўлқинланиш энергияси  $E$  қирғоқнинг ҳар бир участкаси учун аниқланиб тонна-куч-метрлар (тк. м) билан ифодаланади. Шу сабабли олдин шамол таъсирида ҳосил бўлган тўлқин баландлиги А. П. Брасловский (1952) усули бўйича аниқланади, сўнг график ёрдамида (94-расм) шамолнинг давом этиш вақтини ҳисобга олиб тўлқинланиш энергиясининг миқдори топилади.

Сув омбори сувга тўлдирилгач бир йилдан кейин ва ҳали тўла қирғоқ отмел ҳосил бўлмасдан олдин тўлқинланиш энергияси бир-бирига (тк. м) тўғри келадиган ювилган тоғ жинси-



94-расм. Шамол таъсир қилиш вақтининг катталиги ва 0,1% таъминловчи тўлқин баландлигига қараб, тўлқинланиш энергиясини аниқлаш графиги (Е. Г. Качугин).

нинг миқдорига ( $m^3$ ) жинснинг ювилиш коэффициентини  $K$  дейлади (Е. Г. Качугин) ва у қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$K_p = \frac{Q_1}{E} m^3 / \text{т.к.м}$$

Сув омборлари қирғоқларининг қайта тузилишини ҳисоблашда жинсларнинг ювилиш коэффициентини 34-жадвалдан топилади.

Агар қирғоқ ҳар хил тезликда ювиладиган жинслардан ташкил топса, жинслар учун ювилиш коэффициентини ўртача миқдори олинади.

Қирғоқнинг баландлигига боғлиқ бўлган коэффициент  $K_6$  қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$K_6 = h \cdot C,$$

бунда  $h_6$  — текширилаётган қирғоқнинг ўртача баландлиги, м;  $C$  — жинснинг ювилиш тезлигига боғлиқ коэффициент. У осон ювиладиган жинслар учун 0,03 га, қийин ювиладиганлар саёз қирғоқ учун 0,05 га тенг. Баландлиги 30 м дан юқори бўлган қирғоқлар учун  $K_6$  1 га тенг.

Ювилиш тезлигининг камайишига боғлиқ бўлган даража «в» абразион кенгликнинг аккумулятив ва абразион саёзликнинг биргаликдаги кенглигига нисбатига тенг. Бу даража қирғоқнинг ювилишдан тўхтаган ёки тўхтамаганлигини билдиради. У ўртача 0,7 га тенг. Агар саёзликнинг асосий қисми абразион бўлса, унинг миқдори 0,95 га, отмель аккумулятив қисмининг кенглиги катта бўлса, «в» нинг миқдори 0,45 га тенг бўлади.

Шундай қилиб, сув омбори қирғоқнинг конкрет участкаси учун ўтган  $t$  вақт ичида 1 метр қирғоқнинг емирилишидан ҳосил бўлган жинс миқдори куб метрларда аниқланади. Сўнгра қирғоқнинг инженерлик-геологик кесмаси тузилади. Инженерлик-геологик кесмада жинснинг сув таъсирида ювилиши мумкин деб ҳисобланган оралиқ

аниқланади. Бу зонанинг вертикал бўйича чегараси қилиб сув сатҳи тебраниш амплитудасининг „ишчи тўлқин“ ( $h_p$ ) баландлиги билан тўғриланган миқдори олинади. Мазкур қўлланма муаллифи бу чегарада қирғоқ максимал ювилади деб ҳисоблайди.

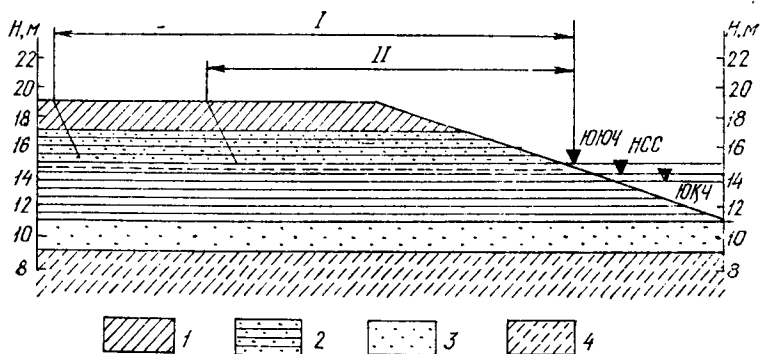
Е. Г. Качугин (1959) ювилишининг юқори чегараси (ЮЮЧ) учун таъминланиши 2—4% ли, ишчи тўлқиннинг  $\frac{1}{3}$  баландлигига сув сатҳининг энг юқори турган баландлигини қўшганда ҳосил бўлган йиғинди қийматини тавсия этади. «Ишчи тўлқин» баландлиги тўлқинланишларни кузатиш орқали олинган маълумотларни ишлаб чиқиш билан аниқланади. У одатда қирғоқни ювишда, катта иш бажарган тўлқиннинг ўртача баландлигига тенг бўлади.

„Ишчи тўлқин“  $h_p$  қирғоқнинг ювилишида энг кўп иш бажарган энг катта тўлқинланиш энергиясининг ўртача миқдори  $h_{ep}$  ни таъминланиши 15% ли тўлқин коэффиценти 0,7 га кўпайтирилганига тенг, яъни

$$h_p = 0,7 \cdot h_{ep}.$$

Ювилишининг пастки чегараси (ЮПЧ) қилиб сув сатҳининг муз йўқ пайтдаги таъминланиши 96—98% ли „ишчи тўлқин“ баландлигига камайган энг паст ҳолати олинади. Кесмада қирғоқ ювилишининг пастки (ЮПЧ) чегараси деб ҳисобланган нуқтадан саёзликнинг абразион қисми ифодаланади (95- расм). Йилнинг ҳар хил вақтида ва ювилишининг сўнгги даврида ювилган жинсларнинг миқдори  $Q_1$ ,  $Q_2$  ва  $Q_{охир}$  билан белгиланади.

Бу юқоридаги икки усул текисликдаги дарёларга қурилган сув омборлари учун қабул қилинган. Тоғлиқ районларга қурилган сув омборлари қирғоқларининг ювилишини олдиндан ўрганишда бу усулларга бироз ўзгартишлар киритилади. Шуни айтиш керакки, тоғлиқ районларга қурилган сув омборларининг



95- расм. Сув омборлари қирғоқларининг ювилишини олдиндан аниқлаш учун ҳисоблаш схемаси (Е. Г. Качугин):

I—II ювилиш зонасининг ёни; 1—оғир қумоқ; 2—гил; 3—майда заррали қум; 4—енгил қумлоқ; ЮЮЧ—ювилишининг юқори чегараси; ЮКЧ—ювилишининг куйи чегараси; НСС—нормал сув сатҳи.

қирғоқлари кўпинча қаттиқ жинслардан ташкил топган бўлиб, уларнинг ювилиши ва емирилиши жуда секин бўлади. Атрофи тоғ билан ўралганлиги учун сув омборлари қирғоқларида ҳар хил геологик процесс ва ҳодисалар рўй беради. Бунда асосий вазифа шу геологик процессларни ўрганишдан иборатдир. Масалан, Ўзбекистоннинг Чорвоқ сув омбори қирғоқларида асосан кўчки ҳодисалари кўп бўлиб туради.

### 3. Денгиз, кўл ва сув омборлари қирғоқларини ювилиш ва емирилишдан сақлаш тадбирлари

Денгиз, кўл ва сув омборлари қирғоқлари яқинида қурилган иморат, йўл ва бошқа махсус иншоотларнинг хавфсизлигини таъминлаш инженер геологларнинг энг асосий вазифаларидан бири ҳисобланади. Махсус лойиҳаларда қирғоқлар ювилиши, емирилишининг тезлиги, характери ва оқибатлари ифодаланади.

Қирғоқлар ювилишига ва емирилишига қарши қўлланадиган тадбирлар профилактик ва капитал тадбирларга бўлинади.

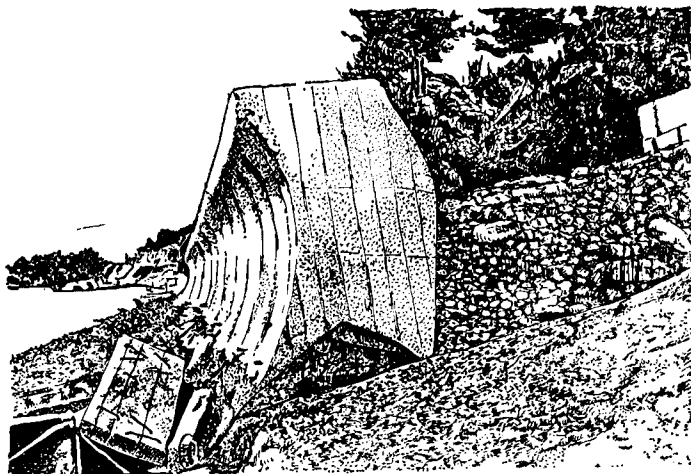
Профилактик тадбирлар қирғоқда бўладиган геологик процессларни олдиндан айтиб бериш, уларни маълум вақтгача тўхтатиш имконини беради. Бу тадбирларга асосан пляжларнинг ювилиб кетиши ёки қурилиш материаллари сифатида ишлатиб юборилишга йўл қўймаслик, уларни мустаҳкамлайдиган иншоотлар қуриш, ремонт қилиш, бу иншоотларнинг нормал ишлашини, қирғоқдаги иншоотларнинг, йўлларнинг ҳолатини доимо текшириб туриш каби ишлар киради.

Пляж қирғоқни ювилишдан сақлайдиган бирдан-бир табиий тўсиқ ҳисобланади. Шунинг учун пляжлар доимо кузатилади. Баъзи вақтларда сунъий пляжлар ҳам яратилади.

Қирғоқларни ювилишдан сақлаш учун махсус иншоотлар, тўлқин қайтаргич деворлар, тўғонлар қуриш, бетон плиталар



96- расм. Алоҳида- алоҳида қуйма бетон блокларидан иборат тўлқинқайтаргич деворлар.

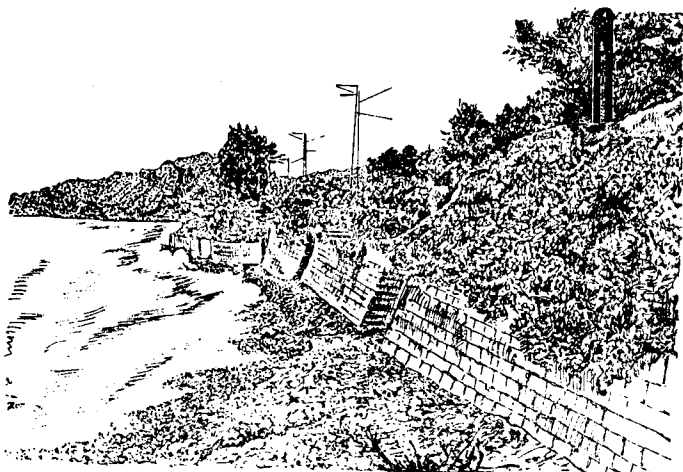


97- расм. Тўлқин уриладиган томони ботиқ массив ҳолдаги бетон деворли тўлқинқайтаргичлар.

ётқизиш, тош уюмлари ҳосил қилиш, қирғоққа тош териш ва бошқалар капитал тадбирлар дейилади.

Тўлқин қайтаргич деворлар қирғоқ бўйлаб ҳар хил шакл ва баландликда қурилади. Улар қирғоқни тўлқин ювишидан сақлайди. Бундай деворлар алоҳида қўйма бетон блоклардан (96- расм), қўйма бетон деворлардан (97- расм) ёки цемент билан қотирилган, терилган тошлардан (98- расм) иборат бўлади.

Тўлқин қайтаргич деворнинг сувга қараган ташқи томони тик, қия, поғонасимон ёки ичига эгилган бўлади. Улар асосан табиий асосга ёки свайли қозиқларга қурилади.



98- расм. Тошдан қурилган массив ҳолдаги тўлқинқайтаргич деворлар.

Қирғоқларни ювилиш ва емирилишдан сақлайдиган юқорида қайд этилган тадбирларнинг қайси бирини қўллаш қирғоқдаги геологик процессларнинг турига боғлиқ.

## XVII БОБ. ЭРОЗИЯ ПРОЦЕССИ

### 1. Тупроқ, жарлик, дарё ва шамол эрозияси

Ёмғир, қор ва дарё сувлари, шамол ҳам геологик иш бажа-ради. Сув ва шамол тупроқ зарраларини емириб ҳаракатга келтиради ва бошқа жойга олиб бориб ётқизади. Сув ва шамол таъсирида ер юзининг емирилишга эрозия, емирилган жинслар-ни бошқа жойга олиб бориб ётқизилишига аккумуляция дейи-лади.

Эрозия процесси табиатда тўрт хил кўринишда содир бўла-ди. 1) тупроқ эрозияси ёмғир сувлари ернинг устки қатламла-рини ювишидан юз беради; 2) жарлик эрозияси тупроқ эрозияси-нинг давоми ҳисобланади, жарликлар ҳосил бўлади; 3) дарё эрозияси сув дарёнинг ёнлари ва тагини ювишидан юз бе-ради; 4) шамол эрозияси кучли шамол ер юзасини емириши натижасида содир бўлади.

**Тупроқ ва жар эрозияси.** Тупроқ ва жар эрозияси лёсс ва лёссимон жинслар кўп тарқалган районларда бўлади. Бунда ёмғир суви тупроқнинг айрим зарраларини, ҳатто бутун-бутун агрегатларини кўчириб оқизиб кетади. Тоғ жинслари қаттиқ-юмшоқлигига қараб тоғ жинсларининг бир жойи секин, иккин-чи жойи тез ювилади. Натижада ёнбағирларнинг устки қисмида турли томонга йўналган ёки параллел жўяклар ҳосил бўлади. Жўякларнинг баъзилари ёнбағирларнинг қуйи қисмида бирла-шиб чуқур ва катта жўяклар ҳосил қилади. Кейинчалик бу жў-яклар бирлашган жойларда ювилиш, ўйилиш процесслари тез-лашиб, жарликлар ҳосил бўлади. Айрим вақтларда жарликлар-нинг чуқурлиги ортиб, жўякларнинг таги сувли қатламларгача етиб боради. Натижада ер ости сувлари чашма ҳолида ер юза-сига чиқади ва жарликлардан оқиб ёнбағирлардаги бўшоқ тоғ жинсларини сувга тўйинтириб юборади. Бунинг оқибатида ён-бағирлар ёқасида сурилишлар, ўпирилишлар бўлади. Булар жойнинг инженерлик-геологик шароитига салбий таъсир кўрса-тиб, халқ хўжалигига катта зарар етказади. Бундан ташқари тупроқ эрозияси ва жарликлар ҳосил бўлиш процесси тоғ олди текисликларида унумдор ерларни ишдан чиқариб, қурилиш учун зарур жойларни бузиб юборади, шунингдек, тоғ ёнбағирларини емириб, уларнинг нишаблигини ошириб юборади.

Шундай қилиб, тупроқнинг ювилиши асосан икки хил: ёппа-сига ва узунасига ювилиш бўлади. Ёнбағир юзасидан оқаётган ёмғир сувидан ҳосил бўлган кичик оқимлар тупроқни ёппасига ювади, бинобарин, тупроқ эрозияси ҳосил бўлади. Ювилган ма-териаллар нишаблиги кам ва текис жойларга ётқизилади ва делювиал ётқизиқлар вужудга келади. Узунасига ювилиш ён-бағирни ювиб, эрозион жўяк, чуқурлик ва жарлар ҳосил қи-

лувчи сув оқимлари туфайли рўй беради. Узунасига ювилиш вақтида фақат тупроқнинг устки қатлами ювилиб қолмай, пастки қатламлари ҳам ювилиб кетади. Ер юзасига яқин жойлашган қаттиқ туб жинслар очилиб қолади. Натижада ҳар хил чуқурлик ва жарликлар пайдо бўлади, яъни жар эрозияси вужудга келади.

Шуни ҳам айтиш керакки, суғориладиган районларда суғориш ирригация эрозияси ҳам содир бўлади. У суғориладиган баланд-пастликларда суғориш техникасига етарли риоя қилмаслик оқибатида келиб чиқади. Эрозия туфайли сув жўякларни ювиб даладан кўп майда зарраларни оқизиб кетади, тупроқ унумдорлиги пасаяди, ўсимлик яхши ўсолмай, ҳосил камаяди.

Узунасига ювилишдан ҳосил бўлган жарликлар СССР территориясида 4,6 млн гектар майдонни эгаллаган.

Жарликларнинг кўпи ўрмонли чўл ва чўл зонасига жойлашган бўлиб, булар СССР нинг Европа қисмида, шу жумладан, Дон ҳавзасида, Воронеж, Курск, Орловск, Липецк, Тамбов ва Белогород областларида яққол кўзга ташланади. СССР да жарликларнинг умумий узунлиги 561000 км ни ташкил этади. Ҳар бир районда жарликларнинг кўп-озлиги жарлилик кўрсаткичи билан характерланади. Маълум райондаги жарликнинг умумий узунлигини шу район майдонига нисбати жарлилик коэффициенти дейилади. Жарликлар кўп районларда жарлилик кўрсаткичи 3 км/км<sup>2</sup> бўлиб, жарликлар кам тарқалган районларда 0,5—1,2 км/км<sup>2</sup> атрофида бўлади.

А. С. Козьменко (1954) жарликларни ҳажмига кўра қуйидаги турларга ажратади: 1) промон (жўяклар), ҳажми 10 м<sup>3</sup> дан кичик; 2) майда жарликлар (10—100 м<sup>3</sup>); 3) ўртача жарликлар (100—1000 м<sup>3</sup>); 4) катта жарликлар (1000—10000 м<sup>3</sup>) ва 5) жуда катта жарликлар (10000 м<sup>3</sup> дан катта).

Жарликларнинг ҳосил бўлиши ва катталашуви тўрт босқичдан иборат. Биринчи босқичда ёғин сувлари таъсирида ёнбағирларнинг устки қисмида эгатлар ҳосил бўлиб, уларни юқорига қараб ўя бошлайди.

Иккинчи босқичда жўяклар бирлашиб, ёнбағирларнинг маълум жойларида чуқур бўлмаган жарликлар вужудга келади. Бу босқичда вақт ўтиши билан жарликлар чуқурлашиб боради, натижада ҳосил бўлаётган жар тагининг қиялиги ошиб, ювилиш ва ўйилиш процесси анча тезлашади, бинобарин, иккинчи босқичнинг охири ва учинчи босқичнинг бошланиши олдида жарликнинг чуқурлашуви секинлашади, баъзан тўхтайти, аммо жарликларнинг ён томони ювилиб, емирилиб кенгая боради, натижада жарлик ёнларининг нишаблиги ортиб, тик бўлиб қолади ва айрим вақтларда тик қисмлари ўз мувозанат ҳолатини сақлай олмай, жарлик ичига сурилиб ёки қулаб тушади. Шу тариқа жарликлар кенгая боради.

Тўртинчи босқичда жарлар туби ва ёнларининг емирилиши тўхтаб, ўтлар ўсади, узоқ муддат ювилиш ва ўйилиш бўлмайди. Ана шу даврда жарликлар ёни ва тубининг бирор жойини қи-

риш қатъий ман қилинади, чунки бундай ишлар жарликларнинг қайтадан ривожланишига сабаб бўлади.

**Дарё эрозияси.** Кўп шаҳар ва қишлоқлар, саноат марказлари, қишлоқ хўжалик майдонлари дарё водийларига жойлашган. Шу сабабли дарё эрозиясини ўрганиш инженерлик-геологик нуқтаи назаридан назарий ва амалий аҳамиятга эга. Дарё эрозиясини ўрганиш туфайли дарё илгари қандай бўлган, қайси жойлардан оқиб ўтган, кейинчалик қандай тузилишда бўлишини ҳамда дарё бўйларига қурилган ёки қурилиши керак бўлган иморат, иншоот, темир ва автомобиль йўлларга, кўприк ва тўғонларга эрозия процесси қандай таъсир қилишини билиш мумкин. Дарёлар уч қисмдан иборат бўлади: юқори, ўрта ва қуйи оқим. Дарёларнинг сув оқадиган жойи ўзан деб аталади. Дарё сув ҳажми йил давомида бир хил бўлмайди. Иссиқ кунлар бошланиши билан тоғлардаги қор ва музлар эриши ва баҳорда ёнғингарчилик кўпайиши билан сув сатҳи кўтарилади. Бунда сув ўзандан кўтарилиб, атрофни сув босади. Дарёларнинг вақт-вақти билан сув босадиган қисми қайир деб аталади.

Дарё бошланиш қисмида тоғ жинсларини емириб, ўрта ва қуйи қисмларига оқизиб келиб ётқизади, натижада аллювиал ётқизиқлар ҳосил бўлади, буни аккумуляция процесси дейилади. Аллювиал ётқизиқларни ташкил қилган жинслар доналари саралган, силлиқланган бўлади.

Ўзанларнинг геоморфологик тузилишига қараб, тоғлик ва текислик дарёлари ажратилади.

Тоғлик дарёлари шўх оқади, шу сабабли эрозия процесслари кучли бўлади ва аллювиал ётқизиқлар асосан тошлар ва шағаллардан иборат бўлади. Текислик дарёлари, аксинча, секин ва оҳиста оқади, аллювиал ётқизиқлар эса қум ва гилдан ташкил топади.

Дарё сувлари ўзан туби ва ёнларини тўхтовсиз емиради. Бунга дарё эрозияси дейилади. Эрозиядан дарёнинг чуқурлиги, эни ва йўналиши ўзгариб боради. Дарё қуйиладиган сув ҳавзаси сатҳи эрозия базиси дейилади. Масалан, Каспий денгизининг сатҳи унга қуйиладиган дарёлар учун эрозия базиси ҳисобланади.

Дарё эрозияси характерига кўра икки турга бўлинади: 1) таг эрозияси; 2) ён эрозияси. Тоғ эрозиясида дарё ўз ўзани тагини юва бошлайди ва дарё чуқурлиги орта боради. Ён эрозиясида дарё ўзани эмас, қирғоқларни тез юва бошлайди.

Ўзан ва қирғоқларнинг ювилиши натижасида дарёнинг ўнг ва чап қирғоқларида поғона-поғона шаклидаги баландликлардан иборат супачалар ҳосил бўлади, булар дарё террасаси деб аталади.

Дарё террасаси тузилиши ва ҳосил бўлиш шароитига қараб учга: эрозион (ювилган), эрозион-аккумулятив (ювилган-йиғилган) ва асос террасаларга бўлинади.

Эрозион террасалар дарё қирғоқларида туб жинсларнинг емирилишидан ҳосил бўлади. Натижада дарё қирғоқларида бир



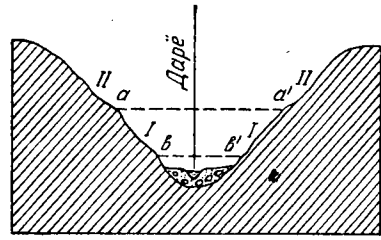
хил гипсометрик баландликда туб жинсдан иборат супалар ҳосил бўлади (99-расм).

Цокол террасалар ҳам дарё водийларида кўп учрайди. Ҳосил бўлиш процесси эрозион террасага жуда ўхшаш. Цокол террасалар асосида туб жинслар устки қисмида аллювиал ётқизиқлар бўлади.

Эрозион-аккумулятив терраса дарё ётқизиқларининг қайта-қайта ювилиб таги очилиши натижасида ҳосил бўлади (100-расм). Ҳар бир эрозион-аккумулятив террасанинг ҳосил бўлиши тектоник кўтарилиш ва чўкиш даврига тўғри келади.

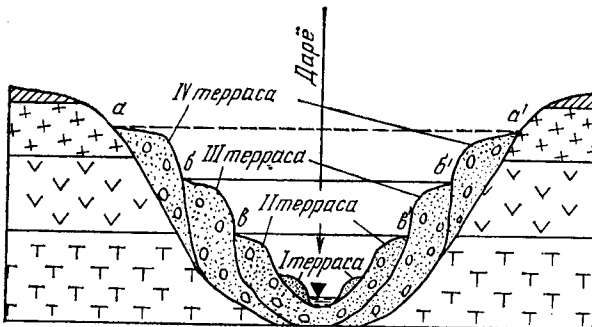
Дарё водийсида эрозион ва аккумулятив циклларнинг бир неча марта такрорланиши туфайли эрозион-аккумулятив террасалар ҳосил бўлади (98-расм). Бу террасаларнинг эрозион-аккумулятив деб аталишига сабаб ҳосил бўлаётган ҳар бир терраса аввал ўз бошидан аккумуляция босқичини кечиради, сўнг эрозия процессига учрайди ва расмдаги кўринишга эга бўлади. Ҳар бир цикл маълум геологик даврлардан иборат бўлиб, уларга номлар берилади.

1940—1945 йилларда профессорлардан Ю. А. Скворцов ва Н. П. Васильковский биргаликда Тошкент олди райони (Чирчиқ-Оҳангарон водийси) ва Фарғона водийси террасаларини мукаммал ўрганиб, асосан тўртта циклли эрозион-аккумулятив террасалар комплекси мавжуд эканлигини аниқлаб, уларга қуйидагича ном бердилар:



99-расм. Дарё эрозион террасаларининг кўндаланг кесими:

дарё дастлаб  $aa'$ , кейин  $bb'$  пунктир чизиклари бўйича оққан;  $I$  ва  $II$  эрозион террасалар.



100-расм. Дарё эрозион—аккумулятив террасаларининг кўндаланг кесими:

дарё дастлаб  $aa'$ , кейин  $bb'$  ва  $aa'$  пунктир чизиклари бўйича оққан;  $I$ ,  $II$ ,  $III$  ва  $IV$  эрозион—аккумулятив террасалар.

1. Нанай цикли ( $Q_1$ ), плейстоцен даврининг бошланишида юз берган. Бу цикл ётқизиқлари тўртламчи даврининг энг қари жинслари бўлиб, уларни давр бошларида доимий ва вақтинча оқар сувлар олиб келиб ётқизган (аллювиал-пролювиал) маҳсулотлардан ташкил топган. Литологик жиҳатдан қат-қат бўлиб шағал тош, тош қотган лёссимон («шоҳ», Назаров, 1968) ва энг юқориси лёсслардан иборат.

Нанай циклида ҳосил бўлган ётқизиқлар нанай комплекси номи билан аталади. Нанай комплексининг характерли ётқизиғи Пском водийсидаги Нанай қишлоғида учраганлиги учун шу қишлоқ номи билан аталган. Бу ерда Нанай террасаси ётқизиғининг 260 метрини шағал-тош, 40 метрини унинг устида ётган лёссли жинслар ташкил этган. Умумий қалинлиги 300 метрга боради. Комплекс ётқизиқлари жойнинг геоморфологик тузилишига қараб, ҳар хил чуқурликда ётади. Тоғлиқ районларда Нанай комплекси ёш жинсларга нисбатан юқорида ётади. Бунга сабаб тўртламчи даврининг кейинги босқичларида, яъни дарё эрозиясининг кейинги циклларида тоғ ёнбағирлари тез кўтарилганлиги натижасида энг қари жинс баландда қолиб кетган. Тоғ олди районларида эса бу комплекс аста-секин текислик томон қияланиб, ён комплекс терраса ётқизиқларининг тагига бутунлай тушиб кетади.

2. Тошкент цикли ( $Q_2$ ) плейстоцен даврининг ўрта қисмини ўз ичига олади. Цикл ётқизиқлари Ўзбекистон территориясида, жумладан, Тошкент олди районларида, майдони ва қалинлиги энг кўп бўлиб, Чирчиқ ва Оҳангарон водийсини тўрттинчи ва бешинчи пойма устки террасасини ташкил этади (М. Шерматов, 1972). Комплекс пролювиал лёсс, лёссимон ва аллювиал (шағал-тош, қум) жинслардан иборат бўлиб, геологик ёши 50—100 минг йилга тенг (О. К. Ланге, 1969). Комплекс ётқизиқларининг қалинлиги турлича, Чирчиқ ва Оҳангарон дарёлари водийларининг юқори ва ўрта оқимларида лёссли жинслар қалинлиги 10—30 метр бўлса, Тошкент шаҳри атрофида 50—60 м. Пискент қишлоғи атрофида 70 метргача, Янгийўл шаҳрининг ғарбида 92 метрга боради. Лёсс жинслари ҳамда унинг тубидаги шағал ва шағал-тошларнинг қалинлиги ҳам турғун бўлмай, Тошкент олди районларида 10—40 метр атрофида. Комплекс ётқизиқларининг умумий қалинлиги тектоник ботиқларда 300—400 метр атрофида, текислик районларда 100 метргача, Қизилқум территориясида 10—15 метрга тенг.

3. Голодностепь (Мирзачўл) цикли ( $Q_3$ ), плейстоцен даврининг охири босқичида юз берган. Комплекс ётқизиқларини юқорида қайд қилинган дарё водийларининг қуйи қисмидаги учинчи пойма устки терраса ётқизиқлари ва ёнбағирда тарқалган делювиал — пролювиал ётқизиқлар ташкил қилган. Водийнинг юқори қисмида тўрттинчи, бешинчи ва, ҳатто, олтинчи пойма устки терраса ётқизиқлари ҳам шу комплексга оиддир. Бу комплекс ётқизиғи дарё водийлари ёнбағри бўйлаб унча кенг бўлмаган кенгликда кичик сойчаларнинг тубида тарқалган. Тошкент олди

районларида биринчи қатлам лёссимон жинслардан (қалинлиги 10—20 м) ва унинг тагидаги иккинчи қатлам шағал-тошлардан (қалинлиги 10—30 м) иборат.

4. Сирдарё цикли ( $Q_4$ ) голоцен даврида юз берган. Бу цикл комплексига ўзан, пойма, биринчи ва иккинчи пойма устки терраса ётқизиқлари ҳамда сойларнинг ҳозирги ётқизиқлари киради. Тоғлиқ районлардаги учинчи ва тўртинчи пойма устки террасалари ҳам шу комплексга оиддир. Комплекс ётқизиқлари лёссимон ва шағалтошлардан, валунлар, қумлардан иборат бўлиб, қалинлиги 0,1 дан 5 м гача (лёссимон жинслар) ва 5 дан 60 метргача (шағал-тошлар) бўлади. Умуман Сирдарё циклига қарашли комплекс ётқизиқлари дарё водийларининг пастки қисмларида тарқалган тоғ жинслари қатламларидан иборат бўлади. Энг устки қисмида лёссимон жинслар, сўнг қум ва шағалтошлар ётади.

Эрозион-аккумулятив террасаларнинг юқорида қайд этилган номлари фақат Чирчиқ, Оҳангарон, Фарғона ва улар атрофидаги кичик водийларга оид бўлиб, Г. Ф. Тетюхин, М. М. Маматқулов, Н. А. Когай, Э. Д. Мамедов, О. Ю. Пословская ва бошқалар томонидан ўша жойнинг номи билан аталган ва тўртта циклнинг қайтарилиши исботланган. Масалан, Зарафшон ва Қашқадарё водийларида юқорида айтилган Нанай цикли террасасига тўғри келадиган терраса «Азкамар» номи билан, Тошкент цикли террасаси «Қарнаб» номи билан, голодностепь цикли террасаси «Сукойтин» номи билан, Сирдарё цикли террасаси эса «ҳозирги» номи билан аталади.

Террасалар водий ёнбағри бўйлаб горизонтал ёки қия супачалар шаклида тарқалган бўлади, бундай супачаларнинг сони ҳар хил, 3 дан то 20 гача бўлади. Масалан, Чирчиқ дарёси водийсида 20 га яқин террасалар аниқланган. Демак, Чирчиқ дарёси пайдо бўлгандан тортиб, то ҳозирги кунга қадар унда 20 та жиддий геологик ўзгариш рўй берган.

Эрозион террасалар тоғ водийсининг юқори ва ўрта қисмида, эрозион-аккумулятив террасалар эса қуйи қисмида ҳосил бўлади. М. Маматқулов маълумотига кўра, Чирчиқнинг қадимги эрозион террасалари унинг ҳозирги ўзани сатҳидан 800, ҳатто, 1000 метр баландда жойлашган. Қайд этилган 20 та террасани Чирчиқ дарёсининг ўрта қисмида яхши кузатиш мумкин. Дарёнинг бошланиш ва қуйи қисмларида террасалар кам.

Террасаларнинг ёши уларни дарё ўзанига нисбатан гипсометрик жойлашишига қараб аниқланади. Бунда террасани ташкил қилган тоғ жинслари қайси вақтда ётқизилганлигига ҳам эътибор бериш керак.

Энг юқорида жойлашган терраса энг кекса, пастда жойлашлагани энг ёш ҳисобланади. Террасаларни пастдан юқorigа санаш ва номерлаш қабул қилинган. Дарё поймасидан ҳосил бўлган террасани поймали терраса, поймадан кейинги барча террасалар (I, II, III, IV ва ҳоказо) пойма устки террасалари номи билан юритилади. Террасаларнинг кенглиги бир неча юз метр-

дан бир неча 10 километргача бўлади. Шу сабабли баъзи катта-катта қишлоқлар ва, ҳатто, шаҳарлар террасалар устида жойлашган бўлади. Масалан, Тошкент шаҳрининг асосий қисми Чирчиқ дарёсининг тўртинчи пойма устки террасасига жойлашган.

Профессор Ю. А. Скворцов Чирчиқ дарёси террасаларини географик номлар билан аташни таклиф қилади. Шунга кўра Чирчиқ дарёсининг террасалари Нанай, Угом, Ситак, Қизилсув, Хумсон, Хўжакент ва бошқа номлар билан аталган.

**Шамол эрозияси.** Шамол тоғ жинсларига таъсир қилувчи атмосфера агентларидан биридир. У Ер шарининг ҳамма жойида мавжуд, бир ерда кучли, бошқа жойда кучсиз бўлади.

