

**TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY**

**O.Garaýewa**

# **GATLAGYŇ FIZIKASY**

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Aşgabat – 2010

O.Garaýewa, Gatlagyň fizikasy.

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby, Aşgabat – 2010 ý.

## GIRIŞ

Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň ýolbaşçylygy netijesinde biziň döwletimiz ägirt uly galkynyşa eýe boldy. Soňky ýyllarda biziň halkymyz uly ösüşleriň şaýaty boldy. Birnäçe täze nebit-gaz känleri: Günorta Ýöleten, Osman we ş.m. açyldy. 2009-njy ýylda uzynlygy 7000 km bolan transcontinental Türkmenistan – Hytaý gazgeçirijisi, başga-da Döwletabat – Eýran gazgeçirijisi işe goýberildi.

2006-njy ýylyň 25-nji oktýabrynda bolup geçen Türkmenistanyň XVII Halk Maslahaty “Türkmenistanyň nebit-gaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin” maksatnamasyny kabul etdi.

Maksatnamada nebitiň, gazyň çykarylyşyny we gaýtadan işlenilişini hem-de içerki we daşarky sarp edijilere ugradylyşyny, ýangyç serişdeleriniň çig mal bunýadyny mundane beýläk-de ösdürmek üçin geçiriljek işleriniň esasy ugurlary we möçberleri kesgitledi. Nebit-gaz senagatynyň ähli ugurlaryny döwrebap hem-de ýokary derejeli dünýä talaplaryna laýyklykda ösdürmek çärelerini amala aşyrmak arkaly önümizdäki 20 ýylyň dowamynda edilomeli işler belenildi.

2030-njy ýyla çenli gazyň çykarylyşy 250 milliard m<sup>3</sup> çenli, nebitiň çykarylyşy bolsa 110 million tonna çenli artdyrmaly.

Gatlak fizika dersi dag jynsy barada esasy düşünje, çökündi dag jynsynyň düzümi, gatlak basyşy baradaky düşüňjäni, dag jynsynyň gurluşyny, dag jynsynyň strukturasyny, çökündi jynsynyň teksturasyny we dag jynsynyň dürliligini öwredýär.

Dag jynsynyň - nebit we gaz kollektorlarynyň fiziki häsiýetleri. Kollektorlaryň görnüşlerini kesgitleýän ylymdyr.

“Gatlak fizika” dersi esasan gatlakdaky ýerleşýän nebit, gaz we suwuň häsiýetleriniň, ýerleşişiniň häsiýetnamalary barada gürrüň berýär.

Nebit, gaz ojaklarynda nebit we gaz fluýudlary gatlaklardaky däneleriň boşluklaryny, jaýryklaryny hem-de köweklerini doldurýar. Diňe öýjükli giňişlige eýe bolýan kollektoryň bolmagy-nebit känleriniň döremegine ýeterlikli şert bolup bilmeýär.

Senagat mukdarly nebit adatça diňe nebitiň ýygnamagy üçin amatly, kollektorlary gurşaýan dag jynslary bilen billelikde dürli formaly garyndylary (lowuşka) döredýän kollektorlarda ýerleşýär. (antiklinallar, monoklinallar, bölünmegi bilen çäklendirilýän gatlaklar, litologiki görnüşli garyndylar).

Ojaklar guýy bilen açylmagyna çenli gatlagyň ähli parametrleri-temperaturasy, basyşy, nebitiň, suwuň we gazyň känlerde bölünmegi. Känleriň bir forma gelmek pursatyndan başlap, geçen geologiki döwürleriň dowamynda durnukly ýagdaýda ýerleşýär.

Gatlagyň açylmagy we onuň ulanylşa başlanmagy bilen bu durnukly şerti bozulýär hem-de gatlak suwuklyklarynyň üýtgemegi, olaryň hereketi we öýjükli sredada gaýtadan ýaýramagy (paýlaşmagy) bilen bir wagtda känleriň taryhynda dinamiki döwri başlanýar. Nebitiň, gazyň we suwuň hereketiniň kanunlygy diňe känleri özleşdirmegiň we ulanmagyň şertine bagly bolman, eýsem gatlagyň başlangyç şertine hem bagly bolýar. Şonuň üçin känleriň gurluş aýratynlyklaryny nebitiň, gazyň we suwuň ilkinji ýerleşme şertini öwrenmek özleşdirmek üçin örän wajypdyr.

Dag jynsynyň geçirijiligini kesgitlemek üçin öýjükli sredada suwuklyklary süzülme tizliginiň basyşyň gradiýentine göni proporsionaldygyna we dinamiki şepbeşiklik koeffisiýentine ters proporsionaldygyna laýyklykda Darsiniň süzülme giňişligi çyzykly kanunyny ulanylýar

Bu kabul edilen kanunlary 1857 ýylda, fransuz alymy Dýupýui, fransuz inženeri Darsiniň kanuny esasynda, tejribede duş gelýän meseleleriň biri bolan, guýynyň debitiniň formulasyny çykarýar. Ol Dýupýuiniň formulasy diýip

gidrodinamikada tanalýar.

Nebit we gaz ojaklary diňe gatlaklaryň fiziki-himiki häsiýetlerini kesgitlenenden soň özleşdirilip başlanylýar. Mysal üçin, nebitiň gözlep tapylan möçberiniň ýarsyndan gowyragy ýeriň astynda galýar. Gatlak fizikanyň meseleleri näçe uly derejede öwrenilse, şonça-da nebitleriniň koeffisiýenti ýokary bolar we nebit ojaklaryny özleşdirmegi gowlanar.

Galkynyş döwürimizde Mähriban Prezidentimiz tarapyndan Nebit we gaz pudagyň ösüşinde täze öwüşgün berdi ýagny täze görnüşe getirdi. Mähriban Prezidentimiz tarapyndan Nebit we gaz pudagy galkynyş zamanasynda dünýäniň ösen ylymlary özüne siňdirýän tehnologiýalary: gözleg-agtaryş işlerinde, özleşdirmekde, gaýtadan işlemekde toplumlaýyn ornaşdyrylýar. Nebit we gaz pudagynda ornaşdyrylýan tehnologiýalar möçbersizdir. Tehnologiýalaryň güýçli ösýän häzirki döwründe uly ilerlemeleriň, belent sepgitleriň bilimiň, ylymyň güýji bilen gazanylýandygyny hiç wagt ýadymyzdan çykarmalyň. Hut şonuň üçin hem okamak, öwrenemk, ýokary derejeli hünärmenleri ýetişdirmek borjumyzdyr.

Şu kitap, türkmen dilinde ilkinji okuw gollanma esbaby bolandygy sebäpli, käbir ýetmezçiliklerden, nätakyklardan halas dälidir. Okyjylar tarapdan beriljek teklipeler we bellikler, onuň hilini gowulandyrmaga kömek eder diýip awtorlar ynanyrlar we şolara minnetdarlyk bilen garaşýarlar.

## I. NEBIT, GAZ WE SUWYŇ ÝER ASTY GATLAKLARDA ÝERLEŞIŞI

Nebit, gaz we suwyň dag jynslaryň içindeki öýjüklerinde ýerleşýär. Nebit öndürýän gatlaklar tebigatda iki hili görnüşde ýaýran:

1) Çöküp emele gelen dag jynslary (çäge, gum daşy), olarda hemişe gowy geçiriji bolýar.

2) Karbonatlar (Kömür duzlary). Nebit we gaz olaryň içindeki jaýyryklarda hereket edýär.

Gatlaklarda suwuklyklar we gazlar hemmişe basyş döredýär. Dag basyş Pd düşünje bar, ol hemme ýokarda ýerleşýän gatlaklaryň agramyndan ybarat. Dag basyşy dag jynslaryň dykzlygyna bagly we olar çuňlyk bilen köpledýär. Her bir metr çuňlukdan Pd orta hasabyndan  $\omega = 1 \text{ kH/m}^2$  artýar. Onda  $P_d = L \cdot \omega$

bu ýerde L - guýynyň çuňlygy.

### Gatlak basyşy düşüňjesi

Dag jynslaryň öýjüklerindäki ýerleşýän nebit ýa-da gaz basyşyna gatlak basyşy diýilýär. Ol gatlagyň basyşy ( $P_g$ ) gatlagyň kuwwatyna bagly we giň çäklerde üýtgeýär. Guýy duruzulan ýagdaýynda gatlak basyşy gidrostatik basyşy bilen deňeşdirýärler.

Gidrostatik basyşy  $P_{gs} = \frac{\gamma L}{10}$ , ( $\gamma$  - suwyň dykzlygy, L - guýynyň çuňlygy) we ol belli çuňlukda suwuň sütüniň agramyny görkezýär. Mysal üçin 2000 m çuňlukda

$$P_{gs} = \frac{1 \cdot 2000}{10} = 200 \text{ atm deň.}$$

Käbir ýerlerde gatlagyň basyşy ( $P_g$ ) gatlagyň çuňlugyna bagly bolman ýagny onuň kollektorlyk sygymyna esaslanýar. Käbir gatlaklarda anomal uly gatlak basyşy (ÇUGB) emele gelýär. ÇUGB bolan ýagdaýda gatlak basyşy ( $P_a > 1.8 P_{gs}$ ) bolup bilýär. Mysal üçin: gaz, gazkondensat ojaklarynda

$P \approx 2.0 \text{ Pgs}$  bolup biler, ýagny 3000 m çuňlykda gatlagyň basyşy 600 at çenli bolup biler.

Gaz ýa-da gazkondensat ojaklaryny özleşdirmänň taslamalary düzülende gatlakdaky ortaça basyş ( $P_{\text{ort}}$ ) girizilýär. Bellenilýän fiziki manysy: gatlagy özleşdirilýän döwründe basyş bir meňzeş diýip hasap edilýär. Şol pursat guýularyň köp wagtlap duruzulanda, gazly gatlagyň kuwwaty diňe gysylan gazyň kuwwatyny emele getirýär.

Çuňlukda diňe bir basyş üýtgemän gatlagyň temperaturasy hem üýtgeýär. Temperatura  $T_g$  (gatlagyň temperaturasy, ölçeg birligi gradus ( $^{\circ}\text{C}$ ) we kelwin (K) ulanylýar).

Töwerek daşymyza howanyň temperaturasy hemişe üýtgäp dur. Ýeriň astynda, 1-2 m çuňlykda gündäki gatlak  $P_g$  ýerleşýär, onuň temperaturasy gije-gündiz bir meňzeş bolýar. Ondan aşakdaky ýerleşýän gatlagyň häsiýetnamasy  $I_b = 19.11 \text{ g}$  deň diýlip, gatlagyň başlanýan nokadyndan şol gatlagyň temperaturasy ýolyň dowamynda üytgänok we ony başlanýan nokat diýip alsa bolýar. Onda işlenen çuňlukdaky gatlagyň temperaturasy aýakdaky ýaly bolar

$$t_1 = t_b + \omega(L - I_b)$$

bu ýerde:  $t_b$ -L çuňlukdaky temperatura we guýynyň çuňlugy.

$\omega$  - geotermik gradiýenti, çuňlugyň birligine temperaturanyň ösüşini görkezýär.

$$\begin{array}{r} \text{_____} \quad O \\ \text{_____} \quad I_a \\ \text{_____} \quad I_b \\ t_b = \text{const} \end{array}$$

Gatlagyň temperaturasy özleşdirmäniň köp hereketlerine täsir edýär. Mysal: gazkondensat bir meňzeş düzüminde, temperatura bagly, gaz, suwuklyk ýa-da gaty görnüşinde bolup biler.



Gatlaklarda nebit, gaz we suw öz udel agramlaryna laýykda ýerleşýärler. Nebit we suwuň ýa-da gaz, nebit bilen suwuň gaz bilen suwuň bölünýän ýerine aragatnaşyk üsti diýilýär. Aragatnaşyk üstiň galyňlygy 25 m çenli bolup bilýär.

### **Dag jynsy barada esasy düşünje**

*Dag jynslary* – bu tebigy mineral jisimlerdir hem-de ýer gabygy diýip atlandyrylýan şol materially sredany görkezýär.

Ýer gabygynyň wagta görä ýerleşişiniň toparlaryny, ulgamlaryny, bölümlerini we ýer gatlagyny düzýän eralara, hatarlara, döwürlere we asyrlara bölünýärler. Dag jynsynyň şeýle bölünşi boýunça ýeriň çuňlugyny düzmek tablisasy düzüldi.

Dag jynslary gelip çykyşy boýunça üç topara bölünýär : *magmatiki, metamorfiki we çöküdi*. Geljekde bizi esasan çöküdi dag jynslary gyzyklandyrar, şonuň ýalyda nebitli, gazly ojaklary bu toparda gabat gelýär.

### **Çöküdi dag jynsynyň düzümi**

*Çöküdi jynslary* özünde öň bar bolan magmatiki we metamorfiki jynsyndan bölünip aýrylan *mehaniki ýa-da himiki* önümlerini jemleýär, bu topara janly organizmiň önümlerinden dörän jynslar birikýär.

Dag jynslary, şol sanda çöküdi jynsy özünde *mineral bölejigiň* agregatlaryny – jyns emele getiriji minerallary jemleýär.

*Minerallar* diýip himiki düzümi, fiziki häsiýeti birmeňzeş bolmadyk kижik bölejikleri özünde jemleýän tebigy



himiki birleşmesine aýdylýar.

Çökünci dag jynslary esasan toýunly (kaolinit, montmorillonit), sulfatly (gips, angidrit, barit), karbonatly (kalsit, dolomit), okisli – kwars ýaly minerallardan durýar.

Toýunly minerallar beýlekilerden kristallaryň juda kiçi ölçegleri hem-de gowly (teňňeli) ýerleşişleri bilen tapawutlanýar.

Jynsnyň düzümine girýän minerally komponentleriň hili boýunça indikiler ýaly bolup biler :

- 1) monominerallar – gips, angidrit, dolomit, daş duzy we beýlekiler ;
- 2) ýarymminerallar –magmatiki jynslaryň ählisi bolup biler, çökündilerden bolsa toýunlar, gumdaşlary, konglomeratlar (aýry-aýry böleklerden ybarat dag magdany).

### 1.1. Dag jynsynyň gurlyşy

Dag jynslary gurlyşy boýunça aşakdakylara bölünýärler *kristally, amorfly (kristallaşmadyk) we ownuk böleklerden emele gelen dag jynslary* görnüşleri bar.

Kristallylar magmatiki ýa-da çökünci jynslar bolup biler. Çökünci kristally jynslary suwly erginlerinde duzuň düşmegi netijesinde ýa-da ýer gabygynda bolup geçýän himiki reaksiýanyň netijesinde döreýändir. Bu topara duz, gips, angidrit, hekdaşlary, mel we dolomitler degişli.

Dag jynslarynyň amorfly (kristallaşmadyk) gurlyşy kristallylar bilen deňşdireniňde az.

Ownuk böleklerden emele gelen dag jynslary suwuň ýa-da ýeliň täsirinde zyňylmagynyň, owranmagyň hem-de soňky dargamagynyň netijesinde döreýär.

Islendik dag jynsynyň gurlyşy iki esasy alamatlary boýunça anyklanylýärlar - *struktura* (gurlyş), *tekstura* (dag jynsynyň gurlyş aýratynlygy).

*Jynslaryň strukturasy* diýip dag jynsyny emele getirýän

minerallarynyň üstleriniň ölçegine, formasyna we häsiýetine şertlenýän gurluşynyň aýratynlygyna düşündirilýär.

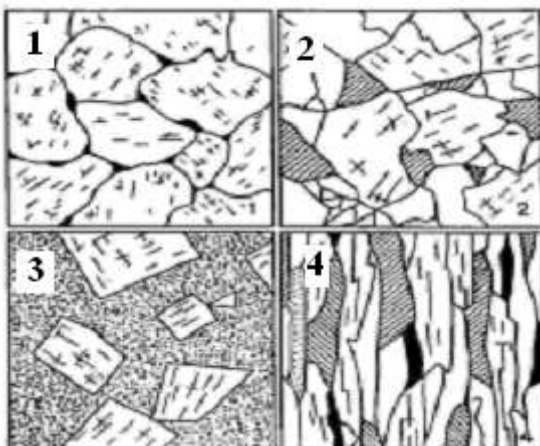
*Jynslaryň teksturasy* diýip mineral dänäniň arasy boş aralykly ýerleşmegine şertlenýän gurluşynyň aýratynlygyna düşündirilýär, şeýle hem tekstura jynslaryň düzümini görkezýär. Tekstura alamatyna gat-gatlylygyna, slanslylygyna we öýjükliligine degişli bolýar.

### **Dag jynsynyň strukturasy**

Strukturalar ähli zatdan öň kristallaryň ulylygy boýunça tapawutlanýar

Tablisa 1

Strukturasy	Kristallary ň ulylygy, m m	Gysgaça häsiýetnamasy
Iri kristallaşan	> 1,0	Kristallary ýöne göz bilen ýeňil tapawutlandyryp bolýar.
Ortaça kristallaşan	0,1 – 1,0	Kristallary ýöne göz bilen ýeňil tapawutlandyryp bolýar, emma olary öwrenmek üçin lupa gerek.
Ýarym kristallaşan	0,001 – 0,1	Kristallary mikroskopda tapawutlandyrylýar.
Ýarym amorfly	< 0,01	Kristallary we olaryň formalaryny mikroskop arkaly tapawutlandyrylýar.



Sur.1. kristally strukturanyň dürli görnüşleri.

Kristally  
strukturalary  
şeýle hem şol  
jynsda  
kristallaryň  
ölçegleriniň  
gatnaşygy  
boýunça öz  
aralarynda  
tapawutlanýar.  
Dag jynsynyň  
ownuk bölekleri  
boýunça esasy  
dört strukturaly  
toparlara  
bölünýär.

1 – deňölçegli däneli; 2 – dürli däneli ; 3 – porfirowly;  
4 – süýümlü.

Ownuk böleklerden emele gelýän jynsnyň içinde  
öz gezeginde bölejigiň häsiýeti boýunça tapawutlanýan *ýumşak  
we sementirlenen– burçly (uglewodly) ýa-da togalak (okatanly)  
jynslar* bilen tapawutlanýar.

Meselem sementlenen burçly bölejigiň ýygnanmagyna  
brekçi diýilýär, sementlenen togalak bölejigiň ýygnanmagyna  
konglemeratlar diýilýär.

Şonuň ýalyda çägel jynsnyň içinde ýumşak we  
sementirlenen jynslar gabat gelýär. Däneden birinji kwars,  
ikinci dürli minerallar durýar. Ýumşak jynslara kwarsly  
**polimiktowly** mineral dänäniň düzümine baglylykda çägeler  
degişli bolýar. Ýenede çägeler dänäniň ölçegi boýunça  
tapawutlanýar : iri däneli (1-0,5 mm), orta däneli (0,5-0,2 mm),  
ownuk däneli (0,2- 0,1mm), birmeňzeş (dänäniň ölçegi bir  
syhly) we dürli däneli (dänäniň ölçegi dürli). Sementirlenen

çägeli jynslara **psammitler (gum daşlary)** diýilýär.

Gum daşlary olary emele getirýän minerallaryň düzümi, dänäniň ölçegi we olaryň baglanyşdyrýan sementi boýunça tapawutlanýar.

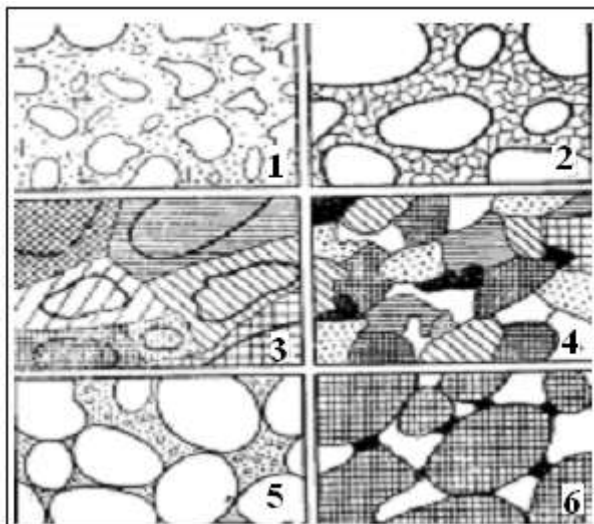
Toýunly jynslara toýun, argillitler we toýunly slanesler deňişli bolýar. Argilletler hemişe ýokary berkligine eýe bolmagy netijesinde halsedonly (halsedon-kwarsyň bir görnüşi) ( $\text{SiO}_2$ ) sementirlenen bolýar (olara daşa kyardaş toýunlar diýilýär).