Шамол фаолиятдан тоғ жинслари емирилади. Буни **коррозия** дейилади. Коррозия процессининг тезлиги шамол кучига ва тоғ жинслари таркибига, уларнинг нураганлик даражасига ва қаттиқ-юмшоқлигига боғлиқ. Шамол таъсирида катта-катта қоя тошлар, тоғликлар емирилади, натижада ҳар хил кўриниш ва шаклга эга бўлган дўнглиklar, қоялар ҳосил бўлади.

Шамол тоғлар ва қоя тошларнигина эмас, балки текисликлардаги ер юзасини ҳам емириб кетади, бу ҳодиса **шамол эрозияси** деб аталади. Шамол емирилган жинсларни учуриб, бошқа жойга элтиб ётқизади. Бу процесс фанда **дефляция** ҳодисаси деб, бундан ҳосил бўлган ётқизиқларни эоловий ётқизиқлар деб аталади. Шамолнинг кучи (тезлиги) секундига 6,5 м/с бўлса, зарраларнинг диаметри 0,25 мм ли қумни учуриб кета олади. Агар шамолнинг тезлиги 10 м/с бўлса, диаметри 2 мм гача бўлган дончаларни, 20—25 м/с бўлса, 4—5 мм ли дончаларни, 50—70 м/с бўлганда эса шағал дончаларини ҳам учуриб кета олади.

Шамол таъсирида чўллар, саҳроларда катта-катта қум тепаликлари, дўнглиklar ҳосил бўлади. Булар қум **дюналари**, **барханлари** деб аталади. Қум дўнглиklари Саҳрои Кабирда, Арабистон, Мексика, экватор саҳроларида, мамлакатимиздаги Орол, Каспий денгизи атрофларида, Ўрта Осиёнинг Қорақум ва Қизилқум саҳроларида, Фарғона водийси ва Мирзачўлда учрайди. Бу дўнглиklar шамол таъсирида бир жойдан иккинчи жойга кўчиб юради.

Шамол эрозияси туфайли тупроқнинг майда зарралаи қисми ҳамда ундаги чиринди ва озуқа моддалар йўқолади, натижада тупроқнинг унумдорлиги ниҳоятда пасаяди.

Шамол эрозияси Фарғона водийсида, Мирзачўлда, Самарқанд области, Нурота, Қоратепа, Зирабулоқ-Зиёвуддин тоғлиқ районларида, Қарши, Томди, Бухоро ва Қорақалпоғистон АССР да айниқса, кўп тарқалган. Қ. Мирзажоновнинг маълумотига кўра, биргина Фарғона водийсининг ғарбий қисмида икки ойдан кўпроқ давом этган чангли бўрон 175 минг гектар экин майдонини зарарлантирган, 1956—60 йиллар мобайнида шамол Ўзбекистон ССР колхозларининг 200 минг гектар ердаги пахтасини бутунлай нобуд қилган.

Шамол ернинг унумдор қатламларини сидириб кетишдан ташқари баъзи жойларнинг шўрланишига ҳам сабаб бўлади. Маълумки, шўрхок ерларда, денгиз қирғоқларида (масалан, Орол денгизи қирғоқларида) туз йиғилади. Шамол бу тузларни учириб, бошқа жойларга элтиб ётқизади, натижада унумдор жойлар шўрхок ерларга айланади. Бу ҳодиса Мирзачўл, Фаргона ва Қарши чўлларида кўп бўлади.

### Эрозия процессини ўрганиш ва унга қарши кураш

Эрозия процессини ўрганиш ва унга қарши кураш чораларини кўриш учун бу процессни вужудга келтирувчи факторларни яхши билиш зарур.

Тупроқ ва жар эрозияси ташқи ва ички факторлар таъсирида келиб чиқади. Ташқи факторларга ёғин миқдори, унинг тезлиги, йил фаслларига тақсимланиши, қор ва музликларнинг эриши, ер юзасининг нишаблиги, тупроқ бетининг ўсимликлар билан қопланиш даражаси, жойнинг геологик тузилиши киради. Ёмғир қанча кўп ва тез ёғса тупроқ шунчалик кучли ювилади ва ўйилади. Қор қанча тез эриса, эрозия шунча кучли бўлади. Қор суви эрозияси музлаган грунтда айниқса, кучаяди (34- жадвал). Ёнбағир қанча тик бўлса, сув уни шунча кучли ювади. Шунинг учун ҳам сув эрозияси ўнқир-чўнқир тоғларда, дарё водийлари, сой ва жарлик ёнбағирларида энг кучли боради.

Ер юзасида ўсимлик оз ва кўп бўлиши ҳам эрозия тезлигига таъсир қилади. Бутунлай ўт қоплаган ёнбағирларда эрозия кучсиз бўлади. Бунга сабаб шуки, ўсимлик сув оқимининг тезлигини секинлаштиради ва қалин туташ ўтларнинг илдизлари яхлит чим ҳосил қилиб, грунтнинг устки қатламларини сақлаб туради.

Ўсимлик сийрак ўсган ёнбағирлар осон ва тез ювилади. Шунини ҳам айтиш керакки, одам фаолияти эрозиянинг ҳал қилувчи ташқи факторларидан бири ҳисобланади. Ўрмоннинг кесиб юборилиши, ёнбағирлар нишаблигини ошириш ва бошқа ишлар натижасида тупроқ эрозияси кучаяди. Масалан, ер суғорилганда эрозия айниқса кучли бўлади. Қия ерлар суғорилганда сув жўякларни ювади ва даладан жуда кўп миқдорда тупроқ зарраларини оқизиб кетади.

34- жадвал

Бутунлай ювилиш процессининг интенсивлиги

Жойнинг нишаблиги (град.)	Бир мавсумда (6 ой) 1 м <sup>2</sup> юзадан ювиладиган тоғ жинслари миқдори, грамм	
	Ўт билан қопланган жойларда	Ўт бўлмаган тақир жойларда
10	14	834
20	42	1368
30	51	3104

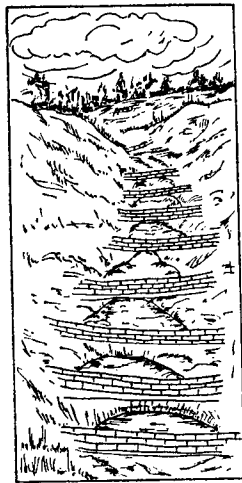
Ички факторларга тупроқнинг структураси, гранулометрик таркиби, ғоваклилиги, сув ўтказувчанлиги, намлик даражаси, химиявий таркиби ва бошқалар киреди.

Тупроқ зарралари бир-бирига яхши бирикиб, маълум даражада намликка эга бўлса, эрозияга чидамлироқ бўлади. Агар тупроқ чириндига бой, унинг сув ўтказувчанлиги яхши ва сувда эрувчи тузлари қанча кам бўлса, эрозия шунча секин бўлади. Эрозиянинг ривожланиши тупроқнинг химиявий таркибига ҳам боғлиқ. Масалан, таркибида натрий бўлганда тупроқнинг эрозияга чидамлилиги айниқса, ошади.

Шундай қилиб, ювилиш ва емирилиш процессларининг интенсивлиги тоғ жинсларининг турига, физик-механик хоссалари ва таркибига боғлиқ. Масалан, лёссимон жинслардан ташкил топган нишаб жойлар гилли жинслардан иборат жойларга нисбатан тез ва кўп ювилади. Бундай жинсларнинг таркибида гил зарраларининг кўп бўлиши ҳамда ғоваклилигининг камлиги ва зарраларнинг зич жойланиши, ёпишқоқлик кучини ошириб ювилиш ва ўйилиш интенсивлигини камайтиради.

Агар лёссимон жинслар йирик тошлар билан қопланган бўлса, ювилиш ва ўйилиш процесслари бир текис бўлмайди, натижада бу тошлар остидаги жинслар ювилмай қолади. Бундай вақтда ёғин сувлари тармоқланиб, тошларни айланиб ўтади ва ўзига жўяклар очади. Бора-бора тошлар ёнбағирларда чўққайиб қолиб, қолпоқли пирамидалар вужудга келади.

Ўрта Осиёда иқлимнинг кескин континенталлиги ҳам ювилиш ва ўйилиш процессига таъсир этади, уни тезлаштиради. Масалан, ёзда ҳароратнинг юқори бўлиши ёки айрим жойларда



101-расм. Жарликлар ўсишининг олдини олиш чоралари схемаси (Г. Н. Костенко).

тунги ва кундузги ҳароратнинг кескин фарқланиши ер фазасининг дарз кетишига сабаб бўлади, ёғин сувлари шу дарзлар ичига кириб, уларни ўя бошлайди. Ериқлар ўрнида жўяклар, кейинчалик жўяклар ўрнида жарликлар ҳосил бўлади.

Жарликлар ҳосил бўлишига қарши кураш чоралари хилма-хил бўлиб, инженерлик геологиясининг муҳим масалаларидан ҳисобланади.

Биз юқорида жарликлар ҳосил бўлиши ва ривожланиши тўрт босқичдан иборатлигини кўрдик. Биринчи босқичда уларнинг олдини олиш учун ёнбағирлар текисланади, шиббланади, унга чим босилади ва дарахтлар ўтқазилади. Иккинчи босқичда эса жарликлар бўйлаб кўндаланг тўсиқлар қурилади (101-расм). Тўсиқлар жўякдаги сувларнинг тезлиги ва кучини камайтиради. Маълумки, учинчи босқичда жарликлар ёни-

га кенгая бошлайди. Бунга қарши курашиш учун уларнинг ён томонлари текисланиб, қиялиги камайтирилиб, дарахтлар ўтқазилади ва ўт ўстирилади.

Шундай қилиб, тоғ жинсларини эрозиядан сақлаш учун тоғлик районларда қўидаги тадбирларни амалга ошириш зарур:

1) нишаб ерларни кўндалангига ҳайдаш, у ерларга ҳар хил серилдиз ўсимликлар экиш ва мевали дарахтлар ўтқозиш;

2) яйловлардан тўғри фойдаланиш;

3) деҳқончилик ёки бошқа мақсадлар учун ерларни ўзлаштиришда уларни террасалар шаклида текислаб, мевали дарахтлар ва тоқлар ўтқозиш;

4) кучли нишаб ерларни кўндалангига ҳайдаш ва суғоришни тўғри амалга ошириш;

5) жарлар ёқасига дарахтлар ўтқозиб, жарлик эрозиясининг кенгайишига, суғориладиган майдонлардан жарликларга сув оқиб кетишига йўл қўймаслик ва ҳар хил тўсиқлар, сув йиғиладиган ҳовузлар барпо этиш.

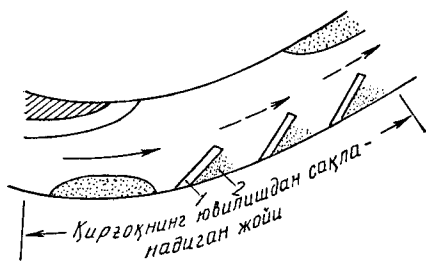
Дарё эрозиясини ўрганишда ва унга қарши тадбирларни ишлаб чиқишда ҳам бу процессни ҳосил қилувчи факторлар ўрганилади. Бу факторлар, асосан, икки регионал ва маҳаллий факторларга бўлинади. Дарёнинг гидрологик шаронти, геоморфологик тузилиши регионал факторлар ҳисобланади. Факторларни анализ қилиб, дарёнинг қайси жойида эрозия бўлишини олдиндан аниқлаш мумкин.

Дарё қирғоқларининг ювилиши биринчи навбатда сув сатҳининг ўзгаришига боғлиқ. Шунга кўра кўп ҳолларда дарё қирғоқларининг интенсив ювилиши баҳорги сув тошқинлари даврида бўлади.

Дарё қирғоқларининг геологик тузилиши, тоғ жинсларининг таркиби, ётиш ҳолати ҳамда физик ва механик хоссалари маҳаллий факторлар ҳисобланади. Дарё эрозияси қирғоқнинг қайси жойида қандай тезликда бўлиши қирғоқнинг геологик тузилишига, тоғ жинсларининг таркибига боғлиқ. Агар қирғоқ бўшоқ тоғ жинсларидан ташкил топган бўлса, улар сув таъсирида тез ювилади, қаттиқ жинслардан иборат бўлса, ювилиш секин бўлади. Шунинг учун дарё қирғоқларининг геологик тузилиши, тоғ жинсларининг таркиби, инженерлик-геологик хусусиятлари батафсил ўрганилади ва қайси жойида ювилиш қандай бўлиши аниқланади.

Дарё қирғоқларини ювилишдан сақлаш учун профилактик ва капитал чоралар кўрилади. Биринчисига ҳар хил усуллар билан дарё қирғоқлари мустаҳкамлигини ошириш, пляжларни сақлаб қолиш, сунъий пляжлар ҳосил қилиш ва бошқалар кирази. Иккинчисига эса, қирғоқларга бетон плиталар ётқизиш, оқим йўналишини ўзгартириш учун дарё қирғоқларида тўсиқлар қуриш (102-расм), қирғоқларга тош ётқизиш, унинг мустаҳкамлигини ошириш ва ҳақозолар кирази.

Шамол келтирадиган зарарнинг олдини олиш учун ҳам турли чоралар кўрилади. Масалан, кўчиб юрадиган қумларни



102-расм. Қирғоқни ювилишдан сақлайдиган қурилмалар схемаси:

1—оқим йўналишини ўзгартирувчи қурилмалар; 2—қурилмалар олдида бўшқ жинслар йиғиладиган зона.

муштаҳкамлаш учун ўсимликлар ўтқазилади, бўйи паст дарахтлар, илдизи қўп ва чуқурга кетадиган ўтлар экилади. Ўсимликларни ўтқазилдан олдин, қамишдан, бордондан катта-катта шитлар (тўсиқлар) ясаб, қум устига иккитадан қилиб ўрнатилади. Бу тўсиқлар шамол тезлигини камайтиради, ўсимликларнинг ўсиб олишига имконият яратди. Темир йўл ва автомобиль йўллари четига ҳам да-

рахтлар ўтқазилади, дарахт ўтқазил қийин бўлган жойларга йўл ёқалаб шитлар ўрнатилади. Ҳозир саҳролар шароитига чидамли саксовул, қум акацияси ўтқазил қулайлик туғдирмоқда. Бу дарахтлар оғир шароитга яхши чидаш беришдан ташқари, жуда тез ўсади ва ўн йил ичида уларнинг бўйи 5—6 метрга, диаметри 30 сантиметрга етади. Қора саксовулнинг бўйи 10 м, диаметри бир метрга етади. Бухоро ва Қорақўл воҳаси атрофларида жуда катта саксовулзор барпо этилган. Саксовулзорлар воҳадаги пахта далалари ҳамда аҳоли яшайдиган пунктларни қум босиш хавфидан сақлайди. Шуни ҳам айтиш керакки, баъзи жойларда сув камлиги, шамолнинг кучлилиги сабабли дарахт ва ўсимликларнинг кўпайиши жуда қийин бўлади. Бундай жойларда қумларга битум ёки суюқ шиша шимдирилиб, зичлиги ва ёпишқоқлиги оширилади. Аммо, бу жуда қимматга тушади, шу сабабли, бу усул жуда зарур бўлгандагина қўлланади.

Кейинги йилларда ишлаб чиқилган энг қулай ва арзон тадбирлардан бири кўчма қум дўнгликлари устида ёпишқоқ қобиқ ҳосил қилишдир. Бунинг учун қум дўнгликлари устига гил билан қум аралашмаси ёки қумни ёпишқоқ қилувчи полимер моддалар самолётдан сепади. Ҳосил бўлган қобиқ устида ўсимлик уруғлари бемалол ўсаверади.

## XVIII БОБ. КАРСТЛАР

Сув таъсирида оҳактош, доломит, гипс, ош тузи каби қаттиқ жинсларнинг эриши натижасида пайдо бўладиган геологик процесслар карстлар дейлади.

Карст сўзи шимоли-ғарбий Югославиядаги карст платоси (ясси тоғи) номидан олиниб «тош» деган маънони билдиради.

Карст ҳодисаси карст ҳосил қилувчи жинслар оҳактош, доломит, гипс, ангидрид ва ош тузлари ёриқларига ер ости ва ер устки сувларининг узоқ геологик даврлар мобайнидаги таъсири натижасида вужудга келади. Бунда сув таъсирида тоғ жинслари



эрийди, ювилади, орасидаги ёриқлар кенгайди, чуқурлашади, узунлашади, натижада ер қобиғи қатламлари орасида турли шакл ва катталиқ бўшлиқлар, каналлар ва ғорлар ҳосил бўлади. Агар карстланувчи тоғ жинслари ер юзасида ёки унга яқин жойлашган бўлса, ёриқларга кирган сув уларнинг деворларини эритиши ва ёриқлар кенгайиб ер устки сувлари тобора кўпроқ сингадиган бўлади. Бу ёриқлар аста-секин ясси ёки чуқур чўкмаларга ва воронкаларга айланади. Бу процесс ривожланган сари ер юзасидаги воронкалар тобора кўпая боради, уларни ажратиш турган жойлар эса кичрая боради. Қўшни воронкалар кенгайиб бир-бирига қўшилиб кетади ва катта-катта котлован-маларга ва воронкаларга айланади. Бу процесс ривожланган шидан бўшлиқлар ҳосил бўлади ва улар кенгайиб, узайиб, бир-бири билан қўшилиб, ер ости каналлари пайдо бўлади. Карст бўшлиқларидан ва ғорларидан чиққан сувлар ер юзаси ва ичка-рисида қўллар ҳосил қилади. Карст сувидан халқ хўжалигида фойдаланилади. Рудали моддаларга тўйинган карст сувларидан руда конлари таркиб топади.

Шундай қилиб, карст ҳодисасидан карст сувлари, конлари, каналлари, қўллари, булоқлари, қудуқлари, воронкалари ва ландшафти ҳосил бўлади.

Карст халқ хўжалигига катта зарар келтиради. Карст кўп тарқалган районларнинг инженерлик-геологик, гидрогеологик ва геоморфологик шароити йил сайин ўзгариб боради. Карстдан ҳосил бўлган бўшлиқлар ер юзасидан унча чуқурда бўлмаса, улар устидаги қатламлар ўпирилиб, чуқурликлар ҳосил бўлади.

Карст ҳодисалари шу районнинг инженерлик-геологик шароитига ва барпо этиладиган қурилишларга жуда катта таъсир этади. Ер усти сувлари ва атмосфера ёғинлари, баъзан карст ғорлари, каналлари орқали ерга синиб кетади. Агар шу районга яқин жойда ер ости ишлари олиб борилаётган бўлса, карст бўшлиқлари ва ғорлари орқали оқаётган сувлар кон деворларидан сизиб, шахталарни сув ботиб кетиши мумкин. Шу сабабли кон саноатида карстларни ўрганишга алоҳида аҳамият берилади. Бундан ташқари карст яхши ривожланган районлардан ўтган темир йўлларда, баъзан кўнгилсиз ҳодисалар рўй беради, масалан, ер юзаси бирдан ўпирилиб, темир йўллар деформацияланади. Карст ҳодисаси планетамизнинг кўп жойида учрайди. Бу ҳодиса мамлакатимиз территориясининг Кавказ, Қрим, Сибирь, айниқса Ўрта Осиё, Волга, Болтиқбўйи районларида жуда кенг тарқалган.

Урал тоғи ер ости бўшлиқларига жуда бой. Ундаги Қўнғир ғори Совет Иттифоқидаги энг машҳур ғорлардан ҳисобланади. Унинг умумий узунлиги 5000 м бўлиб, турли катта-кичикликдаги 58 та зал ва 36 та қўли бор. Қрим ярим оролида ҳам ер ости бўшлиқлари кўп. Яхши ўрганилган машҳур олти қаватли Қизил ғорнинг ҳозирча 12 км дан ортиқ қисми текширилган. Ғор ер остига 135 м гача кириб кетган. В. Н. Дублянскийнинг аниқлашича, ғорнинг умумий майдони 500 м<sup>2</sup>, ҳажми 190000 м<sup>3</sup>. Ғорда

дарё ва ёзда қуриб қоладиган кўллар бор. В. Н. Дублянскийнинг маълумотига кўра, Қримда 704 дан ортиқ ер ости бўшлиқлари ўрганилган.

Украинадаги энг катта ер ости бўшлиқларидан бири Кристал ғори бўлиб, узунлиги 18785 м. М. Маматқуловнинг таъкидлашича, бу ғор дунёда гипсдан ҳосил бўлган ер ости бўшлиқларнинг энг узунидир.

Ер ости бўшлиқлари Қавказда ҳам кенг тарқалган, булардан бири 500 м ли Воронцов ғоридир.

Грузияда ҳам умумий узунлиги 5500 м дан ортиқ 500 дан зиёд ғор борлиги аниқланган.

Сибирда ҳам ер ости бўшлиқлари кўплаб топилади. Саян ва Минусин районларида 107 та ғор бўлиб, улардан айниқса умумий узунлиги 2 км, чуқурлиги 274 м бўлган Кубин ғори диққатга сазовордир.

Ўрта Осиёда ҳам кўп ғорлар топилган. М. Маматқуловнинг (1970) маълумотига кўра, улар ичида энг машҳур ғорлардан бири Туркменистондаги Баҳардин ғоридир. У ғор юра давридаги оҳақтошларга сув таъсири натижасида ҳосил бўлган. Ғорнинг узунлиги 220 м, кенглиги 50—57 м, баландлиги 20 м гача етади.

Ўзбекистон билан Туркменистон чегарасидаги Қорлун ғори ўзига хос манзарага эга. У СССРдаги энг катта ғорлардан ҳисобланиб, узунлиги 10 км дан ортиқ деб тахмин қилинади. Фарғона водийсидаги Ўш тоғларида жуда кўп ғорлар бор. Академик Д. И. Шчербаковнинг ёзишича, тоғ устида юриб тошларга болға урилса, ер остида бўшлиқлар борлиги сезилади. Бу райондаги Чилустун ғори жуда машҳурдир. Жанубий Фарғона тоғларининг ёнбағирларида жойлашган Коннют ғорининг узунлиги 900 м дир.

Ўзбекистон жанубидаги Бойсун тизма тоғларида ҳам бир неча ғорлар бўлиб, Тешиктош ғори жуда машҳурдир.

Зарафшон тизма тоғларида ҳам бир неча ғорлар бўлиб, булар ичида энг машҳури Амир Темир ғори ҳисобланади. Унинг узунлиги 450 м.

Помир тоғидаги Рангкўл атрофида бир қанча ғорлар борлиги маълум. 1949 йилда биология станциясининг А. Блешчунов раҳбарлигидаги ходимлари Катта Рангкўл ғорида бир кенг зал топганлар ва уни мукаммал ўрганганлар.

Умуман олганда карст ҳодисаси Ер шарининг ҳамма жойида тарқалган бўлиб, бир ерда кўп, бир ерда оз учрайди. Бунинг сабаби карстланувчи жинсларнинг Ер шари бўйлаб бир текис тарқалмаганлиги ёки уни ҳосил қилувчи шароитнинг ҳар жойда ҳар хиллигидир.

## 1. Карст ҳодисаси ривожланиши ва классификацияси

Карст ҳодисаси сувда эрувчан тоғ жинсларидан иборат жойлардагина рўй беради. Оҳақтош, доломит, гипс, ангидрит ва туз ана шундай жинслар бўлиб, улар геология фанида карстланув-

чи тоғ жинслари деб юритилади. Бу жинслардан иборат жойлар Ер шарида 50 миллион кв. км. дан кўпроқ, яъни қуруқликнинг 34 процентига яқин қисмини эгаллаган.

Бироқ карстланувчи тоғ жинслари тарқалган жойларнинг ҳаммасида ҳам карст ҳодисаси бўлавермайди. Бу ҳодиса рўй бериши ва ривожланиши учун: 1) сув ёриқлар орқали ерга сингийдиган текис ёки бир оз қия майдон; 2) жинсларнинг қатламлари қалин; 3) ер остига тушган сув янада пастга силжиши учун ер ости сувининг сатҳи анча паст, тезлиги эса катта; 4) тектоник ва бошқа хил ёриқлар мавжуд; 5) карстланувчи жинслардан ёки уларнинг ёнидан дарё ўтиши, ёхуд бу жинслар сув омбори яқинида бўлиши шарт. Ана шундай шароитда сувда эрувчи тоғ жинслари системасида химиявий мувозанат бузилади. Натижада сув ва тоғ жинси орасида коррозион процесслар ҳосил бўлиб карст ҳодисаси рўй беради.

Карст процесслари ўзига хос географик ландшафтларни ҳосил қилади. Зич аммо дарз кетган ва сувда осон эрийдиган тоғ жинслари ер бетига чиқиб, ўзига хос гидрографик шароит вужудга келади ва ер усти ҳамда ер ости сувлари тоғ жинсларини эритиши таъсирида алоҳида рельеф шакллари пайдо бўлади. Масалан, дарз кетган оҳактошлардан тузилган жойга ёққан ёгин сувининг бир қисми ер юзасидан оқиб кетади, бир қисми оҳактош қатламлари ёриқларига сингийди ва вақт ўтиши билан ер устида оқадиган сув тобора камайиб, ёгин сувининг кўп қисми ер остига сингиб кетадиган бўлади.

Оҳактошларнинг юзаси ариқчалардан оқиб бораётган сув оқими билан ювилади. Дастлаб, оҳактошнинг сирти текис бўлганда, ҳаводаги карбонат ангидрид билан тўйинган ёмғир ва қор сувлари оқади. Бироқ дастлаб жуда кичик чуқурчалар пайдо бўлиши биланоқ, уларда бир хил оқимлар қўшилиб оқа бошлайди. Сувнинг бу чуқурчалардаги ювиш иши тобора кучайиб, чуқурчалар тобора ўса боради. Натижада оҳактош массивининг сирти, чуқурликлари баъзан бир неча ўн сантиметргача етадиган, бир-бирига бирмунча параллел ариқчалар билан кесилганга ўхшаб қолади, узоқдан назар ташланса, у худди ариқ тармоқларидан вужудга келган жўякларга ўхшаб кетади. Бу жўяклар «каррлар» деб аталади (103-расм).

Сув бир дарзликни топиб олиб, дарзликдан массив оралиғига ҳаракат қилар экан, эритиш ишини давом эттиради. Натижада баъзан тўғри, чуқур тушиб кетадиган, баъзан эса қинғирқийшиқ бўлиб тушадиган табиий қудуққа ўхшаш ўра вужудга келади, буни фанда «понорлар» деб аталади (104-расм).

Агар дарё ўз йўлида понорларга тўғри келиб қолса, дарё сувининг кўп қисми понорларга тушиб кетиб, бир қанча вақтгача ер остида оқиб, қулай жойдан ер юзасига чиқиб оқа бошлайди.

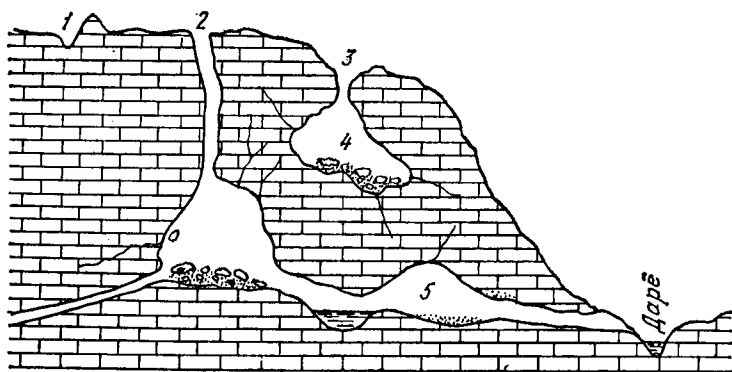
Понорлар ўз навбатида сув таъсирида ювилиб, юқори қисми кенгайиб, воронкасимон чуқурликлар ҳосил қилади. Бундай чуқурликларга карст воронкалари дейилади. Бу процесс ривожланган сари ер юзасидаги воронкалар тобора кўпайиб ва уларни



103- расм. Карст областидаги оҳақтошларда ҳосил бўлган каррлар.

ажрашиб турган баландликлар кичраиб боради; воронкалар кенгайиши ва бир-бирига қўшилиб кетиши натижасида катта-катта котлованлар ҳосил бўлади.

Ер юзасидаги ёриқларнинг ювилиб кетиши ва уларнинг воронкаларга айланиши билан бирга ер ости сувлари ҳаракат қиладиган ёриқлар ҳам кенгая боради ва ерда бўшлиқлар вужудга келади. Буни фанда ер ости карст бўшлиқлари деб юритулади. Карст бўшлиқлари ер юзасига нисбатан турли чуқурликда бўлиб, текисликларда бир метрдан бир неча ўн метргача, тоғлиқ районларда минг метргача боради.



104- расм. Карст формаларининг схематик кўриниши:  
 1—каррлар; 2—полорлар (қудуқлар); 3—карст воронкаси; 4—карст бўшлиғи;  
 5—фор.

Ер ости карст бўшлиқларининг ҳажми карстланувчи жинсининг химиявий таркибига, ғоваклилигига, дарзлигига, бир хиллик даражаси ва бошқа хусусиятларига боғлиқ. Масалан, доломитларда карст бўшлиқлари йирик ғоваклардан ёки 5—6 м кенгликдаги ёриқлардан иборат бўлса, сувда яхши эрувчан оҳақтош, гипс ва ош тузларида баландлиги 6—7 м, кенглиги 9—30 м ва узунлиги бир неча ўн метр келадиган ер ости галлереялари ҳосил бўлади. Бир-бири билан қўшилиб улар ер остида катта-кичик ғорларни ҳосил қилади.

Кўп ер ости бўшлиқларида шипдан пастга осилиб ётган ва пастдан шипга қараб қад кўтариб турган қозикларга ўхшаш шаклларни учратиш мумкин. Буларнинг биринчиси сталактит, иккинчиси сталагмит деб аталади.

Эрувчан (карстланувчан) жинслардан ўтаётган ер ости сувларининг химиявий таркиби тобора ўзгариб, минераллашиб, калий карбонат тузига бойиб боради ва ер ости бўшлиқларининг шипидан пастга томиб туради. Эритманинг шипдан томаётган жойида буғланиш ҳосил бўлиб, таркибидаги тузлар кристаллга айланиб ўса боради. Натижада юқорида қолган ва пастда йиғилган кристаллар аста-секин катталашиб юқоридан пастга сумалакка ўхшаб осилиб тушган ҳамда пастдан юқорига қараб столбаларга ўшаган шакллар пайдо бўлади. Бу шакллар вақт ўтиши билан янада йўғонлашади ва узунлиги ошади. Кўп ҳолларда сталагмит ва сталактитлар ўсиб бир-бирига туташishi натижасида бир бутун устунларни пайдо қилади (105-расм).

Карст ҳодисаси ер сатҳига, унинг устида ўсимликлар бор-йўқлигига, ҳосил бўлган вақтига ва карстланган жинсларнинг химиявий таркибига қараб бир қанча хилларга бўлинади (35-жадвал).

Ер сатҳига нисбатан: 1) очиқ карст — карстланувчи тоғ жинси ер юзасида ётади; 2) ёпиқ карст — карстланувчи тоғ

35-жадвал

Карстларнинг генетик классификацияси

Ер сатҳига нисбатан	Ҳосил бўлган вақтига, яъни ёшига нисбатан	Карстланган жинсларнинг харақтерига нисбатан	Карстланган жинсларнинг химиявий таркибига нисбатан
1. Очиқ карст	1. Ҳозирги замон карсти ёки актив карст	1. Оҳақ жинсли карст	1. Карбонатли карст
2. Ёпиқ карст	2. Қари карст	2. Доломитли карст	2. Сульфатли карст
3. Ярим очиқ ёки ярим ёпиқ	3. Қадимги ёки кўмилган карст	3. Гипсли карст 4. Карбонатли цемент билан қотишган жинслардаги карст	3. Сульфат карбонатли карст 4. Тузли карст



105- расм. Чехословакия Мацоха горидаги сталактит ва сталагмитлар.

жинсинг усти сув таъсирида эримайдиган қатламлар билан чегараланган бўлади; 3) ярим очиқ ёки ярим ёпиқ карстлар-карстланувчи жинсинг бир қисми ер юзига яқин ёки ер юзида, қолган қисми эса сувда эримайдиган тоғ жинслари билан ажралган ҳолда ер юзидан анча чуқурда бўлади.

Ер ости сувларининг чуқурлигига қараб карст чуқур ва саёз карстга бўлинади.

Ҳозирги замон карстларига ҳозирги даврда пайдо бўлган карстлар киради. Улар тарқалиш ва ривожланиш тезлигига қараб, актив ва пассив бўлади. Актив карстлар кўпинча бирор жойдан канал ўтганда ёки сув омбори қурилганда ҳосил бўлиб, уларнинг ривожланиш даври узоқ бўлмайди, Эски ёки қари карстлар кўпинча пассив ривожланади.

Қадимги карстлар тўртламчи даврдан аввал ҳосил бўлган карстлардир. Қадимги карст бўшлиқлари кўпинча бошқа жинслар билан тўлиб қолади. Бундай карстлар кўмилган карстлар дейилади.

Эски ва қадимги карстлар қулай шароит вужудга келиши билан ривожланиб, ҳозирги замон карстларига айланиши ҳам мумкин. Бундай карстлар ҳозирги — қадимги карстлар ёки ҳозирги — қари карстлар деб аталади.

Н. В. Родионов (1963) ҳосил бўлиш шароити ва жойларнинг тузилишига қараб карстларни қуйидаги турларга бўлган: 1) эрозион карст; 2) сув айирғич карст; 3) тектоник тепаликлардаги карст; 4) тектоник ёриқлардаги карст; 5) эрозион-токтоник карст; 6) қадимий тектоник чўкмалардаги карст; 7) контакт зоналардаги карст; 8) антропоген карстлар.

Эрозион карстлар ҳозирги ва қадимги дарё водийларида кўп тарқалган. Улар, асосан, оқар сувлар таъсирида ҳосил бўлади. Карстларнинг ҳосил бўлиш тезлиги ва активлиги дарё сувининг оз-кўплигига, сув сатҳининг ўзгариш амплитудасига, ўзан ҳамда соҳилдаги жинсларнинг сув ўтказиш даражасига, карстланувчи жинснинг ўзанга нисбатан жойлашувига боғлиқ. Масалан, карстланувчи жинс дарё ўзанида бўлса, карстланиш процесси жуда тез ривожланади. Дарё террасалари ва қиргоқ сув остида қолиб кетганда ҳам карстлар тез пайдо бўлади. Бунда карст воронка, ғор, ўпирилиш шаклида бўлади.

Сув айирғичларда ҳам карстлар ҳосил бўлади. Тоғ жинслари нурашидан вужудга келган дарзлар бундай карстлар пайдо бўлишида муҳим роль ўйнайди.

Агар сув айирғич икки дарё оралиғида бўлиб, ундаги жинсларда сув алмашилиб турса, карстланиш процессининг активлиги ошади.

Карстланувчи тоғ жинслари тектоник ёриқлар йўналишида бўлса, карстланиш процессининг ривожланиши ва йўналиши шу ёриқлар бўйлаб боради. Карстнинг ривожланиш активлиги тектоник ёриқларнинг катта-кичиклиги, чуқурлиги ва сонига боғлиқ бўлади.

Карстланиш процесслари баъзан тектоник синиқларда ҳам учрайди. Маълумки, тектоник ҳаракатлар натижасида ер қатламлари эгилади, букилади ва синади. Ана шу синиш туфайли карстланувчи қатламлар сувли қатламларга тўғри келиб қолиши мумкин. Бу ҳолда ер ости сувлари синиш чизиги бўйлаб ҳаракатлана бошлайди. Бу эса карстланувчи қатлам орасида карст бўшлиқлари ҳосил бўлишига олиб келади. Карстланувчи жинслар тектоник тепаликларда бўлиб, уларни дарё кесиб ўт-

са, эрозия-тектоник карстлар вужудга келади. Инсон фаолияти таъсирида ҳам карстлар ҳосил бўлади; уларни антропоген карстлар дейилади, яъни туз ёки руда қазиб олингандан кейин ер қобиғида катта-катта бўшлиқлар пайдо бўлиб, бу бўшлиқлардан ер ости сувлари оқа бошлайди ва атрофдаги жинсларга таъсир этиб, карст ҳосил қилади. Антропоген карстлар баъзан канал ва сув омборларида, суғориладиган жойларда ҳам ҳосил бўлади.

Карстланувчи жинслар уч хил зонада: аэрация, сувга тўйинган қатламлар ва сувли қатламлар зонасида ётиши мумкин.

Карстланувчи жинсларда ер ости сувларининг ҳаракатланиш тезлиги ва йўналиши улар қайси зонада ётишига боғлиқ. Карстланувчи жинсларда ер ости сувлари ҳаракатланиш зонаси карстланиш процессини ҳосил қилувчи гидродинамик зона деб аталади. Агар карстланувчи жинс аэрация зонасида бўлса, карстланиш процессини ҳосил қилувчи ер ости сувларининг циркуляцияси вертикал, карст сувининг ҳаракат йўналиши эса вертикал, пасаювчи бўлади. Карстланувчи жинс сувли қатламда бўлса, карст сувининг циркуляцияси горизонтал ёки сифоний, ҳаракат йўналиши эса баъи жойларда вертикал ёки горизонтал, сув айирғич жойларида пасаювчи, бошқа жойларда кўтариливи бўлади.

Демак, карстланиш процессининг турлари ва ҳосил бўлиш шароити ҳамда ривожланиш жойларининг геологик ва геоморфологик тузилишига, гидрогеологик шароитига, иқлимга, жинсларнинг таркибига ва физик-механик хоссаларига ва бошқа бир қанча факторларга боғлиқ экан.

## **2. Карст процессининг инженерлик-геологик аҳамияти ва уни ўрганиш**

Жойларнинг карстланувчанлигини ва карстланиш процессини баҳолаш. Жойларнинг карстланувчанлигини ва карстланиш процессининг ривожланиш тезлигини баҳолаш инженерлик-геологик жиҳатдан катта аҳамиятга эга. Чунки карст тарқалган районларда қурилган ёки қурилаётган иншоотларнинг чидамлик даражаси шу процесснинг ривожланиш тезлигига боғлиқ бўлади.

Карст тарқалган жойларнинг шароитини инженерлик-геологик нуқтаи назардан баҳолашда бу процесс туфайли ҳосил бўлган турли воронка ва қудуқларнинг, ер остидаги бўшлиқларнинг қурилаётган иншоотга қай даражада таъсир этиши ва унинг қандай хавф туғдириши назарда тутилади. Бунинг учун карстланиш процессидан ҳосил бўлган чуқурлик ва қудуқларнинг сийрак-қалинлиги, улар тарқалган жойнинг рельефи, геологик тузилиши, ҳосил бўлган чуқурлик ва қудуқларнинг ёши, ҳосил бўлиш активлиги ҳамда жойнинг инженерлик-геологик шароити ҳисобга олинади.



Жойларнинг карстланувчанлиги 1 км<sup>2</sup> юзада ҳосил бўлган чуқурлик ва қудуқларнинг сони аниқланади.

Ернинг 1 км<sup>2</sup> юзасига бирдан ўнгача, баъзан ундан ҳам ортиқ чуқурлик ва қудуқ тўғри келиши мумкин. Жойларни инженерлик-геологик нуқтаи назардан баҳолашда карстдан ҳосил бўлган чуқурлик ва қудуқларнинг ёшини аниқлаш амалий ва назарий аҳамиятга эга.

Карстнинг ёшини аниқлаш учун карст ҳосил бўлиш процесси вақтини билиш керак. Баъзан қари карст устида ёки ёнида янги карст чуқурлиги ва қудуқлари ҳосил бўлади. Бу эса ўз навбатида карстнинг ёшини аниқлашда анча қийинчилик туғдиради. Шу сабабли карстларнинг ёшини аниқлашда чуқурлик ва қудуқларнинг ташқи тузилиши ҳисобга олинади, чунки қудуқларнинг ҳар бир морфологик хили маълум бир даврга тўғри келади. Карстларнинг жойлашиши ва тузилишини жойнинг геоморфологик тузилишига таққослаб ўрганиш унинг ёшини аниқлашда катта ёрдам беради.

Жойларнинг карстланувчанлигини баҳолашда ер қобиғида карстланиш процессидан ҳосил бўлган бўшлиқларнинг кенлиги, узунлиги ҳисобга олинади. Ҳисоблашда карстлар маълум юзанинг қанча процентини ташкил этганлиги аниқланади. Бунинг учун тоғ ёнбағирларининг очилиб қолган жойларидаги, шахта ёки қудуқлар деворларидаги бўшлиқ ва ёриқларнинг ҳажмлари аниқланиб, улар юзанинг неча процентини ташкил этиши ҳисоблаб чиқилади. Булардан ташқари, жойларнинг карстланувчанлик даражасини ўрганишда шу жойларда бурғи қудуқлардан чиққан кернларнинг чиқиш проценти ҳам ҳисобга олинади. Агар карстланиш процесси кўп тарқалган жойларда бурғи қудуқлари бўлса, улардан чиқаётган тоғ жинсининг (керннинг) миқдори, кўпинча 100% эмас, 50—60% бўлади. Бу эса бурғи колонкалари (қирқувчи трубалари) карст бўшлиқларидан ўтганлигини билдиради. Бурғилаш ишлари гилли эритмалар билан олиб борилаётган бўлса, бурғи карст бўшлиқларидан ўтаётганда қудуқ ичига юборилаётган гилли эритмалар сарфи бирданига ошиб кетади. Бу эса бурғининг карстга тўғри келиб қолганини билдиради.

Жойларнинг карстланувчанлиги бу жойлардан ўтган дарё сувлари миқдорининг ўзгариб туриши билан ҳам аниқланади. Бунинг учун дарё айрим-айрим қисмларга бўлиниб, ҳар бир қисмда сув миқдори бирдан камайиб кетса, демак, шу жойда карст бўшлиқлари жуда катта ва узун бўлиб, дарёнинг деярли ҳамма суви шу бўшлиқ орқали ер қобиғига шимилиб кетади.

Н. В. Радионов (1963) карстланиш процессининг ривожланиш тезлигини унинг активлик даражаси билан ифодалашни тавсия этади. Активлик даражаси вақт бирлиги ичида эриган тоғ жинси умумий ҳажмининг карстланаётган тоғ жинси умумий ҳажмига нисбати билан ифодаланади ва қуйидаги формула билан аниқланади:

$$A = \frac{V}{V_1} \cdot 100\%$$

бунда  $V$  — карст ҳодисаси натижасида сувда эриб, ташқарига чиқиб кетган жинс миқдори (ҳажми);  $V_1$  — карстланувчи жинсининг умумий ҳажми.

Н. В. Радионовнинг ҳисобига кўра, карстнинг активлик даражаси Қрим учун 0,08%, Сочи учун 1%, Ўрта Осиёнинг қуроқчилик районлари учун 0,001% ни ташкил этади.

З. А. Макеев жойларнинг карстланувчанлик даражасини карстнинг мустаҳкамлик даражаси билан ифодалашни тавсия этади. Жойларнинг мустаҳкамлиги маълум вақт оралиғида 1 км<sup>2</sup> юзада ҳосил бўлган чуқурлик ва қудуқларнинг сони билан ифодаланади. З. А. Макеев карстланган жойларнинг мустаҳкамлик даражасини қуйидаги категорияларга бўлади:

1. Жуда мустаҳкам бўлмаган участка — 1 км<sup>2</sup> юзада ҳар йили 5 дан 10 тагача карст чуқурлиги ва қудуғи ҳосил бўлади;

2. Мустаҳкам бўлмаган участка — 1 км<sup>2</sup> юзада ҳар йили 5 та чуқурлик ҳосил бўлади;

3. Ўртача мустаҳкам участка — 1 км<sup>2</sup> юзада 20 йил давомида бир дона чуқурлик пайдо бўлади;

4. Мустаҳкам участка — 1 км<sup>2</sup> юзада 20—50 йил мобайнида битта чуқурлик ҳосил бўлади.

Шундай қилиб, жойларнинг карстланувчанлигини ва карстнинг ривожланиш тезлигини аниқлашда ана шу жойларнинг ёши, геоморфологик тузилиши, воронка ва қудуқларининг сони, қалин-сийраклиги ва жойларнинг карстга нисбатан мустаҳкамлигига катта эътибор бериш керак экан. Шундай қилинганда жойнинг инженер-геологик шароити тўғри баҳоланган бўлади.

Карст процессини ўрганишнинг аҳамияти. Карст процесси туфайли ҳосил бўлган бўшлиқлар ва карстланиш процессини ўрганишнинг уч муҳим томони бор. Биринчидан, ер ости бўшлиқларида турли-туман қазилма бойликлар мавжуд. Г. А. Максимова (1969) ёзишича, оҳақтошлардан ҳосил бўлган ер ости бўшлиқларида 80 хилдан ортиқ минерал топилган. Уларда фосфат минераллари айниқса, кўп учрайди. Фосфатларнинг 83 минералидан 23 таси ер ости бўшлиқларида учрайди. Ер ости бўшлиқларида чиқаётган иссиқ сувлар турли минералларнинг (кальцит, ароганит, барит ва бошқа) ҳосил бўлишига сабаб бўлади.

М. Маматқуловнинг кўрсатишича, Тожикистондаги Магнон ғорида марказит, кварц, Фарғонадаги барит ғорида ва Ҳайдаркон районидаги ғорларда барит, кальцит, ароганит, флюорит ва бошқа минераллар топилган.

Ер ости бўшлиқларида ҳосил бўлган қазилма бойликлардан бири мрамор ониксидир. Оникс шу қадар шаффофки, баъзида у ойна ўрнида ишлатилади.

Ер ости бўшлиқларида энг кўп тарқалган қазилма бойликлардан бири фосфоритдир. У ҳайвон ва қушларнинг суяги ҳамда гўнгидан ҳосил бўлади.

Ер ости сувлари оҳактошларни эритгач, улар таркибидаги алюминий, темир, ванадий ва бошқа элементлар ғорларда қолади ва бошқа минераллар билан аралашиб, қатламлар ҳосил қилади. Жанубий Франциядаги кўпчилик боксит конлари шу йўл билан ҳосил бўлган.

Иккинчи томондан ер ости бўшлиқлари аҳолини сув билан таъминлайдиган манба ҳисобланади. Ер ости бўшлиқларидаги сувнинг аҳоли пунктлари, саноат объектларини сув билан таъминлашдаги роли ниҳоятда каттадир. Кўпчилик карст бўшлиқларидан чиқадиган булоқлар минераллашган бўлади. Масалан, Мацеста булоғи бир суткада 10 млн. литр, Тамиск — 4 млн. литр, Кисловодск нарзани 1,2 млн. литр сув беради.

Қуруқ иқлимли районларда ер ости сув запаслари кўпайишида бўшлиқлар катта роль ўйнайди. Чунки ёғингарчиликнинг кўп қисми буғланмасдан, бўшлиқларга қуйилади ва уларда йиғилади. Масалан, Устюрт платосида бу яққол кўзга ташланади.

Ер бўшлиқлари ва ёриқлари фақат саҳро ва чўл районларида эмас, балки тоғлиқ районларда ҳам аҳолини сув билан таъминлашда муҳим роль ўйнайди, Масалан, Ўзбекистон территориясидаги Зафаршон, Нурота ва бошқа кўп районлар аҳолиси ер бўшлиқларидан чиқадиган сувдан фойдаланади, М. Маматқуловнинг маълумотига кўра Нурота районидаги булоқ секундида 260 литргача сув бериб туради.

Учинчидан ер ости бўшлиқлари ер устига қуриладиган иншоотларга хавф туғдиради. Айниқса, карстланувчи қатламлар устида сув омборлари (тўғонлари) қурилганда ўз оғирлиги таъсирида уларнинг остида бўшлиқлар мавжудлиги ёки янги бўшлиқлар ҳосил бўлиши сабабли чўкади. Бундан ташқари сув омборларида сув йиғилмасдан ер ости бўшлиқлари ва ёриқларига оқиб кетади.

Кўпчилик бўшлиқлар турли қурилиш, айниқса, туннель қазниш ишларида катта қийинчиликларга сабаб бўлади. Масалан, баъзи районларда туннель қазниш вақтида сув чиқиб, туннелларни бутунлай босиб ҳам кетади.

Ер ости бўшлиқлари шифобахшлик хусусиятга ҳам эга, чунки кўпчилик карст бўшлиқлари ва ғорларидаги иқлим кишига жуда ёқимли бўлади ва йил давомида бу иқлим ва ҳаво ҳарорати ўзгармай туради. Масалан, Германия Федератив Республикасидаги Клутерт ғоридан бронхит касаллигини даволашда фойдаланилмоқда.

Карстланиш процессини ўрганиш усуллари. Карстланиш процессини ўрганиш усуллари хилма-хил бўлиб, улар ҳозиргача системалаштирилган эмас. Илгари бу процесс қудуқ қазниш усули билан бирга ўрганилар, бу усул жуда қийин бўлиб, кўп вақт ва маблағни талаб қилар эди. Ҳозир карстланиш процесслари комплекс усуллар билан ўрганилади. Жойнинг табиий шароити, ўсимлик дунёси, геологик тузилиши, геоморфологияси ва гидрогеологияси қурилган иншоотлар билан бирга ўргани-

лади. Карстланиш процессининг характери ва ривожланиши юқорида кўрсатилган шароитларга боғлиқ. Карстланиш бўлган жойлар табиий шароитини ўрганишда ҳаво, сув ва тоғ жинсларининг температурасини, ҳавонинг намлигини билиш катта аҳамиятга эга, чунки тоғ жинсининг нураши шу факторларга боғлиқ. Ҳавонинг температураси юқори бўлса, тоғ жинсларида дарзлар кўпаяди, сув температураси кўтарилиши билан унинг жинсларни эритиш қобилияти ортади ва ҳоказо.

Ёғиннинг йиллик миқдори ва ер юзаси бўйлаб тақсимланиши ҳам бу процесснинг ривожланишига катта таъсир кўрсатади. Карстланувчи тоғ жинслари тарқалган районларда ёғиннинг кўп бўлиши бу процесснинг тез ривожланишига имконият туғдиради.

Карстланиш процессининг ривожланишига ўсимлик дунёси икки хил таъсир кўрсатади. Ер юзасидаги ўтлар ёғин сувларининг эркин оқишига тўсқинлик қилади, натижада сувнинг кўп қисми ерга сингиб кетади. Бу эса карстланиш процессининг ривожланишига сабаб бўлади. Аммо баъзи жойларда ўтлар ер юзасини ёғин сувлари билан ювилишдан сақлаб қолади. Бу ҳолда карстланувчи қатламларнинг юзи очилмайди, бинобарин тоғ жинсларини нурашдан сақлайди ва карстланиш процессини сусайтиради. Баъзи ўсимликлар сувни кўп талаб қилади ва ўздан сувни буғлатиш қобилияти юқори бўлади. Бунда карст сусти ривожланади.

Карст тарқалган жойларнинг геологик тузилишини ўрганишда жойнинг тектоникаси, тоғ жинслари қандай даражада нураганлиги, жойнинг геоморфологик тузилиши ва ҳозирги геологик процесслар албатта ҳисобга олинади. Бунинг учун бурғи қудуқлар қазилган ва лаборатория ишлари ўтказиш зарур. Бурғи қудуқлар ва шахта қудуқлари қазилганда тоғ жинсларининг таркиби, ётиш шароити, дарзлик даражаси ва бошқа хусусиятлари аниқланади ҳамда карстланиш процессига доир аниқ маълумотлар олинади.

Карстланиш процессини гидрологик ва гидрогеологик нуқтаи назардан ўрганишда ер усти ва ости сувлари миқдорининг ўзгариши ҳисобга олинishi шарт. Юқорида айтилган сув миқдори дарёнинг ҳар жойида ўлчаниб, унинг ўзгариши аниқланади. Шу билан бирга, ер ости сувларининг ҳар хил жойлардан чиқаётган миқдори ҳам ҳисоблаб чиқилади.

Карстни гидрогеологик нуқтаи назардан ўрганишда тоғ жинсларининг сув ўтказувчанлигини ҳисобга олиш катта аҳамиятга эга, чунки карстланган тоғ жинсларининг сув ўтказувчанлиги жуда кучли бўлади. Маълумки, тоғ жинсларининг сув ўтказувчанлиги фильтрация коэффициенти билан характерланади. Шу сабабли карст тарқалган жойларда бурғи қудуқлар қазилади ва уларга ташқаридан маълум босим остида сув юбориб, тоғ жинсларининг сув ўтказувчанлик хусусияти, яъни фильтрация коэффициенти аниқланади. Олинган маълумотлар бир-бирига таққосланиб, фильтрация коэффицентининг катта-

си белгиланади. Карстланган тоғ жинсларининг сув ўтказувчанлиги бошқа жинсларникига қараганда катта бўлади. Шу сабабли фильтрация коэффиценти катта жойларда карстланувчи жинслар тарқалган, деб ҳисобланади.

Бундан ташқари, карст тарқалган жойларнинг гидрогеологиясини ўрганишда ер ости сувлари режими, яъни унинг сатҳи, температураси, миқдори, ҳаракати ва бошқа хоссалари ўзгариши кузатиб турилади. Шу сабабли бундай жойларда махсус гидрогеологик қидирув ишлари олиб борилади, Бу ишларда сувнинг химиявий таркиби ўзгаришини ўрганиш айниқса муҳим, чунки карстланиш процесси ривожланиши даврида ер ости сувларининг химиявий таркиби тез ўзгариб туради.

Карстланиш процессининг геоморфологиясини ўрганишда рельефнинг ҳосил бўлиши тектоник ҳаракатларга ва эрозия базасига нисбатан аниқланади. Карст процессидан ҳосил бўлган чуқурлик ва қудуқлар морфологияси батафсил ўрганилади.

Ёпиқ карстлар бўшлиқларга жинслар қандай тўлганлигини аниқлаш билан ўрганилади. Агар бўшлиқлар унча тўлмаган бўлса, тузилиши ва йўналиши батафсил ўрганилади. Баъзан ер ости бўшлиқларига ҳидли газлар юбориб, уларнинг йўналиши ва узунлиги аниқланади. Бир ғордан газ юбориб, уни чиққан жойи аниқланади.

Карстланиш процесслари юқорида айтилган усуллар билан ўрганилгандан сўнг, уларнинг генетик классификацияси тузилиб, картага туширилади. Картада ёши ва таркиби ҳар хил карстларнинг ва карстланувчи тоғ жинсларининг жойланиши ифодаланади. Шу билан бирга карстларнинг шакллари, хиллари, карстланувчи жинсларнинг сувланганлик ёки сувсизланганлик даражаси, карстланиш процессида ҳосил бўлган кўл, булоқлар, бўшлиқлар картада ўз аксини топади. Тузилган картани анализ қилиб, жойлар қандай карстланиш процессига учраганлиги аниқланиб, жойларга қуриладиган иншоотларга карстланиш процессининг таъсири олдиндан белгиланади.

## ХИХ БОБ. СЕЛ

Сел сўзи арабча «тез оқувчи сув» деган маънони билдиради. Сел ҳодисаси ўз хусусиятлари билан бошқа геологик процесслардан фарқланади. Бу ҳодиса асосан тўсатдан жуда қисқа вақт ичида содир бўлади.

Нураб майдаланган тоғ жинси парчалари кўп ёмғир ёғиши натижасида ҳосил бўлган сув оқими билан аралашиб тоғ ёнбағридан пастга томон жуда катта тезликда ҳаракатланади.

Сел халқ хўжалигига катта зарар келтиради. Гидротехник иншоотларни, кўприкларни, йўлларни, қишлоқ ва шаҳарларни, кенг экин майдонларини, боғларни вайрон қилиб, дарахтларни илдизи билан қўпориб ҳам кетади, ўнқир-чўнқирлар ҳосил қилади, баъзи жойларни лой, қум, тош, харсанг тош қатламлари

билан кўмиб ташлайди ва баъзан одамларнинг бошпанасиз қолишига сабаб бўлади.

Ф. К. Кочерган (1960) маълумотига кўра, Фарғона водийсида сел келадиган 270 та дарё ўзани мавжуд бўлиб, 1870—1959 йиллар мобайнида 1140 га яқин сел келгани кузатилган. Сел ҳодисаси Ҳисор, Толос, Олой, Туркистон, Чотқол тоғларида, Туркманистон ССРнинг Копет-Доғ дарёси водийсида ҳам тез-тез бўлиб туради.

Сел ҳодисаси Ер шарининг ҳамма тоғли районларига хос ҳодиса бўлиб, айниқса Европанинг Альп ва у билан туташ тоғ ўлкаларида тез-тез содир бўлади. Бу ҳодисани мамлакатимизда Кавказда, Урта Осиёда, Қримда, Қозоғистонда, Карпат, Байкал, Урал тоғи районларда, Узоқ шарқнинг анчагина қисмида, Молдавия ва Украинанинг тоғли районларида ҳам кузатиш мумкин.

### 1. Сел ҳосил бўлиш сабаблари

Нураш процесси натижасида тоғ жинслари майдаланиб ҳар хил катталиқдаги бўлақларга ва зарраларга айланади. Нурашдан майдаланган жинслар тоғ ён бағирларининг нишаблиги кам жойларга йиғила бошлайди ва ҳар хил шаклдаги жинс уюмларини ҳосил қилади.

Тоғли районларда ёмғир ва қорлар эришидан ҳосил бўлган сув оқими ён бағирларда тоғ жинслари бўлақларини ва уюмларини ўзи билан бирга пастга оқизиб кета бошлайди. Бундай сув оқимлари бир-бирига қўшилиб, катта ҳажм ва кучга эга бўлган сел оқимини вужудга келтиради. Сел массасининг тахминан 50—60% ҳар хил тош парчалари, қум ва гилдан, ўсимлик таналаридан иборат бўлади. Демак, сел оқимининг ҳосил бўлиши, ёғиннинг миқдори, ёғиш характери ва тезлигига, тоғ ён бағирларига йиғилган жинсларнинг, сой ва жилғаларнинг озқўплиги, эриётган қор ва муз сувларининг миқдорига боғлиқ бўлади. Шунингдек селнинг вужудга келиши тоғ ён бағирларининг геоморфологик тузилишига, нишаблигига, ўсимликлар билан қопланганлик даражасига ҳам боғлиқдир.

Сел асосан баҳор фаслида, ёзнинг дастлабки кунларида содир бўлади. Бунинг сабаби, биринчидан, баҳор фаслида ёмғирнинг асосий қисми ёғиши, иккинчидан, қишда йиғилган қорнинг бирдан кун исиб кетишидан тез эришидир.

Сел пайдо бўлиши ва ривожланишида жойларнинг орография тузилиши ҳам катта роль ўйнайди. Орография деганда тоғ ва тоғ тизмаларининг йўналиши, тармоқланиши, водийларнинг жойланиши, баланд-пастлиги ва тоғ ён бағирларининг тузилишини тушунамиз.

Тоғ тизмаларининг тузилиши, ўзаро жойланиши ва йўналиши турлича бўлиб, бир хиллари нам олиб келувчи ҳавони тўсиб қолса, бошқалари ўтказиб юборади.

Урта Осиё республикалари территориясига ёғин-сочин келтирадиган ҳаво массалари асосан ғарбдан келади. Шу сабабли

шимолдан жанубга меридианал йўналган тоғлар ғарбдан эсган ҳаво массалари учун тўсиқ ҳисобланади, бундай тоғларнинг ғарб томонларида ёғин-сочиқ миқдори шарқ томонидагига нисбатан кўп бўлади. Бу эса тоғларнинг ғарбий ён бағирларида селга сабаб бўлади. Сел тоғларнинг жанубий ён бағирларида ҳам тез-тез рўй беради. Чунки тоғнинг жанубий ён бағирларига қуёш нури кўпроқ тушади, натижада нураш процессининг тезлиги ошади ва нурашдан ҳосил бўлган тоғ жинси парчалари миқдори тез ортади.

Селга жойнинг рельефи ҳам катта таъсир кўрсатади. Мураккаб рельеф сув оқимининг тезлигини оширади, унинг тезроқ тўпланиш кўл ҳосил бўлишига имкон беради.

Баён этилган факторларнинг ҳаммаси сойларда тошқиннинг миқдори ва тезлигини ошириб, сел бошланишига сабаб бўлади.

## 2. Сел ҳавзалари ва сел оқимларининг классификацияси

Сел доимо бўлиб турадиган жойлар сел ҳавзалари деб аталади. Улар тузилишига, сел оз-кўп бўлишига, қайтарилиши ва характерига кўра бир қанча турларга бўлинади.

Коста де Бастолика (1874) сел ҳавзаларини икки турга: оддий ёки биргина сел ҳосил қилувчи дарё ўзанига эга бўлган ҳавзалар ва мураккаб, биргина сел ҳосил қилувчи ўзандан ташқари қатор селли ирмоқларга эга бўлган ҳавзаларга ажратган. Кейинчалик классификация селнинг генетик хиллари бўйича классификациялашга асос бўлди.

1935 йилда совет олими Е. П. Коновалов селнинг сув билан таъминланишига қараб генетик классификациясини ишлаб чиқди. Унда селлар қуйидаги 3 та турга бўлинади:

- 1) шаррос ёмғир ёғишидан ҳосил бўлувчи селлар;
- 2) қор ва музларнинг тез эришидан ҳосил бўладиган сел;
- 3) музли ёки музсиз кўллар, сув омборлари ўпирилиб кетишидан ҳосил бўлган селлар.

П. С. Непорожний селдорлиги ва сел ҳар бир квадрат километр юзадан ювиб кетадиган тоғ жинси миқдорига қараб, ҳавзаларни уч турга бўлади:

1. Жуда селдор ҳавзалар; бундай ҳавзаларда ён бағирлар бўшоқ жинслар билан қопланган бўлиб, ҳар бир квадрат километр юзадан бир марта бўлган селнинг ювиб кетган жинслар ҳажми 20000 м<sup>3</sup> ни ташкил қилади;

2. Уртача селдор ҳавзалар; бундай ҳавзаларда туб жинсларнинг нураши ва эрозия процесси кучли бўлади. Селда 1 км<sup>2</sup> юзадан ювилиб кетган жинслар ҳажми 10000 м<sup>3</sup> гача боради;

3. Кам селдор ҳавзалар; бундай ҳавзаларда эрозия ва нураш процессларининг интенсивлиги кучсизроқ бўлади ва сел натижасида 1 км<sup>2</sup> юзадан ювилиб кетадиган жинслар ҳажми 5000 м<sup>3</sup> гача бўлади.

Селнинг ҳавфлик категориялари	Сел ҳавзалари характеристикаси		Сел оқимидаги тоғ жинсларининг ҳажми (1 км <sup>2</sup> юзага м <sup>3</sup> )	Селга қарши кураш чоралари
	Сел ҳосил бўладиган жойнинг денгиз сатҳидан баландлиги Н, (м)	Сув билан бирга оқиб келган материаллар		
I	$H > 2500$ тоғли райони	Материалларнинг кўпи йирик жинслардан иборат	15000—25000	Ҳеч қандай чора кўриб бўлмайди
II	$1000 < H < 2500$ тоғли районлар	—, —	500—15000	Асосий чора дарахт ўтқозиш
III	$H < 1000$ тоғ олд ва ясси тоғли районлар	Материалларнинг кўпи гилдан иборат	5000	Асосан агро, ўрмон, мелиоратив чоралар кўрилади

С. Г. Рустамов (1956) селнинг такрорланишига кўра сел ҳавзаларини учта гурпуага ажратади:

1. Селнинг фаолияти юқори ҳавзалар; бундай ҳавзаларда ҳар икки уч йилда бир марта сел бўлади;

2. Сел активлиги ўртача ҳавзалар; бундай ҳавзаларда ҳар 3—5 йилда бир марта сел бўлади;

3. Сел фаолияти паст ҳавзалар; бундай ҳавзаларда ҳар 5—10 йилда бир марта сел бўлади.

Кейинги йилларда Д. Л. Соколов, С. М. Флейшман, А. И. Шекко (1970) ва бошқалар томонидан сел ҳавзаларининг бирмунча мукамал классификацияси тузилди. Селнинг ва сел ҳавзаларининг Д. Л. Соколов (1956) тузган генетик классификацияси 36- жадвалда берилган.

Сел оқими таркибидаги сув ва оқиб келадиган жинслар миқдорига қараб тўрт турга бўлинади: 1) Сув оқими (сел оқими таркибида тоғ жинси бўлаклари оз бўлади); 2) сув — тош оқими (сел оқими, сув ва тошлардан иборат); 3) сув — лойқа оқими (оқим сув ва майда тупроқ зарраларидан иборат); 4) сув — лойқа — тош оқими (оқим сувдан, лойқадан ва тошдан иборат).

Сув ва лойқадан иборат оқим структурали сел, сув ва тошдан иборат оқим эса турбулент сел деб аталади.

Структурали сел оқимларидаги жинслар сув билан бирга ҳаракат қилади. Турбулент селда сув билан тош доимо бири-бирдан бир оз ажралган ҳолда ҳаракат қилиб, оқим тезлиги камайган сари тошлар дарё тагига чўкиб қола бошлайди. Демак, турбулент селларда тошларнинг ҳаракат тезлиги сув тез-



лигидан кам бўлади. Шу сабабли тошлар сув оқимидан бир оз ажралган ҳолда ҳаракат қилади.

Ҳосил бўлиш манбаига қараб сел регионал ва маҳаллий хилларга бўлинади. Уларнинг биринчиси жойнинг геологик ва геоморфологик шароити билан чамбарчас боғлиқ ҳолда, ёгин кўп ва тез ёғишидан содир бўлади. Маҳаллий сел эса қор қатламлари бирдан эриши натижасида тоғлиқлардаги кўллар суви кўпайишидан, бу кўллар ҳавзаларининг айрим жойлари ўпирилиб кетишидан вужудга келади.

Сел ҳодисаси содир бўладиган ҳавза асосан уч зонага бўлинади:

1. Таъминланиш зонаси. Бунга кўпинча баланд тоғли районлардан тоғ олди районларигача ўз ичига олган территориялар киради. Сел ҳодисасини вужудга келтирувчи сув ўзининг дастлабки қатраларини худди шу зонадан йиғади. Сув билан бирга ҳаракатланувчи сел массасининг асосий қисмини ташкил қилувчи тоғ жинслари ҳам худди шу зонадан силжий бошлайди. Сел оқими таркибига кирувчи тоғ жинслари унча майдаланмаган, қиррали, катта-катта бўлақлардан, харсанг тошлардан ташкил топади. Сел таркибида гил зарралари кўп бўлмайди. Бу зонага, асосан ҳавзанинг юқори қисми киради.

2. Сел ҳаракати ёки транзит зонаси. Унга сел оқими ҳаракат қиладиган дарё ўзани ва унинг ирмоқлари киради. Қичик жилғалар бир-бирига қўшилиб, дарё ўзани бўйлаб ҳаракат қилади. Шунинг учун сел оқими бу зонада катта кучга эга бўлиб, йўлида учраган тўсиқларни бузиб кетади. Катта-катта тош бўлақлари худди шу зонада бир-бирларига урилиб майдаланади, силлиқланади. Сел массаси гил, қумтош, қум жинслар билан кўпайиб, унинг зичлиги, (ҳажм оғирлиги) ортади.

3. Йиғилиш зонаси. Бу зонага дарёнинг этак қисмидаги жойлар киради. Сел оқими бу зонада кучсизланади, натижада сел оқизиб келтирган жинслар тўпланади.

Сел оқимининг миқдори зонанинг катта-кичиклигига унда дарё ирмоқларининг кўплигига боғлиқ. Бу зоналар чегараси сел ҳодисаси вужудга келадиган жойнинг иқлимига қараб, денгиз юзасига нисбатан турли баландликлардан ўтиши мумкин. Сел зоналарини тўғри ажратиш селга қарши курашда муҳим роль ўйнайди.