Tablisa 2

Bölegiň ölçeşler i,mm	Jynsyň häsiýeti we bölegiň dänesiniň birikmegi				
	Ýumşak		Sementlenen		Esasy gurlyş y
	Burçly	Togalak	Burçly	Togalak	
> 1000	Läheň daşlar	Iri harsaň (togalak daş)			
100-1000	Ownuk läheň daşlar	Harsaňlar (togalak daşlar)			
10-100	Şeben	Jyglym daş	brekçi	Konglomerat	Tagaşykly böllekli (psefitler)
2-10	Ownuk çagyl (irimçik çäge)	Çagyl			
0,1 - 2	Çäge		Çäge daşy		Çägeli (psammitler)

0,01-0,1	Alewrit	Alewrolit	Ownuk toprakl y (alewrit)
< 0,01	Pelit (toýun)	Argillit	Toýunl y (pelitle r)

Eger argillit slanslylygyň uzaboýyna tekizliklerini ýeňil bolýan bolsa, onda oňa toýunly slanes diýilýär.



Sur.2. Sementleriň gurlyşynyň dürligörmüşleri.

1-monokristalliki ; 2-ýarym kristalliki;  
3- regeneration (sement öňki durkuna getirýär);  
4-regenerasion-ýöne dänäniň başlangyç durkuna eýe bolmaýar; 5-sementiň boşlugy mehaniki doldurmagy;  
6-galtaşmaly.Sementirleýji maddanyň gurlyşynda dürlü görnüşleri bolýar.

Sementirleý  
än maddanyň  
düzümünde  
kremnili  
( $\text{SiO}_2$  ýa-da  
 $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ -  
den bement),  
hekdaşly  
( $\text{CaCO}_3$ -dan  
sement),  
demirli  
( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$   
ýa-da  
 $\text{FeCO}_3$ -dan  
sement),  
addalar bolýar.  
Monokrist  
alliki sement  
onuň  
kristallary-  
nyň juda iri  
bölekleriniň

barlygy bilen tapawutlanýar.

Ýarym kristalliki sement bölekleriň arasynda ýerleşýän kristall dänäniň birek birege dykyz jebisleşýän uly möçberinden durýar.

Regeneration sement çökündi dag jynsynyň içinde has berklige eýe bolýan kwarsitler üçin häsiýetlendirilen.

Sementiň mehaniki doldurmagy has gowşak dag jynsy bolup durýar.

Bölekli çökündi jynsynyň içinde giňden ýaýrany sement arkaly galtaşýan görnüşi.

Bölekler diňe galtaşýan ýerleri bilen baglanyşýar, galan bölegi dag jynsynda boşlygyň uly möçberini emele getirýär. Jynsyň gurlyşyndaky dänäniň ölçegi dag jynsynyň berkligine we çeýeligine düýpli täsir edýär.

## 1.2. Çökündi jynsynyň teksturasy

Çökündi jynsyň esasy *teksturasynyň alamaty* olaryň döremek prosesinde ýüze çykýan *gatlaklylygy* bolup durýar.

Jynsyň gatlaklylygy çökündiniň jemlenmeginiň aýratynlygy bilen baglanşykly hem-de dik ugurda düzümi birmeňzeş dänäniň ölçegleriniň üýtgemeginiň hasabyna ýüze çykýar.

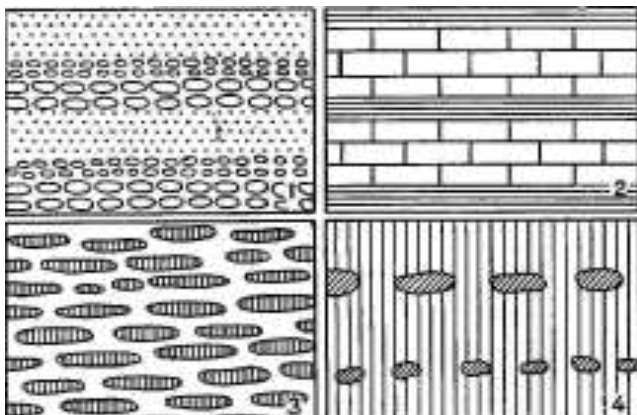
Dag jynsynyň anizotropiýasy esasan olaryň gatlaklylygyna esaslanýar.

Indiki teksturaly alamaty ýer gabygynyň içki dag jynsynyň gowşak hereketi netijesinde döreýän slanslylygy bolup durýar. Slansly tekizligi adaty gatlakly tekizlik bilen gabat gelmeýär.

Slansly tekizlikleri birtaraply täsir edýän basyşyň ugrynda döreýär.

Galakly tekizlik burçyna gatnaşygy boýunça slansly tekizligiň burçy dürli bolup biler.

Dag  
jynsynyň  
düşüpli  
tekstura  
alamaty  
olaryň  
öýjükliligi  
bolup  
durýar.  
Bölek dag  
jynslary  
kristalaşan  
görnüşinde  
uly  
öýjükliligi  
bar.



Sur.3. gatlaklylygyň görnüşleri.

Gatlaklylygy 1-dispersiýaly dänä;  
2-düzümi dürli minerallary gatyň gezekleşikli gelmegine;  
3-dänäniň kese duran ýerine anyklanylmagyna;  
4-bir tekizlikde haýsydyr bir materialyň ýerleşmegine şertlenýar.

Has uly  
absolýut

öýjükliligine toýun eýe bolýar 45 % çenli, ýöne öýjükliler bu ýerde örän ýuka bolýar.

Nebit, gaz ojagynda köplenç gabat gelýän dag jynsynyň absolýut öýjükliligi baradaky maglumaty aşakdaky tablisada görkezýär

Jyns	Öýjüklilik, %	Jyns	Öýjükliligi, %
Toýun	6,0-45,0	Çäge daşlary	3,0-39,0
Toýunly slanes	0,5-4,0	Hek daşlary	0,6-33,0
Çägeler	6,0-48,0	Dolomitler	2,5-30,0

Magmatiki we metamorfiki dag jynsynyň öýjükliligi örän kiçi (0,8-1,2 %) hem-de esasan jaýryklylyk bilen baglanşykly. Gum daşlarynyň öýjükliligi sementiň gurluşyna

bagly bolýar. Ýarym kristallaşan sementli gum daşlarynyň öýjükliligi 3 % çenli deňdir, galtaşma sementli bolsa 39 % çenli deňdir. Umuman aýdanymyzda bölekli dag jynsynyň öýjükliligi olaryň ýerleşme çuňlygynyň artmagy bilen kiçelýär.

Jynslaryň öýjükliligi näçe uly bolsa, onuň berkligi şonçada kiçelýär.

Dag jynsynyň düzüminden we ýerleşişinden başgada olaryň mehaniki häsiýeti täsir edýär.

### **1.3. Dag jynsynyň dürliligi**

Dag jynslary mineral düzümi boýunça dürli jisimlerden ybarat bolýar.

Dag jynslary köplenç dürli däneliligi bolmagynyň sebäbi onuň massasynyň düýbinden totünleýin ýaýramagy. Bir ýere juda iri dänäniň başga bir ýerde ownuk ýa-da aralyk dänäniň ýygnaşmagy netijesinde olaryň formalarynyň dürliligi ýüze çykýar. Haçanda dänäniň formasy boýunça ýaýramagy dürli bolanda onuň arasyndaky boş öýjüklileriniň ölçegleri biri birinden tapawutly bolup biler.

Dag jynsynyň dykyzlaşmak derejesi onuň ýerleşýän çuňlygyna bagly. Dag jynsy näçe çuň ýerleşse şonçada onuň dykyzlygy artýar. Mundan başgada jynsyň dykyzlanmagy gatlaklanma häsiýetine bagly bolýar – ganatda jynsyň gatlylygy onuň gümmezindäkiden has dykyzlanan bolýar.

Ýer gabygynda bolup geçýän dinamiki prosesleriň hasabyna dag jynsynda ululygy we ugry boýunça jaýryklylygynyň dürli görnüşi döreýär.

Şeýle ýagdaýda dag jynslary dykyzlanmak we jaýryklylyk derejeleri boýunça dürlidir.

Dag jynsynyň dürliligi olaryň mehaniki häsiýetine we guýyny burawlanýan wagtynda owratma prosesiniň geçmegine uly täsir edýär.



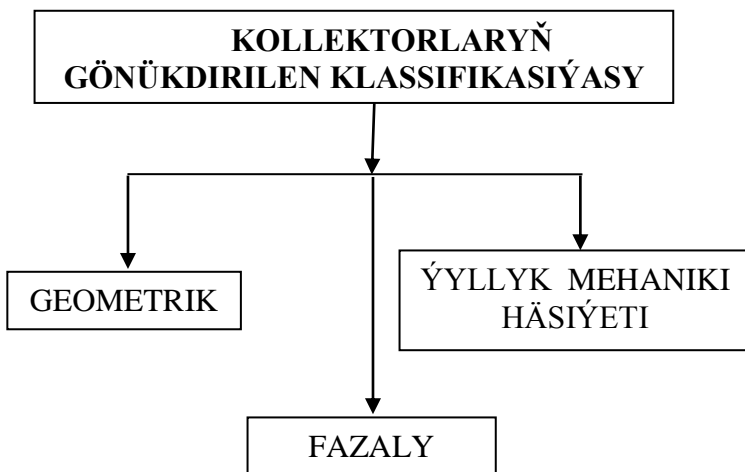
## **II. DAG JYNSYNYŇ-NEBIT WE GAZ KOLLEKTORLARYNYŇ FIZIKI HÄSIÝETI.**

### **2.1. Kollektorlaryň görnüşleri**

Nebit, gaz ojaklarynda nebit we gaz fluýudlary gatlaklardaky däneleriň boşluklaryny, jaýryklaryny hem-de köweklerini doldurýar. Diňe öýjükli giňişlige eýe bolýan kollektoryň bolmagy-nebit kânleriniň döremegine ýeterlikli şert bolup bilmeýär.

Senagat mukdarly nebit adatça diňe nebitiň ýygnamagy üçin amatly, kollektorlary gurşaýan dag jynslary bilen billelikde dürli formaly garyndylary (lowuşka) döredýän kollektorlarda ýerleşýär. (antiklinallar, monoklinallar, bölünmegi bilen çäklendirilýän gatlaklar, litologiki görnüşli garyndylar).

#### **Kollektorlaryň fiziki häsiýetleri.**



Ojaklar guýy bilen açylmagyna çenli gatlagyň ähli parametrleri-temperaturasy, basyşy, nebitiň, suwuň we gazyň kânlerde bölünmegi. Kânleriň bir forma gelmek pursatyndan

başlap, geçen geologiki döwürleriň dowamynda durnukly ýagdaýda ýerleşýär.

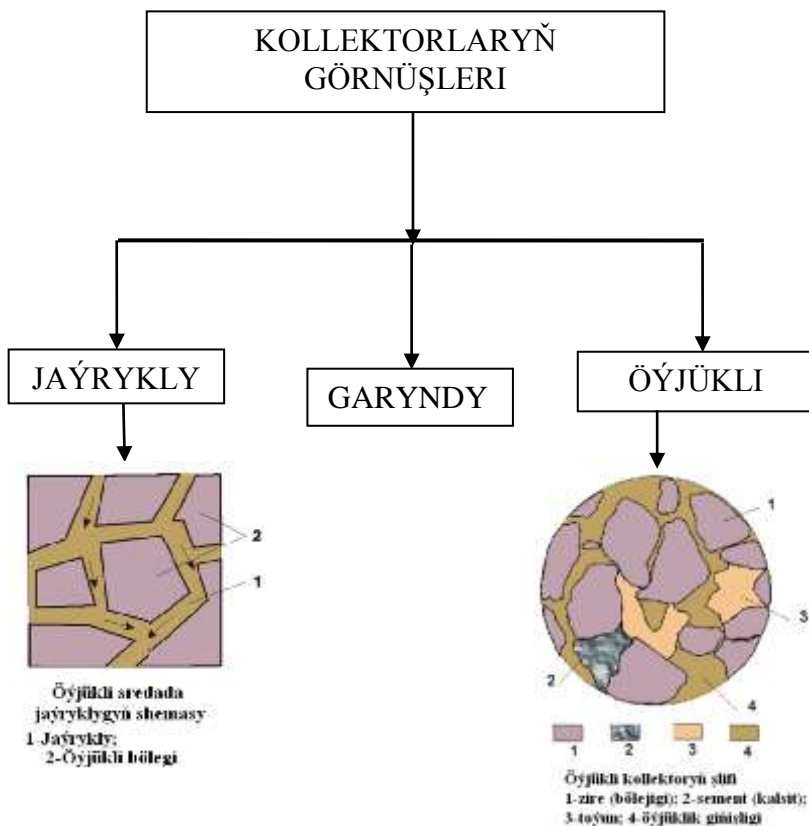
Gatlagyň açylmagy we onuň ulanylşa başlanmagy bilen bu durnukly şerti bozulýär hem-de gatlak suwuklyklarynyň üýtgemegi, olaryň hereketi we öýjükli sredada gaýtadan ýaýramagy (paýlaşmagy) bilen bir wagtda känleriň taryhynda dinamiki döwri başlanýar. Nebitiň, gazyň we suwuň hereketiniň kanunlygy diňe känleri özleşdirmegiň we ulanmagyň şertine bagly bolman, eýsem gatlagyň başlangyç şertine hem bagly bolýar. Şonuň üçin känleriň gurluş aýratynlyklaryny nebitiň, gazyň we suwuň ilkinji ýerleşme şertini öwrenmek özleşdirmek üçin örän wajypdyr.

Nebit we gazyň känlerinde adatça dykzlygyna laýyklykda-garymyň ýokarky böleginde gaz, aşakda nebit, ondan aşakda suw ýerleşýär. Nebitsiz gaz känlerde gönüden-göni suwlaryň üstünde ýerleşýär.

Känler emele gelende gazyň, nebitiň we suwuň doly grawitasion bölünmegi bolup geçmeýär, suwlaryň belli bir bölegi gatlagyň nebitli we gazly zolagynda galýär. Bu suwlarda baglanşykly ýa-da galan suwlar diýip atlandyrylýär.

Suwuklyklar we gazlar ululygy känleriň çuňlygyna görä ösýän basyşyň täsirinde ýerleşýär. Gradiýent basyş ýagny, 1m çuňlukda basyş ösmegi uly aralykda-0.06 atm-dan 0.15 atm çenli üýtgeýär, ortaça 0.1 atm deň kabul edilýär. Känlerde nebitiň suwuň we gazyň täsirindäki basyşa gatlagyň basyşy diýilýär.

Basyşda görkezilişi ýaly ýeriň jümmüşine çuň aralaşdygyça temperatura ösýär. Gerek bolan metrdäki çuňlyga geometriki başlangyç diýilýär. Ýeriň ähli gatlaklary üçin geometriki başlangyjyň ortaça ululygy takmynan 33 m/gra deňdir. Aglaba köp nebit, gaz ojaklary çökündi dag jynsynyň kollektorlarynda (çäge, gumdaşlary, konglomeratlar, jaýrykly, köwekli hek daşlary we dolomitler) duş gelýär. Nebit we gaz ojaklarynyň uly bölegi kollektorlaryň üç görnüşine-öýjükli, jaýrykly we garyndy gurluşly kollektorlar gabat gelýär.



**Birinji görnüşe öýjükli** boş däne arazologyndan düzülýän, çäge-alewritli dag jynslaryndan ybarat bolan kollektorlar degişlidir. Öýjükli boşlugyň şeýle gurluşyny hekdaşly we dolomitli gatlaklary hem häsiýetlendirýär. Arassa jaýrykly kollektorlarda (karbonat gatlaklaryň, slansleriň agdyklgynnda) öýjükli boşluk jaýrygynyň sistemasy bilen döreýär. Bu ýagdaýda kollektoryň jaýryklarynyň arasyndaky meýdanlary dag jynsynyň dykyz pes geçirijilikli, jaýryksyz bloklaryny, süzülme hadysasyna gatnaşmaýan öýjükli boşlugy özünde görkezýär. Tejribede öýjükli boşluklar bilen gatnaşyk görnüşindäki jaýrykly kollektorlar köp düş gelýär. Öýjükli

boşluk jaýrygyň sistemalary, bloklaryň öýjükli boşlugy bolup hyzmat edýär.

**Jaýrykly** görnüşli jaýrykly kollektorlar boşlugy dürli görnüşiniň bolmagyna baglylykda içki görnüşlere bölünýär. Jaýrykly- öýjükli, jaýryk-köwekli, (karst- düzüminde hekdaşly, gips, daş duzy bolan dag jynsy).

Geçirilýän anyklaýyş işleri dünýadäki nebit gorlaryny 60 %-i çägeli gatлага, gumdaşlaryna, 39%-i karbonatly gatлага we 1%-i pytran metomorfiki böwsülip çykýän dag jynsyna gabat gelýänligini görkezýär. Diýmek çökündi dag jynslary esasy nebit we gaz kollektorlary bolup durýar.

Çökündileriň emele gelmeginiň dürli görnüşli şerti bilen baglanşykly dürli ojaklarynyň kollektorlyk häsiýeti giň aralykda üýtgeýär.

Nebit we gaz gatlaklarynyň kollektorlyk häsiýeti indiki esasy görkezijileri bilen häsiýetlendirilýär:

- 1) dag jynskynyň granulometriki (mekaniki) düzümi;
- 2) öýjüklilik;
- 3) geçirijilik;
- 4) kapilýarly häsiýetler;
- 5) udel üsti
- 6) mekaniki häsiýetleri (çeýeligi, maýyşgaklygy, ýarylmagyna garşylygy, gysylmagy we deformasiýanyň beýleki görnüşleri)
- 7) dag jynsynyň suw, nebit we gaz bilen doýgunlaşmagy.

Dag jynsynyň bellenip geçilen häsiýetleri olaryň himiki düzümine, strukturasyna we teksturasynyň aýratynlyklaryna berk baglydyr. Strukturasy dänäniň ölçegleri boýunça tapawutlanýar:

1. psefitli (2 mm-den ýokary),
2. psammitli (0.1-2 mm),
3. alewritli (0.01-0.1 mm),
4. pelitli (0.01mm-den kiçi)

Dag jynsynyň teksturaly aýratynlygynyň gatlaklylygy,

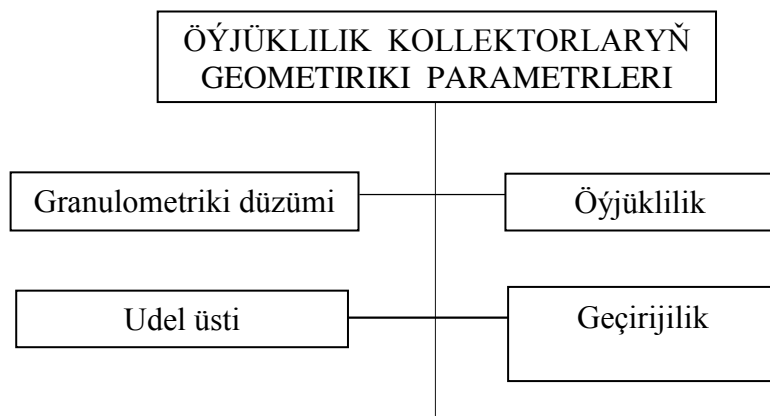
dag jynsynyň ýerleşme we süýşme häsiýeti, dag jynsynyň dānesiniň we sementiň mukdar gatnaşgy hem-de özara ýerleşmegi degişlidir. Sementiň ornuny köplenç toýunly madda ýerine ýetirýär. Hekden gelip çykyşy boýunça hem sementler duş gelýär (karbonatlar, oksidler we gidrooksitler, sulfatlar).

Kollektorlaryň görnüşleri boýunça aşakdaky toparlara bölünýarler. olar esasan aýratynlyklary bilen tapawutlanýar.

## 2.2. Dag jynsynyň granulometriki (mehaniki) düzümi

Granulometriki analizi dag jynsyny düzýän mineral bölejiginiň dargama derejesini kesgitlemek üçin geçirilýär. Sementlenen dag jynsynyň bölejiginiň dargamaklygyny. Olaryň ýylmanak bölejigini mikroskopda öwrenilýär. Sementlenmedik çägede we gowşak sementlenen gumdaşynda granulometriki analiz bölejikleri fraksiýalara bölmek bilen geçirilýär.

Dag jynsynyň granulometriki (mehaniki) düzümi diýip dag jynsyndaky dürli irilikdäki bölejigiň mukdar düzümine aýdylýar. Minerallaryň dagynlyk derejesine öýjüklik sredanyň köp häsiýeti bagly: geçirijiligi, öýjüklik udel üsti, kapilýar häsiýeti we beýlekiler.



Çäge bölejikleriniň ölçegleri olaryň nebit bilen galtaşýan umumy üstlerini şertlendirýär. Şeýlelikde özleşdirme gutarandan soň dänejikleriň daşyndan plýonka görnüşinde galýan nebitiň gorlaryna ýolbermek bolýar.