### 3. Сел оқимининг динамикаси ва асосий хоссалари

Сел оқимининг динамикаси деганда селнинг ҳосил бўлгандан тўхтагунича ҳисобга олинган ички ва ташқи қиёфаси, йиллар давомида такрорланиши, ҳаракат тезлиги, кучи ва ҳолати тушунилади.

Сел оқимининг ҳажм оғирлиги ( $\gamma_c$ ), тезлиги ( $v_c$ ), оқим сарфи ёки урилиш кучи ( $Q$ ), сел оқими ўтаётган ўзанининг нишаблиги ( $i$ ), оқим тўлқини баландлиги ( $H_c$ ) ва кенглиги ( $B_c$ ), ҳажми ( $W$ ), так-

порланиш вақти ( $t_c$ ), оқим таркибидаги — тоғ жинси бўлақларининг максимал катталиги, гранулометрик таркиби ва оқимнинг ёпишқоқлиги сел оқими динамикасини ифодаловчи асосий хоссалардир. Селга қарши тадбирларни ишлаб чиқиш ва унинг кучини камайтирувчи (қирқувчи) иншоотларни лойиҳалаш ҳамда селнинг миқдорини олдиндан аниқлаш учун унинг ана шу хоссаларини ўрганиш зарур.

1. Ҳажм оғирлиги. Селнинг соф сел оқимидан фарқи унинг таркибида сув билан бирга майдаланган тоғ жинслари бўлишидир. Жинслар миқдори ҳар хил бўлиб, ҳар бир метр сел оқимида ўртача 100—150 кг атрофида бўлади. Шунга кўра селнинг ҳажм оғирлиги 1,4—1,9 т/м<sup>3</sup> атрофида ўзгаради.

Селнинг ҳажм оғирлиги унинг хилига ва тоғ жинси билан қандай тўйинганлигига боғлиқ. Масалан, кумлар аралашмасидан ҳосил бўлган селнинг ҳажм оғирлиги 1,2—1,5 т/м<sup>3</sup> бўлса, гил билан тўйинган селнинг ҳажм оғирлиги 1,4—1,9 т/м<sup>3</sup> бўлади. Баъзан сел оқимининг ҳажм оғирлиги таркибидаги тоғ жинсларининг солиштирма массасига ва тоғ жинси бўлақларининг йириклигига боғлиқ бўлади. Шу сабабли солиштирма массаси катта жинслар билан тўйинган ва таркиби кўпроқ йирик тошлардан иборат селнинг ҳажм оғирлиги 2,0 т/м<sup>3</sup> ва ундан ҳам ортиқроқ бўлади.

Селнинг ҳажм оғирлиги қуйидаги формулалар ёрдамида аниқланади:

$$\begin{aligned} \gamma_c &= \gamma_b + S_c (\gamma_T - \gamma_b); & \gamma_c &= \frac{\gamma_b W_b + \gamma_T W_T}{W_c} = \frac{W_T \gamma_T + W_b \gamma_b}{W_b + W_T}, \\ \gamma_c &= \frac{\gamma_b \cdot Q_b + \gamma_T Q_T}{Q_c}; & \gamma_c &= \gamma_b + S' \left( 1 - \frac{\gamma_b}{\gamma_T} \right); \\ \gamma_c &= \frac{\gamma_b + \gamma_T S_b}{1 + S_b}; & \gamma_c &= \frac{\gamma_T \cdot \gamma_b}{(1-P) (\gamma_T + P \cdot \gamma_b)}, \end{aligned}$$

бунда:  $\gamma_c$  — сел оқими ҳажм оғирлиги (т/м<sup>3</sup>);  $\gamma_b$  — сел оқими таркибидаги сувнинг солиштирма массаси;  $\gamma_T$  — сел оқими таркибидаги тоғ жинсининг ўртача солиштирма массаси)

$$(\gamma_T = 2,65 \text{ т (м}^3\text{)}).$$

$$S_c = \frac{W_T}{W_c} = \frac{W_T}{W_b + W_T},$$

бунда  $W_T$  — сел оқими таркибидаги тоғ жинсининг ҳажми (%);  $W_b$  — сел оқими таркибидаги сувнинг ҳажми (%);  $W_c$  — сел оқими умумий ҳажми (%);  $Q_b$  — сел оқимидаги сувнинг сарфи (м<sup>3</sup>);  $Q_T$  — сел оқимидаги жинслар сарфи (м<sup>3</sup>);  $Q_c$  — сел оқимининг сарфи ёки урилиш кучи (м<sub>3</sub>);  $S'$  — сел оқимининг лойқаланганлик даражаси:

$$S' = \frac{T_T}{W_c},$$

бунда  $T_T$  — сел оқимидаги тоғ жинси оғирлиги (умумий оғирлигига нисбатан % ҳисобида);

$$P = \frac{W_T \gamma_T}{W_T \gamma_T + W_b \gamma_b} = \frac{T_T}{T_b},$$

бунда  $T_b$  — сел оқимининг тоғ жинси билан қандай тўйинганлигини билдирувчи кўрсаткич;  $T_b$  — сел оқимидаги сувнинг оғирлиги (% ҳисобида).

Сел оқимининг ҳажм оғирлиги унга қарши қуриладиган иншоотларнинг мустаҳкамлик даражасини ҳисоблашда ишлатилиб, у оқимнинг тоғ жинси билан тўйинганлик даражасини билдиради. Унинг қиймати оқим таркибидаги тоғ жинсларининг миқдорига қараб ўзгариб боради. Масалан, таркибининг 40—45% тоғ жинсидан иборат сел оқимининг ҳажм оғирлиги 1,34—1,38 т/м<sup>3</sup> бўлса, таркиби 60—70% тоғ жинсларидан иборат сел оқимининг ҳажм оғирлиги 1,50—1,70 т/м<sup>3</sup> баъзан 2,0 т/м<sup>3</sup> дан ҳам ортиқ бўлади.

**2. Сел оқимининг ҳаракат тезлиги.** Сел оқимининг ҳаракат тезлиги  $v_c$  оқиб келаётган ўзанининг нишаблигига, сел массаси таркиби, ҳажмига боғлиқ бўлиб, 2—3 дан 7—8 м/с атрофида бўлади. Бундан кўринадики, баъзи сел оқимининг ҳаракат тезлиги ўртача шамол тезлигига тенгдир.

Сел бўладиган ҳавзаларда селнинг максимал, ўртача ва минимал тезлигини аниқлаш сел ҳавзасининг қайси зонасида қандай миқдорда сел ўтишини ва қандай тадбирлар, чоралар кўриш кераклигини аниқлашга имкон беради. Селнинг тезлиги катта бўладиган жойларда селга қарши қуриладиган иншоотларнинг мустаҳкамлиги юқори бўлиши лозим. Селнинг тезлигини аниқлаш формулалари жуда кўп ва улар селнинг турига қараб қўлланади.

Таркибининг асосий қисми қум ва шағаллардан иборат селларнинг тезлиги қуйидаги формулалар орқали аниқланади:

$$v_c = v_b \frac{\gamma_b}{\gamma_b + \alpha (\lambda_T - 1)} \text{ м/с (Ф. Ванг, Австрия, 1902 г.),}$$
 бунда  $v_b$  — сув оқими тезлиги м/с (бу Шези формуласи орқали аниқланади);  $\gamma_b$  — сувнинг солиштирма массаси;  $\lambda_T$  — сел таркибидаги жинснинг ўртача солиштирма массаси ( $\lambda_T = 2,7 \text{ т/м}^3$ );  $\alpha$  — сел таркибидаги жинс ҳажмини ифодаловчи коэффициент.

Агар сел таркибидаги жинснинг солиштирма массаси ўртача 2,7 т/м<sup>3</sup> га тенг бўлса, у ҳолда Ванг формуласи қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$v_c = \frac{v_b}{1 + 1,7 \cdot \alpha}.$$

Шундай қилиб, селнинг тезлиги унинг таркибидаги жинс ва сувнинг миқдорига, бошқача айтганда,  $\alpha$  коэффициентига боғлиқ. Масалан, сел оқимининг 50% и сувдан иборат бўлса, буларнинг нисбати  $\alpha = 1$  га тенг бўлади. У ҳолда бундай селнинг тезлиги сув оқими тезлигидан 2,7 марта кам бўлади, яъни:

$$v_c = \frac{v_b}{2,7}$$

Таркиби қум ва шағаллардан иборат селнинг тезлигини аниқлашда кўпинча сел ўтаётган жой юзасининг ғадир-будурлиги, ўнқир-чўнқирлиги, нишаблиги ва сел оқимининг гидрав-

лик радиуси ҳисобга олинади ва селнинг тезлиги М. Ф. Срибн (1940) формуласи орқали аниқланади.

$$v_c = \frac{m_0}{\alpha} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{4}},$$

бунда  $m_0$  — сел келувчи ўзининг гадир-будурлигини ифодаловчи коэффицент ( $m_0 = 6,5$ );  $\alpha$  — сел оқимининг ички қаршилигини ҳисобга олувчи коэффицент, бу қуйидагича аниқланади:

$$\alpha = (\psi \cdot \gamma_T^* + 1)^{0,5},$$

$\gamma_T$  — сел таркибидаги жинсининг солиштирма массаси;  $\psi$  — жойнинг селдорлик коэффиценти  $\psi = \frac{\gamma_c - 1}{\gamma_T - 1}$  — сел оқимининг ҳажм оғирлиги;  $I$  — сел ўтувчи жойнинг нишаблиги;  $R$  — оқимнинг гидравлик радиуси (метр).

Таркиби қум ва шағаллардан иборат селнинг тезлиги кўпинча И. Х. Херхеулидзе (1947) формуласи орқали аниқланади:

$$v_c = \sqrt{d \sqrt{(\gamma_T - 1) (1 - 0,01 \cdot P)}}$$

бунда  $d$  — сел оқимидаги тоғ жинси бўлақларининг максимал диаметри (мм);  $P$  — сел оқимидаги тоғ жинсининг миқдори (%).

Сел оқимининг таркиби асосан лойқа ва сувдан иборат бўлса, унинг тезлиги С. М. Флейшман (1970) формуласи орқали аниқланади:

$$v_c = a \cdot v_s,$$

бурда  $v_s$  — сув оқими тезлиги;  $a$  — сел оқими тезлигининг камайиш коэффиценти; бу асосан селнинг механик таркиби ва ёпишқоқлигига боғлиқ бўлиб, қуйидаги формула орқали аниқланади;

$$a = 1 - 0,1 \cdot \gamma_c^{\frac{3}{2}} \sqrt{\eta_9 - \eta_0}$$

бунда  $\gamma_c$  — сел оқимининг ҳажм оғирлиги;  $\eta_9$  — сел оқимининг ёпишқоқлик эффективлиги (пуаз ҳисобида);  $\eta_0$  — сел оқимининг суюқ ҳолдан ёпишқоқ атала ҳолига ўтишдаги ёпишқоқлик чегараси (3 пуаз).

Кўп ҳолларда  $a$  нинг қиймати 37-жадвалдан топилади.

37-жадвал

$\gamma_c$ т/м <sup>3</sup>	$\eta_9$ пуаз				
	4	7	10	12	15
1,4	0,84	0,68	0,56	0,52	0,45
1,6	0,80	0,60	0,46	0,40	0,30
1,8	0,76	0,52	0,35	0,28	0,18

Агар селнинг таркиби тош ва гилдан иборат бўлса, унинг тезлиги М. А. Мостков формуласи орқали аниқланади:

$$v_c = \kappa_c \sqrt{gH} (i - i_T),$$

бунда  $\kappa_c$  — оқим ҳаракатидаги қаршилиқ коэффициенти,  $\kappa_c = \frac{d_{cp}}{H}$ ;  $d_{cp}$  — сел таркибидаги жинс бўлақларининг ўртача диаметри (мм);  $H$  — сел оқимининг қалинлиги;  $i$  — сел ўтувчи ўзанининг нишаблиги;  $i_T$  — сел оқими таркибидаги жинслар чўкишидан ҳосил бўлган юзанинг нишаблиги; бу оқим таркибидаги жинсларнинг физик-механик хоссасига боғлиқ бўлиб, қуйидагича аниқланади:

$$i_T = i - \frac{\tau'_0}{\gamma_c H} = f + \frac{\theta}{\gamma_c H};$$

бунда  $\tau'_0$  — сел ўтувчи ўзан тагининг сел оқими ҳаракатига қаршилиги, т/м<sup>2</sup>;

$$\tau'_0 = \gamma_0 \cdot H i - (\gamma_c f H + \theta)$$

бунда  $f$  — оқим таркибидаги жинснинг қуригандаги ишқаланиш коэффициенти;  $\theta$  — оқим таркибидаги гилли жинснинг ёпишқоқ ҳолдаги ишқаланиш коэффициенти.

**3. Сел оқимининг сарфи (урилиш кучи).** Сел оқими хоссаларидан яна бири урилиш кучи (сарфланиш миқдори) ҳисобланади. Сел оқимининг урилиш кучи деб маълум кесим юзаси бўйича ҳар секундда ўтадиган сел оқими миқдорини айтилади.

Сел оқимининг максимал урилиш кучи айрим пайтларда 800—900 м<sup>3</sup>/с га етиб, катта емириш кучига эга бўлади. Кучли селлар билан оқиб келадиған тоғ жинсларининг миқдори активлик майдонининг ҳар бир км<sup>2</sup> юзасига 50000 м<sup>3</sup> дан 90000 м<sup>3</sup> гача тўғри келади.

Селнинг урилиш кучини билмасдан туриб, унга қарши қуриладиган инженерлик иншоотларнинг лойиҳасини тузиб бўлмайди. Одатда сел оқимининг максимал, минимал ва ўртача урилиш кучи аниқланади.

Сел оқимининг урилиш кучини аниқлаш учун ҳам қатор формулалар мавжуд бўлиб, кўпинча қуйидаги формулалар қўлланади.

$$Q_c = v_c \cdot \omega,$$

бунда  $Q_c$  — сел оқимининг урилиши кучи, м<sup>3</sup>/с;  $v_c$  — сел оқимининг тезлиги, м/с;  $\omega$  — сел оқиб ўтаётган юза, м<sup>2</sup>.

Шуни айтиш лозимки, селнинг тезлигини ва ўтаётган юзани тўғри аниқлаш кўпинча қийин бўлади. Шундай ҳолларда селнинг урилиш кучи Д. Л. Сколовский (1949) формуласи орқали аниқланади:

$$Q_c = \alpha \cdot Q_b,$$

бунда  $\alpha$  — сел таркибидаги қаттиқ жинсларнинг кўп-озлигини, яъни концентрациясини билдирувчи коэффициент;

$$\alpha = \frac{100}{\gamma_c (100 - P)} - 1,$$

бунда  $\gamma_c$  — сел оқимининг ҳажм оғирлиги;  $P$  — оқимдаги тоғ жинслари миқдори.

Булардан ташқари, сел оқимининг урилиш кучи И. И. Херхсулидзе (1969) ва М. В. Цовянлар (1968) формуласи орқали ҳам аниқланади:

$$Q_c = \Psi_Q Q_v,$$

бунда  $\Psi_Q$  — жойнинг селдорлик коэффициенти:

$$\Psi_Q = \frac{\gamma_T - 1}{\gamma_T + \varepsilon_6 - \gamma_c (1 - \delta \cdot \varepsilon)};$$

$\delta$  — грунтнинг сувга тўсиниш коэффициенти;  $\varepsilon$  — ғоваклилик коэффициенти.

Юқоридаги формулалардан сел оқимининг урилиш кучи унинг таркибидаги сув ва тоғ жинсининг миқдорига, селнинг ҳажм оғирлиги ва тезлигига боғлиқлиги англашилади.

**4. Оқим ўзанининг нишаблиги.** Сел оқимининг ҳаракат тезлиги, таркибидаги жинсларнинг катта-кичиклиги ва оз-кўплигига, сел ўтувчи ўзанининг нишаблигига боғлиқ.

Сел оқими ҳаракатланиши учун ўзанининг транзит зонасидаги нишаблиги энг камида  $3-8^\circ$  бўлиши керак. Сел таркибидаги жинсларнинг ҳаракати ва қаерга ётқизилиши ҳам ўзанининг нишаблигига боғлиқ. Агар сел оқими таркибида йирик тошлар кўп бўлса, уларни ҳаракатлантириш учун ўзанининг нишаблиги албатта юқори бўлиши лозим, акс ҳолда оқим таркибидаги қаттиқ жинслар узоққа ҳаракат қила олмайди. Масалан, катталиги бир метр ва ундан катта бўлган жинс бўлаклари ўзан нишаблиги  $8-10^\circ$  бўлганда ҳам узоққа ҳаракат қила олмайди ва транзит зонада чўкади.

Қум ва гилдан ташкил топган оқимда ўзан нишаблиги  $2-3^\circ$  бўлганда ҳам жинс зарралари сув билан бирликда анча узоқ жойгача ҳаракат қилади. Шунинг ҳам айтиш лозимки, гил зарраларидан ташкил топган, ёпишқоқлиги юқори бўлган сел оқими ҳам нишаблиги оз ўзанларда узоқ жойга ҳаракатлана олмайди.

Демак, сел оқимининг ҳаракат тезлигига ўзанининг нишаблигидан ташқари унинг ёпишқоқлиги ҳам катта таъсир кўрсатар экан.

Одатда тоғли районларда сел ўтувчи ўзанининг нишаблиги  $15-35^\circ$  бўлса, тоғ олди районларида  $5-10^\circ$  атрофида бўлади.

Сел оқими таркибидаги тоғ жинслар миқдори ҳам оқим ўзанининг нишаблигига боғлиқ. Нишаблиги катта бўлган жойларда сел таркибида қаттиқ материаллар кўп, нишаблиги кичик жойларда оз бўлади. Масалан, И. И. Штин маълумоти бўйича Альп тоғларининг  $15^\circ$  нишаб жойларидаги сел оқимининг  $40-50\%$

ини қаттиқ тоғ жинслари ташкил қилса, нишаблиги 30—35% жойларда у жинслар 60—70% ни ташкил этади.

**5. Селнинг ҳажми ва таркибидаги жинс бўлақларининг катталиги.** Сел оқимининг ҳажми худди унинг сарфи каби ўзгарувчан бўлиб, асосан сел таркибидаги жинсларнинг миқдорига боғлиқ. Селда оқиб келган тоғ жинсларининг умумий миқдори сел ҳажмининг ифодаловчи асосий индикаторлардан бири ҳисобланади. Шунга кўра сел асосан тўртта турга ажралади: 1) кичик ҳажмли сел; унда оқиб келган жинслар миқдори 10000—20000 м<sup>3</sup> га тенг бўлади; 2) ўрта ҳажмли сел —20000—100000 м<sup>3</sup>; 3) катта ҳажмли сел —100000—900000 м<sup>3</sup> ва 4) фалокатли сел —1 млн м<sup>3</sup> дан кўп.

Селда оқиб келган жинс бўлақларининг максимал катталиги баъзан 3—4 м ва ундан ҳам ортиқ бўлади. Бундай бўлақларнинг оғирлиги эса 300—400 тоннагача бўлади. Баъзан лойқали селлар орасида катталиги 8—10 м га етадиган тошлар ҳам учрайди.

**6. Селнинг давом этиш ва такрорланиш вақти.** Одатда сел бир неча ўн минутдан бир неча соатгача давом этади. Баъзан сел 10—30 минут давом этиб, сўнг бир оз тўхтаб яна давом этади. Бундай ҳолларда селнинг умумий давом этиш вақти баъзан 6—7 соатга ҳам этади. Худди шундай сел 1963 йил 7 июнда Жарсой дарёсида (Қозоғистон) бўлган. Селнинг ҳосил бўлиши ва такрорланиш вақти дарё сувининг кўпайишига ўхшаш маълум бир циклга бўйсунмайди. Сел қулай шароит туғилгандагина ҳосил бўлади, бунга жойнинг гидрометеорологик ва геологик-геоморфологик шароити катта таъсир кўрсатади.

#### **4. Селни олдиндан айтиб бериш усуллари ва унга қарши кураш чоралари**

Сел бўлишини олдиндан айтиш жуда катта илмий ва амалий аҳамиятга эга. Қайси жойда, қачон ва қандай ҳажмда сел бўлишини олдиндан билиш учун селни ҳосил қилувчи факторларни, яъни сел бўлиши мумкин деб ҳисобланган хавфли жойларни, уларнинг чегарасини, транзит ва аккумуляция зоналарини аниқлаш ва баҳолаш керак.

Селларни прогноз қилиш асосан уч хил:

- 1) фазовий прогноз қилиш;
- 2) вақтга нисбатан прогноз қилиш;
- 3) сел хоссаларини прогноз қилиш.

Селни фазовий прогноз қилишда селдор районлар картаси тузилади ва сел бўлиш хавфи бор район ва участкалар кўрсатилади. Бундан ташқари, картада сел хиллари, селдор жойларнинг геоморфологик характеристикаси, ҳар хил геологик процесслар кўрсатилади.

Селни вақтга нисбатан прогноз қилиш туфайли селдор ҳавзаларда қачон сел бўлиши олдиндан айтилади. Бунинг учун ўша жойда олдин бўлиб ўтган селлар характери, такрорланиш

вақти ва уни ҳосил қилган факторлар батафсил ўрганилади. Натижада текширилаётган жойда узоқ ва қисқа муддатли сел бўлиш хавфи бор деб ҳисобланган участкалар аниқланади.

Сел бўлишини олдиндан билиш учун жойнинг табиий шароитини мукаммал ўрганиш лозим. Ҳар йили бўладиган атмосфера ёғинлари миқдорини ва характерини ўрганиш селни олдиндан билишда катта аҳамиятга эга. Бундан ташқари, жойнинг геологик, геоморфологик шароитларини ўрганиш сел бўлишини олдиндан айтиш имконини беради. Маълумки, сел кўпинча тоғ жинслари кучли нураган ва юмшоқ жинслардан иборат жойларда бўлади. Шу сабабли селнинг ҳажми тоғ жинсларининг нураганлик даражасига боғлиқ.

Сел бўлишини олдиндан билиш унга қарши кураш тадбирларини тўғри ва аниқ белгилашга имкон беради. Селга қарши кураш тадбирлари хилма-хил бўлиб, уларни белгилашда селнинг ҳосил бўлиш шароити ва динамик хусусиятларини тўла ўрганиш лозим.

Селга қарши кураш тадбирлари асосан тўртта — агромелиоратив, фитомелиоратив, агротехник ва инженерлик-гидротехник группаларга бўлинади.

Агромелиорация тадбирларига селдор ҳавзаларда ўсимликлар зичлигини сақлаб қолтириш, ўрмон, тўқай каби массивларни ҳар хил офатлардан асраш, яйловларда ортиқча молларни боқишга йўл қўймаслик, тоғ ён бағирлари ва водийдаги қоялардан оптимал фойдаланиш чораларини ишлаб чиқиш ва ҳоказолар кириди.

Фитомелиорация ва агротехника усулларига селдор ҳавза, водий ва ўзанларда янги ўрмон массивларини ҳосил қилиш, ўтлоқ, пичанзорларда ўсимликлар зичлигини ошириш, уларни сел кучига бардош берувчи ўсимлик турлари билан бойитиш, тоғ, қоя ён бағирларидаги қуруқ ва бошқа уваланган жинсларни техник, биологик йўллар билан турғунлаштириш, террасалаш ва оптимал ҳайдаш усулларини белгилаш каби тадбирлар кириди.

Шуни айтиш керакки, агрофитомелиорация ва агротехника усуллари халқ хўжалигини сел хавфини тамоман бартараф этмайди, балки селнинг кучини сусайтириш ва режимини қисман ўзгартиришга сабаб бўлади.

Сел офатига қарши курашда инженерлик гидротехник иншоотлар ҳал қилувчи ролни ўйнайди. Буларга сел оқимини кучсизлантириш мақсадида уларни ҳар томонга бўлиб юборувчи йўлаклар, ариқлар, каналлар бунёд қилиш, селдор водийларда ҳовузлар, сув омборлари, тош ва лойқа тутувчи ғалвир деворлар, қирғоқларни емиришдан сақловчи темир бетон қалқонлар, тўғонлар сингари тадбирлар кириди.

Селга қарши кураш чораларини тўғри аниқлаш учун сел ҳавзаларини яхши ўрганиш, уларни зоналарга тўғри бўлиш лозим. Бунда ҳар бир зона учун алоҳида тадбирлар ишлаб чиқилади. И. И. Мечитов ва М. В. Цовян (1962) сел ҳавзалари зонасида қуйидаги тадбирларни амалга оширишни тавсия этганлар:



1) сел пайдо бўлиш зонасида — тоғ ён бағри нишаблигини камайтириш, дарахтлар ўтқозиш, зовурлар қозиш, ёгин сувларини тартибга солувчи иншоотлар қуриш;

2) селнинг ҳаракатланиш зонасида — селнинг йўналишини ўзгартирувчи ҳар хил иншоотлар қуриш, оқиб келаётган селнинг бир қисмини бошқа сойга оқизиб юбориш;

3) йиғилиш зонасида — селнинг йиғилиб қолишига йўл қўймай, уни тезда ўтказиб юборувчи иншоотлар, каналлар ва зовурлар барпо этиш.

Селга қарши кураш тадбирлари ўз вақтида қўрилса, у халқ хўжалигига катта фойда келтиради. Кейинги вақтларда селни ушлаб қолувчи сув омборлари қурилмоқда. Масалан, Ўзбекистон ва Тожикистон мутахассислари ҳамкорлигида қурилган Каттасой тўғони Ўратепа қишлоғини сел хавфидан қутқарди.

## XX БОБ. ПЛИВУН ВА СУФФОЗИЯ

Таркибида чанг зарраси кўп бўлган сувга тўйинган майда ва нозик зарралаи қум ва қумли жинсларга пливунлар дейилади. Улар тўртламчи ва шу давргача бўлган жинслар ичида кенг тарқалган. Геологик қидирув, қурилиш, шахта ва тоғ ишларини бажаришда уларга дуч келинади.

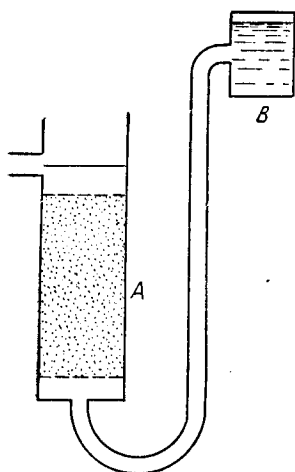
Одатда пливунларнинг кўпчилиги дарё ўзанларида ва биринчи пойма устки террасаларида турли қалинликда учрайди. Масалан, Волга, Днепр, Дон, Кама, Амударё, Сирдарё ва бошқа дарёларнинг ўзан ва биринчи пойма устки террасаларида 2—3 м дан 40—80 м гача чуқурликда, 3—4 м қалинликда қатлам ва линза ҳолида учрайди.

Пливунларнинг характерли хусусиятларидан бири шуки, улар тиксотрония ҳодисасига берилувчан бўлади, яъни механик куч таъсирида бирдан суюқ аталага айланади ва шахта деворларидан, иморат учун кавланган котлован қирғоқларидан, тоғ ёнбағирларидан оқиб тушади. Бу ҳодисага пливун ҳодисаси дейилади.

Пливун ҳодисасига суюқ жинсларнинг оқиш тезлиги кўпинча секин бўлади, баъзан шахта деворларини ўпириб, отилиб чиқиб, шахта йўлаклари бўйлаб катта тезликда оқади.

Пливун ҳодисаси сабабли шахта деворлари, тоғ ёнбағирлари ва иморат, иншоот қурилаётган жойларнинг мустаҳкамлиги камаёди, қияликларда кўчкилар, чўкишлар ҳосил бўлади.

Пливун ҳодисаси бурғи қудуқларини қазишда ҳам катта қийинчилик туғдиради. Суюлган қумга жисм осон ботади, ботган нарсани чиқариб олиш эса жуда қийин бўлади. Шу сабабли бурғи қудуқларини қазишда уларнинг штангаларини пливундан чиқариб олиш анча мушкул бўлади, улар баъзан пливун ичида қолиб кетади. Шунинг учун пливун тарқалган жойларда қудуқ қазишдан олдин махсус усуллар ёрдамида пливунлар мустаҳкамлиги оширилиб, яъни физик-механик хоссалари ўзгартири-



106-расм. Қумдаги сохта пливунларни (суюлмаларни) лаборатория шароитида ўтказиш схемаси.

либ, масалан, сувга тўйинган пливунларни музлатиб, кейин қудуқ қазилади.

Кўпинча пливун туфайли қумлар зичлиги ортади, натижада ҳажми кичрайиб, ер усти чўкади. Бу эса шу ердаги қурилишга катта зарар келтиради.

Пливунларнинг характерли хусусиятларидан яна бири уларнинг механик куч таъсирида суюлган пливун, бу куч таъсири йўқолгач яна дастлабки ҳолига қайтишидир. Шу сабабли пливунга ботган нарсаларни чиқариб олиш жуда қийин.

Пливун ҳодисаси икки турга: сохта пливун ва ҳақиқий пливун ҳодисасига бўлинади.

Сохта пливун ҳодисаси таркибида чанг зарралари кўп бўлган майда донали қумларда содир бўлади. Бунни сохта дейилишининг сабаби, механик

куч таъсирида суюлган қум оз вақт ўтиши билан яна ўз ҳолига қайтади. Сохта пливун ҳодисалари бўлишида қумли қатламлардаги сув гидродинамик босими — босим градиенти катта роль ўйнайди. Гидродинамик босим ошган сари қум зарраларини ўраб олган сув пардалари қалинлаша боради ва қум зарралари ҳаракатга кела бошлайди. Ташқаридан динамик куч таъсир қилиши биланоқ қум суюлиб пливун вужудга келади.

Қумда бўладиган сохта пливун ҳодисаларини лаборатория шароитида тажриба билан билиш мумкин. Бунинг учун А идишга (106-расм) қум солиб, В идишдан сув юборилади. Қум сувга тўйина бошлайди. Шу вақтда қумга таъсир этаётган сувнинг гидравлик градиенти ошира борилади. Бунинг учун В идиш юқорига кўтарилади. Қум таркибидаги сувнинг гидродинамик босими ошиб бориши билан қум зарралари орасидаги боғланиш заифланиб, зичлиги камаяди. Агар қумга сув юборишдан олдин унинг устига бир бўлак тош парчаси ёки чақа пул қўйилган бўлса, гидравлик градиент критик қийматга етганда идишга бир оз туртки берилса, тош ёки чақа бирдан қумга чўкиб кетади.

Ҳақиқий пливун ҳодисаси қумлоқ ва қумоқ жинсларда учрайди. Ҳақиқий пливун жинс суюлгандан сўнг ҳам анча вақтгача шу ҳолатда туради. Бу ҳодиса рўй бераётган тоғ жинси таркибида боғланган сув бўлиб, уни ажратиш анча қийин.

Пливун ҳодисалари рўй бериши учун қуйидаги тўрт фактор:

- 1) жойнинг геологик тузилиши пливун ҳодисаси учун қулай;
- 2) гидравлик градиенти юқори гидрогеологик шароит; 3) бўшоқ

жинсларнинг гранулометрик ва минералогик таркиби пливун ҳодисасига мос; 4) бўшоқ жинслар юқори ғоваклиликка эга бўлиши лозим.

## 1. Пливунларнинг хоссалари

Қумдан ташкил топган пливунларнинг гранулометрик таркиби асосан нозик (0,1—0,05 мм) ёки майда (0,25—0,10 мм) заррالي доначалардан иборат бўлади.

Қумоқ ва қумлоқдан иборат пливун таркибида чанг зарралари кўп бўлиб, унда гил зарралари ( $< 0,002$  мм) ҳам албатта бўлади. Бундай пливунда чанг зарралари қум зарралари йиғиндисидан ортиқ бўлиб, гил зарралари 1% дан 10% гача, баъзан ундан ҳам ортиқ бўлади.

Таркибида гил зарралари кўп пливунлар гилнинг хусусиятига эга бўлади. Бундай пливунга, масалан, сув қўшиб, идишда чайқатилса, таркибидаги коллоид зарралар анча вақт идиш тагига чўкмай, эритма ичида сузиб юради. Гил зарралари кўп бўлиши пливуннинг гидрофиллик ва гилларга хос бошқа хусусиятлари ошишига сабаб бўлади.

Юқорида қайд этилганлардан маълум бўлишича, пливун маълум гранулометрик таркибли тоғ жинсидир.

Пливуннинг минералогик таркиби бир хил бўлиб, асосан кварцдан иборат чангли ва майда заррالي қумлар ташкил этади. Таркибида дала шпати, слюда ва озроқ рангли минераллар ҳам учрайди. Органик бирикмалар билан биргаликда каолинит, монтмориллонит, глауконит ҳамда темир ва кремнезём оксиди ҳам учрайди.

Пливуннинг табиий структурасини бузмасдан қазиб олиш жуда қийин. Уларнинг физик-механик хоссаларини табиий ўрганиш анча қийинлиги сабабли, кўпинча структураси бузиб ўрганилади.

Лаборатория маълумотларига кўп пливунларнинг зичлиги оз, ғоваклилиги юқори, сув сиғими катта, сув ўтказувчанлиги ва сув бериши жуда камдир. Масалан, Москва ва Михайловка областларидан олинган пливун-қумлар бўр ва Юра даври ётқиқларига мансуб бўлиб, зичлиги 1,14—1,58 г/см<sup>3</sup>, ғоваклилиги 36—58 процент, ғоваклилик коэффиценти эса 0,67—1,39 га тенг. Булар, оддий қумлардан сув ўтказувчанлиги билан катта фарқ қилади. Пливун-қумларнинг сув ўтказувчанлиги жуда паст бўлади, баъзи пливун-қумлар сув ўтказмайди, бундай пливунларда фильтрация коэффиценти нолга тенгдир.

Табиий ҳолдаги пливунларнинг қаршилик кучи жуда оз, ички ишқаланиш бурчаги 25—30° га тенг ва ундан ҳам ортиқ бўлади.

Пливун устига бинолар қуриш тавсия этилмайди, чунки динамик куч таъсирида унинг чидамлилиги бирдан камаяди. Пливунлар устига иморат қуриш учун ҳар хил усуллар билан уларнинг мустаҳкамлиги ва ташқи кучга чидамлилиги оширилади, бино фундаменти алоҳида шаклда қурилади.

Пливун устига бино қуришда қуйидагилар ўрганилиши ва ҳисобга олиниши зарур.

1) пливуннинг ер қобиғида ётиши, чуқурлиги, қалинлиги, тарқалиши, пливун орасидаги тоғ жинсларининг хусусиятлари ва таркибини, пливун усти ва остидаги қатламларнинг ётиш ҳолатларини;

2) пливун тарқалган жойнинг геоморфологик шароитини (тоғ ён бағирлари ва қияликларда ер юзига чиқадиган жойлари борлигини, унинг ҳаракатга келиш-келмаслиги, ташқи белгиларини);

3) пливуннинг таркиби ва физик-механик хоссалари, зичлиги сув ўтказувчанлиги, сув берувчанлиги, силжишга қаршилиги ва деформацияланишини, ости ва устидаги жинсларнинг хусусиятларини;

4) пливуннинг гидрогеологик хусусиятларини, ер ости сувларининг ётиш ҳолатлари, босим миқдори ва ҳаракат йўналишини. Бу маълумотлар гидрогеологик карталарда ўз аксини топиши шарт.

## 2. Пливунга қарши кураш

Пливун тарқалган жойларни инженерлик-геологик нуқтаи назардан баҳолаганда илгари қурилган биноларнинг мустаҳкамлигини, деформацияга учраган-учрамаганлигини билиш керак. Бундан ташқари, бинолар қандай қурилгани, қурилиш ишлари қай тартибда олиб борилганлигини ҳам аниқлаш лозим.

Пливунлар устига қуриладиган бинолар фундаменти одатдагидан кенгроқ ва каттароқ бўлади. Унинг таги устки қисмига нисбатан 2—2,5 марта катта бўлади. Бу эса пливунга тушадиган босим миқдорини бир неча марта камайтиради.

Пливун ер юзасига яқин бўлса, у билан бино фундаменти орасида маълум қалинликда тош-шағал қатлами ҳосил қилинади.

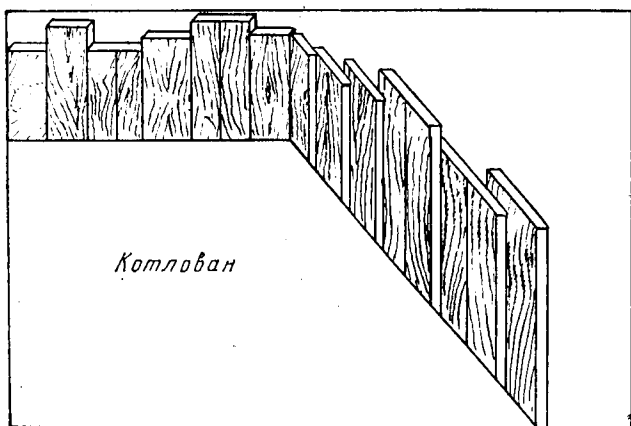
Қурилишда пливун ҳодисасига қарши кўриладиган чоралар 5 гурппага бўлинади:

1. Қурилиш майдонидаги пливунларни сунъий усулда қуриши. Бу усул ўз навбатида уч турга бўлинади:

а) бурғи қудуқлар қазилиб, улардаги сув махсус насослар ёрдамида тортиб олинади; бунинг учун пливуннинг филтрация коэффициенти 1 дан кичик бўлмаслиги шарт;

б) суюлувчи қатламлар устидан филтрлар қоқилади. Қоқилган филтрнинг бир қисми пливун орасида бўлса, бошқа қисми унинг остидаги қатламда бўлади. Бунда пливун сув филтрлар орқали остки қатламларга ўтиб кетади. Бу усул пливуннинг филтрация коэффициенти 1 дан кичик бўлганда қўлланади;

в) нина филтрлар орқали пливунга ток юбориб, консистенцияси ўзгартирилади. Бунинг учун бир-биридан маълум узоқликда иккита темир қоқилиб, уларга ўзгармас ток юборилади.



107-расм. Котлован атрофига ўрнатилган шпунтли деворлар.

Бу ток таъсирида зарралар орасида электроосмос кучи пайдо бўлиб, уларни оқувчан ҳолатдан пластик ҳолатга айлантиради. Бу усул кўпинча фильтрация коэффициенти 0,2 дан кичик бўлмаган гил ва лёссимон жинслар учун қўлланади. Бундан ташқари пливунга ток юборилганда, жинсларнинг таркибида химиявий реакциялар бўлиб, жинсларнинг структурасида суолишга йўл қўймайдиган ўзгариш содир бўлади.

2. Пливунларни шпунт ёрдамида мустаҳкамлаш. Бунинг учун бирор иншоотнинг замини учун котлован қазишдан аввал атрофи бўйлаб ерга 4—5 м гача чуқурликда ёғоч, темир-бетон ёки темир устунларни 3—4 м қоқиб девор ҳосил қилинади (107-расм). Шпунтларнинг ерга кирган қисми 5 метрдан 20 метргача бўлади. Бу усул пливунлар ер юзасига яқин жойлашганда қўлланади. Шпунтнинг ерга кирган учи сув тўсар қатламчага ботиши керак. Шундай қилинмаса, пливунлар шпунт тагидан ҳам оқиб ўтиши мумкин.

Шпунтларни қоқишдан олдин жойнинг инженерлик-геологик шароити ўрганилади. Биринчидан, жойдаги тоғ жинсларининг гранулометрик таркиби вертикал ва горизонтал бўйлаб тузилиши ва қаттиқлиги ҳисобга олинади. Чунки пливунларнинг усти ва тагида қаттиқ, ярим қаттиқ, жинслар ётган бўлса, уларга шпунт қоқиш жуда қийин бўлади. Кўпинча тажриба шпунтлари қоқиб кўрилади. Агарда тажриба шпунтлари қоқишда катта куч талаб қилинмаса, белгиланган жойнинг ҳаммасига шпунт қоқиб чиқилади. Иккинчидан, пливуннинг қалинлигини билиш шарт. Бунда шпунтни неча метргача чуқурга қоқиш мумкинлиги маълум бўлади. Учинчидан, пливун устки ва остидаги қатламларнинг физик-механик хоссаларини ва намлик даражасини билиш лозим, чунки шпунтнинг оз вақт ичида мустаҳкам қилиб қоқиш шунга боғлиқ бўлади.

3. Пливунларни сунъий музлатиш усули кўп тарқалган. Музлатилганда, қумнинг мустаҳкамлиги вақтинча ортади. Бунинг учун бурғи қудуқлари қазилиб, уларга алоҳида мослама воситасида совитилган суюқ кальций хлорид босим остида юбориб турилади. Натижада қудуқ атрофидаги жинслар минус 20° дан минус 40°C гача совиб музлайди. Музлаган жинс сув ўтказмайди, унинг қаттиқлиги эса 100—1500 баравар ортади. Масалан, пливун-қум ва гил минус 15°C гача совитилганда музлаб, қумнинг ташқи кучга кўрсатадиган қаршилиги 60 дан 150 кг/см<sup>2</sup> га, гилники 20 дан 60 кг/см<sup>2</sup> га етади. Бу усулнинг камчилиги шуки, қатламни музлаган ҳолда узоқ вақт сақлаб бўлмайди.

4. Пливун таркибидаги сувни ҳаво билан сиқиб чиқариш. Бунда пливун пайдо бўлган жойларда қазииш ишлари кессон усулида олиб борилади. Бунинг учун пливун устига кессон установаки қурилиб, бу установа ичига 2,5 атм босим берилади. Босим таъсирида пливунлар таркибидаги сув ҳаво билан ҳар томонга тарқалиб, кессон установаки остидаги ва унинг атрофидаги қум таркибида сув камаяди-да, қумнинг суюлиш хоссаси йўқолади, шундан кейин кессон ичидан пливунларни бемалол қазиб чиқариб олиш мумкин бўлади. Бу усул асосан тоннель ва штольнялар қазиишда, дарё кўприкларига таянч устунлар ўрнатишда қўлланади. Ҳаво ёрдамида сувни сиқиб чиқариш усулининг камчилиги шундаки, катта майдондаги пливунларнинг сувини қочириб бўлмайди.

5. Суюлтирилган шиша юбориш усули пливунларни силикатлаш деб аталади. У асосан суюлувчи қумларни мустаҳкамлаш, яъни қумтошга айлантириш учун қўлланади. Бунинг учун бурғи қудуқлар қазилиб, қум қатламларига трубалар орқали босим остида суюқ шиша, сўнгра суюқ кальций хлорид юборилади. Қудуқ ичида суюқ шиша ва суюқ кальций хлорид қум қатламларига шимилади, натижада қум қатламлари жуда қаттиқ тоғ жинсига айланади.

Бу усул кўп маблағ талаб қилиши сабабли ундан жуда зарур бўлган ҳоллардагина фойдаланилади.

### 3. Суффозия

Ер ости сувлари ҳаракатидан қум, тош, шағал қатламлари ҳамда тоғ жинси дарзликларини, карст бўшлиқларини тўлдирган жинслар орасидаги майда ва нозик зарралар ҳаракатга келади, улар ер ости сувлари билан бирга ер юзасига чиқади. Шу тариқа ер ости суви ўз йўлида тоғ жинсларини ўя бошлайди. Бу ҳодисани суффозия (суффозия латинча «ўйиш» демакдир) дейилади.

Суффозия икки хил — механик ва химиявий суффозияларга бўлинади.

Механик суффозия қум ва шағал қатламлари тарқалган жойларда учрайди. Бунда ер ости сувлари қум ва шағал қат-

ламларнидаги майда, нозик қум зарраларини ҳаракатга келтиради. Агар ер ости сувлари ер юзасининг бирор жойидан чиқаётган бўлса, қум зарраларини ҳам олиб чиқади. Натижада қум ва шағал қатламлари орасида бўшлиқлар вужудга келиб, шу жойларнинг мустақкамлиги пасаяди, биноларнинг чуқиш хавфи туғилади.

Химиявий суффозия ер ости сувлари таъсирида тоғ жинсларининг емирилишидан ҳосил бўлади. Кўпинча, карстланиш процессига яқин туради. Аммо карстланиш процессидан фарқи шуки, у ер қобиғида учраган туз қатламлари ер ости сувлари таъсирида эришидан вужудга келади ва ер қобиғидаги қатламлар кичик бўшлиқлар ҳосил қилади. Вақт ўтиши билан бўшлиқлар бир-бирига қўшилиб, катта бўшлиқларга айланади. Бу эса ўз навбатида тоғ жинсининг ғоваклилик даражасини оширади. Химиявий суффозия асосан лёсс ва лёссимон жинслар тарқалган жойларда учрайди.

Механик суффозия тўғридан-тўғри ҳосил бўлавермайдн. Бунинг учун қум, шағал қатламларининг ғоваклилиги 38—40% бўлиши, қум маълум гранулометриқ таркибга эга бўлиши ва ер ости сувлари босимининг градиенти кескин ўзгариб, сувнинг ҳаракат тезлиги юқори бўлиши шарт.

Н. М. Бочков (1936), А. Н. Патрашев (1945) ва В. С. Истоминова (1957) маълумотларига кўра кўпинча суффозия ҳодисасининг бир хиллик коэффиценти 20 дан ортиқ ва гидравлик градиенти 5 дан юқори бўлган жинсларда учрайди, яъни:

$$K_n = \frac{d_{60}}{d_{10}} > 20 \text{ ва } I > 5$$

бунда:  $d_{60}$  — зарраларининг текширувчи ёки тадқиқий диаметри, мм;  $d_{10}$  — зарраларнинг эффе́ктив диаметри, мм;  $I$  — ер ости сувларининг гидравлик градиенти ёки босим градиенти.

Кўпчилик мутахассислар суффозия ҳодисасини баҳолашда ер ости сувларининг тезлигини ўрганишга алоҳида эътибор бердилар.

Д. Д. Джастин (1936) маълумотларига кўра, суффозия бўладиган тоғ жинсларида ер ости сувларининг ювиш тезлиги ўртача 10 дан 1,0 м/мин гача бўлиб, асосан қум зарраларининг катта-кичиклигига боғлиқ (38-жадвал). Кўпинча суффозияни баҳолашда шу жадвалдан фойдаланилади.

Суффозия бошланганда ер ости сувлари оқимининг бошланғич тезлиги кўпинча Зихарда формуласи орқали ҳам аниқланади:

$$v_{\text{раз}} = \frac{\sqrt{K_{\phi}}}{15} \text{ м/с.}$$

бунда  $K_{\phi}$  — тоғ жинсининг фильтрация коэффиценти, м/с.

Ер қобиғида қатламлараро суффозия ҳам ҳосил бўлади. Бунда суффозия ҳодисаси туфайли бир қатламидаги тоғ жинси зарралари иккинчи қатламга ўта бошлайди ва биринчи қатламда суффозия бўшлиқлари ҳосил бўлади.

Суффо́зия бўлиши учун ер ости сувининг тоғ жинсини ювиш тезлиги  
(Д. Д. Джастин маълумоти бўйича, 1936).

Тоғ жинси зарралари- нинг катталиги (мм)	Ер ости сувининг ювиш тезлиги (м/мин)	Тоғ жинси зарралари- нинг катталиги (мм)	Ер ости сувининг ювиш тезлиги (м/мм)
5	13,23	0,1	1,83
3	10,37	0,08	1,67
1,0	5,91	0,05	1,31
0,8	5,3	0,03	1,04
0,5	4,18	0,01	0,59
0,3	3,08	—	—

Қатламлараро суффо́зия бўлиши учун бир қатламдан иккинчи қатламга ўтувчи ер ости сувларининг ҳаракати маълум тезликка, тоғ жинслари ҳар хил гранулометриқ таркибга эга бўлиши керак. Шундагина тоғ жинси зарраларининг бир қисми ер ости сувлари билан бир қатламдан иккинчи қатламга ўтади. Бу тезликни С. В. Избош (1939) қуйидаги формула орқали топишни тавсия этади:

$$v_{\text{раз}} = v_0 + f \left( \frac{d^2}{D^2} \right) \text{ см/с.}$$

бунда  $v_0$  — зарралар оғирлигини енгувчи тезлик;  $D$  ва  $d$  — иккинчи қатламдаги зарраларнинг ўртача диаметри.

Л. И. Козлова (1934) кўп тажрибалар ўтказиб, қатламлараро суффо́зия ҳодисасида зарраларнинг бир қатламдан иккинчи қатламга ўтиш тезлиги уларнинг тадқиқий диаметрига боғлиқлигини аниқлади ва Избош формуласига қуйидаги қўшимчани киритди:

$$v_{\text{раз}} = 0,26 d_{60}^2 \left( 1 + 1000 \frac{d_{60}^2}{D_{60}^2} \right),$$

бунда  $D_{60}$  ва  $d_{60}$  — зарраларнинг тадқиқий диаметри, мм;

Биз юқорида айтганимиздек, суффо́зия бўлиши учун ер ости сувларининг гидравлик градиенти маълум миқдорга эга бўлиши керак.

Қумларнинг суффо́зияга чидамлилиги турлича бўлиб, уларнинг солиштирма массаси ва ғоваклилигига боғлиқ. Қумлар солиштирма массаси қанча паст, ғоваклилиги юқори бўлса, уларда суффо́зия шунча актив бўлади.

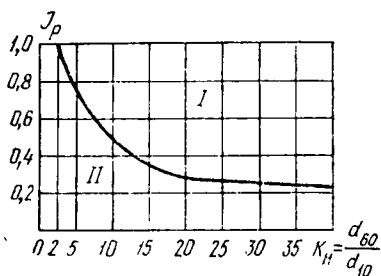
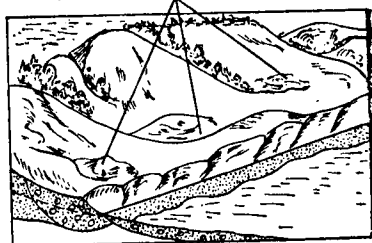
К. Терцаги (1933) қумларнинг фильтрация кучига чидамлилигини текшириб, уларни ҳаракатга келтирувчи гидравлик градиентни қуйидаги формула орқали аниқлашни тавсия этади:

$$I_{\text{раз}} = (\gamma_m - 1) (1 - n),$$

бунда  $\gamma_m$  — қум минерал таркибининг зичлиги (солиштирма массаси);  $n$  — қумнинг умумий ғоваклилиги; %.



Суффузион воронкалар



109-расм. Дарё соҳилидаги суффузион воронкалар.

108-расм. Суффузия ҳодисасининг ривожланиш эҳтимолини аниқлаш графиги (В. С. Истомина):

*I*—фильтрацион оқимнинг бузувчи градиентлар области; *II*—хавфсиз градиентлар области.

Е. А. Замарин (1954) ҳам бу градиентни аниқлаш устида анча тажрибалар ўтказиб, таркиби ҳар хил қумлар учун қуйидаги формулани тасвия этади:

$$I_{\text{раз}} = (\gamma_m - 1) (1 - n) + 0,5 \cdot n$$

Суффузия ҳодисаси қум таркибининг ҳар хиллигига боғлиқ, ҳар хиллик коэффициентни қанча катта бўлса, суффузия шунча актив бўлади. Буни В. С. Истомина (1957) тажрибада исботлади (108-расм).

Шундай қилиб, турли иншоотларни лойиҳалаш ва қуришда бажариладиган инженерлик-геологик ишларда суффузия ҳодисасини ўрганиш учун тоғ жинсларининг гранулометрик таркиби ҳар хиллигини, фильтрация оқимининг гидравлик шароитини, тезлиги ва градиентини, майда зарраларнинг ташқарига чиқиш ҳолати ва шароитини билиш лозим. Бундан ташқари суффузия учраган тоғ жинсларининг физик-химиявий хоссаларини, гранулометрик ва минералогик таркибини, сувда осон эрийдиган тузларнинг ётиши, ғоваклилиги, сув ўтказувчанлиги ва бошқа хоссаларини назарда тутиш керак.

Мана шу омилларни ўрганиш суффузия иншоотларга қандай таъсир кўрсатиши мумкинлигини аниқлаш имконини беради.

Механик ва химиявий суффузия процесслари натижасида дарё соҳилларининг ва тоғ ёнбағирларининг мустақамлиги пасайиб, воронкасимон жойлар ҳосил бўлади (109-расм).

Суффузиянинг олдини олиш чораларидан бири унга учрайдиган жой қатламларини ер усти ва ости сувлари таъсиридан сақлашдир. Бунинг учун махсус ариқлар қазилиб, ёгин-сочин сувлари тартибга солинади. Ер ости сувлари оқимини тартибга солиш, уларнинг йўналишини мақсадга мувофиқ равишда ўзгартириш учун очиқ ёки ёпиқ горизонтал зовурлар қазилади. Булардан ташқари ер ости сувларнинг ҳаракат тезлигини камайтириш учун қатламларга битум ёки суюқ ойна юборилади ва ҳоказо.

ЧҶкиш ҳодисаси асосан лёсс ва лёссимон тоғ жинслар кўп бўлган жойларда, маълум қалинликдаги лёсс ва лёссимон жинсларнинг табиий ҳамда сунъий намланиб ўз оғирлигидан сиқилиши, яъни ҳажми камайиши натижасида содир бўлади. Мазкур жинсларга сув таъсир қилса, зарралари орасидаги боғланиш йўқолади ва улар ўз оғирлиги таъсирида зичланади ва ернинг устки қисми чўкади.

Лёсс ва лёссимон жинслар чўкиш хусусиятига кўра 4 та турга бўлинади:

1. Намланиши натижасида ўз оғирлиги таъсирида чўкадиган лёсс ва лёссимон жинслар. Ўрта Осиёда кўп тарқалган. Ғ. О. Мавлонов, П. М. Қарпов ва А. И. Исломов маълумотларига кўра, уларнинг чўкиш даражаси 2,5—3,0 м гача боради.

2. Намланиши натижасида ўз оғирлиги ва устига қурилган бино босими таъсирида кучли чўкадиган жинслар. Бундай жинсларда устидаги бинонинг оғирлиги ҳисобига қўшимча чўкиш ҳосил бўлади. Агар намланиш натижасида ўз оғирлиги таъсирида содир бўлган чўкиш миқдорини  $S$ , бино оғирлиги таъсирида ҳосил бўлган чўкиш миқдорини  $C$  билан белгиласак, бино қурилган жойдаги умумий чўкиш миқдори  $S+C$  га тенг бўлади (110- расм).

3. Сув таъсирида шишиб, сўнгра ташқи куч (бино ёки иншоот) таъсирида зичланадиган ва маълум даражада чўкадиган жинслар. Булар асосан таркибида монтмориллонит минераллари кўп бўлган лёссимон жинслардир.

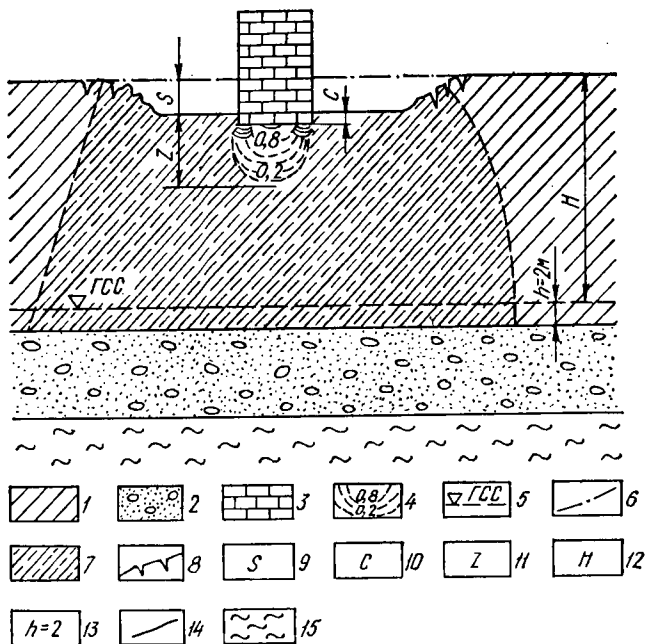
4. Намланганда ўз оғирлигидан зичланмайдиган жинслар. Буларга асосан ер ости сувли қатламлар тагида ётган ҳамда доимий оқар сувлар таъсирида ҳосил бўлган аллювиал лёссимон жинслар, шунингдек доимо суғориладиган жойлардаги лёссимон жинслар ҳам киради. Чунки кўп йиллар давомида намланиш натижасида уларда чўкувчанлик хусусияти йўқолади.

Лёсс ва лёссимон жинсларнинг намланиши туфайли ўз оғирлиги таъсирида зичланиш хусусияти чўкувчанлик деб аталади.

Тоғ жинсларининг чўкувчанлиги, чўкиш даражаси уларнинг генетик турига, ғоваклилигига ва таркибига боғлиқ. Лёсс ва лёссимон жинсларнинг ғоваклилиги қанчалик катта бўлса, чўкувчанлиги шунча юқори бўлади.

Лёсс ва лёссимон жинсларнинг чўкувчанлиги таъсир этаётган ташқи кучнинг катта-кичиклигига ҳам боғлиқ. Бундан ташқари, жинсларнинг чўкиш миқдори тоғ жинсининг қалинлиги ва ер ости сувининг ер юзасидан узоқ-яқинлигига боғлиқ бўлади.

Ер ости сувларининг тагида ёки уларга яқин жойда ётган ҳамда доимий суғориладиган жойлардаги лёссимон жинсларда чўкиш хусусияти бўлмайди.



110-расм. Чўкиш ҳодисаси туғайли лёссимон жинсларда деформацияланган зоналар схемаси (Ғ. Марғолов ва К. Пўлатов):

1—микроовакли чўкувчан лёссимон жинслар (сув билан намланмаган); 2—тошли цағаллар; 3—жинсда чўкиндидан кейин қурилган иншоот; 4—ташқи куч таъсирида грунтларда кучланишнинг тарқалиш схемаси (0,2 ва 0,8 кучланишлар миқдори, кгк см<sup>2</sup>); 5—лёссимон жинслар намланишига қадар грунт сувининг сатҳи; 6—чўкишгача ер юзасининг сатҳи; 7—бироз чўккан ва сув билан намланган жинс; 8—чўкиш натижасида чўкувчи участкада ҳосил бўлган ёриқлар; 9—чўкишнинг миқдори, см; 10—қўшимча чўкиш миқдори, см; 11—иншоот оғирлиги таъсирида деформацияланган зонанинг қалинлиги м; 12—чўкувчан жинснинг қалинлиги, м; 13—грунт намланиши натижасида капилляр кўтарилиш миқдори; 14—чўкишдан кейин ер юзасининг сатҳи; 15—гил қатламлари.

## 1. Чўкишни вужудга келтирадиган факторлар

Лёсс ва лёссимон жинсларни ўрганиш узоқ тарихга эга бўлса ҳам, унда содир бўладиган чўкишнинг сабаблари ҳақида ҳали аниқ фикр йўқ.

Лёссимон жинсларда содир бўладиган чўкиш ҳодисасини ўрганиш билан жуда кўп олимлар, шу жумладан, ўрта осиелик олимлар ҳам шуғулланиб келдилар. Улар лёссимон жинсларда содир бўладиган чўкиш ҳодисасининг сабаблари ҳақида бири-бирига мос ҳамда ўзаро зид фикрларни баён қилганлар. Бунинг сабаби лёссимон жинсларнинг таркиби ва тузилиши ҳар хиллиги, турли генетик типга мансублиги ва намланиш шароитининг турлича бўлишидир.

В. А. Приклонскийнинг фикрича, лёссимон жинсларнинг чўкувчанлиги уларнинг минералогик ва гранулометрик таркибига, табиий намлигининг пастлигига, ғоваклигининг юқорилигига, зичланмаганлик ҳолатига ва структура хусусиятларига боғлиқдир. Ҳақиқатан ҳам намлиги жуда оз, ғоваклиги юқори ва яхши зичланмаган лёссимон жинслар кўпинча чўкувчанлик хусусиятига эга бўлади.

Б. Б. Полинов, С. В. Бистров ва бошқалар лёссимон жинсларда чўкиш ҳодисаси улар таркибидаги сувда тез эрийдиган тузларнинг ювилиши натижасида вужудга келади, деб ҳисоблайдилар ва буни тоғ жинсидан шимилиб ўтаётган сув тузларни эритиб ўзи билан бирга пастга олиб кетиши натижасида тузларнинг ўрни бўшаб, жинсларнинг ғоваклиги ортиши ва ташқи куч таъсирида зичланишига қулай шароит туғилиши билан изоҳлайдилар.

Бошқа бир гуруҳ олимлар лёсслардаги чўкиш ҳодисасини сув фильтрацияси вақтида жуда майда ва нозик зарраларнинг сув билан бирга чиқиб кетиши ҳисобига лёссларнинг кейинчалик зичланиши, деб тушунтирадилар.

Е. А. Замарин ва М. М. Решеткинлар (1932) чўкиш ҳодисаси вужудга келишида лёсслардаги кўзга кўринадиган йирик ғоваклар катта роль ўйнайди деб ҳисоблайдилар.

Ф. Л. Андрухин (1937) ва Ф. О. Мавлонов (1958) лёсслардаги чўкиш ҳодисасининг асосий сабабини лёсслар таркибида коллоид зарралар сифат ва миқдор жиҳатдан етишмаслиги деб тушунтирадилар. Уларнинг фикрича, нозик зарраларнинг активлик даражаси тоғ жинсидаги сувда эрийдиган тузларнинг миқдори ва химиявий таркибига боғлиқ. Тоғ жинслари таркибида сув таъсирида ўз ҳажми кенгайдиган коллоид зарраларнинг кўплиги чўкиш ҳодисасини тўхтатади.

И. В. Попов (1959) жинсга сув таъсир қилиш натижасида зининг ғовакларидаги сувларда электролитлар концентрацияси ва коллоидларни қайта ҳосил қилиш хусусияти аста-секин пасайиб боради, натижада зарралар орасидаги структурали боғланиш йўқолиб ёки кучсизланиб жинсларда чўкиш ҳодисаси бошланади, деб тушунтиради.

## 2. Чўкишнинг оқибатлари

Чўкиш ҳодисаси халқ хўжалигида жуда катта қийинчилик туғдиради ва зарар келтиради. Лёсс ва лёссимон жинслар устига бино ва турли иншоотлар қурилса, заминдаги жинслар озгина зичланади, аммо бир оз таъсир этса, улар жуда тез зичланади, ўз ҳажмини камайтиради ва чўкиш вужудга келади. Бино ва иншоотлар заминдаги жинслар билан бирга чўқади. Чўкиш бир текис, оз ва секин бўлса, бино ва иншоотлар учун уқча хавfli бўлмайди, агар чўкиш нотекис, бир жойда тез, иккинчи жойда секин бўлса, бино ёки иншоот қийшяйди, баъзан қулайди. Бундай чўкиш ҳодисаси кўпинча водопровод ва

канализация тармоқлари ишдан чиққанда рўй беради. Масалан, 1928 йилда Германиянинг Альтенбург шаҳрида гиштдан қурилган 3 қаватли иморат водопровод трубази ёрилиб кетиши ва лёсс жинслари қатламларининг намлиниши натижасида 3 соат давомида 30 см чўккан, бўлак-бўлакларга ажралган ва қулаган.

Чўкиш ҳодисаси янги ўзлаштирилаётган жойларда кўкаламзорлаштириш мақсадида ариқлар, ҳовузлар қазилиб сув қуйилиши, гул ва дарахтлар суғорилиши натижасида содир бўлади.

Чўкиш ҳодисаси канал ва сув омборлари қирғоқларининг бузилишига ҳам сабаб бўлади. Янги канал ёки сув омборига сув қуйилганда, соҳилларидаги лёссимон жинслар сувга тўйина бошлайди, сўнг намлиги ва оғирлиги ортиб соҳил бўйлаб 30—40 см кенгликдаги ёриқлар ҳосил бўлади. Кейинчалик соҳил ана шу ёриқлар бўйлаб чўкади (111-расм).

Чўкиш туфайли канал ва сув омборлари қирғоқларида поғонасимон супачалар ҳосил бўлади. Уларнинг кенглиги 10—15 м. га етади.

Чўкиш ҳодисаси атмосфера сувлари бир жойга тўпланиб қолишидан ҳам бўлади. Бунда диаметри 100—150 м. га тенг доира шаклида чўккан жойлар ҳосил бўлади. Булар лёсс ва лёссимон жинслар кўп тарқалган чўлларда учрайди ва чўл товоқлари деб аталади.

Чўкиш ҳодисаси атмосфера сувлари бир жойга тўпланиб қолишидан ҳам бўлади. Бунда диаметри 100—150 м. га тенг доира шаклида чўккан жойлар ҳосил бўлади. Булар лёсс ва лёссимон жинслар кўп тарқалган чўлларда учрайди ва чўл товоқлари деб аталади.

### 3. Чўкиш ҳодисасини ўрганиш усуллари

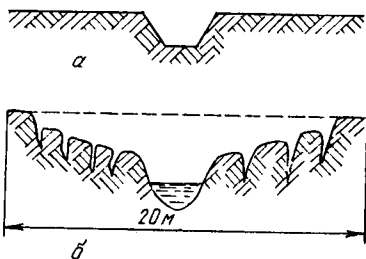
Чўкиш ҳодисасини ўрганиш бино ва иншоотларни лойиҳалашда катта аҳамиятга эга. Чўкувчан лёсс ва лёссимон жинслар тарқалган жойларда чўкувчанлик даражасини аниқламастан бино ва иншоотлар қуриш тўғри эмас.

Лёсс ва лёссимон жинсларнинг чўкувчанлик хусусиятларини аниқлаш учун лабораторияда уларнинг турли ҳолат ва босимдаги ғоваклилик коэффиценти, пластиклик чегараси ва сони, ташқи куч таъсирида сиқилиш ва бошқа физик-механик хоссалари аниқланади.

Жинсларнинг чўкувчанлиги сифат ва миқдор жиҳатидан аниқланади.

Н. Я. Денисов лёсс ва лёссимон жинсларнинг чўкувчанлигини қуйидаги кўрсаткич билан аниқлашни тавсия этади:

$$\frac{\epsilon_f}{\epsilon},$$



111-расм. Чўкиш туфайли лёссимон жинслардан ташкил топган канал қирғоқларининг емирилиш схемаси (Ф. О. Мавлонов):

а—канал қирғоғининг чўкишдан олдинги ҳолати; б—чўкишдан кейинги ҳолати.

бунда  $\epsilon_f$  — текширилаётган жинс намлиги юқори пластиклик чегарасига мос келгандаги ғоваклик коэффициент;  $\epsilon$  — жинснинг табиий нам ҳолида ғоваклик коэффициенти. Агар  $\frac{\epsilon_f}{\epsilon} < 1$  бўлса, жинс чўкувчан,  $\frac{\epsilon_f}{\epsilon} > 1$  бўлса, чўкмайдиган деб ҳисобланади.

Ю. М. Абелев бўйича жинснинг чўкувчанлиги  $\epsilon_m$  макроғоваклилик коэффициенти орқали аниқланади:

$$\epsilon_m = \epsilon_p - \epsilon'_p,$$

бунда  $\epsilon_p$  —  $p$  босим остида намунанинг табиий нам ҳолатидаги ғоваклилик коэффициенти;

$\epsilon'_p$  —  $p$  босим таъсирида намунанинг сунъий намланиб чўккандан кейинги ғоваклилик коэффициенти.