Çägeleriň granulometriki analizi nebit senagatyna ulanylýar nebit ojaklary ulanylanda guýa gelýän çägäniň önüni almak üçin düýpde oturdylýar.

Dag jynsynyň ölçegi kolboid böljikden çagyl we togalak daşlara çenli üýtgeýär. Ýöne köp nebit düzýän dag jynslary üçin ol 1-0.01 mm aralygynda üýtgeýär.

Tebigatda adaty däneli minerallardan bölejigiň ölçegi 0.1 mkm (0.001 mm) kiçi bolan toýunly we kolloid-ýaýraň minerallar giňden ýaýrandyr. Olar toýun, beýleki dag jynslaryň köp mukdaryny düzýär.

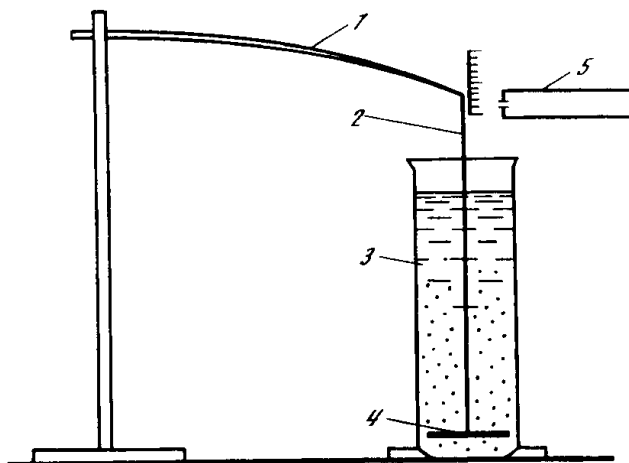
Nebit saklaýan dag jynsynyň düzümindäki kollid-ýaýraň minerallaryň bagly ähmiýeti bar. Bu minerallaryň umumy üstüniň has uly bolmagy kationlary (we anionlary) siňdirmek hadysasyna täsir edýär. Olaryň mukdaryna esasan dag jynsynyň suwda çişmek derejesine bagly.

Dag jynsynyň mehaniki düzümi elekli we sedimentasion barlaglaryň esasynda kesgitlenýär. Akgyn dag jynsynyň elekli barlygy çägäni 0.05 mm we ondan ýokarky ölçegler boýunça fraksiýa bölmek üçin ulanylýar. Kiçi ölçegli bölejikleriň düzümini sedimentasion usallar bilen kesgitlenýär. Tejribe şertlerinde ülnülenen simli ýa-da ýüpek adaty elekler ulanylýar. Ülnülenen elegiň 10; 7; 5; 3; 2; 1; 0.5; 0.25mm dişleri bar. Elekler ýygylananda ýokarda has iri deşikli elekler ýerleşdirilýär. Bu elege 15 minidun dowamynda elenen dag jynsynyň 50 gramy guýulýar. Soňra eleklerden galan dag jynslaryň bölejikleri çekilýär.

Fraksiýasy boýunça bölejigiň sedimentasion bölünmegi şepbeşik suwuklykda ölçegli dänäniň çökme tizliginiň tapawutlanmagy netijesinde bolup geçýär. Stoksyň formulasy boýunça suwuklykda sferiki formula bölejigiň düşme tizligi

$$v = \frac{gd^2}{18\nu} \left( \frac{\rho_{d,j}}{\rho_{suw}} - 1 \right)$$

bu ýerde g-erkin gaçmagyň tizlenmesi; d-bölejigiň diametri v- kinematiki şepbeşiklik;  $\rho_{suw}$ -suwuklygyň dykzlygy;  $\rho_{d,j}$ -dag jynsynyň bölekleriniň dykzlygy.



Surat 2.1. Figurovskiniň terezisiniň shemasy: 1-aýna steržin; 2-sapak; 3-silindriki gap; 4-aýna disk; 5-hasaplama mikraskopy.

Stoksyň kanunyny ulanmaklyk şerti we çägi barada dürli pikirler bar (1) formula 0,1-0,001mm diametrli bölejik üçin dogry hasap edilýär. Kiçi ölçeginde bölejigiň çökme tizligi Broun hereketi we adsorbirlenen<sup>1</sup> suwlaryň gatlaýyklary täsir edýär.

Stoksyň formulasy dänäni (itekleşmeýän) hereketinde dogry. Ýagny ýaýraň sredada olaryň çökme tizligine bölejigiň konsentrasiýasy täsir etmeli däl, gaty fazanyň massalaýyn düzümi 1%-den artmaly däl.

Sedimentasion barlagyň birnäçe suwlaryny tokly durlamak (çäginini çökdirmek) we suwuklygy dökmek arkaly (Sabinanyň usuly) usullarda, şeýle-de Figurovskiniň terezesi

arkaly çökmegi ölçemek usuly ulanylýar.

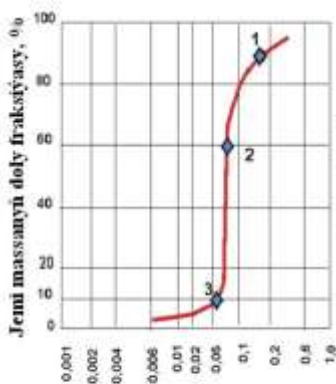
Suwlary tokly durlamakda suwy aşakdan ýokaryk gönükdirilen konus ýa-da silindr şekilli gapda toýun ýerleşdirilýär. Suwuň hereketiniň tizligini sazlamak bilen bahasyny stoksyň formulasy boýunça anyklap bolýan kesgitli diametrli bölejigi gapdan çykarmagy gazanmaga çalşylýar.

Sabininanyň usuly boýunça haýal çökyän ownuk bölejigi çalt çökyän iri we agyr böleklerden bolünmegi gabyň ýüzündäki çöküp ýetişmedik bölejekleri düzýän suwuklygyň dökülmeginde bolup geçýär.

Sedimentasion barlagyň has kämilleşen usuly-çökmegi ölçemektir. Sedimentasiýa hadysasynda çökmegini Figrowskininiň terezesi (surat 1) arkaly ýa-da awtomatiki sedimentasion terezi arkaly (meselem BCD-1/50 (WSD-1/50) mkm modelleri) ölçenilýär. Figurowskiniň abzalynda ýüki kabul edýän element höküminde aýnaly kwars steržini (tereziniň egni) 1 ulanylýar. Iriligi 1-den 50 mkm-e çenli ýaýraň bölejigiň granulometriki barlygy üçin niýetlenen WSD-1/50 mkm abzalynda çökmek wagta görä düşýän çökündiniň massalaryny awtomatiki registrasiýa etmek we ýazga geçirmek bilen elektriki terezi arkaly ölçenilýär. Çökündiniň registirlenýän massasynyň çägi 500 mg-dan ybaratdyr. Gowy garylýan suspenziýa Figurowskiniň terezisiniň egninden asylan ýuka aýna diski 4 goýberilenýän silindiriki gaba 3 täsir edýär. Suspenziýanyň düşýän bölejekleri aýna diskde ýygnanýar. Çökündiniň çökmegine görä tereziniň deňagramlylygy bozulýar, ony dikeltmek üçin goşmaça ýüki talap edýär. Öňki registriläp, soňra gaýtadan işlenýän maglumat alynýar. Dag jynsynyň mehaniki düzüminiň barlagynyň netijelerinde tablisa görnüşinde ýa-da dag jynsynyň däneleriniň ölçegleri boýunça bölünmeginiň we jemi düzüminiň grafikleri (sur 2,3) şeýlede gistogramma (sur 2,3) hem-de siklogramma görnüşinde şekillendirilýär. Birinji grafigi gurmak ordinata okunda fraksiýalaryň massalaýyn paýy (%-de), absissa okunda bolsa bölejigiň diametri  $d$  ýa-da  $lgd$  goýulýar.



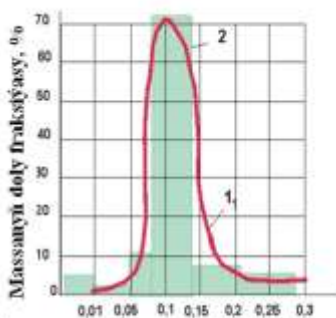
Çägäniň birmeňzeş dällik derejesi  $d_{60}/d_{10}$  gatnaşygy bilen häsiýetlendirýär. Bu ýerde  $d_{60}$ -ölçeği 0-dan başlap fraksiýanyň ähli massasynyň 60%-ni düzýän ölçeginde bölejigiň diametri (2-nji suratdaky 2-nji nokat);  $d_{10}$ -ýokardaka meňzeşlikde görkezijidäki bölejigiň diametri (2 sur. 3 nokat) 1-nji nokada degişli diametr boýunça nebit guýulary üçin düýp süzgüçleriniň ölçegleri saýlanýar.



**Egri çyzyk dag jynsynyň dänesiniň jemi granulometriki düzüminiň görkezijisi**

**1- nokat deşilen filtratynyň ölçegi**

Surat 2.2



**Dag jynslarynyň dänesiniň ölçegi (1) we gistogramma boýunça paylaşmasynyň görkezijisi.**

Surat 2.3

Dag jynsynyň däneleriniň birmeňzeş dällik koeffisiýenti nebit ojaklary üçin 1.1-20 aralykda üýtgeýär.

### 2.3. Dag jynsynyň karbonatlylygyny kesgitlemek

Senagat tejribeleri üçin dag; jynsynyň karbonatlylygynyň, ýagny ondaky kömür kislotalaryny, duzlarynyň mukdarynyň-hekdaşy  $\text{CaCO}_3$  we ş.m wajyp ähmeýeti bar.

Nebit, gaz kollektorlarynyň karbonatlylygy giň

aralykda üýtgeýär. Birnäçe dag jynslary karbonatlaryň uly bolmadyk mukdaryny saklaýar.

Dag jynsynyň karbonatlylygyny kesgitlemek onuň düzümindäki karbonatlaryň himiki dargamagyna we bölünip çykýan kömirturşy gazynyň mukdaryny göwrümleýin ýa-da agramlaýyn usul bilen hasaba alynmagyna esaslanan.

Gatlagyň fizikasynyň tejribehanasynda dag jynsynyň karbonatlylygyny ölçemegiň göwrümli gazometriki usuly giňden ulanylýar. Ýörite abzalda karbonatlaryň duzkislotasy bilen özara täsiri netijesinde bölünip çykýan kömirturşy gaz ölçeyji gurluşda tutulýar.

Karbonatlylygyň ululygynyň hasaplamasy  $\text{CaCO}_3$  –e bolan gatnaşygy boýunça geçirilýär, ýagny hekdaşlary dag jynslarynyň karbonatlarynyň esasy bölegini düzýär.  $\text{CO}_2$  bölünip çykýan göwrümüne görä dag jynsynda karbonatlaryň massalaýyn konsentrasiýasy prosentde indiki formula boýunça kesgitlenýär.

$$k_a = \frac{V\rho}{0.0044a} \quad \text{ýa-da} \quad k_a = \frac{VG}{4.4a}$$

Bu ýerde  $k_a$ -dag jynsyndaky  $\text{CaCO}_3$  mukdary prosentde; V- bölünip çykýan  $\text{CO}_2$  göwrümi,  $\text{m}^3$ ; a-dag jynsynyň derňelýän nusgasynyň massasy, kg;  $\rho$ -tejribe temperaturasynda  $\text{CO}_2$  dykzylygy  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

Şuňa meňzeş analizleri dag jynsynyň geçirijilik ukybyny artdyrmak maksady bilen guýynyň düýbe ýakyn zolagyny duz kislotaly işlemegiň maksada laýykdygyny anyklamak üçin ulanylýar.

Hek daşyna duz kislotasy bilen täsir etmegiň netijesinde himiki dargamagy.



### Dag jynsynyň öýjükliligi.

Dag jynsynyň öýjükliligi diýip onda bar bolan boşluga öýjüge aýdylýar.

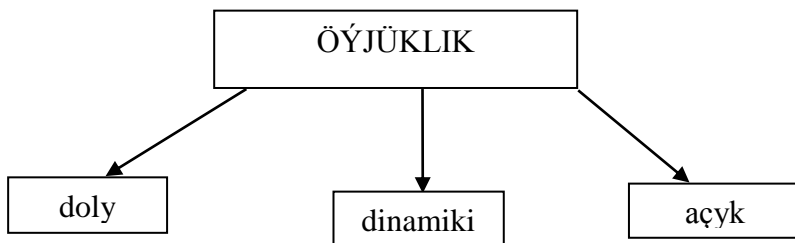
Doly (ýa-da absolýut) öýjüklilik diýip öýjügiň jemi göwrüminiň  $V_{\text{öýj}}$  dag jynsynyň nusgasynyň umumy göwrümine  $V_{\text{nus}}$  bolan gatnaşygyna aýdylýar:

$$m_{\text{ö}} = \frac{V_{\text{öýj}}}{V_{\text{nus}}};$$

Öýjüklilik koeffisiýenti paý biriginde ýa-da göterim hasabynda ölçenýär. Öýjükler we beýleki boşluklar gelip çykyşy boýunça ilkinji we ikinji görnüşlerine bölünýär. Bölünmegiň birinji görnüşine däneleriň arasyndaky boşluklar, çökündiniň ýygnaýma we dag jynsynyň bir forma gelme hadysasynda döreýän gatlaklanmasynyň tekizlikleriniň arasyndaky boşluklar degişlidir.

Ikinji görnüşine dag jynsynyň bölünmegiň owranmagyň yzygider hadysalary, eremegi, jaýrygyň döremegi netijesinde ýüze çykyan öýjükler degişlidir.

Dag jynsynyň öýjüklilik boşlugynyň strukturasy bölejigiň granulometriki düzümine, olaryň formasyna, dag jynsynyň himiki düzümine, öýjügiň mukdar gatnaşygyna şertlenýär.



Öýjükli sredanyň häsiýeti köp derejede öýjükli kanallaryň ölçeglerine bagly. Nebit we gaz gatlaklary öýjükli kanallary boýunça şertli üç topara bölünýär.



Öýjüklik kanallaryň çäge bilen smentlenen zynjyry

- 1) Ýokarky kapilýarly-0.5 mm-den ýokary.
- 2) Kapilýarly –0.5-den 0.0002 mm-e çenli (0.2 mkm).
- 3) Sub kapilýarlar –0.0002 mm-den kiçi (0.2 mkm).

Iri (ýokary kapilýarly) kanallar we öýjükler boýunça nebitiň, suwuň we gazyň hereketi erkin ýagdaýda ýöne kapilýarly kanallar boýunça bolsa güýçleriň köp gatnaşmagynda bolup geçýär.

Sub kapilýar kanallarda suwuklyklary kanallaryň diwarynda ýokary derejede gysylýandygyny ýa-da dartylýandygyny belleniýär. Şeýlelikde tebigy şertlerinde tejribede düýbinden ýerleşip bilmeýär.

Öýjükleri esasan subkapilýar kanallary görkezýän dag jynslarda suwuklyklar we gazlar üçin tejribede öýjüklige baglanşyksyz düýbinden geçirmeýär (toýun, toýun slansy). Dag jynslaryň öýjükli esasan uly kesimli kapilýar kanallardan ybarat. Şeýlede ýokary kapilýarly boşluklary düzýän dag jynslary gowy nebit kollektorlary bolup durýar. Ýokardaky aýdylanlardan çen tutsaň tebigy şertlerde basyşyň tapawutlanmagynda (düşmeginde) ähli boşlukda suwuklyklaryň we gazlaryň hereketiniň bolmaýandygyny göz ýetirmek bolar.

Doly öýjüklilik koeffisiýentiniň gapdalyndan açyk öýjüklilik koeffisiýenti düşünjesi, şeýle –de kollektorlaryň statiki peýdaly sygymyny we dinamiki peýdaly sygymyny häsiýetlendirýän koeffisiýentleri girizilen.

Açyk öýjüklilik koeffisiýenti diýip öýjükleri baglanyşdyrýan açyk göwrüminiň nusganyň göwrümine bolan gatnaşygyna aýtmak kabul edilen.

Kollektorlaryň statiki peýdaly sygymy  $P_{st}$  nebit we gaz ýerleşip bilýän boşlugyň göwrümini häsiýetlendirýär.  $P_{st}$  açyk öýjükleri galan suwlaryň doldurýan boş göwrüminiň paýynyň tapawudy görnüşinde kesgitlenýär.

Öýjüklü sredadaky basyşyň düşmeginde suwuklyklaryň we dag jynsynyň üstüniň häsiýetine baglylykda suwuklyklaryň belli bir bölegi boşlukda häsiýetlenmeýär (dag jynsynyň üstündäki hereketsiz plonkalar, suwuklygyň kapilýarly saklanmagy we ş.m). Kollektoryň dinamiki peýdaly sygymy  $P_{din}$  gatlak şertlerinde nebitiň we gazyň süzülip bilýän öýjügiň we boşlugyň otnositel göwrimini häsiýetlendirýär.

## 2.4. Dag jynsynyň öýjükliligini ölçemeginiň usullary

Doly öýjüklilik koeffisiýenti düşünjesini kesgitlenmekden başlangyjyny alýan indiki gatnaşyk ony ölçemek üçin ulalynýar:

$$m_d = \frac{V_{\text{öýj}}}{V_{\text{nus}}} = \frac{V_{\text{nus}} - V_{\text{däne}}}{V_{\text{nus}}} = 1 - \frac{V_{\text{däne}}}{V_{\text{nus}}}; \quad (2.1)$$

bu ýerde  $V_{\text{öýj}}$ ,  $V_{\text{nus}}$  we  $V_{\text{däne}}$  öýjügiň, nusgasynyň we dänäniň göwrümleri.

Nusganyň massasynyň ony düzýän dänäniň massasyna deňdigini hasaba almak bilen (2.1) formulany indiki görnüşde görkezmek mümkin.

$$m_d = 1 - \frac{\rho_{\text{nus}}}{\rho_{\text{däne}}}; \quad (2.2)$$

bu ýerde  $\rho_{\text{nus}}$ ,  $\rho_{\text{däne}}$  – nusganyň we dänäniň dykyzlygy. (2.1) we (2.2) formuladan öýjüklilik koeffisiýentini takyk kesgitlemek üçin öýjügiň we nusganyň göwrümlerini ýa-da dykyzlarynyň bilmeklik zerurlygy ýüze çykýar.

Nusganyň göwrimini kesgitlemek üçin köplenç I.A. Preobrazenskiniň usuly ulanylýar. Bu usulla suwuklyk bilen (adaty kerasin) doýurylan dag jynsyny şol suwuklykda çekilýär (bu ýagdaýda nusganyň göwrimini hasaplamak üçin arhimediň kanuny ulanylýar). Dag jynsynyň göwrümini şol bir suwuklyk bilen doýurylan nusgany suwuklyga çümdirilende itekleýän suwuklygyň göwrümi boýunça kesgitlemek mümkin.

Dag jynsynyň nusgasyny suwuklykda çekmezden ön profinleşdirmek usuly (Melçeriň usuly) ulanylanda dag jynsynyň parafinleşdirilmegine çenli we soňky massasy boýunça kesgitlenilýär göwrümi parafiniň ýukajyk pulýonkasy bilen örtülýär. Parafinleşdirmek usulynyň iş köp talap edip, kesgitlemegiň takyklygyny ýokarlandyрмаýar.

Eger-de onuň dogry geometriki formasy berlen bolsa, onda onuň ölçegi boýunça nusganyň göwrümini, çekmek usuly boýunça bolsa öýjügiň göwrümini kesgitlenilýär. Dag jynsynyň massasynyň arasyndaky basyş tapawudy boýunça tapylýar.

$$V_{\text{boş}} = \frac{\Delta P}{\rho_{\text{suw}}},$$

bu ýerde  $\rho_{\text{suw}}$  –suwuklygyň dykzlygy.

Doýurmak we çekmek usuly boýunça doly öýjükliligi kesgitlenilýär, boşlugyň bölegi suwuklykdan dolmaýar. Şonuň üçin boşlugyň göwrümi piknometrleriň we suwuklyk, gaz porozimetrler açyk öýjükliligi tapmak üçin hem ulanylýar.

Gazly porozimetriň täsiri Boýla-Mariottanyň kanunyna esaslanan: sestemada gazyň göwrümini we basyşy üýtgedip, alynan maglumat boýunça bölejigiň we boşlugyň göwrümi kesgitlenilýär.

Suwuklykly porozimetrde wakumda kerosin bilen önünden doýurylýan nusganyň ýa-da dänäniň göwrümi abzalyň kamerasyna gaty jisimi ýerleşdirilenden soňra suwuklygyň (kerosiniň) itekleýän göwrümi boýunça kesgitlenilýär.