Агар  $\epsilon_m > 0$  бўлса, жинс чўкувчан,  $\epsilon_m \leq 0$  бўлса, чўкмайдиган ҳисобланади. В. А. Приклонский (1955) чўкувчанликни зичланиш кўрсаткичи ( $K_d$ ) билан аниқланишни тавсия этади:

$$K_d = \frac{\epsilon_f - \epsilon}{\epsilon_f - \epsilon_p} \text{ ёки } K_d = \frac{W_f - W_0}{M_p}$$

бунда  $\epsilon_p$  — текширилаётган жинс намлиги қуйи пластиклик чегарасига мос келгандаги ғоваклилик коэффициенти;  $W_f$  — жинснинг юқори пластиклик чегараси (%);  $W_0$  — жинснинг тўла намлиги;

$$W_0 = \frac{\epsilon}{\gamma} = \frac{n}{\delta};$$

$\epsilon$  — жинснинг табиий зичлик ва нам ҳолидаги ғоваклилик коэффициенти;  $\gamma$  — жинснинг солиштира масса;  $\delta$  — жинс скелетининг ҳажм оғирлиги;  $n$  — жинснинг умумий ғоваклилиги;  $M_p$  — жинснинг пластиклик сони.

Агар  $K_d > 0,5$  бўлса, жинс чўкмайдиган,  $K_d < 0,5$  бўлса, чўкувчан ҳисобланади. Чўкувчан жинсларда  $K_d$  манфий қийматга эга бўлади.

Н. Н. Маслов (1971) чўкувчанликни чўкувчанлик модули билан ифодалайди:

$$e_p = 1000 \frac{\epsilon_0 - \epsilon_1}{1 - \epsilon_1} \text{ мм/м,}$$

бунда  $e_p$  — чўкувчанлик модули; бу ташқи куч  $P$  таъсирида бир метр қалинликдаги жинснинг қанча мм га чўкишини билдиради;  $\epsilon_0$  — тоғ жинсининг табиий нам ҳолатида  $P$  кучи таъсир қилгандан кейинги ғоваклилик коэффициенти;  $\epsilon_1$  — тоғ жинси намланганда  $P$  куч таъсирида чўккандан кейинги ғоваклилик коэффициенти.

Чўкувчанлик модулига қараб лёсс ва лёссимон жинслар 5 гурпуага бўлинади (39-жадвал). Жадвалдан жинсларнинг чўкувчанлик хусусияти асосан уларнинг ғоваклилигига боғлиқлиги кўринади.

Жинсларнинг чўкувчанлик хусусияти	Жинсларнинг ғовак- лилиги (%)	Чўкувчанлик модули ( $e_p$ ) мм/мм
чўкмайдиган	40	0
секин чўкувчан	40—45	10
чўкувчан	45—50	50
тез чўкувчан	50—55	100
ўта тез чўкувчан	> 55	100

Жинслар чўкувчанлиги қурилиш нормаси СНИП — П-Б-1-62 бўйича қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$\frac{\epsilon_0 - \epsilon_f}{1 + \epsilon_0} \geq 0,1,$$

бунда  $\epsilon_0$  — жинснинг табиий нам ҳолатдаги ғоваклилик коэффициентини;  $\epsilon_f$  — жинснинг намлиги унинг юқори пластиклик чегарасига мос келгандаги ғоваклилик коэффициентини.

#### 4. Лёсс ва лёссимон жинслар чўкувчанлигини лабораторияда аниқлаш усуллари

Жинсларнинг чўкувчанлик хусусиятларини лабораторияда аниқлаш учун қуйидагиларни билиш керак:

- 1) текширилаётган жойга қурилмоқчи бўлган бино ёки иншоотнинг заминга берадиган босим миқдори  $P$  (кгк/см<sup>2</sup>) ни;
- 2) текширилаётган жинс намунаси табиий шароитда қандай босим остида бўлганлигини;

Ер юзасида ётган бир бўлак тсоғ жинсига ўз оғирлигидан ташқари босим таъсир этмайди, аммо у маълум чуқурликда ётса, унга устида ётган қатламлар оғирлиги таъсир кўрсатади, бу кучни жинсга таъсир этаётган табиий босим деб аталади. Табиий босим миқдори шу жинснинг қанча чуқурликда ётишига боғлиқ. Жинс қанча чуқурликда ётса, унга таъсир этаётган табиий босимнинг миқдори шунча катта бўлади. Табиий босим қуйидаги формула билан аниқланади:

$$P_{пр} = \gamma_0 \cdot z \frac{\text{кгк}}{\text{см}^2},$$

бунда  $P_{пр}$  — табиий босим;  $\gamma_0$  — текширилаётган жинснинг табиий нам ҳолатидаги ҳажм оғирлиги, г/см<sup>3</sup>;  
 $z$  — текширилаётган жинс ётган чуқурлик (м).

Маълумки, жинсларда чўкиш ҳодисаси икки ҳолда; чўкувчан жинсга сув таъсир қилиши билан жинснинг ўз оғирлигидан ва жинсга сув таъсир қилиши билан ўз оғирлиги ва жинснинг устига қурилган бинонинг оғирлиги таъсирида вужудга келади.

Жинсларнинг чўкувчанлигини лаборатория шароитида аниқлашда чўкиш ҳодисасини ана шу юқорида айтилган икки ҳолати ҳисобга олинади. Жинсларнинг табиий босим таъсиридаги

чўкувчанлиги нисбий чўкувчанлик коэффиценти ( $i$ ), табиий ва бино босими таъсиридаги чўкувчанлиги нисбий чўкувчанлик ( $L$ ) билан ифодаланади. Лабораторияда жинсларнинг чўкувчанлиги махсус компрессия асбобларида аниқланади.

Нисбий чўкувчанлик коэффиценти ( $i$ ) ни аниқлаш учун текшириляётган жинс табиий босимга ( $P_{np}$ ) тенг куч билан сиқилади. Сиқилиш процесси тугагач, текшириляётган намунанинг бўйи  $h_n$  аниқланади, сўнгра жинсга таъсир эттириб, табиий босим остида чўкиши кузатилади. Чўкиш процесси тугагандан сўнг текшириляётган намунанинг бўйи  $h$  аниқланади. Чўкувчанлик коэффиценти қуйидаги формула билан аниқланади:

$$i = \frac{h_n - h}{h_n},$$

бунда  $h_n$  — табиий намликда олиб текшириляётган намунанинг табиий босим ( $P_{np}$ ) таъсирида баландлиги (мм);  $h$  — текшириляётган намунанинг табиий босим ( $P_{np}$ ) таъсирида намлангандан кейинги бўйи (мм).

Нисбий чўкувчанлик коэффиценти  $i$  ни 100 процентга кўпайтириб, жинснинг чўкувчанлик даражаси  $B$  ни аниқлаймиз:

$$B = i100\%$$

Чўкувчанлик даражасига қараб жинслар бир қанча турларга бўлинади (40-жадвал).

40-жадвал

Жинсларнинг чўкувчанлик хусусияти	Чўкувчанлик даражаси $B$ (%)
жуда тез чўкувчан	>10
тез чўкувчан	5—10
ўртача чўкувчан	3—5
секин чўкувчан	1—3
жуда секин чўкувчан	0,25—1
чўкмайдиган	<0,25

Жинсларнинг нисбий чўкувчанлиги ( $L$ ) қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$L = \frac{h_1 - h_2}{h_0},$$

бунда  $h_1$  — табиий намликда олиб текшириляётган намунанинг табиий ва бино босими таъсиридаги баландлиги, мм.  $h_2$  — текшириляётган намунанинг табиий ва бино босими таъсирида намлангандан кейинги баландлиги, мм;  $h_0$  — табиий намликда олиб текшириляётган намунанинг табиий босим таъсиридаги баландлиги, мм.

Нисбий чўкувчанлик  $L \geq 0,01$  бўлса, жинс чўкувчан,  $L < 0,01$  бўлганда эса чўкмайдиган деб ҳисобланади.

Лёссимон жинсларнинг чўкиши ( $S$ ) ни миқдор жиҳатдан ифодалаш учун нисбий чўкувчанлик коэффиценти ( $i$ ) ни ёки



нисбий чўкувчанлик ( $L$ ) ни чўкувчан жинс қалинлигига ( $H$ ) кўпайтирилади:

$$S = i \cdot H \text{ мм ёки } S = L \cdot H \text{ мм.}$$

бунда  $H$  — чўкувчан жинс қалинлиги (мм).

Агар чўкувчи жинс қатламлари кўп бўлса, ҳар бир қатлам учун чўкиш миқдори аниқланади ва бир-бирига қўшиб, чўкишнинг умумий миқдори  $S_{\text{общ}}$  топилади, яъни:

$$S_{\text{общ}} = (i_1 H_1 + i_2 \cdot H_2 + i_3 H_3 \dots i_n H) \text{ мм ёки см.}$$

Чўкиш миқдорига қараб лёссимон жинслар 6 та группага бўлинади (41-жадвал). Ф. О. Мавлонов (1958) Марказий ва Манубий Урта Осиё лёсс ва лёссимон жинсларини чўкиш миқдorigа қараб қуйидаги турларга ажратган:

41-жадвал

Жинслар чўкувчанлик хусусияти	Чўкиш миқдори $S$ (м)
чўкмайдиган	0
секин чўкувчан	0,5
ўртача чўкувчан	0,5—1,0
тез чўкувчан	1,0—1,5
жуда тез чўкувчан	>1,5

- 1) тез чўкувчан — чўкиш миқдори 0,5—2,5 м ва ундан ортиқ;
- 2) секин чўкувчан — 0,5 м дан кичик;
- 3) чўкувчан (чўкиш миқдори аниқ эмас);
- 4) чўкувчан ва чўкмайдиган (аниқ чегараси белгиланмаган);
- 5) узоқ вақт суғориш натижасида чўкувчанлиги йўқолган;
- 6) чўкмайдиган.

### 5. Жинсларнинг чўкувчанлигини график орқали ифодалаш ва аниқлаш

Лабораторияда олинган маълумотларни графикда ифодалаш мумкин. Жинсларнинг чўкувчанлиги одатда бир, икки ва учта компрессион эгри чизиқ ёрдамида аниқланади.

1. Жинслар чўкувчанлигини битта эгри чизиқ ёрдамида аниқлаш.

Бунинг учун монолитдан (текшириляётган жинснинг катта бўлаги) компресси асбоб учун битта намуна қирқиб олиб, у табиий нам ҳолида табиий босим билан сиқилади.

Компрессия асбобда текшириляётган жинсга табиий босимнинг ҳаммаси бир вақтда таъсир қилдирилмасдан, оз-оздан маълум миқдорда таъсир эттириб жинсни сиқувчи умумий куч миқдори табиий босим ( $P_{\text{пр}}$ ) миқдоригача етказилади. Масалан, текшириляётган жинсга таъсир қилган табиий босим

2,0 кг/см<sup>2</sup> га тенг бўлсин, бунда компрессион асбобда текшири-  
лаётган намуна аввал  $P_1=0,5$  кгк/см<sup>2</sup>, кейин  $P_2=1,0$ ;  $P_3=1,5$  ва  
 $P_4=2,0$  кг/см<sup>2</sup> куч таъсир қилдириб сиқилади. Шуни айтиш ке-  
ракки, биринчи қўйилган куч ( $P_1$ ) босими таъсирдан жинсда  
сиқилиш процесси тамом бўлгандан сўнг унга иккинчи куч таъ-  
сир қилдирилади, сўнг учинчи, тўртинчи ва ҳоказо. Жинс таш-  
қи куч таъсирида сиқилиб унинг ғоваклилик коэффиценти ўз-  
гариб боради.

Табиий босим таъсирида жинсда сиқилиш процесси тамом бўл-  
гандан сўнг, унга сув таъсир қилдириб намлиги оширилади. Агар  
жинс чўкувчан бўлса, унда катта ўзгариш ҳосил бўлиб, ғоваклили-  
ги кескин камаяди ва чўкиш вужудга келади. Чўкиш процесси та-  
мом бўлгандан кейин жинсга таъсир қилаётган ташқи куч миқдори  
табиий босимга нисбатан оширилиб, бино босимга ( $p_n$ ) тенглаштири-  
лади.

Тажриба давомида ҳар бир куч босқичи ( $P_1, P_2, P_3, P_4 \dots P_n$ )  
таъсирида сиқилаётган ва чўкаётган жинснинг ғоваклилик коэффи-  
циенти ( $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4 \dots \varepsilon_n$ ) аниқланади:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_0 - \frac{\Delta h_1}{h} (1 + \varepsilon_0); \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_0 - \frac{\Delta h_2}{h} (1 + \varepsilon_0)$$

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_0 - \frac{\Delta h_3}{h} (1 + \varepsilon_0); \quad \varepsilon_4 = \varepsilon_0 - \frac{\Delta h_4}{h} (1 + \varepsilon_0);$$

$$\varepsilon_n = \varepsilon_0 - \frac{\Delta h_n}{h} (1 + \varepsilon_0)$$

бунда  $\varepsilon_0$  — жинснинг ташқи куч таъсир қилмаган пайтда табиий  
намлигидаги ғоваклилик коэффиценти;  $\Delta h_1, \Delta h_2, \Delta h_3, \Delta h_4 \dots \Delta h_n$  —  
текширилаётган намунанинг  $P_1, P_2, P_3, P_4$  ва  $P_n$  куч таъсирида си-  
қилиш миқдори (мм);

$h$  — текширилаётган намунанинг босим таъсир қилмасдан аввал-  
ги бўйи (мм).

Тоғ жинсининг табиий нам ҳамда бошланғич ғоваклилик  
коэффиценти  $\varepsilon_0$  ни аниқлаш учун бир вақтда текширилаётган  
жинснинг солиштирма массаси  $\gamma$ , табиий намлиги  $W$  ва ҳажм  
оғирлиги  $\Delta$  аниқланади ва  $\varepsilon_0$  қуйидаги формула билан аниқ-  
ланади:

$$\varepsilon_0 = \frac{\gamma (1 + 0,01 \cdot W)}{\Delta} - 1$$

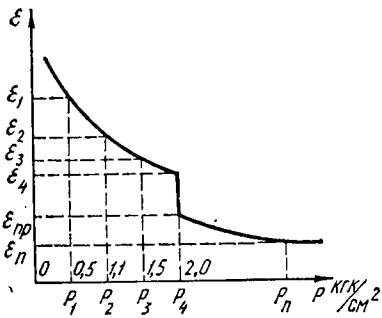
Текширилаётган жинснинг  $P_1, P_2, P_3, P_4$  ва  $P_n$  кучлари таъси-  
рида сиқилиш миқдори қуйидагича аниқланади:

$$\Delta h_1 = h - h_1; \quad \Delta h_2 = h - h_2; \quad \Delta h_3 = h - h_3; \quad \Delta h_4 = h - h_4$$

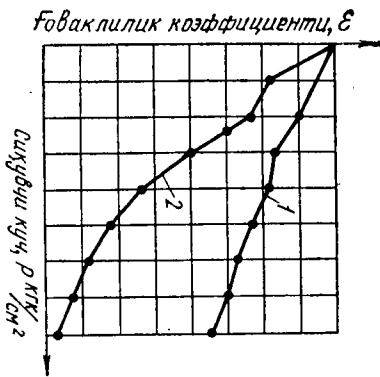
$$\Delta h_n = h - h_n$$

бунда  $h_1, h_2, h_3, h_4$  ва  $h_n$  — намунанинг куч босқичлари  $P_1, P_2,$   
 $P_3, P_4,$  ва  $P_n$  таъсир этгандаги баландлиги (мм).

Ҳар бир куч босқичида текширилаётган жинснинг ғоваклилик  
коэффицентлари ( $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$  ва  $\varepsilon_n$ ) аниқлангандан сўнг, ғовакли-  
лик коэффиценти билан сиқувчи куч орасидаги боғланишни ифода-



112- расм. Жинснинг чўкувчанлигини бир компрессион эгри чизиқ орқали аниқлаш графиги.



113- расм. Жинснинг чўкувчанлигини икки эгри чизиқ орқали аниқлаш графиги.

1—лўсснинг табиий нам ҳолдаги компрессион эгри чизиги; 2—лўсснинг намиққандан кейинги компрессион эгри чизиги.

ловчи график чизилади ва графикда чўкувчан жинслар компрессион эгри чизиқ кўринишида ифодаланади, (112-расм).

112- расмда кўрсатилган графикда жинснинг нисбий чўкувчанлик коэффициенти ( $i$ ) ни ва нисбий чўкувчанлик ( $L$ ) ни аниқлаш мумкин:

$$i = \frac{\epsilon_4 - \epsilon_{пр}}{1 + \epsilon_4} \text{ ва } L = \frac{\epsilon_4 - \epsilon_п}{1 + \epsilon_4},$$

бунда  $\epsilon_4$  — текширилаётган намунанинг табиий босим ( $P_4 = 2,0$  кг/см<sup>2</sup>) таъсирида намланмасдан олдинги ғоваклилик коэффициенти;  $\epsilon_{пр}$  — намунанинг табиий босим таъсирида намлангандан кейинги ғоваклилик коэффициенти;  $\epsilon_п$  — намунанинг табиий босим ва бино оғирлиги таъсирида намлангандан кейинги ғоваклилик коэффициенти.

2. Жинслар чўкувчанлигини икки эгри чизиқ ёрдамида аниқлаш. Бунинг учун худди юқорида айтилгандек лабораторияда компрессион асбобда тажриба олиб борилади. Аммо бу тажрибанинг биринчи тажрибадан фарқи шуки, бунда текширилиши лозим бўлган жинсдан бир вақтнинг ўзида иккита намуна олиб, иккита компрессион асбобда, биттаси табиий намликда, иккинчисига сув таъсир қилдириб, яъни сувга тўйинган ҳолда тажриба ўтказилади.

Тажриба давомида иккала намунанинг ташқи босим таъсиридаги ғоваклилик коэффициентлари худди юқоридаги усуллар бўйича аниқланиб, ғоваклилик коэффициенти билан ташқи куч орасидаги боғланишни ифодаловчи график тузилади (113- расм).

Бу графикнинг олдинги графикдан афзаллиги шуки, унинг ёрдамида жинснинг хоҳлаган намликда ва турли босим таъсирида чўкувчанлигини аниқлаш мумкин.

## 6. Лёсс ва лёссимон жинслар чўкувчанлигини далада аниқлаш

Жинсларнинг чўкувчанлиги дала шароитида икки усул билан аниқланади.

1. Штамп ёрдамида. Бунинг учун чўкувчанлиги текширилаётган жойда шурф ёки бурғи қудуғи қавланади. Шурф остига юзаси 5000 см<sup>2</sup> бўлган тўртбурчак шаклида, бурғи қудуғи остига эса юзаси 600 см<sup>2</sup> бўлган доира шаклидаги штамп ўрнаилади. Кейин унинг устига босим  $P$  таъсир этирилиб, жинснинг табиий нам ҳолида чўкиш миқдори  $S_1$  аниқланади. Сўнг-ра шурфга ёки бурғи қудуғига сув қўйилиб, жинснинг ( $P$ ) босим остида намлангандаги чўкиш миқдори  $S_2$  аниқланади. Текширилаётган жинснинг чўкувчанлиги А. Ф. Абелев (1968) тақлиф этган чўкувчанлик кўрсаткичи  $M$  орқали аниқланади:

$$M = \frac{S_2}{S_1} > 5 \text{ бўлса, жинс чўкувчан ҳисобланади.}$$

2. Қотлованларга сув тўлдириб жинслар чўкувчанлигини аниқлаш. Ўрта Осиё, шу жумладан, Ўзбекистон территориясида лёсс ва лёссимон жинслар жуда кўп тарқалганлиги сабабли республика лёссшунослари лёссларда бўладиган чўкиш ҳодисасини ҳар томонлама ўрганишга киришдилар.

1931—1933 йиллардаёқ Е. Л. Замарин ва М. М. Решеткинлар лёссларда чўкиш ҳодисасини дала шароитида котлованларга сув тўлдириб аниқлаш усулини ишлаб чиқдилар ва бу ҳақда қисқача методик қўлланма яратдилар.

1935—1940 йилларда Ўрта Осиё экспедицияси ходимлари ирригация каналлари соҳилида бўладиган чўкиш ҳодисасини котлованларга тўхтовсиз сув қўйиб, лёссларни намлаш усули билан ўргандилар.

Мирзачўлни ўзлаштириш борасида 1940—1950 йилларда Ғ. О. Мавлонов, Н. А. Кенесарин, В. Ғ. Ғофуров, П. М. Қарпов, кейинчалик Х. А. Асқаров ва бошқалар гидрогеологик ва инженерлик-геологик ишлар олиб бордилар ва лёсслар чўкувчанлигини дала шароитида котлованларга сув қўйиб ўрганиш усули билан ёки чўкувчан жинслар устидан ўтган каналлар соҳилидаги чўкишларни кузатиш усули билан аниқладилар. Айрим тажрибаларни ҳисобга олмаганда жинсларнинг дала шароитида аниқланган чўкиш миқдори лабораторияда аниқланганидан жуда оз фарқ қилади. Масалан, Ғ. О. Мавлонов ва П. М. Қарповларнинг тажрибаларига кўра 8 м. қалинликдаги чўкувчан лёсснинг дала усулида аниқланган чўкиш миқдори 33 см. га тенг бўлса, лаборатория усулида аниқланган миқдори 29 см. га тенг. Худди шунга ўхшаш В. Ғ. Ғофуровнинг маълумотига кўра 10 м. қалинликдаги чўкувчан лёсснинг дала ва лаборатория усулларида аниқланган чўкиш миқдорлари атиги 1,9 см фарқ қилади.

Шуни ҳам айтиш керакки, жинсларнинг чўкувчанлигини дала шароитида аниқлаш учун жуда кўп вақт кетади (62-жадвалга қаранг).

Жинсларнинг чўкувчанлигини дала шароитида аниқлашнинг аниқ бир усули йўқ. Аммо кейинги йилларда проф. Ғ. О. Мавлонов бошчилигида бир группа Ўзбекистон лёссшунос олимлари лёссларнинг чўкувчанлигини дала шароитида аниқлаш усулини батафсил ишлаб чиқдилар. Бу усулни бажариш тартиби қуйидагича.

Лёсс ва лёссимон жинсларнинг чўкувчанлигини аниқлаш учун уларнинг таркиби, тузилиши ва физик хусусиятлари, сўнг шунга асосланиб текшириладиган жойда бу жинсларнинг қандай генетик типлари борлиги ва тарқалиш майдони, ниҳоят бу жинсларнинг қайси бир генетик типига тажриба ўтказиш кераклиги аниқланади.

Тажриба ўтказиладиган жой илгари суғорилмаган бўлиши керак, шунинг учун тажриба ўтказиладиган районнинг геологик ёки геоморфологик картасида суғорилмаган районлар чегараси белгиланади.

Тажрибанинг сони жинсларнинг генетик типига, уларнинг қалинлигига ва қўйилган мақсадга қараб белгиланади. Тажрибалар шуни кўрсатадики, ҳар бир генетик тип учун битта тажриба участкаси ажратилиши kifоя.

К. Пўлатов ва бошқаларнинг тажрибалари чўкувчан лёссларнинг қалинлиги қанча катта бўлса, уларнинг дала ва лаборатория шароитида аниқланган чўкиш миқдорлари бир-биридан шунча кўп фарқланишини кўрсатади.

Тажриба маълумотларига асосланиб айтиш мумкинки, қалинлиги 10 м гача бўлган жинсларда дала ва лаборатория усули билан аниқланган чўкиш миқдорлари унча фарқ қилмайди. Шунинг учун қалинлиги 10 м гача бўлган жинсларнинг чўкувчанлигини асосан лабораторияда аниқлаш билан kifояланса бўлади. Агар чўкувчан лёсснинг қалинлиги 10 м дан ортиқ бўлса, уларнинг чўкувчанлигини албатта дала шароитида аниқлаш керак. Агар чўкиш миқдори лабораторияда аниқланса, уни дала шароитида аниқланган чўкиш миқдорига яқинлаштириш учун қўшимча коэффициент миқдорини топиш лозим.

Ғ. О. Мавлонов ва К. Пўлатовларнинг тасдиқлашича, қалинлиги 10 м дан 20 м гача бўлган чўкувчан жинс тарқалган жойнинг ҳар 6000 ва 4000 гектар майдони учун битта, қалинлиги 30 м ва ундан ортиқ бўлганда эса 500 гектар майдон учун битта тажриба участкаси тавсия этилади. Шунга кўра умумий майдон учун тажриба сони, яъни қанча тажриба олиб бориш кераклиги аниқланди.

Текшириладиган районда қанча тажриба олиб бориш кераклиги аниқлангандан сўнг, ҳар бир тажриба учун қанча вақт сарф бўлиши, яъни жинсни тўла намлаш учун кетадиган вақт аниқланади. Ҳар бир тажриба учун кетадиган вақт чўкув-

Лёсс ва лёссимон жинсларнинг чўкувчанлигини дала усулида аниқлашда тажрибада намлаш учун тавсия этилган вақт нормаси  
(Ғ. О. Мавлонов ва К. Пулатовлар маълумоти бўйича, 1975).

Чўкувчан жинснинг қалинлиги, м	Жинснинг ўртача фильтрация коэффициенти, м/сут	Жинс намланиши учун сарф бўлган вақт (сутка)	
		жинснинг ҳўлланиш даври	Жинсда намнинг тақсимланиш ва унинг сувга тўйиниш даври
10	0,5	20,0	20,0
15	0,4	37,5	37,5
20	0,4	50,0	50,0
30	0,35	86,0	86,0

чан жинснинг қалинлиги, фильтрация коэффициенти ва ғовак-лилигига боғлиқ.

Тажрибалар шуни кўрсатдики, тажриба котлованларига сув қуйилганда сув жинсда вертикал йўналиш бўйича пастга ҳаракат қилиб, жинснинг тагига етиб боради, бунга кетган вақтни жинснинг ҳўлланиш даври дейилади. Сўнгра атрофга тарқала бошлайди ва жинс сувга тўйинади; бу даврни жинсда намнинг тақсимланиши ва унинг сувга тўйиниш даври дейилади. Биринчи давр иккинчи даврга тенг бўлади (42-жадвал).

Тажриба олиб боришда жойнинг ўрнини аниқлаш катта аҳамиятга эга. Иложи борича тажриба учун таркиби ва тузилиши бир хил жойни танлаш керак. Агар чўкувчан жинс таркибида қум, шағал ва тош қатламчалари бўлса, бу қатламчаларнинг қалинлиги 0,5 метр (чўкувчан жинснинг қалинлиги 10 м гача бўлганда), 1,0 метр (чўкувчан жинснинг қалинлиги 10—20 м оралигида) ва 1,5 метрдан (чўкувчан жинс 20 м. дан кўп) ортқ бўлмаслиги керак.

Тажриба ўтказиладиган жой аниқлангандан сўнг, котлован қазилади. Котлован квадрат шаклда бўлиб, унинг ён томонларини узунлиги чўкувчан қатламнинг қалинлигини ярмига тенг қилиб олинади. Масалан, чўкувчан жинс қатламининг қалинлиги 20 м бўлса, котлован томонлари 10×10 м қилиб олинади. Уларнинг чуқурлиги эса 0,8—1,0 м бўлиб, қирғоқларининг нишаблиги 30—45, 60 ва 70° атрофида бўлади. Котловандан қазиб чиқарилган тупроқ чўкиш чегарасидан ташқарига, яъни котлованидан 80—100 метр узоқликка ташланади.

Тажриба ўтказиш учун котлован тайёр бўлгандан кейин, чўкиш тезлигини ва миқдорини аниқлаш учун ер юзига ва чуқурлигига ўрнатиладиган махсус реперлар тайёрланади (114-расм). Ер юзига ўрнатиладиган реперларни тайёрлаш учун диаметри 36 мм, узунлиги 1,0 м труба олиб, унинг бир томонига (нивелир рейкасини қўйиб ундан саноқ олиш учун) катталиги 8×12 см келадиган темир пластинка ва иккинчи томонига эса бетон орасида мустақкам туриши учун узунлиги 15 см, диаметри 36 мм

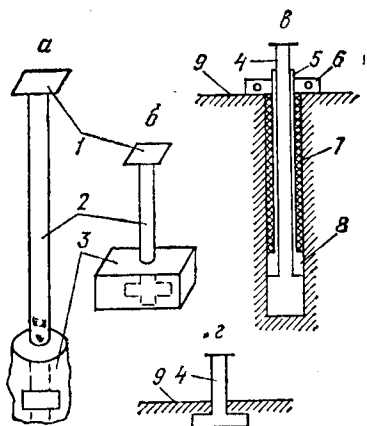
трубача 114-расмда кўрсатилган нидек қилиб уланади ва бу труба уланган томонга томонлари  $30 \times 30 \times 20$  см бўлган тўртбурчак бетон трубачаси тайёрланади. Бу реперлар (115-расм) котлованнинг марказидан тўрт томонга қараб, бир-биридан 0,1; 1,5; 1,5; 1,5; 2,0; 2,3; 3; 4; 5 м узоқликда қилиб жойлаштирилади. Реперларни ўрнатиш учун ер 0,5 м қазилиб, бетон томони чуқурга туширилиб (114-расм, г) ўрнатилади.

Чўкиш ҳодисасининг ҳар хил чуқурликда тезлигини ва интенсивлигини аниқлаш учун чуқурликка ўрнатиладиган реперлардан фойдаланилади. Бундай реперларни ҳосил қилиш учун репер ўрнатилиши лозим деб ҳисобланган жойга диаметри 180 мм ли шнекли бурғи қудуқлари қазилади. Уларнинг чуқурлиги ҳар хил бўлиб, одатда бир-биридан 3 метр фарқ қилиши, масалан, биринчисининг чуқурлиги 6 м, кейингилариники 9; 12; 15 ва ҳоказо бўлиши керак бўлади.

Бурғи қудуқларининг ҳар бирига диаметри 36 мм ли, узунлиги қудуқ чуқурлигидан 1 метр ортиқ бўлган металл стерженьлар туширилади, сўнгра (114-расм, в) қудуқнинг тагига 30 см баландлигига цементли суюқлик солиб стержень мустаҳкамланади. Кейин жинс чўкканда стержень яхши ҳаракатланиши учун унинг устидан диаметри 73 мм ли труба туширилади. Бу труба қудуқнинг тагига туширилмасдан қудуқнинг тагидан 1,5—2,0 м баландликда қилиб ўрнатилади, чунки бу трубанинг огирлиги стерженга тушиши керак эмас. Бунинг учун трубанинг ер юзига чиққан қисми хомут билан маҳкамлаб қўйилади. Сўнгра труба билан қудуқ орасидаги бўшлиқ тупроқ билан тўлдирилади.

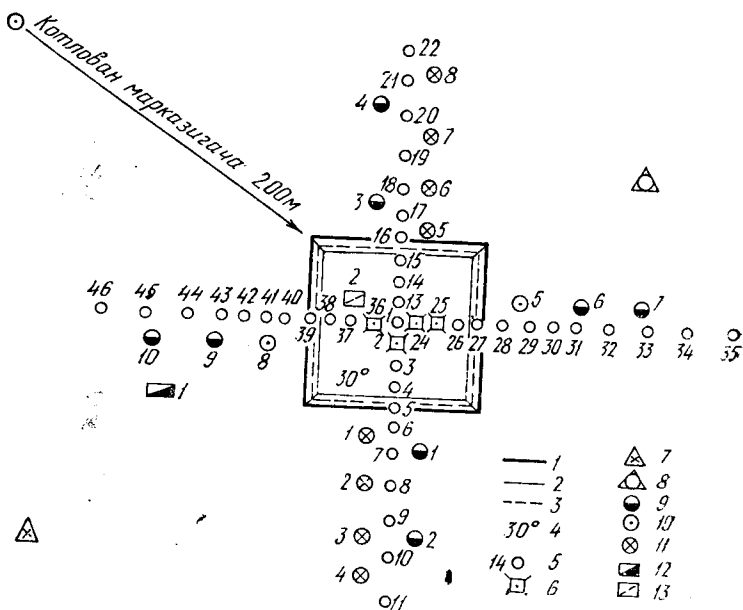
Чуқурликка ўрнатиладиган реперлар иложи борича котлован марказига яқин жойларга ўрнатилади, чунки котлованнинг марказида чўкиш максимал қийматга эга бўлади.

Бу реперлардан бошқа тажриба котловандан 50—60 м узоқликда ер юзига контрол репери ўрнатилади ва шу реперга нисбатан бошқа реперларнинг кўчиши аниқланади. Реперлардаги ўзгаришни аниқлайдиган нивелир ўрнатиладиган  $2 \times 2$  м кенгликдаги жой қалинлиги 8—10 см қалинликдаги бетон билан қопланади. Бу жой албатта контрол репери ўрнатиладиган жойга



114-расм. Чуқурликка ўрнатиладиган репер (а) ва уни ўрнатиш схемаси (в); ер юзасига ўрнатиладиган репернинг формаси (б) ва унинг ўрнатилиши (з):

1—рейка қўйиладиган темир пластинка; 2—темир стержень; 3—бетон тумбочка; 4—ўрнатиладиган репер; 5—бурғи қудуққа тушурилган труба; 6—темир хомут; 7—зичлантирилган грунт; 8—бурғи қудуқ; 9—ер юзаси.



115-расм. Репер ва тажриба қудуқларини намлаш участкасида жойлаштириш схемаси (Ф. Мавлонов ва К. Пўлатов);

1—тажриба котловани қирғоғининг юқори чегараси; 2—котлован қирғоғининг қуйи чегараси; 3—котлованга қуйилган сув сатҳи; 4—тажриба котловани жанубий қирғоғининг нишаблиги—30°; 5—ер юзасига ўрнатилган репер ва унинг номери; 6—ер юзасидан маълум чуқурликка ўрнатилган репер ва унинг номери; 7—контроль репер; 8—нивелир турадиган жой; 9—кузатиб режими ўрганиб туриладиган бурғи қудуқлари; 10—тажриба бурғи қудуқлари; 11—қўлда қазилган бурғи қудуқлари; 12—тажриба ўтказгунга қадар қазилган шурф қудуқ; 13—тажрибадан сўнг қазилган шурф қудуқ.

қарама-қарши, котлованнинг бошқа томонида бўлади (115-расм).

Тажриба бошланмасдан олдин дала усулида аниқланган чўкиш миқдорини лабораторияда аниқланганига солиштириб қўриш учун котлован атрофида битта ёки иккита шурф қазиб, лаборатория иши учун монолит олинади. Бундан ташқари ер ости сувининг режимини ўрганиш учун котлован атрофида бурғи қудуқлари қовланади. Уларнинг чуқурлиги ер ости сувлари сатҳига боғлиқ.

Ҳамма тайёргарлик ишлари бажарилгач, котлованга сув қуйиб тажриба бошланади. Бунда котлованга шундай сув бериб туриладики, ундаги сувнинг баландлиги доимо 0,5 м да сақланиб туриши керак. Тажриба давомида кетма-кет қуйидаги ишлар бажарилади:

1) ўрнатилган реперлардан нивелир ёрдамида ҳар куни саноқ олиб, журналга ёзиб борилади;

2) ҳар соатда котлованга қуйилаётган сувнинг сарфи, бурғи қудуғидаги ер ости суви сатҳи, -температураси аниқлаб турилади;



3) ҳар соатда котлован қирғоқларининг ҳолати, унда ҳосил бўлган ёриқлар кузатилиб, қоғоздаги планга тушириб турилади;

4) ҳар 10 кунда ер ости сувининг режимини кузатиладиган бурғи қудуқларидан химиявий анализ учун сув олиб турилади;

5) тажриба тугагандан кейин намланган грунтнинг конфигурациясини аниқлаш учун котлован атрофида қўлда бурғи қудуқлари қазиб, намликни аниқлаш учун ҳар бир ярим метрдан намуна олинади.

Агар 10 кун давомида чўкиш миқдори 4 мм дан ошмаса, котлованнинг тажриба намланиши тугаган ҳисобланади. Сўнг йиғилган материаллар қайтадан ишлаб чиқилади ва охирига етказилади.

## 7. Чўкиш ҳодисасига қарши кураш

Юқорида айтилганидек, жинсларнинг чўкувчанлиги улар устига қурилган бино ва иншоотларнинг деформацияланишига сабаб бўлади. Шунинг учун бино ёки иншоотни қуришдан олдин лёсс ва лёссимон жинсларнинг чўкувчанлиги қуйидаги усуллар билан камайтирилади ёки бутунлай йўқотилади.

1. Чўкувчан жинс тарқалган жойларда бино ва иншоот замини юзасига тенг келувчи котлованлар қазилиб, улар сувга тўлдириб турилади. Бу усулда чўкувчан жинсларга сув таъсир этиб, уларнинг таркибидаги тузлар эрийди, минерал доналари орасидаги ёпишқоқлик кучи камаяди ва жинс ўз оғирлиги таъсирида чўқади. Бу усул анча вақт талаб этади. Баъзи чўкувчан жинсларнинг чўкувчанлиги котлованга бир марта сув тўлдиришда йўқолмайди, шунинг учун уни бир неча марта сувга тўлдириш лозим.

2. Котлован сувга тўлдирилиб, жинсларнинг чўкувчанлиги камайтирилгандан сўнг, шиббалаш машиналари ёрдамида котлован таги шиббаланади, натижада жинснинг ғоваклилиги камаяди. Баъзан бу усулдан фойдаланишда котлованга сув қуймай туриб ҳам уни шиббалаш мумкин. Бунда чўкувчан жинснинг ғоваклилик даражасини ва гранулометриқ таркибини ҳисобга олиш керак.

3. Чўкувчан жинс қатламларига 600—800°C температурада кучли босим остида ҳаво юборилади. Бунда чўкувчан жинс таркибидаги сув буғланиб, унинг физик-механик хоссалари ўзгаради ва чўкувчанлик хусусияти йўқолади. Бу усул термик усул деб аталади.

1947 йилда И. М. Литвинов, Ф. А. Беляков ва П. К. Черносов янги термохимиявий усулни татбиқ қилдилар. Бу усулга кўра, бурғи қудуғига 0,15—0,5 атм босим остида ёнувчи газ ёки суюқлик туширилиб ёндирилади. Қудуқ атрофидаги қатламлар пишган ғиштга ўхшаш қаттиқ ҳолатга келади.

И. М. Литвинов тажрибасига кўра, саккиз қаватли икки бино остидаги 7—8 м қалинликдаги чўкувчан жинс қаттиқ, чўкмайдиغان ҳолатга келтирилган. Бунинг учун диаметри 100 мм

ли бурғи қудуғи қазилиб, унга соляр мойи қўйилган ва 7 сутка давомида ёндирилган. Бунга 700 кг ёқилғи (ҳар бир пог. м га 100 кг) сарф этилган. Ҳар бир қудуқнинг таъсир доираси 2—3 м ни ташкил этган.

И. М. Литвиновнинг кўрсатишича, бу усулда диаметри 10—20 см бўлган қудуқ 5—10 сутка давомида қалинлиги 10 м, эни эса 1,5—2,5 м бўлган жинснинг мустаҳкамлигини ошириб, чўкувчанлигини йўқотиш мумкин экан.

4. Шиша суюқлигига 2,5 процентли NaCl эритмасини қўшиб (В. В. Асколонов усули) чўкувчан жинс ғовакларига сиқиб киргизиш усули. Бу усулнинг фойдали томони шундаки, суюқ шиша қўшилган NaCl эритмаси жинс таркибидаги  $MgSO_4$ ,  $CaSO_4$  тузларининг эрувчанлигини оширади ва тез чўкмага тушишига сабаб бўлади. Натижада жинс минерал заррачаларининг зичланиш процесси вужудга келади; иккинчидан бўш ғовакларга ҳосил бўлган кремний кислотаси қўйқаси тўлади. Бу қўйқа 30 суткадан кейин минерал зарралар бир-бирига мустаҳкам бирикшига, бинобарин жинсни чўкмайдиган, кўпчимайдиган, сувдан емирилмайдиган ҳолга олиб келади.

5. Чўкувчи жинс ғовакларни парафин — мазут — битум аралашмаси билан тўлдириш усули (К. И. Добровольский усули). Парафин-мазут битуми аралашмаси бир қисм мазут ва унга 3—5 процент парафин қўшиб тайёрланади. Бу аралашмани маълум асбоблар ёрдамида жинс ғовакларига юборилади. Аралашма силлиқ хусусиятга эга бўлганлигидан тезда ғовакларга кириб, уни тўлдиради. Натижада чўкувчан жинс чўкувчанлигини йўқотади.

1955 йили А. А. Авакян лёсс жинсларнинг чўкувчанлигини камайтириш, мустаҳкамлигини оширишнинг янги усулини таклиф қилди. Бу усул канал, ариқларнинг ён деворларини мустаҳкамлашда катта аҳамиятга эга бўлиб, парафин билан мазут аралашмасини 100—120°C да қиздирилган ҳолатда ҳавонинг иссиқ кунларида гидравлик насос ёрдамида канал деворларига пуркалади. Натижада бу аралашма жинс қатламларига 10—12 см қалинликда сингиб, сувни ўтказмайдиган қатлам ҳосил қилади.

Юқорида кўрсатилиб ўтилган ҳамма усуллар кўп маблағ талаб қилади, шунинг учун уларни зарур бўлган тақдирдагина қўлланади. Чўкмиш ҳодисаси билан курашишнинг энг асосий йўли, шу ҳодисани вужудга келтирувчи сабабларга йўл қўймаслик, уларни ўз вақтида бартараф қилишдир. Бунинг учун водопровод, канализация ва ер усти сувлари тармоқларини доимо назорат қилиб, уларнинг сувини бино ёки иншоот заминига кириб кетишига йўл қўймаслик керак.

## XXII БОБ. ЗИЛЗИЛА

Ер қобиғининг маълум сабабларга кўра тўсатдан силкинишини zilzila деб аталади. Зилзила натижасида ер юзасида бўладиган ўзгаришлар йиғиндиси сейсмик ҳодисалар дейилади.

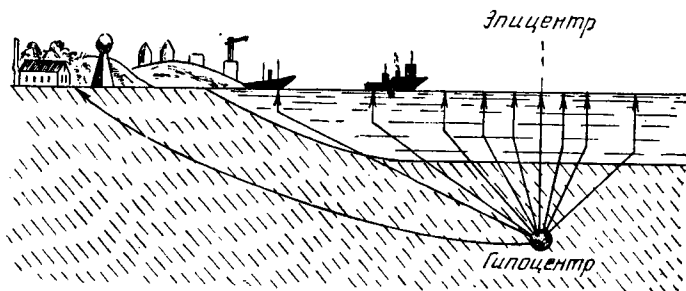
Зилзила кўп бўлиб турадиган жойлар сейсмик районлар ҳисобланади. Зилзила бўлмайдиган жойлар асейсмик областлар деб аталади. Бундай областларга Москва, Шимолий Америка, Шимолий Германия пасттекислиги, Финляндия, Қола яримороли, Шарқий Канада, Бразилия, Ғарбий Сибирнинг чўл районлари, Шимолий Сибирь киради.

Зилзила натижасида иморатлар, иншоотлар, темир йўллар вайрон бўлиб, минглаб одамлар ҳалок бўлади. XX аср давомида зилзила натижасида 800 мингдан ортиқ одам ҳалок бўлган (В. Б. Ляцкий—1967).

Кучли зилзила 1875 йилда Лиссабонда (Португалия), 1885 йилда Беловодскда, 1889 ва 1960 йилларда Чилида, 1805 йилда Красноводскда, 1902 йилда Шимахинда (Озарбайжон) ва Андижонда, 1907 йилда Қоратоғда (Тожикистон), 1906 йилда Сан-Францискода (АҚШ), 1908 йилда Мяссинскда (Италия), 1911 йилда Кеминскда (Қозоғистон), 1920 йилда Горийскда (Грузия), 1927 йилда Қримда, 1929 ва 1948 йилларда Ашхободда, 1931 йилда Зангезурскда (Арманистон), 1941 йилда Гармда (Тожикистон), 1946 йилда Чотқолда, 1949 йилда Хайт қишлоғида (Тожикистон), 1957 йилда Гоби-Алтийскда (Мўғулистон), 1960 йилда Огадирда (Марокко), 1963 йилда Скопледа (Югославия), 1963 йилда Чхалтинскда (Грузия), 1964 йилда Аляскада (АҚШ), 1966 йилда Тошкентда, 1970 йилда Доғистонда, 1970 йили Перуда ва 1970 йилда Сарикамишда (Қирғизистон) бўлган. Зилзилаларнинг кучи 8—9 ва ундан ортиқ балл бўлган. Буларнинг ичида энг кучлиси Кеминскдаги бўлиб, унинг кучи 11—12 баллга етган, силкиниш тўлқини 1 млн. км<sup>2</sup> майдонга тарқалган. Келтирилган маълумотларга асосланиб шуни айтиш мумкинки, зилзила Ер шарининг кўпчилиги жойида содир бўлиб, инсонлар ҳаёти учун жуда хавfli ҳисобланади. Масалан, Лиссабондаги зилзилада 60 минг, Мяссинскдагида эса 100 минг киши ҳалок бўлган, шаҳар ва қишлоқлар вайрон бўлган, йирик-йирик иморат ва иншоотлар ер қаърига кириб кетган, минглаб одамлар ҳалок бўлган, ер юзи ёрилиб, кўп жойни сув босиб кетган. Худди шунга ўхшаш ҳодисалар бошқа жойларда ҳам юз берган. Булардан шу нарса маълумки, ернинг ички кучи билан боғлиқ бўлган зилзила ҳодисаси анча вақтлардан бери инсоният эътиборини ўзига тортиб келади.

Ер силкинишлари сейсмик станцияларга ўрнатилган сейсмограф аппаратлари ёрдамида ҳисобга олинади. Сейсмик станциялар маълумотига кўра, ҳар йили Ер шари бўйича 100 мингдан ортиқ зилзила бўлиб, уларнинг ичида тахминан 100 га яқини вайронагарчилик ва биттаси фалокат келтирадиган ҳисобланади, кучсиз зилзилалар ҳар 5 минутда бўлиб туради.

Зилзила пайтида ер қобиғида сейсмик тўлқинлар ҳосил бўлади. Тўлқинларнинг тарқалиш маркази **гипоцентр** ёки **зилзила ўчоғи** деб аталади (116-расм). Гипоцентрнинг ер юзасига нисбатан чуқурлиги ҳар хил бўлиб, 2 км дан 700 км гача боради.



116-расм. Сеймик тўлқинларнинг тарқалиш схемаси.

Даҳшатли зилзилаларнинг гипоцентри 30—100 км чуқурликда бўлади. Зилзила ўчоғи қанчалик чуқур бўлса, унинг таъсир кўрсатиш доираси шунча катта бўлади. Гипоцентрининг ер юзасидаги акси **эпицентр** деб аталади. Сеймик тўлқинлар нурга ўхшаб гипоцентрдан ҳамма томонга ҳар хил тезлик билан тарқалади ва сўниб, ўз кучини йўқотади. Тоғ жинси зарраларининг сеймик нур бўйлаб гипоцентрдан ёки гипоцентр томон йўналган тебранма ҳаракатига бўйлама тўлқинлар дейилади.

Бўйлама тўлқинлар ўз йўналишида тоғ жинсларининг сиқилишига ва чўзилишига сабаб бўлади. Бунинг натижасида уларнинг ҳажми ўзгаради. Тўлқин тезлиги ернинг геологик тузилишига, тоғ жинсларининг зичлигига, қат-қатлигига ва ер ости сувли горизонтларнинг оз-кўплигига боғлиқ. Масалан, гранитларда бўйлама тўлқиннинг тарқалиш тезлиги 5000—7000 м/с, оҳақтошларда 2000—5000 м/с, сувда 1500 м/с, ҳавода эса 330 м/с.

Сеймик тўлқинлар қаттиқ жинсларда тез ва узоқ жойларгача, ғовакли жинсларда ва шағалтош қатламларида секин тарқалади, аммо катта вайронгарчиликларга сабаб бўлади.

Тоғ жинси зарраларининг сеймик нурга кўндаланг ҳолдаги тебранма ҳаракатига кўндаланг тўлқин дейилади. Кўндаланг тўлқин таъсирида тоғ жинси қатламлари тўхтовсиз силжийди ёки уларнинг шакли тўлқинга перпендикуляр бўлиб ўзгаради. Шуни айтиш керакки, ҳар қандай тўлқин таъсирида газ ва суюқликларнинг шакли ўзгармайди. Шу сабабли кўндаланг тўлқинлар газ ва суюқликлардан ўтмайди, бошқача айтганда, уларда зилзила ҳосил бўлмайди. Кўндаланг тўлқинларнинг тезлиги бўйлама тўлқинларнинг тезлигидан тахминан икки марта кам бўлади (43-жадвал).

Бўйлама ва кўндаланг тўлқинлардан ташқари, зилзила пайтида эпицентрдан ер юзаси бўйлаб тарқалувчи юза тўлқинлар ҳам бўлади. Бу тўлқинларнинг ўртача тезлиги 3000—3500 м/с бўлиб, ер юзасининг тузилишига ва тоғ жинсларининг намлигига боғлиқ.

Зилзиланинг силкиниши учун кетган вақт жуда ҳам оз бўлиб, секунд билан ҳисобланади. Аммо бу қисқа вақт ичидаги баъзи силкинишлар жуда ҳам катта вайронгарчилик келтиради.

Тоғ жинслари	Сейсмик тўлқинлар тезлиги (м/с)	
	бўялама тўлқин	кўндаланг тўлқин
1. Гранит, диорит, базальт	5600	2900—3900
2. Оҳақтош, сланец, гнейс	3500—4500	1600—2800
3. Мармар	3500	1830
4. Зич қумтош	3780	1400—1800
5. Бўшоқ қумтош	1670	700
6. Нураган оҳақтош, сланец, қум-тош	1500—2300	900—1350
7. Гипс	2400—3000	1400—1800
8. Мергель	2000—2600	1100—1500
9. Ҳар хил минерал таркибли қум	700—1600	350—850
10. Гил	900—1500	480—800
11. Соз тупроқ (лэсс жинслар)	800—1400	450—750
12. Қумли тупроқ	700—1200	350—650
13. Ғовакли лэссимон жинс	500—800	250—450
14. Қишиларнинг фаолияти билан табиий ётиш ҳолати ва ғоваклилиги ўзгарган жинслар	200—500	150—270
15. Денгиз ва ер ости минерал суви	1480	—
16. Муз	2000	1000

### 1. Зилзиланинг сабаблари ва классификацияси

Зилзила ҳодисаси ўзининг содир бўлиш сабабларига кўра уч группага бўлинади:

а) ер ости жинс қатламларининг ва тоғ ёнбағирларининг ўпирилиши билан боғлиқ зилзила;

б) вулканлар отилишидан бўладиган зилзила;

в) тектоник ҳаракатлар натижасида бўладиган зилзила.

Ер қатламлари ўпирилиши билан боғлиқ зилзила ер куррасининг айрим жойларида содир бўлади. Ер ости сувлари таъсиридан яхши эрувчан қатламлар (тузлар) аста-секин эрний бошлайди. Натижада эриган қатламлар ўрнида катта-катта бўшлиқлар ҳосил бўлади. Бундай бўшлиқ устидаги бўшоқ қатламлар ўз мувозанатини сақлаб туролмасдан бўшлиққа ўпирилиб тушади. Шу туфайли ўпирилиш зилзилалари содир бўлади. Ўпирилиш туфайли ҳосил бўлган зилзиланинг гипоцентри ер юзасига яқин бўлиб, атрофга таъсир этиш доираси кичик бўлади. Баъзан бундай зилзила ҳам теварак атрофдаги биноларни вайрон қилади. О. К. Лангенинг кўрсатишича, бундай зилзила 1915 йилда Харьков областининг Волчанск районида қайд қилинган. Силкиниш диаметри тахминан 100 км жойдан сезилган. Одамлар биноларнинг тебранганини, дерезаларнинг ғирчиллаганини, эшиклар очилиб кетганлигини кўрганлар.

Кўчки ва қулашлардан содир бўладиган зилзила тоғ ёнба-ғирларидаги катта-катта тоғ жинслари блокларининг қиялик бўйлаб кўчиб ёки ағдарилиб тушиши туфайли юз беради. Бундай зилзила кучининг тарқалиш доираси жуда оз, фақат яқин атрофдаги одамлар сезади.

Вулкан ҳаракати билан боғлиқ зилзилаларга **вулкан зилзи-ласи** дейилади. Вулкан зилзиласи вулкан отилиб турадиган районлар учун характерли. Бундай зилзила асосан Камчаткада, Гавай оролларида, Америка қитъаси шарқий қирғоқларида, Япония, Италия территорияларида, Янги Зеландия ва Ер шарининг бошқа кўп жойларида қайд қилинган. Катта масса ва кучга эга бўлган оловли магманинг ер юзасига отилиб чиқиши сейсмик тўлқинларни вужудга келтиради. Бунда ер юзаси бўйлаб ҳаракат қилувчи юза тўлқинлар ҳосил бўлади. Баъзан сейсмик тўлқинлар вулкан отилмасдан бир оз илгари ҳам пайдо бўлади. Ер қобиғида юқорига кўтарилаётган магма тоғ жинси қатларини силжитиб юборади. Бу эса зилзилага сабаб бўлади. Зилзила тез орада вулкан отилиши яқинлашганлигидан дарак беради.

Тектоник ҳаракатлар натижасида бўладиган зилзила **тектоник зилзила** дейилади. Асосан тоғлик районларда бўлиб, тоғ ҳосил бўлиш процесси билан чамбарчас боғлиқ. Бу турдаги зилзилалар бутун Ер шари бўйича бўладиган зилзиланинг 95% идан ортигини ташкил қилади.

Тектоник зилзила ҳосил бўлишининг сабаблари ва ривожланиш қонунлари ҳали унча аниқ эмас. Бир группа мутахассислар зилзилани ер қобиғи йиғилган катта ҳажмдаги энергиянинг бир турдан иккинчи турга ўтишидан пайдо бўлади деб ҳисобласалар, бошқалари ер қатламларида катта босим таъсиридан ҳосил бўлган кучланишларнинг аста-секин ортиб бориши туфайли қатламлар таранглиги бузилишидан ҳосил бўлади деб ҳисобладилар.

Тектоник зилзиланинг сабабини қуйидагича тушунтириш мумкин. Кўпчилик олимларнинг кўрсатишича, ердаги моддалар тинч турмайди. Уларга ҳар хил кучлар — Ер марказига интилувчи ва марказдан қочувчи кучлар, Ой ва қуёшга тортилиш кучи, Ер совиганда вужудга келувчи куч, ер қобиғининг маълум участкаларидаги радиоактив элементлар парчаланишидан пайдо бўлган иссиқлик кучи, ниҳоят, магма кристалланганда вужудга келадиган куч таъсир этади. Бу кучларнинг ҳаммаси биргаликда таъсир этишидан қудратли кучланишлар вужудга келади. Ер қобиғининг айрим қисмларидаги жинс қатламлари қаттиқ сиқилади, эгилади, чўзилади ва таранглашади. Аввал кучланиш катта бўлмаган даврда тоғ жинсларининг кучланиш таъсирига қаршилик кўрсатиш мустаҳкамлиги етарли бўлади. Кучланиш зўрайиб, тоғ жинсининг мустаҳкамлик чегарасидан ошганда у қаршилик кўрсата олмайди, натижада ер ёрилиб, бўлиниб кетади, баъзи қисмлари бошқа қисмларига нисбатан силжийди,— буларнинг ҳаммаси жуда тез, деярли бир лаҳзада

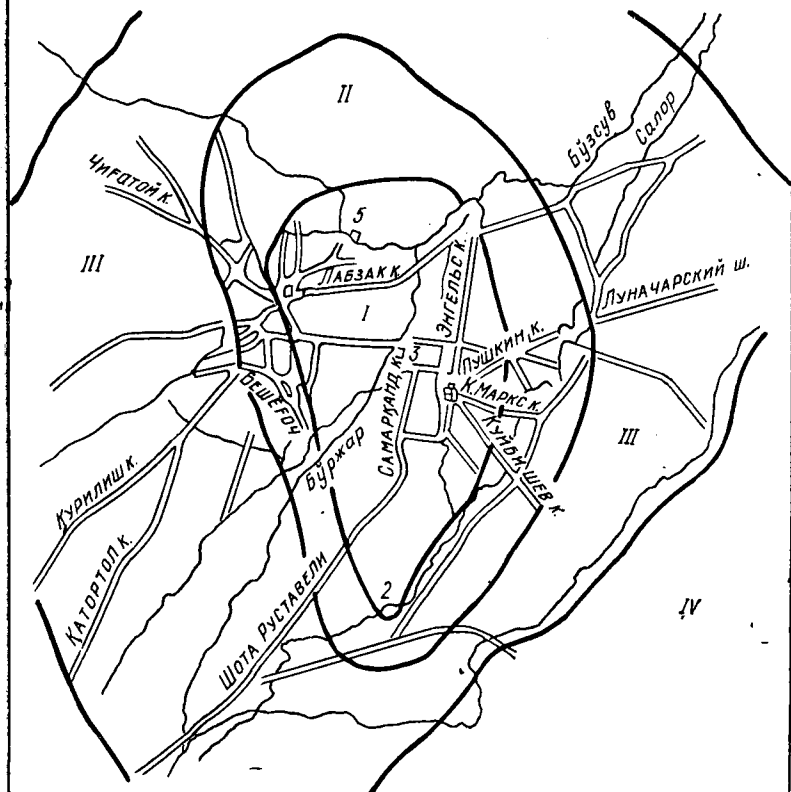
рўй беради. Бу ҳодиса жуда катта кучга эга бўлган тебранма тўлқинларни вужудга келтиради. Тўлқинлар ўз навбатида турли томонларга жуда катта тезликда тарқалади. Гипоцентрдан тарқалган тебранма тўлқинлар энг аввал қаттиқ зарб билан эпицентрга етиб келади, шунинг учун бу зонада энг кўп вайронгарчилик юз беради. Эпицентрга етиб келган тўлқинларнинг бир қисми бажарган иши ҳисобига сарф бўлиб сўнса, қолган бир қисми турли томонларга тарқалади. Бу тўлқинлар эпицентрдан узоқлашган сари кучсизланиб боради. Шунинг учун эпицентрда зилзила кучи 8—9 балл бўлса, эпицентрдан узоқлашган сари 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 бўлиб, охири сезилмайдиган даражада бўлади.

Мутахассислар ҳисоблашича, гипоцентрда сарф бўладиган энергиянинг кучи баъзан  $10^{24}$ — $10^{25}$  эргга етар экан (эрг — оғирлиги 1 гр жисми бир сантиметрга кўтариш учун сарф қилинадиган энергия). Бу энергия миллионлаб атом бомбаларининг энергиясига тенг келади. Бир зилзилада унинг гипоцентрида ажралиб чиқадиган энергияни ҳосил қилиш учун энг катта электростанциялардан бири юз йиллаб ишлаши керак. Днепр ГРЭСи юқоридагича энергиянинг кучига тенг электр қувватини ишлаб чиқариш учун 300—350 йил тинмай ишлаши зарур, бу эса тахминан бир триллион от кучига баравардир. 1966 йил 26 апрелда Тошкентда ер қимирлаш вақтида гипоцентрда ҳосил бўлган энергия миқдори В. И. Уломовнинг маълумоти бўйича 100 000 000 000 000 джоул бўлиб, қуввати 50 000 000 000 киловаттга етган. Тектоник зилзилалар океан ва денгиз тубларида ҳам рўй беради. Бунинг натижасида океан юзида кучли сув тўлқинлари ҳосил бўлади. Буни японияликлар «пунама» деб атайдилар. Бундай тўлқинлар қисқа вақт ичида океан қирғоқларини вайрон қилиб юборади. Тектоник зилзилалар асосан йирик узилмалар бўйича содир бўлади. Узилмалар — ер қобиғидаги дарзликлар, ёриқлар бўлиб, тоғ жинслари зилзила пайтида шу узилмалар бўйлаб силжийди. Айрим узилмалар катта масофага чўзилиб, ер остида ўнлаб километрга давом этади.

1966 йили 26 апрелдаги Тошкент зилзиласи ҳам тектоник зилзилалар туркумига киради. Зилзила эпицентри шаҳар марказида — илгариги Қашқар маҳалласида бўлиб, унинг кучи 9 баллга етган. Эпицентрдан узоқлашган сари кучи сўниб, шаҳар чеккаларида 4—5 баллга тенг бўлган (117-расм). Силкиниш 3—4 секунд бўлиб, марказдаги кўп бинолар катта зарар кўрган, ўнлаб йирик корхоналар, юзлаб мактаб, интернат, касалхона, болалар боғчиси, ўн минглаб турар жой бинолари яшаш учун хавфли бўлиб қолган. Асосий зилзила содир бўлгандан кейин ҳам бир неча ой давомида ер қайта силкиниб турган. Масалан, асосий зилзила бўлгандан кейинги биринчи суткада «Тошкент» сейсмик станцияси 130 марта, биринчи ярим ойда 317 марта, уч ойдан сўнг эса 600 мартадан ортиқ қайта ер тебранишларини қайд қилган. Шулардан 5 таси 7 балли бўлган.

Тошкент зилзиласининг сабабини айтиш учун шаҳарнинг геологик тузилиши ҳақида тўхтаб ўтишга тўғри келади.

ТОШКЕНТНИНГ СХЕМАТИК КАРТАСИ 26-IV-66Й. ЕР ҚИМИР-  
ЛАШНИНГ ИЗОСЕЙСМИК ЧИЗИҚЛАРИ КЎРСАТИЛГАН.



117-расм. 1966 йил 26 апрелдаги Тошкент zilzilasinинг схематик картаси:

1—куртант; 2—вокзал; 3—В. И. Ленин майдони; 4—А. С. Пушкин номи маданият ва истироҳат боғи; 5—С. Раҳимов номи кинотеатр; 1—бузилган зона (7—7,5 балл); II—зарарланган зона (6—7 балл); III—иморатлар жуда оз зарарланган зона (5—6 балл); IV—иморатларга зарар етмаган зона (4—5 балл).

Геологларнинг кўрсатишича, Тошкент остида 2,5—3,0 километр қалинликда чўкинди тоғ жинслари бор. Улар соғ тупроқ, мергель, тош, шағал, шағалли қатламлардан иборат. Улар остида палеозой эраси даврининг зич мустаҳкам тоғ жинслари ётади. Бу жинслар доимо ҳаракатда бўлган, шу сабабли бу қатламлар орасида ер ости узилмалари мавжуд. Тошкент zilzilasiда палеозой қатламлари мана шу узилмалар бўйлаб силжинган ва натижада zilzila содир бўлган. 26 апрелда бўлган асосий zilzilанинг гипоцентри 8 км чуқурликда бўлиб, кейинги силкинишларнинг гипоцентри 2,5—3 км. чуқурликка кўчган.



Хулоса қилиб шуни айтиш керакки, зилзилалар янги ва за-  
монавий тектоник ҳаракатлар бўлиб турадиган геологик струк-  
тураларда содир бўлади. Бундай структуралар регионал текто-  
ник синиқлар зонасига жойлашган. Бу жойларни ернинг актив  
ҳаракатланувчи пояси ёки сейсмик пояс дейилади.

## 2. Зилзила кучини ҳисоблаш, сейсмик ва микросейсмик карталар

Зилзила кучини аниқлаш уни ўрганишда асосий масалалар-  
дан бири ҳисобланади.

Зилзилани қайд қилувчи, яъни кучини ўлчовчи сезгир ас-  
боблар сўнгги йилларда кўп яратилишига қарамай, бундай ас-  
бобларнинг яратилиши тарихи жуда қадим замонларга таал-  
луқлидир.

Илгари ясалган асбобларни сеймоскоп деб аталган, улар  
фақат зилзиланинг ўзини қайд қилган, аммо унинг кучини ўл-  
чай олмаган. Зилзила кучини ўлчайдиган замонавий асбоблар  
**сейсмограф** деб аталади. Зилзила кучини ҳисоблаш учун 12 бал-  
ли шкала қабул қилинган. Ҳар бир балл маълум бир сейсмик  
тезланишга эга. Сейсмик тезланиш « $\alpha$ » ( $\text{мм}/\text{с}^2$ ) қуйидаги фор-  
мула орқали ҳисобланади:

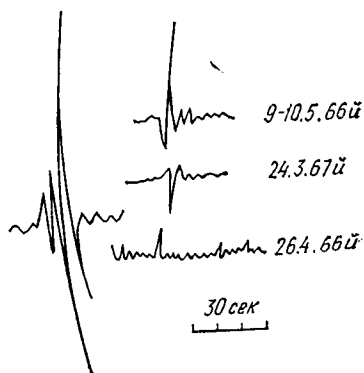
$$\alpha = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot A}{T^2}$$

бунда  $A$  — тебраниш амплитудаси;  
 $T$  — тебраниш даври.

Сейсмик тезланишнинг қиймати сейсмограф ёрдамида ўл-  
чанади. Сейсмик тўлқиннинг қоғозда акс этган эпюри **сейсмо-  
грамма** деб аталади (118-расм). Сейсмик тезланишнинг қиймати-  
ни 44-жадвалдаги миқдорга тақ-  
қослаб, зилзиланинг кучи аниқ-  
ланади. Масалан, ернинг бирон  
қисмида бўлиб ўтган зилзилада  
 $T$  нинг қиймати 3 секунд ва  $A$   
нинг қиймати 900 мм бўлсин, бу  
ҳолда қуйидаги формула ёрда-  
мида тебраниш тезланишини  
аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} \alpha &= 900 \frac{4 \cdot (3,14)^2}{3^2} = 900 \frac{39,4}{9} = \\ &= 900 \cdot 4,38 = 3942 \text{ мм}/\text{с}^2 \end{aligned}$$

Демак, зилзила содир бўлганда  
тупроқнинг тебраниш тезлиги  
 $3942 \text{ мм}/\text{с}^2$  ни ташкил қилган.  
Бу қийматни ўз навбатида 44-



118-расм. Тошкент зилзиласи  
ва ундан кейинги қайта силки-  
нишлар вақтида ёзиб олинган  
сейсмограммалар (Тошкент Мар-  
казий сейсмик станция маълумо-  
ти).

жадвалга солиштириб кўриб зилзила кучи 9 баллга тенглигини аниқлаймиз. Биз бу ерда зилзила кучини аниқлашнинг оддий усулини келтирдик, аслида бу иш билан шуғулланувчи сейсмологлар юқорида олинган қийматларни жуда катта аниқликда ҳисоблайдилар. Улар сейсмик тўлқиннинг амплитуда ва давридан ташқари, тўлқиннинг ҳаракат йўналишларини, узунлиги ҳамда амплитуданинг максимал ва минимал қийматларини ҳам ҳисобга оладилар.

44- ж а д в а л

Зилзила кучи ҳар хил бўлганда ер юзасида бўладиган ўзгаришлар

Зилзиланинг кучи (балл)	Зилзила характери-каси (номи)	Сейсмик тезла-ниш (мм/сек <sup>2</sup> )	Ер юзасида бўладиган ўзгаришлар
1.	Сезилмайдиган	2,5	Микросейсмик тебранишлар. Фақат сейсмографларгина сезади
2.	Жуда кучсиз	2,5—5	Билинар-билинмас зилзила. Сез-гир одамларгина сезади
3.	Кучсиз	5,1—10	Билинар-билинмас зилзила. Тинч турган кишиларгина сезади
4.	Кучлироқ	11—25	Уртача зилзила. Юриб кетаётган одамлар ҳам сезади
5.	Анча кучли	25—50	Ухлаб ётган кишилар уйғониб ке-тади
6.	Кучли	51—100	Иморатлар бир оз зарарланади
7.	Жуда кучли	101—250	Деворлар ёрилади ҳайкаллар қу-лаб тушади, дераза ойналари синади
8.	Вайронгарчилик келтирадиган	251—500	Томдаги мўрилар, кўчадаги ҳай-каллар қулаб тушади. Дераза ойналари синади
9.	Харобалик келти-радиган	500—1000	Уйлар қулай бошлайди
10.	Фалокатли	1000—2500	Кўплаб иморат вайрон бўлади
11.	Ҳалокатли	2500—5000	Ер юзиде катта-катта ёриқлар пайдо бўлади, бузилмаган имо-рат камдан-кам қолади
12.	Катта ҳалокат, фа-локат келтиради-ган	5000	Ҳаммаёқ бузилиб, иморатлар бу-тунлай вайрон бўлиб кетади

Зилзиланинг кучини ҳисобга олиш туфайли жойнинг сейсмик картаси тузилади.