Göwrüm usuly boýunça (porozimetra) absolýut öýjüklilik kesgitlenende ýazgynyň formasy.

№	Ululyklary	Aňladylyşy	San belligi
1	Graduslara bölünen turbajykdaky kerosiniň başlangyç göwrümi, sm <sup>3</sup>	A	1
2	Kerosin bilen doýurylan nusgaly kerosiniň göwrümi sm <sup>3</sup> ,	b	4.5
3	Nusga aýyrylandan soňky kerosiniň göwrümi sm <sup>3</sup>	c	0.9
4	Däneli nusgaly kerosiniň göwrümi sm <sup>3</sup>	d	3.5
5	Owradylmadyk nusganyň göwrümi, sm <sup>3</sup>	V <sub>o</sub> =b-a	3.5
6	Däne nusgasynyň göwrümi, sm	V <sub>d</sub> =d-c	2.6
7	Umumy öýjüklilik koeffisiýenti, %	$m \frac{V_0 - V_d}{V_0}$	$\cdot 100^{25.7}$

Öýjükliligi ölçemegiň usullary saýlananda kollektoryň aýryntynlyklarynyň we häsiýetiniň hasaba alynmagy zerurdyr. Çägeler üçin aýyk we doly öýjükliliginiň bahasy tasdan bire deňdir. Çäge daşyndan we alewrolitde doly öýjüklilik aýyk öýjükliliginde 5-6% ýokarlanyp biler. Ýapyk öýjügiň has uly göwrümi hekdaşlary we tuflar üçin häsiýetlendirilen. Alewrolitler we alewralitli gatlaklar düzen gaz kollektorlarynyň dag jynsynyň öýjükliligine baha berilende aýyk öýjükliligi gazly porozimetrleri ulanmak bilen pozometriki usuly ulanylýar. Bu ýagdaýda öýjüklilik dag jynsyny kerosin bilen doýurylandaka serediniňde has uly bolýar we bu usul kerosin bilen doýurylanda öwrenýän hem-de kiçi öýjüklilik (5%-den kiçi) dag jynsynyň öýjükliligini ölçemek

üçin ulanylýar.

Nebit we gaz kollektorlaryň dag jynsynyň öýjükliligi giň aralykda-birnäçe göterimlerden 52%-çenli üýtgeýär. Köplenç ýagdaýda olar 15-20% deňdir.

Mysal I.A. Preobraženskiniň usuly boýunça açyk öýjükliligi kesgitlemeli. Gury we wakumda kerosin bilen doýurylan nusga howada we kerosinli doýurylan nusaga kerosinde çekilýär.

Goý gury nusganyň howadaky massasy  $P_1$ ; kerosinli howadaky massasy  $P_2$ ; kerosinli nusganyň kerosindaky dykyzlygy  $\rho_{ker}$  bolsun. Onda nusgadaky boşlugyň göwrümi.

$$V_{bos} = \frac{P_2 - P_1}{\rho_{ker}}$$

nusganyň göwrümi bolsa,

$$V_{nus} = \frac{P_2 - P_3}{\rho_{ker}}$$

nusganyň açyk öýjükliliginiň nusgasy.

$$m_o = \frac{V_{bos}}{V_{nus}} = \frac{P_2 - P_1}{P_2 - P_3}$$

Kollektoryň dinamiki peýdaly sygymy  $P_{din}$  (dinamiki öýjüklilik) kernlerden nebiti suw ýa-da gaz bilen iteklemek arkaly (ýa-da gazy suw bilen) ýörite tejribeleriň netijeleri boýunça kesgitlemek mümkin. Nebiti suw bilen iteklemek.

$$P_{din} = \frac{(\alpha_a - \alpha_b)V_{bos}}{V_{nus}} = (\alpha_a - \alpha_b)m_o$$

bu ýerde  $m_o$ -açyk öýjüklilik koeffisiýenti;  $\alpha_o$  we  $\alpha_b$  -kerniň ahyrky we başlangyç suw doýgunlylyk koeffisiýenti.



Gazy suw bilen iteklenende

$$P_{\text{din}} = \frac{(1 - \alpha_b - \rho_g)V_{\text{oyj}}}{V_{\text{nus}}} = m_o(1 - \alpha_b - \rho_g);$$

bu ýerde  $\rho_g$ -dag jynsynyň galan gazdoýgunlylygy  $\alpha_b$  bahasy nebit esasly ergin bilen gatlak burawlananda alynan kerniň analiziniň netijeleri boýunça kesgitlenýär,  $\alpha_a$  we  $\rho_b$  LP-4 abzalda tejribe geçirilenden soň nusgalardan sorup almak arkaly tapylýar.

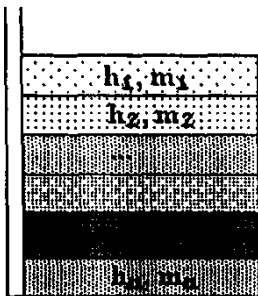
### III. TEBIGY DAG JYNGLARYŇ ÖÝJÜKLIGI

Ýeriň astynda, çuňlaşdygyça öýjüklik peselýär, sebäbi dag basyşy we dag jynslaryň dykzlygy ulalýar.

1. Çägeler 20-25 %
2. Çäge daşy 10-30 %
3. Karbonatlar 10-25 %

Öýjükligiň dogry göwrümini öwrenip dag jynsyň N, G, H<sub>2</sub>O baýlygyny bilse bolýar. Onuň üçin ortaça öýjükligi tapmaly ( $m_{ort}$ ). Eger-de gatlak n ýuka gatlaklardan we olaryň öýjükligi we galyňlygy  $m_1, m_2, \dots, m_n, h_1, h_2, \dots, h_n$  ybarat bolsa, onda ortaça öýjüklik guýynyň töwereginde

$$m_{ort} = \frac{h_1 m_1 + h_2 m_2 + h_n m_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n} = \frac{\sum h_i m_i}{\sum h_i}$$



Eger-de birnäçe ( $k$ ) guýy gazylsa onda we her guýynyň ygtyýar edýän meýdany  $F$ , bolsa, onda

$$m_{ort} = \frac{h_1 m_1 F_1 + h_2 m_2 F_2 \dots h_n m_n F_k}{h_1 F_1 + h_2 F_2 + \dots + h_n F_k} = \frac{\sum h_i m_i F_i}{\sum h_i F_i}$$

### 3.1. Dag jynsynyň geçirijiligi

Geçirijilik bu guýynyň düýbüne nebiti, gazy we suwy goýberijilik ukybyny häsiýetlendirýän dag jynsynyň süzülme ululygydyr.

Tebigatda düýbinden geçirmeýän jisim bolmaýar. Emma nebit gatlagynda basyşyň düşmeginde öýjügiň ujypsyz ölçeğiniň bolmagy netijesinde olar suwuklyklar we gazlar üçin juda az ýa-da düýbinden geçirijiliksiz bolýar. (toýunlar, slansler we ş.m).

Çökündi dag jynsynyň uly bölegi geçirijiligiň haýsyda bolsa bir görnüşine eýe. Bu dag jynsynyň öýjükli boşlugynda subkapilýar öýjüklilik boşlukdan başgada uly ölçegli öýjükler ýerleşýär. Seljeriş esasynda maglumatlar boýunça nebit saklanýan kollektorlaryň öýjügiň aglaba köp böleginiň diametri mkm-den ulydyr.

Nebit we gaz ojaklaryny özleşdirmekde öýjükli sredada suwuklyklaryň we gazlaryň ýa-da olaryň garyndysynyň süzülmeginiň dürli görnüşleri gabat gelýär. Bu ýagdaýda şol bir öýjükli sredada geçirijiligi fazanyň mukdar we hil düzümine baglylykda dürli bolar. Şonuň üçin nebitli gatlaklaryň geçirijiligini häsiýetlendirmek üçin absolýut, peýdaly (fazaly) we otnositel geçirijilikler düşünjesi girizilen.

Dag jynsynyň fiziki häsiýetini häsiýetlendirmek üçin absolýut geçirijilik ulanylýar.

Absolýut diýip dag jynsyna gatnaşygy boýunça himiki täsirsiz diňe bir fazanyň bolmagynda kesgitlenen öýjükli sredanyň geçirijiligine aýdylýar.

Absolýut geçirijilik-dag jynsynyň häsiýeti, ol dag jynsy bilen flýuidleriň özara baglanyşygy bolmadyk ýagdaýynda basyşyň düşmeginde suwuklyklary ýa-da gazyň süzülme häsiýetine bagly bolmaýar. Suwuklyklar köplenç dag jynslary bilen özara baglanyşýar. (toýunly bölekler suwda çişýär, suwdan öýjükler dykylýar). Şoňa göre absolýut geçirijiligi anyklamak üçin howa ýa-da gaz ulanylýar, onuň geçirijiligine

olaryň fiziki-himiki häsiýetine baglylygy anyklamak zerur.

Fazaly diýip köp fazaly sistemanyň hereketinde ýa-da bar bolmagynda. Şol gaz ýa-da suwuklyk üçin dag jynsynyň geçirijiligine aýdylýar. Onuň bahasy diňe bir dag jynsynyň häsiýetine bagly bolman eýsem, öýjükli boşlugy suwuklyklar ýa-da gazlar bilen doýgunlaşdyrmak derejesine we olaryň fiziki-himiki häsiýetine baglydyr.

Öýjükli sredalaryň bagly geçirijiligi diýip we sredanyň berlen fazalar üçin fazaly geçirijiliginiň absolýut geçirijiligine bolan gatnaşygyna aýdylýar.

Dag jynsynyň geçirijiligini kesgitlemek üçin öýjükli sredada suwuklyklary süzülmek tizliginiň basyşyň gradiýentine göni proporsionaldygyna we dinamiki şepbeşiklik koeffisiýentine ters proporsionaldygyna laýyklykda Darsiniň süzülmegiň göni çyzykly kanunyny ulanylýar:

$$v = \frac{Q}{F} = k \frac{1}{\mu} \frac{\Delta P}{\Delta L} \quad (3.1)$$

bu ýerde  $v$  - göni çyzykly süzülmegiň tizligi;  $Q$  - birlik wagtda suwuklygyň harçlanýan göwrümi;  $F$  - süzülýän meýdan;  $\mu$  - suwuklyklaryň dinamiki şepbeşikligi,  $\Delta P$  - basyşyň düşmegi,  $L$  - öýjükli sredalaryň uzynlygy.

Bu deňlemeden dag jynsynyň öz üstünden suwuklyklary we gazlary geçirip bilijilik ukyby geçirijilik koeffisiýenti diýip atlandyrylýan proporsionallyk koeffisiýentini häsiýetlendirýän.

$$k = \frac{Q\mu L}{\Delta P F} \quad (3.2)$$

Dag jynsynyň gaza görä geçirijiligi ölçenende nusganyň şertindäki gazyň ortaça koeffisiýenti

$$k = \frac{\bar{Q}_g \mu L}{\Delta P F} \quad (3.3)$$

bu ýerde  $\bar{Q}_g$  - nusgada gazyň ortaça basyşyna we ortaça temperaturasyna getirilen gazyň göwrümleýin harçlanşy.

Bu ýagdaýda gazyň ortaça harçlanmagyny ulanmagyň zerurlygyny nusganyň uzynlygy boýunça basyşyň kiçelmeginde onuň göwrümleýin harçlanşy. Bu ýagdaýda gazyň ortaça harçlanmagyny ulanmagyň zerurlygyny nusganyň uzynlygy boýunça basyşyň kiçelmeginde onuň göwrümleýin harçlanmagynyň hemişelik bolmazlygy bilen düşündirilýar.

Kerniň uzynlygy boýunça ortaça basyş.

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2}{2}; \quad (3.4)$$

bu ýerde  $P_1$  we  $P_2$  –nusganyň basyşyndaky we ondan çykandaky gazyň basyşy.

Nusganyň üstünden süzülmeginde gazyň giňelmek hadysasy udeal gazyň kanuny boýunça izotermiki bolup geçýär diýip çaklasak, Boýlýa Mariottanyň kanuny ulanyp indiki görnüşini alarys.

$$\bar{Q} = \frac{2Q_0 P_0}{P_1 + P_2} \quad (3.5)$$

bu ýerde  $Q_0$  –atmosfera basyşynda  $P_0$  gazyň harçlanşy.

Onda dag jynsynyň gaza görä geçirijiligini kesgitlemek üçin formulany indiki görnüşde ýazýar.

$$k = \frac{2Q_0 P_0 \mu_g L}{(P_1^2 - P_2^2) F} \quad (3.6)$$

Geçirijiligiň ölçeg birligi. Halkara birlik sistemasynda (SI) geçirijiligiň formulasyna girýän ululyklaryň ölçegleri:  $[L] = m$ ;  $[F] = m$ ;  $[Q] = m^3/s$ ;  $[P] = Pa$ ;  $[\mu] = Pa \cdot s$  bardyr.

Diýmek,  $L = 1 m$ ;  $F = 1 m^2$ ;  $Q = 1 m^3/s$ ;  $P = 1 Pa$ ;  $\mu = 1 Pa \cdot s$  umaman geçirijilik koeffisiýentiň bahasyny alarys,  $k = 1 m^2$ ;

Ölçeğiň fiziki manysy  $k$  (meýdan), geçirijiligiň

süzülmegiň esasy bolup geýýän öýjükli sredanyň kanallarynyň kesiginiň meýdanyny häsiýetlendirýändiginden ybaratdyr.

Ýokarda belleýsimiz ýaly (3.6) formula göni çyzykly (tekiz parallel) akymda Darsiniň kanunyna laýyk gelýär. Kähalatda nusganyň geçirijiligini suwuklyklaryň we gazyň radial süzülmeginde kesgitlemek zerurlygy ýüze çykýar ýagny, olaryň guýa akymy göz önünde tutulýar. Bu ýagdaýda dag jynsynyň nusgasy okly ugurda deşikli silindr görnüşine eýe bolýar.

Nusgada suwuklyklaryň ýa-da gazyň süzülmegi daşky üstünden içine radial ugurda bolup geýýär. Onda tejribe maglumaty boýunça dag jynsynyň geçirijiligi indiki formula boýunça kesginlenýär:

suwuklyklar süzülide:

$$K_s = \frac{\mu_s Q_s \ln \frac{r_d}{r_i}}{2\pi h (P_d - P_i)}; \quad (3.7)$$

gaz süzülide:

$$K_g = \frac{\mu_g \bar{Q}_g \ln \frac{r_d}{r_i}}{2\pi h (P_d - P_i)} = \frac{\mu_s Q_g \ln \frac{r_d}{r_i}}{\pi h (P_d^2 - P_i^2)}; \quad (3.8)$$

bu ýerde  $\mu_s$  we  $\mu_g$  – suwuklyklaryň we gazyň şepbeşikligi;  $Q_s$  – suwuklyklaryň harçlanşy;  $Q_g$ ,  $\bar{Q}_g$  – atmosfera basyşynda we nusganyň ortaça basyşynda gazyň harçlanşy;  $r_d$ ,  $r_i$  – halkanyň daşky we içki radiusy;  $P_d$ ,  $P_i$  – halkaly nusganyň daşky we içki üstleriniň basyşy;  $h$  – silindriň beýikligi.

### 3.2. Dag jynsynyň fazaly we otnositel geçirijiligi

Nebit we gaz ojagynyň kollektor dag jynsynyň boşluklaryny tebigy şertlerde suw, gaz ýa-da nebit üç fazalar bolup bilýär. Garyndy süzülende haýsydyr bir faza üçin dag jynsynyň geçirijilikli onuň absolýut bahasyndan kiçidir.

Derňewler dürli faza üçin fazaly we otnositel geçirijiligiň öýjükli giňesligiň nebit, gaz ýa-da suw doýgunlylyga, suwuklygyň we öýjükli sredanyň fiziki we fiziki-himiki häsiýetine baglydygyny görkezýär.

Eger-de öýjügiň bölegi haýsydyr bir fazaly saklaýan bolsa, onda beýleki fazalar üçin dag jynsynyň geçirijiliginiň kiçi bolýandygy aýdyň görünýär. Fazaly geçirijilik esasan öýjügiň dürli fazalar bilen doýgunlaşmak derejesi boýunça kesgitlenýär. Otnositel geçirijiligiň dürli fazalaryň öýjükli giňesligi doýgunlaşdyrmak derejesine bolan baglanyşygy nebit ojagyny özleşdirmegiň we ulanmagyň teoriýasynda we praktikasynda giňden ulanylýar. Olaryň ýönekeý analizi guýa nebitiň, gazyň we suwuň akyp ýygnanmagynyň kanunlygy barada zerur netijeleri almaga ygtyýar berýär. Olar guýynyň debitleri kesgitlenende, gatlagyň özüni alyp barmagyny çaklamakda, guýularyň iş düzgünini kesgitlemekde ulanylýar.

Az suw doýgunly dag jynsynda suwlar dänäniň üstünde, ýuka öýjükde we däneleriň arasyndaky galtaşýan burçda ýerleşýär. Şeýle ýagdaýda suwy molekulýar-üstli we kapilýar güýçler berk saklaýar. Şonuň üçin basyşyň gradiýentinde köplenç tebigy gatlak suwlary uly bolmadyk suwdoýgunlylygynda hereketsiz galýar. Emma geçiriji kanallaryň kesigi kiçelýär hem-de nebit üçin dag jynsynyň peýdaly geçirijiliginiň kiçelmegine getirýär.

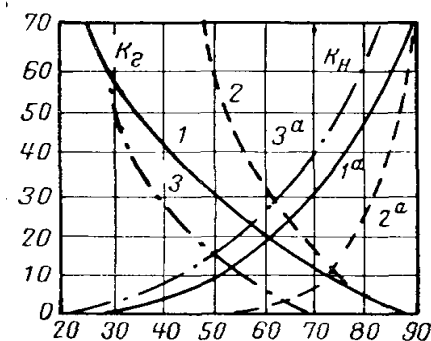
Dag jynsynyň suw doýgunlylygy 20 bolanda suwuň hereketine seredilmeýär. Suwuň mukdarynyň artmagynda nebit üçin geçirijilik peselýär we suw doýgunlylygy 80 deň bolanda nebitiň hereketi togtaýar.

Şu aýdylanlardan nebitli gatlagy wagtyndan

suwlanmagynyň we nebit guýusynyň suwuň böwsülilip gelmeginiň önüni almalydygyna göz ýetirmek bolýar.

Suw we nebit garyndysynyň hereketiniň artmagy hem-de suwuklyklaryň öýjükli kanallaryň diwaryna ýelmeşmeginiň kiçelmegi bilen, diýmek, öýjükli sredanyň fazanyň hereketine garşylygynyň kiçelmegi bilen nebit we suw üçin sredanyň otnositel geçirijili ösýär. Bu ýagdaý otnositel geçirijiligiň sistemalaryň fiziki-himiki häsiýetine bolan baglanşygyň häsiýetini anyklamaga ygtyýar berýär.

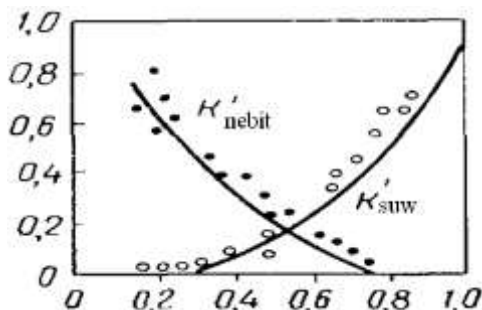
Suw bilen bölünýän ýerinde nebitiň üst dartylmasynyň<sup>1</sup> kiçelmeginiň kapilýar basyşyň düşmegi bilen bir wagtda bolup geçýändigini hem-de öýjükli kanallaryň diwaryndan nebitiň bölüp aýrylmagyna mümkinçilik döredýändigini bellidir. Bu suwuklyklaryň hereketinde sredanyň garşylygynyň kiçelmegine we onuň netijesinde suwuklyk üçin dag jynsynyň otnositel geçirijiliginiň ösmegine getirýär (3.1-nji surat).



Sur.3.1. Gaz we suwuklyk üçin dürli dag jynsynyň otnositel geçirijiliginiň boş giňişligiň suwuk faza bilen doýgunlylygyna bolan baglanşygy:

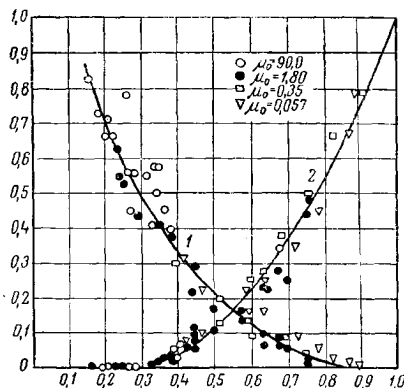
1-sementleşmedik çäge; 2-gum daşlary; 3-hek daşy.





Sur.3.2. Faza ara üst dartylmasynyň dürli ululykly sistemasy üçin çägäniň fazaly geçirijiligi: 1 – 24-34 mN/m; 2- 5 mN/m.

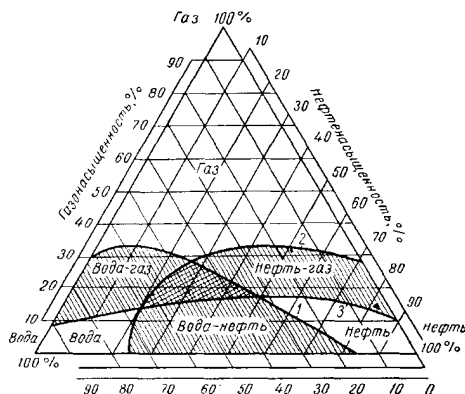
Nebitiň şepbeşikliginiň üýtgemegi bilen ýokary geçirijilikli dag jynsynda suwuklyk üçin otnositel geçirijiligiň gatnaşygy ujypsyz üýtgeýär. Ol diňe doýgunlylyga bagly (3.3-nji surat).



Sur.3.3. 40-42 % öýjüklilikli çägäniň suw we nebit üçin otnositel geçirijiligine ( $K = 3,2-6,8$  darsi) şepbeşikligiň ( $\mu_0 = \mu_n/\mu_s$  90-dan 0,057-ä çenl) gatnaşygynyň täsiri: 1-nebit; 2-suw.

† Üst dartylmasynyň birligi üçin halkara sistemasynda  $1 \text{ N/m}^2$  (ýa-da  $1 \text{ J/m}^2$ ) kabul edilen.  $1 \text{ N} = 10^5 \text{ din}$  we  $1 \text{ J} = 10^7 \text{ erg}$  kabul edip indikini alarys:  $1 \text{ erg/sm}^2 = 10^{-7} \text{ g/10}^{-4} \text{ m}^2 = 10^{-3} \text{ J/m}^2 = 1 \text{ mJ/m}^2$ ;  $1 \text{ din/sm} = 10^{-5} \text{ N/10}^{-2} \text{ m} = 10^{-3} \text{ N/m} = 1 \text{ mN/m}$ .

Az geçirijikli dag jynslary nebiti az berýär, şeýle-de bu dag jynsynda nebitiň we suwuň hereketlilikigi pes. Şonuň üçin geçirijilikleriň çyzyklary uly geçirijilikli öýjükli sreda üçin alnan degeşli egriden aşakda ýerleşýär.



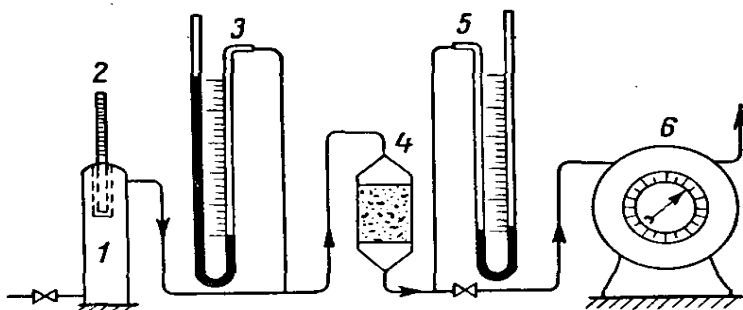
Sur.3.4. Bir, iki we üç fazaly akymlaryň tutýan meýdanlary.

Nebiti, gazy we suwy bir wagtda saklaýan öýjükli sredada üç fazaly akymyň analizi esasy tejribede öwrenilýär şeýle tejribeleriň netijeleri adatça üç burç diagramma görnüşinde sekillendirilýär.

### 3.3. Dag jynsynyň geçirijiligini kesgitlemegiň tejribe usullary

Dag jynsynyň absolýut geçirijiligini kesgitlemek üçin dürli görnüşli abzallar bar. Emma olaryň gurlyşynyň prinsipial shemalarynyň uly bölegi birmeňzeşdir.

Dag jynsynyň nusgasyny oturdulmasyndan öň onuň uzynlygyny  $l$  we diametrini  $d$  ölçenilýär.



Sur.3.5. Gaz geçirijiligini kesgitlemek üçin abzallaryň prinsipial shemasy: 1-hlor kalsili turba; 2-termometr; 3-nusganyň önündäki manometr; 4-wintl gysyjy; 5-nusganyň yzndaky manometr; 6-gaz sagady.

Barlag basyşyň 3 dürli tapawutlanmagyndan az geçirilmeyär. Barlagyň dowamlylygyndan ortaça geçirijilik saýlanýar. Nusga gowy we aralyk geçirijilikli bolanda howanyň akymy kadalaşan soň 3-5 minut saklamak ýeterlikdir.

Manometriň sag we çep egrindäki sinlap derejesiniň tapawudy (diňe sinap manometri ulanylýan ýagdaýynda) takmynan 100-150 we 200 mm ( $P'_1$ ) alynýar.

Äkidiji liniýadaky gysylan howanyň basyşynyň üýtgame mümkinçiligini hasaba alar ýaly her 30 sekunt ölçemek gerek. Soňra bolsa nusganyň önündäki ortaça basyş kesgitlenýär.

Nusgadan soňky manometrden hem  $P''_2$  hasaplanýar. Howany goýberlenden soň birnäçe minut soň sekunderiň knopkasy birnäçe gezek basylýar we gaz sagady boýunça başlandyç hasaplama geçirilýär. Abatça ony strelka nolda duran ýagdaýyna gabat getirilýär. Wagtyň geçmegi bilen sekunderler bir wagtda saklanýar. Barometriň we termometriň görkezijisi alynýar. Geçirijiligi kesgitlemegiň uly takyklygyny almak üçin çykaryjy liniýada garşylyklaýyn basyş döredilende has amatly bolýar (3 atmosfera çenli).

Gaz (howa) ulanylanda geçirijilik koeffisiýenti aşaky formula boýunça geçirilýär, bu haçanda nusgada howanyň

hereketi göni çyzykly kanuny bolup geçende dogry hasap edilýär.

$$K = \frac{2\mu l P_2 V_2}{F(P_1^2 - P_2^2)T};$$

bu ýerde  $\mu$  – howanyň şepbeşikliginiň temperatura bolan baglanşygynda kesgitlenýän bahasy;  $l$  – nusganyň uzynlygy, sm;  $P_1$  – nusganyň öňündäki basyş, atm;  $P_2$  – nusgadan soňky basyş, atm;  $V_2$  – barlag wagtynda nusgadan geçýän normal basyşda howanyň göwrümi,  $\text{sm}^3$ ;  $F = \pi d^2/4$  – nusganyň kese kesiginiň meýdany,  $\text{sm}^2$ ;  $T$  – barlagyň dowamlylygy, sek.

Gaz sagadyndaky strelkanyň doly aýlawy howanyň 5 litrni görkezýär, doly aýlawny X, sifer blatdaky doly bolmadyk aýlawnyň kesimi Y goşulýar. Alnan jemi  $\text{sm}^3$  geçirmek üçin 1000 köpeldilýär, şeýlelikde

$$V_2 = (5X + Y) \cdot 1000 \text{ sm}^3.$$

$$1 \text{ darsi} = 1,02 \times 10^{-12} \text{ m}^2 = 1,02 \text{ mkm}^2;$$

$$1 \text{ puaz} = 0,1 \text{ Pa} \cdot \text{sek};$$

$$1 \text{ Pa} \cdot \text{sek} = 1000 \text{ mPa} \cdot \text{sek};$$

$$1 \text{ Pkaz} = 100 \text{ Spuaz};$$

$$0,1 \text{ Pa S} = 100 \text{ m Pa} \cdot \text{sek};$$

Geçirijiligi kesgitlemek üçin akymyň göni çyzyklylygy ortaça basyşda gazyň gradiýentine bolan funksional baglanşygynyň

$$Q = f \cdot f\left(\frac{\Delta P}{l}\right)$$

grafigini gurmak bilen gözegçilik edilýär.

Bu baglanşyk koordinatalar okundan geç göni görnüşinde saratlanmaly. Gönä ýakyn nokatlary geçirijiligiň hasaplamasynda goşulmaýar.

Mysal. Çykalgada garşylykly basyşy aýyrlan ýagdaýda çäge daşky nusganyň (gowy geçirijilikli) absolýut geçirijiligini

kesgitlemek.

Barlagyň wagty  $T = 3 \text{ min } 180 \text{ sek}$ ; barometr boýunça  $P_b = 756 \text{ mm sim/sut}$ ; nusganyň uzynlygy  $l = 2,81 \text{ sm}$ ; nusganyň diametri  $d = 2,55 \text{ sm}$ .

1. Tejribe nusganyň önündäki manometr boýunça her 30 sek-dan alnan artykmaç basyş:

$$P^I = 106 \text{ mm sim.sut};$$

$$P_1^{II} = 104 \text{ mm sim.sut};$$

$$P_1^{III} = 103 \text{ mm sim.sut};$$

$$P_1^{IV} = 102,5 \text{ mm sim.sut};$$

$$P_1^V = 102 \text{ mm sim.sut};$$

$$\underline{P_1^{VI} = 100,5 \text{ mm sim.sut};}$$

$$P_1^{\text{ort}} = ?$$

$$x = 0; y = 3.6.$$

Çözlüşi.  $P_1^{\text{ort}} = 103 \text{ mm sim.sut}$ .

$$P_1 = \frac{P_b + P_1^{\text{ort}}}{760} = 1,13 \text{ atm}.$$

Nusgadan soňky artykmaç basyş.  $P'_2 = 7 \text{ mm sim.sut}$ . bu ululygyň kiçiligi sebäpli hasaba almaklyk mümkin. Gaz sagady içinden howanyň akymy geçende ujypsyz garşylyk görkezýär. Reo metrli işlenende garşylyk uly bolýar. Şonuň üçin ony hasaplamada hasaba alynýar

$$P_2 = \frac{P_b}{760} = \frac{756}{760} = 0,994 \approx 1.$$

$$M_{20}^0 C = 0,0181 \text{ sP}_2.$$

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2,55^2}{4} = 5,1.$$

$$V_2 = (5x + y) \cdot 1000 = 3600 \text{ sm}^3.$$

Tapylan bahalary formulada goýsak

$$K = \frac{2\mu l P_2 V_2}{F(P_1^2 - P_2^2)T} = \frac{2 \cdot 0,0181 \cdot 2,8 \cdot 1 \cdot 3600}{5,1(1,13^2 - 1^2) \cdot 180} = \frac{365}{257,04} = 1,42 \text{ darsi.}$$

2. Tejribe:

$P_2^I = 153 \text{ mm sim.sut;}$

$P_2^{II} = 152 \text{ mm sim.sut;}$

$P_2^{III} = 150 \text{ mm sim.sut;}$

$P_2^{IV} = 149 \text{ mm sim.sut;}$

$P_2^V = 148 \text{ mm sim.sut;}$

$P_1^{ort} = ?$

$x = 1; y = 0,6.$

Çözlüşi.  $P_2^{ort} = 150,16 \text{ mm sim.sut.}$

$$P_2 = \frac{P_b + P_2^{ort}}{760} = 1,19 \text{ atm.}$$

$$V_2 = (5x + y) \cdot 1000 = 5600 \text{ sm}^3.$$

Tapylan bahalary formulada goýsak

$$K_2 = \frac{2\mu l P_2 V_2}{F(P_1^2 - P_2^2)T} = \frac{2 \cdot 0,0181 \cdot 2,8 \cdot 1 \cdot 5600}{5,1 \cdot 0,42 \cdot 180} = \frac{567,6}{385,6} = 1,47 \text{ darsi.}$$

### 3.4. Geçirijiligiň öýjüklilige we öýjügiň ölçegine baglylygy

Dag jynsnyň geçirijiliginiň we öýjükliliginiň arasynda göni baglanşyk bolmaýar. Meselem, ujypsyz öýjüklilige eýe bolýan jaýrykly hek daşlary köplenç uly geçirijilige eýe bolýar, onuň tersine ýokary öýjükliligi häsiýetlendirýän toýunlar suwuklyklar we gazlar üçin düýbünden geçirijiliksiz bolýar, ýagny, olaryň öýjükliligi giňişligi suw kapilýar ölçegli kanallarda ýerleşýär. Emma ortaça statistiki maglumatlar esaslanyp has öýjükliligi dag jynslarynyň ýokary geçirijilikli bolýandygyny aýtmak mümkin.

Öýjükliligiň geçirijiligi öýjükliligi kanallary ölçeglerine bagly bolmagy agdyklyk edýär. Şonuň üçin struktura, gurluşy we ölçegi öwrenilende öýjügiň uly üns berilýär.

Geçirijiligiň öýjügiň ölçegine baglanşygyny Darsiniň we Puazeýlýanyň kanunlary arkaly almak mümkin. Öýjükliligiň sredany onuň uzaklygyna deň bolan birmeňzeş kesimli  $L$  uzynlykly göni turbajygynyň sistemasy görnüşinde göz önünde getireris. Puazeýlýanyň kanuny boýunça şeýle öýjükliligiň sredanyň üstünden suwuklygynyň harçlanyşy aşakdaka deň bolar.

$$Q = \frac{n\pi R^4 \cdot F \cdot \Delta P}{8\mu L} \quad (3.4.1)$$

bu ýerde  $n$  – süzülmegiň birlik meýdanyna degişli öýjügiň sany;  $R$  – öýjükliligi kanallaryň radiusy (ýa-da öýjükliligiň sredanyň ortaça radiusy);  $F$  – süzülýän meýdan;  $\Delta P$  – basyşyň düşmegi (tapawudy);  $\mu$  – suwuklygynyň dinamiki şepbeşikligi;  $L$  – öýjükliligiň sredanyň uzynlygy.

Sredalaryň öýjüklilik koeffisiýenti

$$m = V_{\text{öýj}}/V_{\text{nus}} = \frac{nF\pi R^2 L}{FL} = n\pi R^2.$$

(3.4.1) formulada  $n\pi R^2$  ornuna öýjükliligiň  $m$  bahasyny goýup indiki aňlatmany alarys

$$Q = \frac{m\pi R^2 \cdot F \cdot \Delta P}{8\mu L} \quad (3.4.2)$$

Darsiniň kanuny boýunça şol öýjükli sredanyň üstünden suwuklygyň harçlanyşy aşakdaka deň bolar

$$Q = \frac{k\Delta PF}{\mu L} \quad (3.4.3)$$

(k – öýjükli sredanyň geçirijiligi)  
(3.4.3) we (3.4.2) formulalaryň sag bölegini deňläp, indiki görnüşli alarys

$$k = \frac{mR^2}{8}$$

bu ýerden

$$R = \sqrt{\frac{8k}{m}} \quad (3.4.4)$$

Eger geçirijiligi  $\text{mkm}^2$  aňlatmaly bolsa onda öýjükli kanallaryň radiusy ( $\text{mkm}^2$ ) indiki ýaly aňladylar

$$R = 2,86\sqrt{\frac{k}{m}} \quad (3.4.5)$$

(3.4.5) formula boýunça kesgitlenen R ululyk öýjüklilige we geçirijilige eýe bolýan ideal öýjükli sredanyň boşlugynyň radiusyny häsiýetlendirýär. Ideal öýjükli sredada kesgitlenen R ululygynyň şertli manysy bar.

Olaryň egrem-bugramlygyny we çylşyrymly gurluşyny hasaba almaýar.

F.I.Kotýahowyň real öýjükli sredanyň boşlugynyň ortaça radiusyny kesgitlemek üçin hödürleýän formulasy

$$R = \frac{2}{7 \cdot 10^5} \sqrt{\frac{k\phi}{m}} \quad (3.4.6)$$



bu ýerde  $\phi$  – real kollektorlarynyň öýjükli giňişliginiň gurlyşynyň düýpli aýratynlyklaryny häsiýetlendirýän struktura koeffisiýenti.

$\phi$  ululyga dag jynsynyň elektrik garşylygyny ölçemek arkaly baha bermek mümkin. Keramika öýjükli sreda üçin öýjükliligi 0,39-dan 0,28 çenli üýtgände eksperimental maglumata görä  $\phi$  1,7-den 2,6 çenli üýtgeýär. Däneli dag jynsy üçin struktura koeffisiýentini empriki formula boýunça takmynan kesgitlemek mümkin

$$\phi = \frac{0,5035}{m^{1,1}} \quad (3.4.7)$$

Ýokary dispersiýasy öýjükli jisimiň strukturasy we gurlyşy kesgitlenende öýjügiň we ölçegiň ýaýramagynyň eksperimenti geçirilýär.

#### IV. DAG JYNSYNYŇ UDEL ÜSTI

Dag jynsynyň udel üsti diýip nusganyň birlik göwrümindäki bölejigiň ýa-da boş kanallaryň üstüniň jemine aýdylýar. Öýjükli jisimiň udel üsti ony düzýän bölejikleriň dispersiýalylygyna bagly.

Udel üstüň ululygy dag jynslarynyň köp häsiýetini kesgitleýär: geçirijilik, adsorbsion ukyby, galan (relikt) suwlaryň mukdary we beýlekiler.

Nebitiň syzylmagynda nebitli dag jynsynyň udel üstüň molekulýar - üstki güýjiniň uly täsiri bilen baglanşyklydygyny bilmek örän wajyp. Syzyjylygyň kanunyna suwuklyklaryň we gazlaryň dykzylygy, şepbeşikligi ýaly göwrüm häsiýetlerinden başgada suwuklyklaryň dag jynslara galtaşmagynda bolup geçýän molekulýar hadysalary hem täsir edýär. Bu molekulýar – üstki hadysa syzyjylygyň häsiýetini düýpli üýtgedip biler. Suwuklyklaryň adaty göwrüm häsiýeti (şepbeşiklik, dykzylyk) suwuk fazalaryň içinde ýaýran molekulalara şertlenýär. Şonuň üçin uly bolmadyk udel üstli iri däneli dag jynsynyň üstünden suwuklyk syzylanda üstinde ýerleşýän molekulanyň roly uly däl ýagny, olaryň sany suwuklyk göwrüminiň içinde ýerleşýän molekulanyň sany bilen deňeşdiriniň juda azdyr. Eger suwuklyk hereket edýän öýjükli sreda uly udel üste eýe bolýan bolsa, onda suwuklyklaryň üstki molekulasyň sany artýar we göwrümleýin molekulasyň sanyna deňeçer bolýar. Şonuň üçin üstki hadysa suwuklyklaryň süzülmegine uly täsiri görkezip biler.

Udel üsti düşünjesiniň ýönekeýligine garamazdan onuň ululygyny öwrenmek we takyk kesgitlemek çylşyrymly işdigini bellemek gerekdir. Öýjükli sredanyň öýjükleriniň kanallarynyň ölçegleri onlarça we ýüzlerçe mikrondan molekulanyň ölçeglerine barabar ölçege çenli görkezilendir. Şonuň üçin toýunyň udel üsti ýa-da adsorbsiýa hadysasynda rol oýn aýan beýleki adsorbentler şol öýjükli madda üçin kesgitli ölçegi bolmaýar, ýöne adsorbirlenýän molekulanyň ölçegine bagly

bolýar.

Tebigy dag jynsynyň udel üstini görkezmek üçin  $1 \text{ m}^3$  çägedäki  $r = 0,1 \text{ mm}$  radiusly (şar) çäge däneleriniň umumy üsti hasaplanýar.

Relikt – gadymy döwürleriň galyndysy hökmünde saklanan mada, hadysa, organizm. Bu ýerde nebitiň, gazyň we suwlaryň gatlakda bir forma gelmegine çenli geologiki döwriň dowamynda saklanylýar.

Bir çäge däneleriniň udel üsti indikä deň bolar

$$F = 4\pi r^2,$$

göwrümi bolsa

$$\omega = \frac{4}{3}\pi r^3.$$

Eger birmeňzeş diametrli çäge dänesi düzýän hyýaly (toslama) topragyň öýjükliigi  $m$ -e deň bolsa, onda dag jynsynyň birlik göwrümündäki çäge däneleriniň tutýan göwrümi  $V = 1 \text{ m}$  deň bolar, dag jynsynyň birlik göwrümündäki çäge däneleriniň sany indikä deň bolar

$$N = \frac{1-m}{\omega} = \frac{3}{4} \frac{(1-m)}{\pi r^3}.$$

Dag jynsynyň birlik göwrümündäki ähli çäge däneleriniň jeminiň üstini indiki ýaly aňladyp bolar

$$S = N 4\pi r^2 = \frac{3}{4} \frac{(1-m)}{\pi r^3} 4\pi r^2$$

ýa-da

$$S = \frac{6(1-m)}{d} \quad (4.1)$$

bu ýerde  $d$  – çäge däneleriniň diametri,  $m$ ;  $S$  – udel üsti,  $\text{m}^2/\text{m}^3$ ;  $m$  – öýjüklilik, paý birliги.