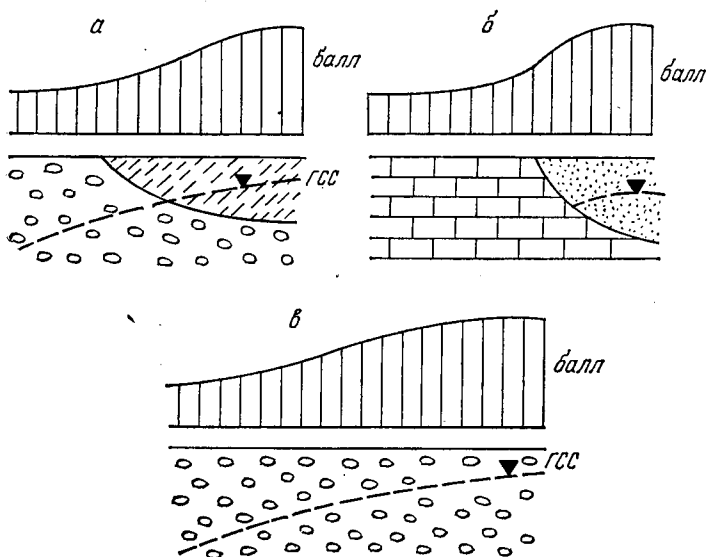
СССР нинг сейсмик картасига назар ташласак, мамлакатининг марказий қисми зилзила ўчоқларидан озод эканлигини ва шу билан бирга актив зоналарда эса зилзила ўчоқлари бир текис жойлашмаганлигини кўрамыз (119- расм).

СССР территориясининг бешдан бир қисмини сейсмик жи-ҳатдан хавфли ҳисобланган, зилзила кучи 6 баллдан 9 баллгача бўлган районлар ташкил этади. Бу майдоннинг ярмига яқинини 6 балли зилзила бўладиган жойлар ташкил этади.



СССР сейсмик картасида жойларнинг геологик тузилиши ва тектоник шароити тўла ҳисобга олинган. Шунинг ҳам айтиш керакки, кенглиги ўнлаб ва юзлаб километр келадиган ва бир хил баллга эга бўлган зонада турли геологик, инженерлик-геологик тузилишга эга бўлган майдонлар ҳам мавжуд. Зилзила кучига бу факторлар катта таъсир кўрсатади. Масалан, кучли зилзилаларда тўлқинларнинг тебраниш амплитудаси магматик ва метаморфик жинсларда 2—5 мм, бўшоқ чўкинди жинсларда 25—50 мм бўлса, юмшоқ ва сочилувчан жинсларда 100 мм ва ундан ортиқ бўлади. Булардан ташқари қисқа масофа ораллигида зилзила бўлишига тупроқнинг намлиги ва ер остки суви сатҳининг қандай чуқурликда бўлиши ҳам катта таъсир кўрсатади. Масалан, С. В. Медведев қатламлар таркибига қараб, бир район территориясида зилзила кучи турлича бўлишини аниқлаган (120-расм). Айтайлик, баъзан эпицентрнинг ўзида ҳеч қандай хавф сезилмайдиган участкалар — «сейсмик ороллар» мавжуд бўлгани ҳолда, эпицентрдан анча узоқда зилзила кучининг кескин ошиб кетиши ҳам кузатилади.

Янги Зеландияда содир бўлган кўп зилзилаларни текшириш натижалари шунинг кўрсатадики, эпицентргача бўлган масофа бир хиллигига қарамай, асоси нам қумлардан ташкил топган иншоотлар асоси қаттиқ — зич қоятошлардан иборат иншоотларга нисбатан, асоси юмшоқ тупроқда бўлган иншоотлар қаттиқ тупроқдаги иншоотларга нисбатан кўпроқ зарарланган.



120-расм. Тебраниш кучи жойнинг геологик ва гидрогеологик шароитига боғлиқлигини ифодаловчи схемалар:

*а*—жой юмшоқ ва бўшоқ қатламлардан тузилган; *б*—жой қаттиқ ва бўшоқ қатламлардан тузилган; *в*—жой бир хил қатламлардан тузилган, ammo ер ости сувининг сатҳи ҳар хил.

Японияда 1944 йилдаги zilзилада ҳар хил тупроқ устига, аммо бир хил типда (ёғочдан) қурилган иморатларнинг қандай зарарланганлигини аниқлаш мақсадида статистик ҳисобот ўтказилган. Бунда ёғоч уйлarning зарарланиш даражаси тупроқда — 26,1%, қумда — 3,5%, шағалтошда — 1,4% ва қоятошда — 0,2% бўлгани аниқланган, қум ва тупроқ қалинлашиши билан кўриладиган зарар ҳам кўпайиши маълум бўлган.

Жойларнинг геологик ва гидрогеологик шароитига кўра zilзила кучининг ҳар хил бўлиши сейсмик тўлқинларнинг хусусиятларига боғлиқ. Масалан, сейсмик тўлқинлар бир қатламдан иккинчи қатламга ўтаётганда, тебраниш амплитудаси ўзгаради, яъни ортади ёки камаяди, бу эса zilзила кучининг ўзгаришига сабабчи бўлади. Жуда кўп кузатишлардан маълумки, тебраниш тезлигининг, бошқача айтганда, тебраниш амплитудасининг икки марта ортиши zilзила кучини бир балл орттиради.

Тупроқ шароити ҳар хил майдонларда zilзиланинги кучи ҳам турлича бўлади. Шу сабабли ҳозир СССРдаги ҳар бир республика ва областлар учун микросейсмик карталар тузилмоқда ва бу карталарни тузиш учун ҳар бир область ва районда сейсмик микрорайонлаштириш ишлари олиб борилмоқда.

Бирор шаҳар ёки область учун аниқланган zilзила кучига ҳар хил шароитли районларни ҳисобга олган ҳолда тузатиш киритиш сейсмик микрорайонлаштириш дейилади. (С. Қосимов, Т. Валиев, 1970). Бунда ҳар бир район ва участканинг геологик тузилиши, тоғ жинсларининг зичлиги, намлиги, ер ости сувларининг қандай чуқурликда ётиши ҳисобга олиниб, илгариги сейсмик картада кўрсатилган баллга тузатиш (қўшимча) киритилади. Масалан, Ўзбекистон территорияси СССРнинг сейсмик картасига биноан 8 балли зонага киради. Аммо бир хил балли зона ичида геологик ва гидрогеологик тузилиши хилма-хил бўлган участкалар мавжуд. Ер қимирлаганда бу участкалардаги zilзила кучи бир-биридан фарқ қилади. Шу сабабли уларга қўшимча киритиш керак. Қандай ҳолда умумий сейсмик картада кўрсатилган баллга қўшимча киритиш 45- жадвалда кўрсатилган. Жадвалдан, сейсмик тўлқинларнинг тебраниш амплитудаси сувга тўйинган жинсларда жуда юқори бўлиб, қўшимча баллнинг қиймати 3 баллга яқин бўлишини англаш мумкин.

### 3. Сейсмик микрорайонлаштириш ишлари

Сейсмик микрорайонлаштириш ишлари уч усулда олиб борилади. Буларни биттаси асбобларсиз бажарилади, қолганлари махсус асбоблар ёрдамида олиб борилади (С. Қосимов, Т. Валиев, 1970).

1. Асбоблар ёрдамисиз сейсмик микрорайонлаштириш ишларида zilзила оқибатлари асбобсиз синчиклаб ўрганилади, zilзиладан зарар кўрган биноларнинг вайронлик даражаси, zilзила қайси участкада кучли ёки кучсиз бўлгани, сейсмик картадан бу район қанча балли зонага кириши аниқланади.

Тоғ жинслари	Баллга қўшиладиган қушимча
Гранит	0
Оҳақтош, сланец, гнейс	0,2—0,4
Зичланган қумтош	0,5—0,8
Оҳақтош, сланец, қумтош	0,7—1,1
Гипс	0,6—0,8
Мергель	0,7—1,0
Цементланган қум	1,0—1,2
Ўткир қиррали ва яссиланган шағалтош	0,9—1,3
Кристалланган жинсларнинг майдаланишидан ҳосил бўлган қум-шағал	1,0—1,4
Йирик заррали майда тош аралашган қум	1,2—1,4
Ўртача заррали қум	1,3—1,6
Майда ва чангли қум	1,4—1,8
Гилли қум	1,2—1,6
Қумоқ	1,3—1,7
Қумлоқ	1,4—1,8
Говаклилик коэффициенти $\epsilon \geq 1$ бўлган қумоқ	1,7—2,1
Говаклилик коэффициенти $\epsilon \geq 0,7$ бўлган қумлоқ	1,7—2,1
Сувга тўйинган тоғ жинслари	2,3—2,6
Тупроқ	2,6—3,0
Шағалтош аралашган тоғ жинси	1,6—2,0
Сувга тўйинган қумоқ ва қумлоқ	2,4—2,8
Сувга тўйинган тупроқ ва сочилмалар	3,8—2,9

2. Иккинчи усулда махсус асбоблар ёрдамида тупроқнинг сейсмик қаттиқлиги аниқланади. Тоғ жинси зичлигининг ( $\rho$ ), тўлқин тарқалиш (тебраниш) тезлиги ( $v$ ) га кўпайтмаси сейсмик қаттиқлик ёки тўлқин қаршилиги дейилади. Сейсмик қаттиқлик тоғ жинсининг хилига ва ҳолатига қараб ҳар хил бўлади. С. Қосимов ва Т. Валиев маълумотларига кўра, созтупроқ, қум ва шағалтошли жинсларда сейсмик қаттиқлик бошқа хил тоғ жинсларига (гранит, оҳақтош, магматик жинслар) нисбатан кичик бўлиб, тебраниш амплитудаси эса бир неча марта катта бўлади. Демак, бундай бўшоқ жинслар тарқалган жойларда қаттиқ жинслар тарқалган жойга нисбатан сейсмик хавф, яъни зилзила кучи 1—2 балл юқори бўлади. Буни аниқлаш учун тоғ жинслари таркиби, тузилиши ва физик хусусиятлари синчиклаб ўрганилади ва баллга қўшимча қўшиш учун тузилган жадвалга (45-жадвал) таққослаб, шу жойга қанча балл қўшиши лозимлиги аниқланади.

3. Учинчи усулда тўғридан-тўғри тоғ жинсининг тебраниш амплитудаси ўрганилиб, жадвалга таққосланади.

Сейсмик микрорайонлаштириш ишларини бошламасдан аввал текширилаётган территория геологик, геоморфологик ва гидрогеологик шароитига қараб, зоналарга ажратилади ва ҳар бир зонага алоҳида сейсмик асбоб ўрнатилиб, ер қимирлаганда жинсининг тебраниши ўлчаб борилади.

Сейсмик микрорайонлаштириш Ўзбекистон олимларининг тажрибасига кўра, асосан уч схемада олиб борилади.

Биринчи схема ер усти бир хил тоғ жинсларидан тузилган районлар учун қўлланади. Бу ҳолда маълум участкалардаги тоғ жинслари табиий жойлашиш шароитлари ва механик таркиби бўйича бир-биридан жуда кам фарқ қилади. Шу сабабли бу районларда бир-биридан бир балл ортиқ ёки кам бўлган участкаларни ажратиш мумкин эмас. Бунда шаҳар ёки область учун СССРни умумий районлаштириш картасида шу шаҳар учун белгиланган сейсмик балл қабул қилинади. Шунини ҳам айтиш керакки, шаҳарни планлаштиришда муҳим аҳамиятга молик қурилишлар учун қулай зоналар ажратилиши мумкин. Ашхобод шаҳрини микрорайонлаштириш ишлари биринчи схема бўйича амалга оширилган.

Иккинчи схема ер усти ҳар хил тоғ жинсларидан тузилган, физик-механик хусусиятлари бир-биридан кескин фарқ қиладиган районлар учун қўлланади. Бунда территория сейсмик жиҳатдан бир балл фарқ қиладиган икки районга ажратилади. Жойларни бу схема бўйича микрорайонлаштириш икки усулда бажарилади. Биринчи усулда территориянинг маълум райони СССРни умумий сейсмик районлаштириш картасига нисбатан бир балл камайдиган, иккинчи усулда эса, шунча балл ортади. Микрорайонлаштириш ишларини амалга оширишда бу усуллардан қайси бири мақсадга мувофиқлиги шу жойнинг инженерлик-геологик, сейсмогеологик ҳамда бошқа шароитларига боғлиқ. Агар жойларда ер ости сувлари анча чуқурда бўлиб, тоғ жинслари қаттиқ бўлса, микрорайонлаштириш ишлари кўпинча биринчи усул билан бажарилади, ер ости сувлари ер юзига яқин бўлиб, қатламлар бўшоқ жинслардан тузилган ва улар устига давлат аҳамиятига эга иморатлар қуриладиган бўлса, микрорайонлаштириш ишлари иккинчи усул бўйича бажарилади. Олмаота шаҳрининг сейсмик микрорайонлаштириш ишлари иккинчи схема бўйича ўтказилган.

Сейсмик микрорайонлаштиришнинг учинчи схемаси бўйича шаҳар территорияси сейсмик жиҳатдан бири иккинчисидан бир балл фарқ қилувчи учта районга бўлинади. Биринчи район сейсмик жиҳатдан яхши ҳисобланиб, СССРни умумий районлаштириш картасига нисбатан унинг сейсмик кучи бир балл камайтиради. Иккинчи район сейсмик жиҳатдан ўртача ҳисобланиб, сейсмик кучи СССРни умумий районлаштириш картасидаги баллга тенг қилиб олинади. Учинчи район сейсмик жиҳатдан ёмон ҳисобланиб, бунга бир балл қўшилади.

Жойларни сейсмик микрорайонлаш учун:

1. Жойнинг геологик, инженерлик геологик, сейсмогеологик, гидрогеологик ва бошқа адабий манбаларни фонд, архив материаллари ўрганилади.

2. Инженерлик геологияси, гидрогеологияси ва сейсмотектоникага оид махсус кузатув ишлари олиб борилади.

3. Бўлиб турадиган зилзилаларни сейсмик асбоблар билан кузатиб борилади.

4. Тоғ жинсларининг физик ҳолатини сейсмик асбоблар ёрдамида текширилади.

5. Лабораторияда тоғ жинсларининг физик-механик хусусиятлари аниқланади.

6. Зилзила содир бўлганда тупроқнинг биноларга турлича таъсир этишини биноларнинг зарарланиш даражасига қараб ўрганилади.

Мана шу ишларни бажаришда олинган маълумотларга асосланиб жойларнинг микросейсмик карталари тузилади.

#### 4. Зилзилани ўрганиш ва прогноз қилиш

Одамлар зилзилани ўрганиш ва унинг сабабларини аниқлаш билан қадим замонлардан шуғулланиб келганлар.

Ер тўғрисидаги билимлар ривожланган сари зилзила сирлари ҳам чуқур ўрганила бошланди. Аристотель вулқон отилиши ва ердаги ўпирилиш ҳодисаси зилзиланинг асосий сабабларидан бири деб ўқтирган.

X—XI асрда Ибн Сино зилзиланинг сабаблари ҳақидаги фикрларни ривожлантирди.

XIX аср охиридан ернинг силкиниш сабаблари сейсмограф ёрдамида ўрганила бошланди.

Россияда сейсмографни биринчи марта 1906 йилда Б. Голицин яратди. Сейсмографнинг яратилиши Россияда сейсмология фани тез ривожланишининг асосий омилларидан бири бўлди.

XX аср бошларида 14 та сейсмик станция ташкил топди. Ҳозир Москва, Свердловск, Тбилиси, Тошкент, Душанбе, Иркутск, Самарқанд ва бошқа шаҳарларда жами 100 дан зиёд сейсмик станция ишлаб турибди.

1901 йилда Тошкент сейсмик станцияси ташкил топди. 1928 йилда СССР Фанлар Академияси қошида сейсмология илмий тадқиқот институти очилди.

1966 йилда Тошкент зилзиласидан кейин Ўзбекистон ССР Фанлар академияси қошида Тошкент сейсмология илмий тадқиқот институти очилди. Институт Ўрта Осиёда сейсмология фани ривожланишида катта роль ўйнади.

Ҳозиргача зилзиланинг сабабларини аниқ билиш ва уни олдиндан айтиб бериш борасида кенг миқёсда сейсмик, инженерлик-геологик, геофизик, тектоник, гидрогеологик ва гидрогеохимик, математик методлар ёрдамида муҳим илмий тадқиқот ишлари амалга оширилди, бу ишлар натижасида кўпгина сейсмик микрорайонлаштириш карталари тузилди, уларга қараб мамлакатимизнинг қаерида ва қандай куч билан ер қимирлаши мумкинлигини аниқ билиш мумкин. Аммо ер қимирлаши қачон бўлишини айтиб бериш муаммоси тўлиқ ҳал қилинмаган. Маълумки, табиатдаги ҳодисалар бирдан содир бўлавермайди. Ол-



дин уларнинг ўзига хос белгилари пайдо бўлади. Ҳозир олимлар зилзиладан ер қобиғида бўладиган ҳодисаларни, яъни зилзилани ҳосил қиладиган белгиларни ўрганмоқдалар.

Табиатда бўладиган кўп ҳодисалар об-ҳаво ва атмосфера ҳодисалари, босимнинг ўзгариши, ёғингарчилик миқдори, океан ва денгизлардаги сувнинг қалқиб кўтарилиши, пасайиши ва ҳо-казолар маълум даражада зилзила билан боғлиқдир. Баъзан зилзиладан ана шу табиат ҳодисаларини пайқаш қийин бўлади. Шу сабабли бу ҳодисалар зилзилаларни олдиндан айтиб беришда муҳим аҳамиятга эга эмас.

Айрим сейсмологлар ер қобиғининг нишабланиши, унинг пасайиши ва кўтарилишига қараб зилзила бўлишини олдиндан айтиб бериш мумкин деб ҳисоблайдилар. Бу борада совет олимларидан В. Ф. Бончковский кўп иш қилди. Ўзбек олимларидан В. Мирзаевнинг таъкидлашича, ер юзаси зилзила олдиндан нишабланавермайди. Айрим зилзилалар горизонтал силжишлар сабабли рўй бериши мумкин. Лекин улар қаерда, қачон ва қандай куч билан бўлишини айтиб бериш жуда қийин.

Кейинги пайтларда бу борада Тошкент сейсмология институти ходимлари проф. Ф. О. Мавлонов ва проф. А. Н. Султонхўжаев бошчилигида муҳим янгилик яратдилар. Улар Ўрта Осиё территориясидаги баъзи сейсмоактив зоналардаги ер ости сувларининг гидрохимиявий хусусиятларини ўрганиб, зилзила олдиндан сув таркибида бўладиган ўзгаришларни аниқладилар. Уларнинг илмий тадқиқот ишлари натижасида зилзиладан олдин ер ости сувларининг химиявий газ таркиби концентрацияси ўзгариб, инерт газларнинг миқдори ортиб бориши маълум бўлди.

Олимларимиз олиб бораётган ишлар илмий жиҳатдан асосланса, зилзилани олдиндан айтиш мумкин бўлади.

## 5. Сеймик районларда қурилиш ишлари

Сеймик районларда бино ва иншоотларни зилзилага чидамли қилиб қуриш қурувчилар олдидаги асосий масалалардан биридир. Бунинг чоралари антисеймик чоралар дейилади.

Ҳозир сеймик районлар учун лойиҳалаш нормаси ишлаб чиқилган. Қурилиш ишлари ана шу нормага мослаб амалга оширилади.

Биноларни қуришда уларнинг заминини ташкил этган тоғ жинсларининг таркиби, тузилиши ва физик-механик хоссаларига катта эътибор бериш лозим. Тажрибалардан маълум бўлишича, ҳар хил таркибга, тузилишга ва физик хусусиятга эга бўлган жой зилзила пайтида ҳар хил тебранади. Шунга кўра бинолар турли даражада зарарланади.

Иморатлар зилзилага чидамли бўлиши учун антисеймик белбоғлар қўлланади. Бу белбоғлар ҳозир темир бетондан ишланиб, баланд иморатларнинг қаватлари ва деворлари орасига ўрнатилади.

Иморатларнинг зилзилага бардош бериши конструкцияси ва антисейсмик чораларга эмас, балки, қурилиш материаллари ва қурилиш ишларининг сифатига ҳам боғлиқдир. Тошкент зилзиласида асосан хом ғишдан қурилган иморатлар кўп зарарланган. Тажриба бундай иморатлар, антисейсмик чораларсиз фақат 7 баллгача дош беришини кўрсатди.

Биолаарнинг зилзилага чидаши қурилиш материалларининг сифатига ва уларнинг ишланиш усулига ҳам боғлиқ. Ғишт орасига ишлатиладиган аралашма сифатли бўлмаса, ғиштни намламасдан терилса девор чоклари бир-бирига яхши ёпишмайди, чунки қуруқ ғишт аралашма таркибидаги сувни тезда шимиб олади, натижада у қотиш ва ғиштга ёпишиш хусусиятини анча йўқотади. Шунинг учун Ўрта Осиё шароитида ғишт девор қурганда ғиштни сувга бутунлай бўктириб ишлатиш керак.

Иттифоқ аҳамиятига молик I ва II категорияли иморатларда сейсмик ҳисоб I баллга оширилади, яъни шу жойда 6 балл куч билан ер қимирлайдиган бўлса, иморат 7 баллга чидай оладиган қилиб қурилади. Жой қаттиқ жинслардан тузилган бўлиб, иморатлар I қаватли III—IV категорияли бўлса, уларнинг сейсмик ҳисоби жойнинг сейсмик балидан I балл кам бўлади.

#### ҲОЙДАЛАНИЛГАН АСОСИЙ АДАБИЕТЛАР:

1. Абелев Ю. М., Абелев М. Ю. Основы проектирования и строительства на просадочных группах. М., Стройиздат, 1968.
2. Бондарик Г. К., Комаров И. С., Ферронский В. И. Полевые методы инженерно-геологических исследований. М., Недра, 1969.
3. Гольдштейн М. Н. Механические свойства грунтов. 2-е изд. М., Стройиздат, 1971.
4. Денисов Н. Я. Строительные свойства глинистых пород и их использование в гидротехническом строительстве. М., Госэнергоиздат, 1956.
5. Заруба К., Монцл В. Инженерная геология. М., Мир, 1979.
6. Золотарев Г. С., Калинин Э. В. Учебное пособие по инженерной геологии. Под ред. Г. С. Золотарева. М., Изд-во МГУ, 1970.
7. Коломенский Н. В., Комаров И. С. Инженерная геология. М., Высшая школа, 1964.
8. Ломтадзе В. Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. Л., Недра, 1984.
9. Ломтадзе В. Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л., Недра, 1977.
10. Маслов Н. Н., Котов М. Ф. Инженерная геология. М., Стройиздат, 1971.
11. Мавлонов Ф. М., Крилов М., Зоҳидов С. Гидрогеология ва инженерлик геологияси асослари. «Ўқитувчи» нашриёти, 1976.
12. Назаров М. З. Инженерлик геологияси «Ўқитувчи» нашриёти, 1985.
13. Приклонский В. А. Грунтоведение ч. I. 3-е изд. М., Госгеолиздат, 1955.
14. Сергеев Е. М., Голодковская Г. А., Зиангиров Р. С., Осипов В. И., Трофимов В. Т. Грунтоведение. М., Изд-во МГУ, 1983.
15. Цытович Н. А. Механика грунтов. 4-е Изд. М., Высшая школа, 1979.

# МУНДАРИЖА

Сўз боши . . . . .	3
Кириш . . . . .	5
Биринчи қисм . . . . .	16
<b>ГРУНТШУНОСЛИК</b> . . . . .	16
<b>I б о б. Тоғ жинсларининг минералогик таркиби ва инженерлик-геологик аҳамияти</b> . . . . .	16
1. Литосферада учрайдиган минераллар . . . . .	16
2. Гилли минералларнинг тарқалиши . . . . .	20
3. Оддий тузлар ва уларнинг тоғ жинсларининг инженерлик-геологик хоссаларига таъсири . . . . .	22
4. Органик бирикмалар . . . . .	24
<b>II б о б. Тоғ жинсларининг структураси ва инженерлик геологик аҳамияти</b> . . . . .	25
1. Магматик жинслар структураси . . . . .	25
2. Метаморфик жинслар структураси . . . . .	27
3. Тошқотган чўкинди жинслар структураси . . . . .	28
4. Бўшоқ жинслар структураси . . . . .	29
5. Гилли жинслар структураси . . . . .	30
6. Тоғ жинсларида структурали боғланиш . . . . .	31
<b>III б о б. Тоғ жинслари текстураси ва унинг инженерлик-геологик аҳамияти</b> . . . . .	32
1. Магматик жинслар текстураси . . . . .	33
2. Метаморфик жинслар текстураси . . . . .	34
3. Тошқотган чўкинди жинслар текстураси . . . . .	34
4. Бўшоқ жинслар текстураси . . . . .	35
5. Гилли жинслар текстураси . . . . .	36
<b>IV б о б. Тоғ жинсларининг гранулометрик таркиби ва инженерлик-геологик аҳамияти</b> . . . . .	37
1. Тоғ жинсларнинг гранулометрик таркибига асосланган классификацияси . . . . .	38
2. Тоғ жинсларининг гранулометрик таркибини ўрганиш усуллари . . . . .	41
3. Гранулометрик анализ натижаларини графикда ифодалаш . . . . .	42
<b>V б о б. Тоғ жинсининг ғоваклилиги ва дарзлилиги</b> . . . . .	46
1. Бўшоқ жинслардаги ғоваклилик . . . . .	48
2. Гилли жинсларнинг ғоваклилиги . . . . .	49
3. Ғоваклиликни аниқлаш усуллари . . . . .	50
4. Тоғ жинсларининг дарзлилиги . . . . .	51
<b>VI б о б. Тоғ жинсларидаги сувнинг турлари ва уларнинг инженерлик-геологик аҳамияти</b> . . . . .	54
1. Капилляр сувларнинг инженерлик-геологик аҳамияти . . . . .	66
<b>VII б о б. Тоғ жинсларининг физик хоссалари</b> . . . . .	68
1. Тоғ жинсларининг умумий физик хоссалари . . . . .	68
2. Тоғ жинсининг консистенцияси ва пластиклиги . . . . .	73
3. Пластикликка таъсир кўрсатувчи асосий факторлар . . . . .	74
4. Тоғ жинсларининг пластиклиги ва консистенциясига кўра классификацияланиши . . . . .	76
<b>VIII б о б. Тоғ жинсининг сувга боғлиқ хоссалари</b> . . . . .	77
1. Тоғ жинсларининг сув таъсирида эриши, кўпчиши ва ивиши . . . . .	77
<b>IX б о б. Гилли жинсларнинг коллоид хоссалари</b> . . . . .	84
1. Коллоид зарралар ва уларнинг хиллари . . . . .	84
2. Гилли жинсларда электрокинетика ҳодисаси . . . . .	85
3. Гилли жинсларда коагуляция ва пептизация ҳодисаси . . . . .	86
4. Гилли жинсларда ўзидан ўтаётган модда ва газларни сингдириш ҳодисаси . . . . .	89
5. Гилли жинсларда тиксотроп ҳодисаси . . . . .	92
<b>X б о б. Тошқотган ва ярим тошқотган жинсларнинг физик-механик хоссалари</b> . . . . .	93

	1. Тошқотган ва ярим тошқотган жинсларнинг деформацияланиши	94
	2. Тоғ жинсининг деформацияланишига таъсир этувчи факторлар	98
	3. Тоғ жинсларининг реологик хусусиятлари	103
XI б о б.	Бўшоқ тоғ жинсларининг физик-механик хоссалари	105
	1. Бўшоқ тоғ жинсларининг ташқи куч таъсирида деформацияланиши	105
	2. Зичланиш коэффициентлари ва чўкиш модули	106
	3. Консолидация ва консолидация коэффициенти	112
	4. Дисперсли грунтларнинг деформацияланишига таъсир қилувчи факторлар	113
	5. Бўшоқ тоғ жинсларида силжиш қаршилиги	115
	6. Қумли жинсларда силжиш қаршилигини аниқлаш	116
	7. Вибрация таъсирида қумлар хусусиятларининг ўзгариши	120
	8. Гил ва гилли жинсларда силжиш қаршилиги	122
XII б о б.	Тоғ жинсларининг инженерлик-геологик классификацияси	126
	Иккинчи қисм	133
	<b>ИНЖЕНЕРЛИК ГЕОДИНАМИКАСИ</b>	133
XIII б о б.	Геологик ва инженерлик-геологик процесслар	133
	1. Эндоген процесслар	134
	2. Бирламчи тектоник ҳаракатлар	135
	3. Иккиламчи тектоник ҳаракатлар	137
	4. Экзоген процесслар классификацияси	139
	5. Инженерлик-геологик процесслар ва инсон	141
	6. Геологик процесс ва ҳодисаларнинг ер юзиде тарқалиши ва ривожланиши	142
XIV б о б.	Ағдарилмалар, тўкилмалар ва сочилмалар	143
	1. Ағдарилма ва тўкилмалар ҳосил бўлиши	146
	2. Ағдарилма ва тўкилмалар классификацияси	148
	3. Отилмалар ва ағдарилмаларнинг ҳосил бўлиши	149
	4. Ағдарилма ва тўкилмаларга қарши кураш	152
XV б о б.	Кўчкилар	155
	1. Кўчкилар морфологияси	157
	2. Кўчкиларнинг ички тузилиши	160
	3. Кўчки ҳосил бўлиш сабаблари	162
	4. Кўчки механизми, динамикаси ва белгилари	164
	5. Кўчки классификацияси	167
	6. Кўчки бўлиб турадиган жойларнинг кўчкига нисбатан мустақамлигини аниқлаш	172
	7. Кўчкига қарши кураш	178
XVI б о б.	Денгиз, кўл ва сув омборлари қирғоқларининг ювилиши ва емирилиши	182
	1. Денгиз қирғоқларидаги геологик процесслар	182
	2. Денгиз, кўл ва сув омборларида тўлқин ҳосил қилувчи факторлар	185
	3. Денгиз, кўл ва сув омборлари қирғоқларини ювилиш ва емирилишдан сақлаш тадбирлари	200
XVII б о б.	Эрозия процесси	202
	1. Тупроқ, жарлик, дарё ва шамол эрозияси	202
XVIII б о б.	Қарстлар	212
	1. Қарст ҳодисаси ривожланиши ва классификацияси	214
	2. Қарст процессининг инженерлик-геологик аҳамияти ва уни ўрганиш	220
XIX б о б.	Сел	225
	1. Сел ҳосил бўлиш сабаблари	226
	2. Сел ҳавзалари ва сел оқимларининг классификацияси	227
	3. Сел оқимининг динамикаси ва асосий хоссалари	229
	4. Селни олдиндан айтиб бериш усуллари ва унга қарши кураш чрсалари	235

XX б о б. Пливун ва суффозия . . . . .	237
1. Пливунларнинг хоссалари . . . . .	239
2. Пливунга қарши кураш . . . . .	240
3. Суффозия . . . . .	242
XXI б о б. Чўкиш ҳодисаси . . . . .	246
1. Чўкишни вужудга келтирадиган факторлар . . . . .	247
2. Чўкишнинг оқибатлари . . . . .	248
3. Чўкиш ҳодисасини ўрганish усуллари . . . . .	249
4. Лёсс ва лёссмон жинслар чўкувчанлигини лабораторияда аниқлаш усуллари . . . . .	251
5. Жинсларнинг чўкувчанлигини график орқали ифодалаш ва аниқлаш . . . . .	253
6. Лёсс ва лёссмон жинслар чўкувчанлигини далада аниқлаш . . . . .	256
7. Чўкиш ҳодисасига қарши кураш . . . . .	261
XXII б о б. Зилзила . . . . .	262
1. Зилзиланинг сабаблари ва классификацияси . . . . .	265
2. Зилзила кўчини ҳисоблаш, сейсмик ва микросейсмик карталар . . . . .	269
3. Сейсмик микрорайонлаштириш ишлари . . . . .	273
4. Зилзилани ўрганish ва прогноз қилиш . . . . .	276
5. Сейсмик районларда қурилиш ишлари . . . . .	277
Адабиёт . . . . .	278

*На узбекском языке*

СУРЪАТ ЗАХИДОВ

## ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

*1-е издание*

*Учебное пособие для ВУЗов*

*Ташкент — «Ўқитувчи» — 1988*

Махсус муҳаррир *М. Қодиров*

Нашриёт муҳаррири *С. Тоҳиров*

Бадний муҳаррир *Ф. Некқадамбоев*

Техн. муҳаррир *Т. Скиба*

Корректор *Д. Фуломова, Д. Исаева*

ИБ 4396

Теринга берилли 29. 05. 87. Босинга рухсат этилди 2.12.88. P18328. Формати 60×90.16. Тип. қоғози № 2 Литературная гарнитура. Кегли 10 пинтисиз. Юзори босма усулида босилди. Шартли б. л. 17,5+0,06 форзац. Шартли кр.-отг 17,62. Ёанпр. № 18,0+0,07 форзац. Тиражи 3000. Зах. № 2170. Баҳоси 8) т.

«Ўқитувчи» нашриёти. Тошкент, Навоий кўчаси, 30. Шартнома № 11-269-86.

Ўзбекистон ССР нашриётлар, полиграфия ва китоб савдоси ишлари давлат комитети Тошкент «Матбуот» полиграфия ишлаб чиқариш бирлашмасининг 1-Сосмахонаси. Тошкент, Ҳамза кўчаси, 21. 1988 й.

Типография № 1 ТППО «Матбуот» Государственного комитета УзССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Ташкент, ул. Ҳамзы, 21. 1988.



