(4.1) deňleme ulanylanda dag jynsynyň udel üstini onyň granulametrik (zire) düzümine görä indiki formula boýunça

kesgitlemek bolar

$$S = \frac{6(1-m)}{P} \sum \frac{P_i}{d_i} \quad (4.2)$$

bu ýerde  $P$  – dag jynsynyň massasy, kg;  $P_i$  – berlen fraksiýanyň massasy, kg;  $d_i$  – indiki formula boýunça kesgitleňýän fraksiýanyň ortaça diametri, m.

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{d'_i} + \frac{1}{d''_i} \right), \quad (4.3)$$

bu ýerde  $d'_i$  we  $d''_i$  – elegiň deşiginiň ýakyn standart ölçegleri.

Hyýaly topragyň ululyklary bilen baglanşykly (4.1) formula meňzeş deňlemäni ulanyp, udel üstiň we real dag jynsynyň beýleki ululyklarynyň arasyndaky baglanşygy anyklamak mümkin. Munuň üçin degişli formulada dürli dänejikli real topragy tebigata (hakyky) ekwiwalent hyýaly toprak bilen çalşylýar. Çalşyrylýan dag jynsy tebigy topraga meňzeşlikde suwuklyklaryň syzylmagynyň birmeňzeş garşylyk koeffisiýentine we şolar ýaly udel üstüne eýe bolmaly. Bu häsiýete eýe bolan hyýaly topragyň bölejiginiň diametrine peýdaly diýip atlandyrmak (dpeý) kabul edilen. (4.1) we (4.2) formulalary biri-birine goýup indikini görmek bolýar

$$d_{peý} = \frac{P}{\sum \frac{P_i}{d_i}} \quad (4.4)$$

ýa-da

$$S = \frac{6(1-m)}{d_{peý}} \quad (4.5)$$

Başga tarapdan udel üsti gidrawliki radiusyň  $\delta$  üsti bilen aňlatmak bolar:

$$\delta = \frac{md}{6(1-m)} \quad \text{ýa-da} \quad S = \frac{m}{\delta} \quad (4.6)$$

Gidrawliki radius, belli bolşy ýaly öýjükli kanalyň

meýdanynyň onuň perimetrine bolan gatnaşygyna deň we R radiusy tegelek kesimli öýlükler üçin

$$\delta = \frac{R}{2}.$$

Onda şeýle ýazmak mümkin

$$S = \frac{2m}{R} \quad (4.7)$$

Indiki formuladaky R bahasyny  $R = \sqrt{\frac{8k}{m}}$  goýup

$$S = \frac{m\sqrt{m}}{\sqrt{2k}} \quad (4.8)$$

alarys, bu ýerde k – geçirijilik, m<sup>2</sup>.

Eger geçirijiligi darside aňlatsak, onda udel üsti indiki görnüşde alarys, m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

$$S = 7 \cdot 10^5 \frac{m\sqrt{m}}{\sqrt{k}} \quad (4.9)$$

(4.7) we (4.9) formuladan dag jynsynyň öýjükli kanallarynyň radiusy we geçirijiligi näçe kiçi bolsa, şonça onuň udel üstiniň uly bolýandygyny görmek bolar.

### **Toýunly dag jynslara suwuň täsir edişi.**

Eger-de toýunly dag jynslaryň içinden suw süzülip geçse, onda toýun çişýär we dag jynsyň süzdürijiligi peselýär. Toýunyň çişme häsiýetleri himiki düzüminden suwuň düzümindäki erän duzlardan, dag jynsyň zire düzüminden ybarat. Suwuň düzüminde näçe erän duz bolsa, şonça-da toýun güýçli dereje-de çişýär. Eger-de suwuň düzüminde köp erän duz bolsa onda toýunyň bölekleri gysylýar.

## V. DAG JYNSYNYŇ MEHANIKI WE MAÝYŞGAKLYK HÄSIÝETI

### 5.1. Dag jynsynyň mehaniki häsiýeti

Maýyşgaklyk, gysylmaklyk, üzülmeçlik, berklik, çeýelik – bular dag jynsynyň has zerur mehaniki häsiýetleridir.

Dag jynsynyň maýyşgak häsiýeti gatlak suwuklyklarynyň maýyşgaklygy bilen bilelikde ojak ulanylanda gatlakda basyşyň ýaýramagyna täsir edýär. Basyş peselende boşaýan maýyşgak energiýalaryň gory gatlakdan guýynyň düýbüne nebitiň hereketlenmegine uly çeşme bolup hyzmat edip biler. Eger gatlak basyşy peselse, onda suwuklyk – nebit we suw giňelýär, öýjükli kanallar bolsa gysylýar.

Ojagy ulanylanda dag jynsynyň gysylmak we üzülmeç berkligini hem bilmek zerurdyr. Bu maglumatlar maýyşgaklyk moduly bilen bir hatarda nebitiň akyp ýygnanmagyny artdyrmak üçin nebit senagat işinde giňden ulanylýan, guýynyň düýbe ýakyn zolagyndaky dag jynsyna emeli täsir etmek işi (torpodirleme, gatlaklary gidrawliki ýarmak) öwrenilende zerurdyr.

Dag jynsynyň üzülmegine ýa-da öýjükli kanallarynyň gysylmagyna getirýän güýje onuň berklik çägi diýilýär.

Dag jynsynyň çeýelik (süýgeşiklik) häsiýetini hem bilmek juda wajypdyr.

Gatlaklaryň dag jynslarynyň tebigy ýagdaýy ýokarda ýatýan gatlaklaryň agramynyň täsiri astynda maýyşgak – gysylan ýagdaýda ýerleşýändigini bellidir. Dag jynslaryny işläp çykarylanda (guýular burawlananda) ähli taraplaýyn gysylmak ýagdaýy bozulýar we işläp çykarylanda dag jynsynyň “akmak” (dökülmeç) şerti döreýär.

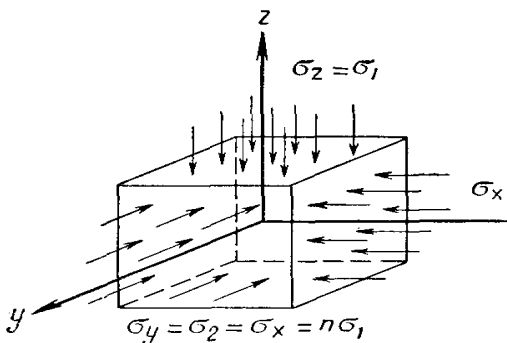
Dag jynsynyň ýerleşme ýagdaýyny guýy bozulmagyna çenli ýokarda ýatýan dag jynsynyň öz agramyndan başga-da basyşy we dag jynsynda ýüze çykýan jogap güýji deňagramlylyk ýagdaýynda ýerleşýär. Bu normal meýdana

düşýän güýjiň bahasy indikä eýedir:

$$\text{diklegine } \sigma_z = \gamma H = \rho g H,$$

bu ýerde  $\sigma$  - dik düşýän güýç,  $\text{N/m}^2$ ;  $\gamma$  - dag jynsynyň udel agramy,  $\text{H/m}^3$ ;  $H$  - gatlagyň ýerleşýän çuňlugy,  $\text{m}$ ;  $\rho$  - dag jynsynyň dyklyzlygy,  $\text{kg/m}^3$ ;  $g$  - agyrlık güýjiniň tizlenmesi,  $\text{m/sek}^2$ ;

$$\text{keseligine } \sigma_y = \sigma_x = n\gamma H = n\rho g H,$$



Sur.5.1. Gatlagyň dag jynsynyň elementar böleginde gapdal rasporynyň reaksiýasynyň giňişleýin täsiri.

bu ýerde  $n$  – gapdal rasporyň koeffisiýenti. Suwuk we çeyýe (süýgeşik) plywun<sup>1</sup> görnüşli dag jynsy üçin  $n$  ululygy bire deň (we kese güýç gidrostatiki kanun bilen kesgitlenýär), dyklyz we berk dag jynsy üçin taktiki çylşyrylygy bolmadyk normal şertinde gapdal raspory paý birliginde aňladylýar.

Dag jynsynyň elementar bölegini alyp (sur.1), ony alynan esasy güýçler ( $\sigma_z = \sigma_1$ ,  $\sigma_y = \sigma_2 = \sigma_x = n\sigma_1$ ), deň-ölçegli ýaýran güýçler, üç özara – perpendikulýarlar bilen gysylýanda bu jisiniň  $x$  okunyň ugruna alnan otnositel deformasiýasy aşakdaka deň bolar.

$$E_x = \frac{1}{E} \left[ \sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z) \right], \quad (5.1)$$

<sup>1</sup>Topragyň suw asty keripli gatlagy.

bu ýerde  $E$  – Ýunryň moduly,  $\text{N/m}^2$ ;  $\nu$  - kese deformasiýalaryň

koeffisiýenti (Puassonyň koeffisiýenti)<sup>1</sup>.

Eger çökündininiň ýygnanmasy hadysasynda dag jynsynyň gysylmagy diňe dik ugurda bolup geçýän, kese ugurda deformasiýa bolup geçmeýän bolsa onda

$$E_x = E_y = 0.$$

Onda, (5.1) deňlemiden ugur alyp,

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{\nu}{1-\nu} \sigma_z \quad (5.2)$$

alarys, ýagny gapdal raspor koeffisiýenti  $n = \nu/1 - \nu$ .

Eger dag jynsy üçin Puassonyň koeffisiýenti  $\nu = 0,3$  deň bolsa, onda

$$\sigma_k = 0,43 \sigma_z \quad (5.3)$$

(5.2) formula haçanda kese ugurda deformasiýanyň ýoklygy baradaky çaklama dogry bolan şerti hem-de dag jynsynyň çeyeligi hasaba alynmaýan ýagdaýy üçin çykarylan. Real gatlaklaryň şertinde bu çaklama elmydama dogry bolmaýar, onda has çylşyrymly dartgynlylyk ýagdaýynyň bar bolmagy mümkin.

Uly çuňlukda ýeterlik uly basyşda goýulýan güýç gidrostatiki kanuny bilen kesgitlenýän ululygyna çenli deňleşip biler. Ýer gabygynyň geologiki döwürleriniň dowamynda bolup geçýän, işjeň tektoniki hadysalaryň netijesinde dag jynslary köp gezek deformirlenýär. Gapdaldan gysylmagy bilen bile bolmaýan adaty bölünmeleri ýüze çykýan zolagynda dag jynsyna düşýän dik güýjiň kese güýji köp ýokarlandyrmalydyr.

Guýynyň peýda bolmagy bilen dag jynsynyň dartgynlylyk ýagdaýy üýtgeýär. Gatlaklaryň çuňlygynda dag jynslary ähli taraplaýyn gysylýar, guýa ýakyn ýerde olar bir oklaýyn gysylmagyna ýakyn şertde ýerleşýär.

---

<sup>1</sup>Jisiniň deformasiýasy güýjiň täsir edýän ugry boýunça bolup geçýär. Bu ýagdaýda güýjiň ugruna perpendikulýar kese



deformasiýalar bolup geçýär, ýagny jisim gysylanda onuň giňelmegi ýa-da dartylanda inçelmegi bolup geçýär. Kese deformasiýa Ek uzynlygyna deformasiýanyň En bölegine deň. <sup>2</sup>İňlis fizigi P. Guk indiki kanuny anyklady: Jisiniň islendik maýyşgak deformasiýasynda ýüze çykýan naprýaženiýe otnositel deformasiýa proporsionaldyr.

Netijede çeýe dag jynslary (birnäçe toýunlar we toýunly slanesler) guýa bölekleyin gysylar we burawlamak işinde aýrylýar. Netijede guýynyň töwereginde nebit gatlagynyň dag jynsynda dik dag basyşy bölekleyin kiçelýändigini görkezýär.

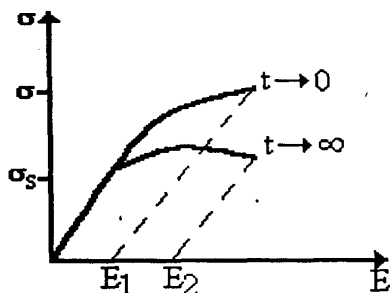
Dag jynsynyň dürli dartgynlylyk ýagdaýyny guýa nebitiň akymyny gowulandyrmak üçin geçirilýän emeli jaýryklary döretmek we guýynyň düýbe ýakyn zolagyndaky dag jynslaryny öwretmek (durnaklylygyny bozmak) maksady bilen gatлага täsir etmek bilen baglanşykly işler geçirilende hasaba alynýar.

## **5.2. Dag jynsynyň maýyşgaklyk häsiýeti**

Dag jynsynyň uly bölegi çylşyrymly dartgynlylyk ýagdaýynda bolşy ýaly bir oklaýyn şertinde ähli taraplaýyn ýokary basyşyň bolmaklygynda, naprýaženiýanyň uly aralygynda çalt ýüklenende we ýük aýrylanda Gugyň kanuny<sup>2</sup> boýun edýär.

Gysylmagynda naprýaženiýanyň artmagyna göre deformasiýa hem güýçlenýär (sur.5.2). Nusganyň berklik çägene laýyklykda ýüklenende  $\sigma_{gys}$ , onuň dargamagy bolup geçýär.

Naprýaženiýanyň we deformasiýanyň arasyndaky baglanşygyň häsiýeti nusga ýüklemegiň (güýç bermegiň) täsiriniň dowamlylygyndan kesgitlenýär – haýal güýç berilende tasdan ähli dag jynsynyň deformasiýasy göni proporsionallyk kanunyndan üýtgeýär ( $t = \infty$ ).



Sur.5.2. Bir oklaýyn gysylanda toýusow slansyň deformasiýanyň shematiki egrisi.

Dag jynslarynyň uly böleginiň yzyna özgermeýän maýyşgak deformasiýalary güýç haýal berilen şertinde dargamagyndan 10-15 %-ni düzýän naprýaženiýada  $\sigma_s$  ýüze çykýar. Gaty dag jynslary dargama naprýaženiýasyndan 70-75 %-ni düzýän naprýaženiýa çenli güýç berilende maýyşgaklyk häsiýeti saklanýar. Nebit saklaýan gatlaklar ulanylanda olaryň dag jynsynyň deformasiýasy gatlak basyşynyň üýtgemegi netijesinde bolup geçýär.

Känleri ulanmagyna çenli suwuklyklaryň gatlakdaky basyşy ýokarky gatlaklaryň agramynyň dag jynsynyň skletine berýän güýji kiçeltmäge mümkinçilik döredýär.

$$P_{sk} = P_{dag} - P_{gat} \quad (5.4)$$

bu ýerde  $P_{dag}$  – känler ulanylanda hemişelik saklanýan dag basyşy;  $P_{gat}$  – gatlak basyşy.

Nebiti ýeriň ýüzüne çykarylanda gatlak basyşy aşak düşýär we dag jynsynyň skletine düşýän basyş  $P_{sk}$  artýar. Eger soňra  $P_{gat}$  ulaldylsa, onda ýokarda ýatýan dag jynslarynyň gatlagyň skletine berýän basyşy kiçelýär.

Nebit känlerini özleşdirmek we ulanmak üçin gatlak basyşynyň peselmeginde gatlagyň öýjükli giňişliginiň göwrüminiň kiçelmegine uly üns berilýär.

Derňewler nebit känleriniň köp öwrenilen dag jynslary üçin gatlak basyşynyň kiçelmegi bilen boşlygyň göwrüminiň

kiçelmeginiň ýa-da ulanmagynyň Gugyň kanunyna laýyklykda bolup geçýändigini görkezýär

$$\frac{\Delta V_{bos}}{V_0} = \beta_s \Delta P, \quad (5.5)$$

bu ýerde  $V_0$  – gatlagyň elementiniň (ýa-da derňelýän korniň) göwrümi,  $m^3$ ;  $\Delta V_{bos}$  – gatlagyň basyşy üýtgände  $\Delta P$  ( $N/m^2$ ) bu korniň boş göwrüminiň üýtgemegi,  $m^3$ ;  $\beta_s$  – öýjükli sredanyň göwrümleýin maýyşgaklyk koeffisiýenti,  $m^2/N$ :

$$\beta_s = \frac{1}{V_0} \frac{\Delta V_{bos}}{\Delta P}. \quad (5.6)$$

Nebitli gatlaklaryň dag jynsy üçin tejribe we senagat maglumaty boýunça  $\beta_s = (0,3 - 2) \cdot 10^{-10} m^2/N$ .

## VI. GATY JISIMIŇ FIZIKASYNYŇ BIRNÄÇE SORAGLARY

Gaty jisiniň fizikasy kristal materiallaryň (elektriği, magnitli, mehaniki, termiki we ş.m) dürli fiziki häsiýetini we atom-elektron gurlyşyny öwrenýär we kristal materiallaryň arasyndaky düzüminiň baglansygyny kesgitleýär.

### 6.1. Kristallaryň gurluşy

*Kristallar* diýip hemişe tebigatda ýa-da laboratoriya şertinde döreýän köp granlyklar görnüşli gaty jisimlere aýdylýar.

Şeýle köp *granlaryň üstleri*, tekizlikleri göni çyzyk boýunça kesýän granlary *gapyrgalar* bilen çäklendirýär.

Gapyrganyň kesýän nokady *depe emele getirýär*.

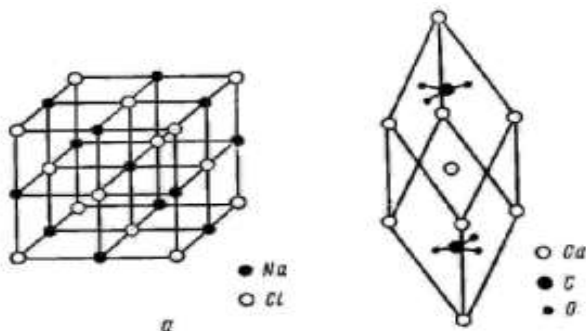
Kristallaryň geometrik dogry formasy olaryň içki atomly gurlyşyna şertlenýär. Ölçeğleri kiçi bolan dag jynslaryny we metallaryny diňe mikroskopyň we rengen şöhleleriň kömegi arkaly tapawutlanýar.

Dag jynsynyň aýratyn däneleri göni çyzyk boýunça ýerleşip biler, eger egri çyzyk boýunça birikse olaryň dogry däl formasy bolar. Tebigatda kristallaryň ösmeginiň kristallyň formasyna mahsus bolan şekiliň döremedik ýagdaýyndaky şertinde ýüze çykýanlygy düşündirilýär. Şonuň üçin döreme şertiniň güýjinde kristallary düzýän dag jynsynyň, metallaryň ýa-da erginleriň aýratyn däneleriniň daşky dogry geometriki formasy bolmaýar. Ähli kristallar üçin gözenekli gurlyşy kadadan çykmasyz häsiýetlendirilen.

Şeýle ýagdaýda kristallar diýip boş gözenekli düwünleriň kybapdaş kanuna laýyk ýerleşen bölejiklerden (atomlar, ionlar, molekulalar) bolan gaty jisimleriň ählisine aýdylýar. Bu ýagdaýda *depeleri*, *granlary*, *gapyrgalary düwünlere*, *hatarlara* we *boş gözenegiň tekiz formalaryna gabat gelýär*. Elementar bölejigiň ýerleşme häsiýeti we olaryň

himiki tebigylygyna tapawutlanýan boş gözenegiň birnäçe görnüşleri bar.

Daş duzynyň we kalsidiň (кальцит – хек шпаты) atomlarynyň ýerleşmesiniň kanunylygyny şekillendirmek :



6.1-nji surat. Strukturalary. a- daş duzlary NaCl; б-kalsit  $\text{CaCO}_3$ .

*Ionly gözenekler.* Gözenekleriň düwüninde položitel ýa-da otrisatel zarýady bar bolan ionlar ýerleşýär. Ionly gözenekler organiki däl birleşmelere mahsusdyr (galogenli, aşgarly metallar, silikatlar we ş.m.). meselem daş duzy NaCl –  $\text{Na}^+ \text{Cl}^-$ .

Ionlar diňe aýratyn atomlar bolman eýsem kislotaly radikallar (molekuladaky atomlaryň bir himiki birleşmeden beýleki himiki birleşmä üýtgeşsiz geçýän durnukly topary) bolup biler. Meselem kalsidiň kristalynda  $\text{CaCO}_3 / \text{CO}_3^{2-}$  anidridiň kristalynda  $\text{CaSO}_4 / \text{SO}_4^{2-}$ .

*Atomly gözenek.* Gözenegiň düwüninde bitarap atomlar ýerleşýär.

*Molekulýar gözenek.* Gözenegiň düwüninde aýry başga elektrik bitarap molekulalar bar. Şeýle gözenekler esasan organiki birleşmeler üçin häsiýetlendirilen.

## 6.2. Kristalyň özara täsirli güýçleri

Gaty jisimde atomlaryň ýa-da molekulalaryň özara baglanyşan elektrostatiki güýçleri agdyklyk edýär ; bu ýagdaýda magnitli özara täsiriniň roly juda ujypsyz.

Kristalda baglanyşklarynyň görnüşleri atomda we molekulalarda elektronlaryň ýaýramak häsiýetiniň dürliligi netijesinde düýpli tapawutlanýar.

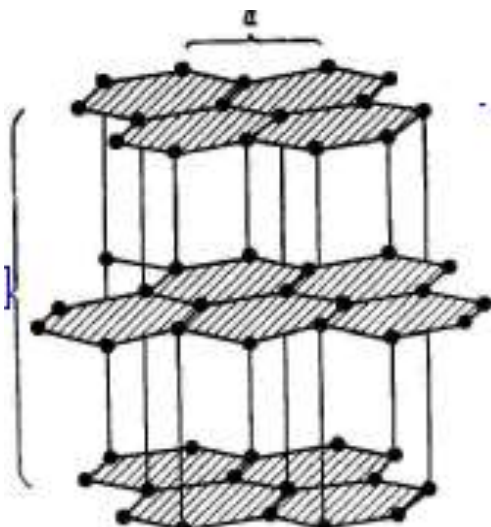
*Ionly kristallarda* ionlar, bir alamatly ionlaryň arasyndaky kulonly itekmesinden garşylykly alamatly ionlaryň arasyndaky kulonly dartylmagynyň güýçli bolmagynda ýerleşdirilýär. Ionly baglanyşyk – bu garşylykly zarýadlanan ionlaryň esasa elektrostatiki özara täsirine şertlenýän baglanyşyk. Ionly kristallaryň baglanyşklarynyň berkligi ionlaryň arasyndaky uzaklykdan we olaryň zarýadlanma ululygyndan anyklanylýar. Berklik uzaklygy ters proporsional we zarýadyň ululygyna göni proporsional.

*Kowalent baglanyşykly kristallar.* Ionly baglanyşklar ýagdaýynda walentli elektronlar kesgitli atoma baglanan. Elektronlaryň çalşygy diňe goňşy atomlaryň arasyndaky uzaklyk örän az bolan ýagdaýynda amala aşyp biler.

*Molekulýar kristallar.* Molekulýar kristalda atomlaryň arasyndaky baglanyşygyny Ban-der-Baalsyň güýçleri hökmünde tanalýan gowşak elektrostatiki güýçleri amala aşyrýar.

Özara täsir güýçleriň şeýle gelip çykyşy esasan organiki birleşmeli kristallarda mahsusdyr. Umuman aýdylanda molekulýarly kristallar gowşak baglanyşygy häsiýetlendirýär.

*Metally kristallar.* Metalyň kristalynyň deň agramlylygy we onuň strukturasy köp derejede elektrony geçirijileriniň bolmagyna we olaryň hereketine şertlenýär. Metallaryň ähli walentli elektronlary atomyň kristallary ýaly diňe goňşy atomlara bolman eýsem metalyň ähli kristallary degişli bolýar, şonuň üçin elektronlar uly aralykda erkin ýerleşýär. Şeýle hem bolsa onuň gözenegi örän çylşyrymly hem-de ýokary simmetriki gözenege meňzeş bolup bilmez.



Sur.6.2. Grafidiň strukturasy.  $a=2.46^{\circ}\text{A}$  ,  $c=6.82^{\circ}\text{A}$   
, gatlaryň arasyndaky uzaklyk –  $C/2=3,41^{\circ}\text{A}$

Gatly  
kristallar. Şeýle  
kristallar bir gatda  
ionly baglanyşygyň,  
gatyň arasynda  
molýarly bolýanlygy  
bilen tapawutlanýar.  
Şeýle kristallaryndan  
glinaly  
m iorillonit  
mineraly görkezmek  
bolar. Ol gaty  
parallel tekizlik  
boýunça ýeňil  
bölünýär. Slýuda  
ýaly gatly  
mineralynda  
aýratyn gatlaryň

metally ionlar arkaly has berk baglanyşýar.

Birmeňzeş baglanyşan ýagdaýynda gatlakly kristallaryň bolmagy mümkin. Meselem, grafit-kristalliki uglerodyň polimorfly dürli görnüşi – gatlakly gurluşy bar hem-de teňňelere ýeňil bölünýär.

Bu birtekizlikde ýerleşýän atomlaryň arasyndaky uzaklyk bilen deňşdireniňde uglerodyň atomlarynyň arasyndaky uzaklygyň ululygynyň hasabyna gatlaryň (tekizligiň) arasyndaky baglanyşdyryjy güýçleriň gowşaýanlygyny düşündirýär.

### 6.3. Kristallaryň häsiýeti

Kristallaryň gurluşynyň we kristallary düzýän elementar bölejikleriň arasyndaky özara täsir güýçleriniň aýratynlyklary olaryň häsiýetini kesgitleýär.

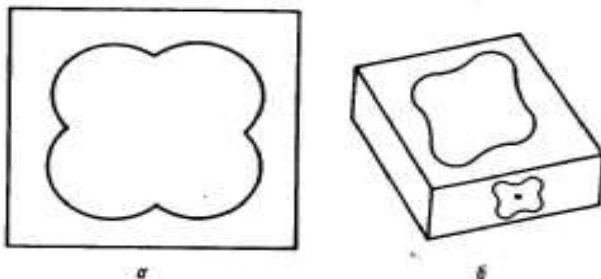
Kristallar birmeňzeş jisimlerden ybarat bolýar. Ýagny,

olar birmeňzeş fiziki we himiki häsiýete eýe bolýar.

Emma, olaryň fiziki häsiýeti haçanda bu häsiýeti öwrenilen ýagdaýyndaky ugruna baglylykda tapawutlanýar, şeýle-de kristallar anizotroply jisimlerden ybarat bolýar.

Anizotroply diýip (deň häsiýetsiz) parallel ugurda birmeňzeş (maýyşgaklyk, ýylylyk geçirijiligi, gatylygy we ş.m.) we parallel däl ugurda birmeňzeş däl fiziki häsiýeti bar bolan jisimlere aýdylýar. Bir we şonuň ýaly kristalyň aralygynyň dürli ugrynda gatylygy dürli-dürli bolýar.

Kristallar *jebislige* eýe bolýar. Jebisleşmek diýip birnäçe menirallaryň kristallarynyň kesgitli tekizlik boýunça bölünmek mümkinçiligine aýdylýar.



Sur.6.3. Gatylygyň rozetkalary.

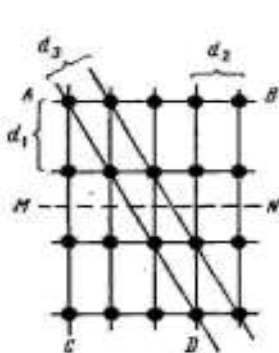
- a- daş duzlarynyň kubly kristalynyň granlary üçin;  
b- romboedraly kalsidiň granlary üçin.

Urulanda ýüze çykýan bölünme kristallaryň tekizliklerine tekizlikli jebisleşmeler diýilýär. Braweniň (kristallaryň gözenekli gurlyşynyň teoriýalaryny dörediji) hukugyna laýyklykda jebisleşme tekizlikleri birek-birekden has uly aralykly we has uly retikulýar dykyzlykly tekizlikleri bolup durýar.

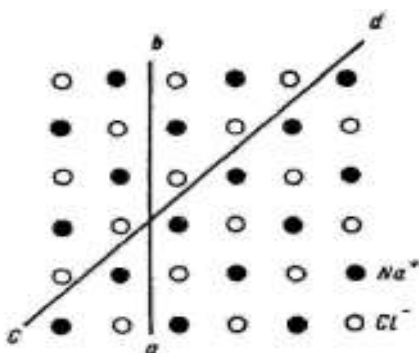
Bu suratyň kömegi bilen düşündirmek ýeňil bolýar. Torly setkada AB ugry boýunça bölejikleriň ýerleşşi AC ugur boýunça ýerleşşinden has gür bolýar. AC ugur öz gezeginde AD gyýa ugur boýunça ýerleşşinden dykyzlygy uly.



Tekizlikleriň arasyndaky uzaklyk näçe uly bolsa, öz arasyndaky baglanyşdyrma güýçleri şonçada kiçi bolýar, hem-de olaryň biri-birinden aýyrmak ýeňil. Şonuň üçin elmydama jebisleşme tekizlikleri has uly retikulýar dykzyzlygy bar bolan tekizlik bilen gabat gelýär.



Sur.6.4. Uly retikulýar dykzyzlykly parallel tekizligiň jebisleşme tekizliklerini düşündirmek.



Sur.6.5. Daşduzynyň kristallarynyň jebisleşmegini we typmasyň düşündirmek.

Emma birikdirme güýçleri diňe tekizlikleriň arasyndaky uzaklyga bagly bolman, eýsem bölekleriň gözenekleriniň özara ýerleşmegine bagly bolýar. Şonuň ýalyda ýene himiki birikme güýçlerini hasaba alynýar.

6.5-nji suratda daş duzlarynyň krastallarynyň granlary görkezilen. Berk birleşmegi diňe  $ab$  ugry boýunça mümkin, şeýle-de kristalyň bir bölegi beýleki bölege baglylykda süýşse uza boýuna položitel ionlaryň  $Na^+$  bu ugry şonuň ýaly ionlaryň  $Na^+$  garşysynda bolýar, otrisatel ionlar  $Cl^-$  bolsa  $Cl^-$  iona ýakynlaşýar. Kristalyň bölekleriniň dartýşmagy bilen bilelikde birek-biregi iteklärler we jaýryk emele getirýär.

Eger kristala  $cd$  ugurda iki garşylykly ugrukdyrylan güýçler bolsa, onda bir bölegiň beýleki bölege baglylykda olary birikdirmesiz typmasy bolýar, şeýle-de garşylykly tekizlikler diňe  $Na^+$  ionlary ýa-da diňe  $Cl^-$  ionlaryny düzýän

birikmegiň hataryndan durýar.  $\text{Na}^+$  birikmesiniň süýşmeginde  $\text{Cl}^-$  birikmesine bagly üýtgeýär, ýöne olaryň arasyndaky dartylma itekleşme bilen çalşyp bilmeyär.

Kristalyň mehaniki deformasiýasynda strukturasy bölünmesiz onuň bir böleginiň beýleki bölege baglylykda bolup geçýän typmasy – typma tekizligi diýilýär.

Jebisleşmegi kristalyň dürli granynda dürli ululyklary bar bolan üst energiýasynyň  $\sigma$  kömegi arkaly düşündirmek bolar. Birikmegi näçe güýçli bolsa, gapdalky granlaryň üst energiýasyndan  $\sigma$  şol granlaryň energiýasy tapawutlanýar.

Jebisleşme tekizlikleriň barlygy kristallaryň döwürlegenligini (ýumşaklygyny) häsiýetlendirýär, typma meýdany bolsa – plastiki häsiýetlendirýär.

Birnäçe minerallarynyň kristallarynyň jebisleşme tekizligi bar, metallaryň kristallarynda bolsa typma tekizlikleri bar, şonuň üçin metallar minerallara garanynda has plastinkaly bolýar.

#### **6.4. Gaty jisimiň teoretiki berkligi. Masştably faktory**

Teoretiki berkligi diýip ideal kristal gözenekde ýerleşýän elementar bölejikleriň arasyndaky baglanşygyň berkligine aýdylýar.

Bölünmegiň has az garşylygy çalyşýan ionlaryň atanakly tekizlikleri eýe bolýar. 9-nji suratda AB çyzygy şeýle tekizlikleri şekillendirýär.

Bu ýerden tekizlikleriň bölünme mümkinçiligi bolan ähli tarapy boýunça ýatan golaý, garşylykly zaryadlanan ionlaryň özara täsirini hasaba alarys. Bu ionlaryň dartylma

güýji  $F = \frac{l^2}{r^2}$ , meýdanyň birliginde ionlaryň sany bolsa,

$N = \frac{1}{r^2}$ . Bu ýerde kristalyň bölünme garşylygy

$$P = \frac{l^2}{r^4} = \frac{23 \cdot 10^{-20}}{81 \cdot 10^{-32}} \text{ din /sm}^3 = 300 \text{ kg/mm}^2 \approx 300 \cdot 10^7 \text{ n/m}^2*,$$

bu ýerde  $r$  – hlörly natride položitel we golaý otrisatel ionlaryň arasyndaky uzaklygy,  $2,8 \cdot 10^{-8}$  sm deň ;  $l$  – zarýadyň ululygy, (CFCE) sistemasynda  $4,8 \cdot 10^{-10}$  ; (CH) sistemasynda  $l = 1,9 \cdot 10^{-9}$  k deň.

Kristalyň teoretiki berklik koeffisiýenti praktikada hemişe kemter gaýdýar. Praktikada ölçenýän tehniki (real) berkligi mydama teoretikadan kiçi bolýar. Metallaryň kristallarynyň teoretiki berkligi onuň real berkliginden 1000-lerçe esse ýokary bolýar, minerallarda bolsa 10-100-lerçe esse ýokary bolýar. Teoretiki we real berkligiň uly tapawutlary ähli mümkin bolan defektleriň (mikrojaýryklar, garyndylar (goşantlar), sypjyryklary we ş.m.) barlygynyda ýüze çykýar.

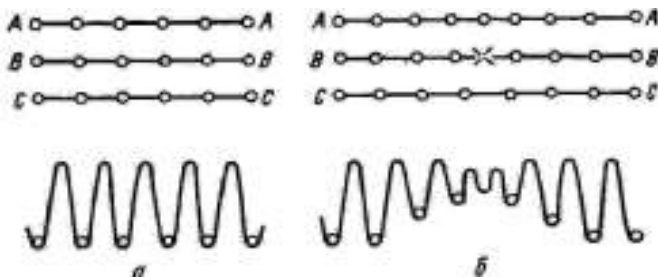
Gaty jisiniň berkligine defektleriň berkleğini aýnanyň döwürlegenliginde görkezmek bolar. Aýnanyň döwürmegi onuň üstüniň mikrojaýrygynyň köplüğine bagly bolup durýar. Eger bu ýokarky gaty erediji kislotany HF çalyşsak, onda şeýle usul bilen arassalanan aýna ýokary berklige eýe bolýar.

Daşky defektlerinden, goşundysyndan başgada real kristallarynyň berkliginiň peselmegine *dislokasiýa* ady belen belli bolan gaty jisimde kristally gözenekleriň dogrylygynyň bozulan görnüşinde içki defektleri täsir edýär.

Tablisa 6.1

Kristal	Bölünme berkligi				
	teoretiki		real		Teoretika nyň reala gatnaşyg y
	kG/m m <sup>2</sup>	10 <sup>7</sup> n/m <sup>2</sup>	kG/m m <sup>2</sup>	10 <sup>7</sup> n/m <sup>2</sup>	
a-	1350	1350	0.30	0.3	4500
demir.....	360	360	0.18	0.18	2000
.....	300	300	0.50	0.5	600
Sink.....	1000	1000		11.6	90
.....			11.60		

Hlorly natriý..... Kwars..... .....					
--	--	--	--	--	--



Sur. 6.6. Potensial energiýanyň görkezjisi.  
a- ideal kristalda; b- dislokasiýalar ýüze çykanda

Dislokasiýanyň (dislokasiýa – atomlaryň ornunyň üýtgemegi) döremek prosesi häzirki wagtda ýeterlik öwrenilmedik. Emma köplenç ýagdaýda dislokasiýalaryň maýyşgak däl deformasiýa prosesinde ýüze çykýanlygy mälimdir. Dislokasiýanyň ýüze çykma mehanizmi hatda ideal kristaly ýagdaýynda ýüki goýmagyň dürliligine şertlenen. Kristalyň üstüne basyşy berilmeginiň gutulgysyzlygy netijesinde, hem-de kristallaryň defektleri netijesinde çyzykly we sprally dislokasiýalary ýüze çykýar.

6.6-njy a suratda ideal gözenekde atomlaryň ýerleşişi islendik düwünli hataryň uzoboýuna potensial energiýalaryň periodiki üýtgemeginde görkezilen, meselem BB.

6.6-njy b suratda bozulma meýdanynda atomlaryň ýerleşişi görkezilen. Atomlaryň analogiki ýerleşişinde parallel tekiz gözenekleri bar. Diýmek, kristalada goşmaça goýlan ýarym tekizlige şertlenen defekti bolup biler. Ýarym tekizlikli defekte çyzykly dislokasiýa diýilýär.

Real kristallaryň dislokasiýanyň barlygy real we

teoretiki berkligiň arasyndaky uly tapawady, aýratyn hem hereketi ýagdaýynda ýardam edýär.

Kristalyň hereketiniň typmagyň ähli tekizligi boýunça bir wagtda bolup geçýänligi çaklanylýar. Şeýle ýagdaýda Ýa.I.Frenkeliniň başlangyç kritiki bölme güýji  $\tau_0 = G\epsilon_0$ , bu ýerde  $G$  – süýşme moduly;  $\epsilon_0$  – öňki plastiki süýşmegiň maýyşgak deformasiýalaryň ululygy.

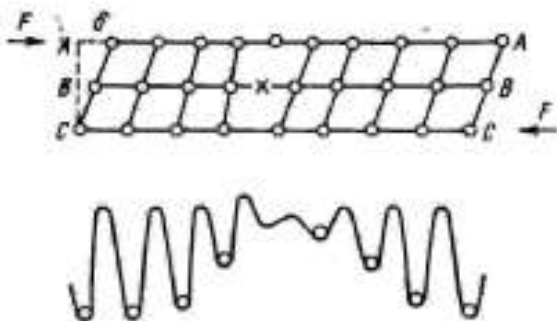
Süýşme garşylygy hiç wagtda bölünme garşylygyndaky uly bolup bilmez. Bu ýagdaýda döwürleşmegiň berkligi diýip gaty jisimiň gutarnykly bölünmegine düşünilýär.

Süýşmegiň berkligi diýip jisimiň içki birnäçe tekizliklerinde typmagy üçin gerek bolan şol maksimal güýje düşündirilýär. Hereketi ýagdaýynda jesiniň örän döwürleşgenligine seretmezden hatda bozulmagynyň has ulylygynda hem bolup geçmezligi mümkin.

Ýylylyk hereketi kritiki bölme güýjüni peseldýär. Emma absolýut nol temperaturasynda kritiki bölünme güýji teoretiki hasaplamasyndan münň esse kiçi.

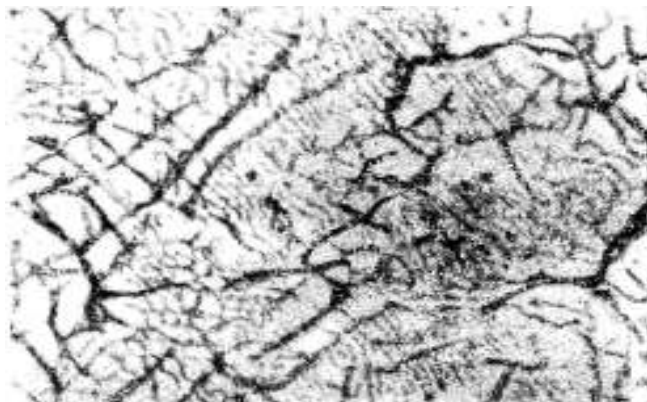
Dislosirlenen kristalda süýşmek typma tekizliginde ähli atomlaryň bir wagtda ýerleşmegi arkaly bolman, eýsem dislokasiýalaryň hereketiniň kristally gözenege gabat gelýän atomlaryň uly bolmadyk toparynyň yzygiderli ýerleşmegi arkaly ýüze çykýar.

Analiz esasly derňew gözenekleriň elementar defekti



Sur.6.7. Süýşme güýji goýlanda dislokasiýa zonasýnda potensial energiýalaryň görkezjisi.

ýaly dislokasiýasy barada teoretiki görkezmäni tassyklaýar.



6.8-nji surat. Hlorly kümüş kristalynyň dislokasiýasynyň setkasy.

Dislokasiýalar aýratynam metally kristallarda ýaýbaňlaşan. 6.8-nji suratda hlorly kümüşiň kristalynda olaryň tory görkezilen. Umuman aýdanymyzda dislokasiýanyň bar bolmagy kristaly örän çäýe bolmagyna getirýär.

Şeýle ýagdaýda teoretiki we real berkligiň arasyndaky uly tapawudyň esasy sebäbi real kristallaryň defektleriniň barlygy bolup durýar.

Masştably faktory. *Masştably faktory* diýip, gaty jisimiň berkliginiň olaryň çyzykly ölçeglerine baglylygyna aýdylýar. Eksperimentler kiçi ölçegleri bolan bir we şonuň ýaly materialyň başga deň şertinde uly berklige eýe bolýar.

Berkligiň mazaly ulanmagyna haçan nysganyň ölçegi 0,5-1,0 mm-den kiçi bolanda seredilýär.

Gaty minerallaryň dänesiniň gysyladaky berkligini kesgitlenende hem çyzykly ölçegleriň kiçelmegi bilen berkligiň ulalýanlygy görkezilýär.

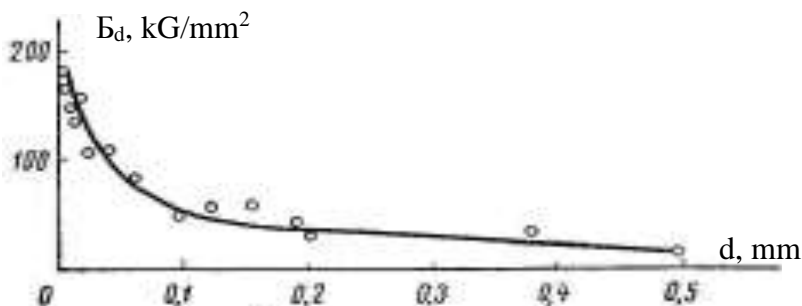
L.A.Şreýner berkligiň nusganyň çyzykly ölçeglerine baglylygyny kesgitlenende indiki formulany hödürleýär.

$$\sigma = \frac{a}{l} + \sigma_o$$

bu ýerde :  $\sigma$  – berklik ;  $l$  – nusganyň çyzykly ölçegleri ;  $\sigma_o$  – uly nusgalaryň berkligi ;  $a$  – proporsionallyk koeffisiýenti.

Masştably faktor dag jynsynyň berklik ululygyna aýdyň täsir edýär. Meselem, minorologiki düzümi birmeňzeş, ýöne dürli ölçegli däneden (kristallardan) durýan jynsyň berkligi şol dargyňly ýagdaýynda dürli bolar.

Ownuk däneli jyns mydama has berk bolar we bu tapawudy jynsy düzýän dänäniň ululygy näçe kiçi bolsa onuň berkligi hem şonça uly bolar. Mundan başgada berkligi pes minerallardan durýan ownuk däneli jynslar iri däneli has berk minarallardan düzülen jynslar ýaly bolup biler.



6.9-njy surat. Aýnaly nitileriň berkligine masştably faktorynyň täsiri.

## 6.5. Ýarym kristally jisimde sepleşme güýçleri

Ýarym kristally güýçleri hökmünde aýratyn kristallaryň içki täsirli sepleşme güýji bilen tapawutlanýan dag jynslaryny görkezmek bolar.

Dag jynsynyň *sepleşme güýçleri* ýa kristal jynsy düzýän dürli minerallaryň dänesiniň göz-göni galtaşmagynda ýa-da bölekli dag jynsynyň däneleriniň arasynda ýerleşen sementirleýji madda arkaly amala aşýar. Galtaşýan kristallaryň

arasynnda ýüze çykýan özara täsir güýçleri özüniň tebigylygy boýunça kristallaryň içki täsirli güýjünden tapawutlanmaýar. Şeýle güýçler elektrostاتيكي (ionly kristallar), atomly, molekulaly ýa-da garyşyk bolup biler.

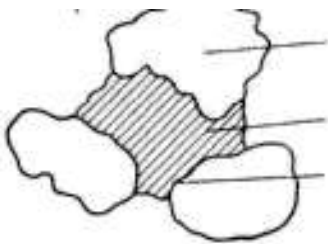
Şepleşme güýjüniň ululygyna galtaşýan ýerinde dänäniň arasyndaky uzaklyk köp täsir edýär. Bu aralyk ähli galtaşma meýdany boýunça hemişelik bolmaýar, hem-de kristallyň içiniň atom ara uzaklygynyň özara täsirli güýçleriň bolmazlygyndaky uzaklyga çenli deň ululygyna – giň diapazonda dänäniň üstüniň beýikli-pesliligine baglylykda üýtgeýär.

Ýarym kristally jisiniň berkligi dänäniň galtaşýan ýerinde özara täsirli güýçleri kesgitleýär, olar bolsa mudama kristallaryň içinden kiçi bolýar. Şonuň üçin kristallaryň berkligi şonuň ýaly kristallardan durýan ýarym kristallaryň berkliginden uludyr.

Çägeler tipli bölekli dag jynsynda sepleşme güýçleri tapawutlanýar: dänäniň içi  $C_{dän}$ , sementirleýji maddanyň içi  $C_{sem}$  we bölekleriň we sementiň arasy  $C_{sep}$  (6.14-nji sur.).

$C_{dän} > C_{sem} > C_{sep}$  ýaly jynslar köp gabat gelýär ;  $C_{dän} > C_{sem} \approx C_{sep}$  seýrek we  $C_{dän} < C_{sem} \approx C_{sep}$  has seýrek gabat gelýär.

Toýunda bölekli jynsyň topary köp gabat gelýär, bölekleriň arasyndaky sepleşmesiniň ölçegleri 0,001 mm-den



kiçi bolan kolloidli dänäniň bolmagyna şertlenýär we has iri dänäniň üstleriniň adsorbirlenmegine şertlenýär.

Dänäniň içiniň

6.10-njy surat. Gum daşlary görnüşli bölek jynsyň sepleşme güýji.

sepleşmesi mydama olaryň arasyndaky sepleşmeden ulydyr.

Şeýle ýagdaýda däneleriň arasyndaky sepleşme güýçleri



wagtyň geçmegi bilen mäkämleşmegiň hasabyna artýar.

Şepleşme güýjüniň tebigylygyna laýyklykda dag jynsynyň (bölekli, kristally) üç toparyny tapawutlandyrýar.

Birinji topary mikro we makro gurluşlarynda birmeňzeş bolan tebigy elektrik sepleşme güýçli jynslardan ybaratdyr. Şeýle jynsy suwly doýgynlaşdyrylanda birnäçe jynsyň sepleşme güýçleri gowşaýar, ýöne ýitip gitmeýär. Şeýle jynsda bu güýçler bozulsa, täzedən gaýdyp gelmeýär. Jynsyň bu toparyna dolomitler, hek daşly, çäge daşlary, kremnili slanesler we mergeller, angidrit, gips we beýlekiler degişlidir. Olara kähalatda “gaýu” sözünden getirilip gaty jynslar diýilýär.

Ikinji topar bölegiň üstüne adsorbirlenýän kolloidli dänäniň özara täsiri sebäpli amala aşýan bölekleriň arasyndaky sepleşme güýçli jynslardan ybaratdyr. Bu güýçler olaryň bozulmagyndan soňra hem öňki ýagdaýyna gelmäge ukyply. Bu toparyň jynslaryny suwly doýurylan ýagdaýynda sepleşme güýçleri düýpli peselýär. Bu topara esasan toýunly jynslar degişlidir. Olara köplenç çäýe jynslar diýilýär.

Üçinji topara boşlukda suwuň barlygyna şertlenýän sepleşme güýçli jynslardan ybarat. Bu topara ürgün çägeler we plywunlar (topragyň suw asty kerepleri) degişli bolýar. Plywunda sepleşme güýçleri olaryň suwdan doly doýgynlylygy ýagdaýynda bolmaz, ürgün çägede bolsa suwlaryň ýoklygynda bolmaz.

## VII. DEFORMASIÝANYŇ ÝÖNEKEÝ GÖRNÜŞİNDE DAG JYNSYNYŇ WE MINERALLARYŇ MEHANIKI HÄSIÝETI

*Deformasiýanyň ýönekeý görnüşi* diýip bir okly gysylmagyna, giňelmegine, aýlawlaryna we süýşmegine aýdylýar. Dag jynsynyň nusgalaryny mehaniki barlag geçirilende ýanaşyklygy sebäpli güýç goýma ýagdaýy hemişe çylşyrymly bolup durýar. Emma häzirki wagtda diňe deformasiýalaryň görnüşiň we oňa laýyk gelýän güýç goýma ýagdaýynyň görnüşiň artykmaçlyk edýän täsirini hasaba alynýar.

*Mehaniki häsiýetleri* diýip gaty jisimiň şol sanda deformasiýa prosesinde minarallaryň we dag jynsynyň bolşuny kesgitleýän şeýle häsiýetine düşünilýar. Mehaniki häsiýetini öwrenmek deformasiýalaryň we daşky güýçleriň arasyndaky baglanşyklary anyklanylmagyna alyp barýar.

Gaty jisime goýlan ululyklara we häsiýetine baglylykda daşky güýjiniň çyzykly ölçegleri we jisimiň formasy üýtgeýär, şeýle hem gaty jisimde mehaniki deformasiýalar ýüze çykýar. Deformasiýalar öz gezeginde özgerýän we özgermeýän bolup biler.

Eger daşky güýçler dürli minerallaryň we jynsnyň kristallary üçin giň diapazonynda üýtgeýän birnäçe predelinden artyk bolmasa, onda deň ölçegli ornundan dänäniň ýerini üýtgetmegi we ýüze çykan deformasiýalar maýyşgak özgerýän bolar. Maýyşgak deformasiýalarynda daşky güýjüň aýrylmagyndan soňra atom ara özara täsirine şertlenen içki güýçleriň kristala edýän täsiri netijesinde başlangyç ýagdaýyna gaýdyp gelýär. Içki maýyşgak güýjüň ululyklary jynslara we minerallara täsir edýän daşky goýlan güýjüň ululygy boýunça kesgитlenýär.

Maýyşgak deformasiýasyndaky täsir edýän daşky güýçleriň artykmaçlygy netijesinde ýa döwürleme bozulmagy ýa-da plastiki (özgermeýän) deformasiýasy bolyp biler. Plastiki

deformasiýa maddanyň bitewiligini bozman süýşmegi (kesgitli tekizligi boýunça typmasy) bilen bir wagtda bolup geçýär.

Plastiklik köp kristalliki madda, ýagny metallara, splawlara we kesgitlenen şertde minerallara we dag jynslaryna eýe bolýar. Plastiki deformasiýa bilen kristal maddanyň strukturalarynyň we häsiýetiniň köp üýtgemegi baglanşyklydyr. Emma hatda deformirlenmegiň juda uly derejesinde kristallyk hili we kristally strukturalarynyň eýe bolýan görnüşi saklanýar, diňe kristalyň formasy üýtgeýär. Deformasiýanyň häsiýetine güýç goýma ýagdaýy, deformasiýalaryň tizligi, temperatura we beýekiler, ýaly dürli faktorlar täsir edýär. Bu faktorlaryň ählisi kesgitlenen şertde we utgaşdyrylanda gaty jisimiň döwürlegenliginiň we plastikliginiň ýokarlanmagyna ýa-da peselmegine getirip biler.

Şonuň üçin şol bir jisimiň ýa döwürlegenligine ýa-da plastikligine seretmek bolar. Jisimiň bozulmagynda ondaky goýlan güýjüň ýüze çykarmagynda berklik predeli düýip atlandyrylýan artdyrylan birnäçe predeli aralaşýar. Gaty jisimiň berklik predeliniň ululygy öz gezeginde esasan güýç goýma ýagdaýyna (çyzykly ýa-da göwrümleýin – güýç goýmaly) we beýleki faktorlara bagly.

Şeýle ýagdaýda deformasiýa prosessinde islendik gaty jisimiň häsiýetini maýyşgaklyk, plastiklik we berklik häsiýetiniň jeminden kesgitlenýär. Şonuň üçin minerallaryň we dag jynsynyň mehaniki häsiýeti olaryň maýyşgak, plastiklik we berklik häsiýetnamalaryny kesgitleýär.

## **7.1. Jynsy döredýän minerallaryň mehaniki häsiýeti**

Tebigy ýagdaýynda minerallaryň aglaba köpçüligi uly bolmadyk ölçeglerde bolýar we olaryň mehaniki häsiýetini öwrenmek üçin ýaramly aýratyn monokristally görnüşinde örän seýrek duş gelýär.

Emma, jynsy döredýän minerallaryň mehaniki häsiýeti barada bolan maglumaty iki esasy aýratynlyklaryna eýe

bolýanlygyny görkezýär.

Birinjisi, minerallar *maýyşgak* - *döwülgen* jisimler bolýar. Bu bozulma pursadyna çenli minerala daşky güýçleriň täsiri netijesinde jisimde ýüze çykýan ähli deformasiýalarynyň maýyşgak bolýanlygyny aňladýar.

Ikinjiden, minerallar *ideal maýyşgak* jisimler bolýar, şeýle-de deformirlenmek prosessi güýç goýma ýagdaýynyň islendik şertinde Guguň kanunyna deňişli bolýar.

Gaty jisimiň şol sanda minerallaryň maýyşgak häsiýetine Ýungyň moduly  $E$ , süýşme moduly  $G$  we Puassonyň koeffisiýenti  $\mu$  ýaly hemişeliklerini häsiýetlendirilýär.

Birinji maýyşgak (konstanty) hemişelik ululygy gos-göni Guguň kanunundan gelip çykýar:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

bu ýerde  $\sigma$  - güýç goýma;  $\varepsilon$  - otnositel deformasiýa.

Ähli üç maýyşgak hemişelik ululyklary öz aralarynda belli baglylygy bilen baglanşan:

$$E = 2G(1 + \mu)$$

7.1-nji tablisada birnäçe minerallar üçin Ýungyň modulynyň ululyklary getirilen.

Tablisa 7.1

Mineral	Ýungyň moduly	
	$10^5 \text{ kg/sm}^2$	$10^{10} \text{ n/m}^2$
Daş duzy	4,0 çenli	4,0 çenli
Gips	1,2 – 1,5	1,2 – 1,5
Kalsit	5,8 – 9,0	5,8 – 9,0
Meýdan şpatlary	8,0 çenli	8,0 çenli
Kwars	7,9 – 10,0	7,9 – 10,0
Topaz	30,0	30,0
Korund	52,0	52,0

7.1-nji tablisadan topazdan we korunddan başga jyns

döredýän minerallaryň aglabasy üçin Ýungyň modulynyň ählisiniň birnäçe esse tapawutlanýanlygy görkezilýär. Mundan başgada anizotroplylygy bilen baglylykda birnäçe minerallardaky Ýungyň modulynyň ululygy birnäçe predelde üýtgäp durýar.

## 7.2. Minerallaryň plastikligi

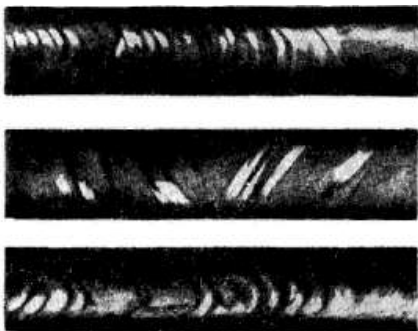
Deformasiýanyň ýönekeý görnüşinde jyns döredýän minerallar döwülgen jisimleri bolup durýar hem-de olaryň birnäçesiniň diňe ähli taraplaýyn ýokary gysylmagy şertinde plastiki deformasiýa ýüze çykýar.

Jyns dörediji minerallaryň döwülgenligi we plastiklik häsiýetiniň ýüze çykmagy olaryň kristallarynyň typma we sepleşme tekizlikleriniň barlygy bilen baglansyklydyr. Sepleşme tekizlikleri minerallaryň kristallarynyň döwülgenligini, typma tekizlikleri bolsa plastikligi häsiýetlendirýär.

Birnäçe mineralynyň kristalynyň kesgitli şertinde typma yzlarynyň we süýşmeleriniň görünýän liniýasynyň kähalatda ýüze çykmagyna ýardam edýän deformasiýalaryň galan yzy döreýär. Bu ýagdaýda plastiki deformasiýa kesgitlenen kristollografiki ugrynyň birnäçe tekizlik boýunça typmagyň hasabyna bolup geçýär. Minerallaryň kristalynda typma ugrynyň we tekizlikleriniň süýşmeginiň has az garşylygy bolýar. Öz gezeginde süýşme güýjiniň ululygy güýç goýma ýagdaýynyň häsiýetine bagly hem-de daşky güýjiň duran meýdanyň kristalliki okyna bagly.

Eger typma tekizligi kristala täsir edýän güýje gatnaşygy boýunça ýaramaz ýerleşen bolsa, onda daşky ýükiň ulalmagy kristalda uly maýyşgak energiýalaryň jemlenmegine getirýär. Kristallaryň hatarynyň bozulmagy başlaýança maýyşgak energiýalarynyň jemlenmeginiň hasabyna gözenekleriň täze ýagdaýa geçmegi bolup geçýär we *mehaniki meňzeşlik* döreýär. Tejribeler kristalyň meňzeş böleginiň

goşalanma tekizlikleri diýip atlandyrylýan birnäçe tekizliklerde öwrenilýän kristallaryň gözenekleriniň *meñzeş üstleriniň* bolýanlygyny görkezýär.



7.1-nji sur. Monokristally metallaryň dartylmagynda ýüze çykýan mehaniki goşalanmalar.

Goşalanma mehanizmi tipma mehanizminden tapawutlanan. Eger normal tipmasy mümkin bolmasa ýa-da gutaran bolsa, onda goşalanmasy bolup geçýär, soňra bolsa, döreyän meñzeşlikde plastiki deformasiýasy tipma arkaly bolup geçýär.

7.1-nji suratda metallaryň

monokristallarynyň süýünmegi ýüze çykýan mehaniki meñzeşlikleri görkezilen, 7.2-nji suratda bolsa, kalsit kristalynyň goşalanmasy (meñzeşligi) görkezilen. Kristalyň gapyrgasyna pyçagyň tygyny perpendikulýar basylsa onuň goşalanmagyna getirýär.

Şeýle ýagdaýda minerallaryň kristalynyň plastiki deformasiýasy ýa birtaraply tekizlikler boýunça tipmasynyň

hasabyna, ýa-da goşalandyрма tipmasynyň hasabyna bolup geçmegi mümkin.



7.2-nji surat. Kalsit kristalynyň goşalanmasy (meñzeşligi).

Has plastiki minerallar daş duzy, kalsit, barit we beýleki birnäçeleri bolup durýar. Kwars, meýdan şpatlary ýaly şeýle

giňden ýaýran minerallar hatda ähli taraplaýyn ýokary gysylmasynda hem uly plastiki deformasiýa ukynlylygy gümansyz görünýär.

### 7.3. Gatylyk barada düşünje. Minerallaryň gatylygy

*Gatylyk düşünjesi ýgy-ýgydan materialyň berkligi düşünjesi bilen deň hasaplanýar. Berklik diýip, deformasiýanyň dürli görnüşinde gaty jisimiň mehaniki bozulmagynyň garşylygyna düşülmegine eýedir, meselem dartylmada berklik, gysylmada berklik we ş.m. aýdylýar. Soňkylar diňe deformasiýanyň hasiýetine bolman, eýsem onuň laýyk gelýän güýç goýma ýagdaýynyň şertini görkezilýän jisime başga jisimiň girmeginiň garşylygyna düşündirilýär, şeýle hem basylmagynda gatylygy berklik bolar. Dartma, bir okly gysma we beýlekiler ýaly gysylmagy deformasiýanyň ýönekeý görnüşiniň bolmaýanlygyny hasaba alynmagyna eýedir. Gysylmada çylşyrymly ýükli ýagdaýy döreýär.*

Gatylygy gysylmadan başgada kähalatda sypjyrygy we tekizligi bellenýär. Bu ýagdaýda gysylmak ilkinji prosess bolup durýar, şeýle-de gysmasyz sypjykda, ýylmanaklygyda döredmeýär.

Gatylygyň we berkligiň ölçeg birlikleri adaty  $\text{kG/mm}^2$  ýa-da  $\text{kG/sm}^2$ -da aňladylýar, täze birlik sistemasynda (SI)  $\text{n/m}^2$  ýa-da aňladylýar.

Gatylygyň birnäçe ýagdaýynda onuň bozulma prosessinde gaty jisimiň täze üst berkliginiň döremeginde sarp edilýän işleriň ululygy boýunça bellemek mümkin.

Gatylyk ölçegi B.D.Kuznesowyň hödürlemegine görä üst energiýasy  $\sigma$  bolup biler.

Derňelýän minerallaryň gatylygyny takmynan kesgitlemek üçin minorologiki praktikasynda Moosyň şkalasy ulanylýar. Bu şkala özünde her indiki mineralyň önündäkini sypjyrmagynda 10 minerallardan hilli hataryny görkezýär.

7.2-nji tablisada sypjyrma we ýylmama usulynda

anyklanylan Moosyň şkalalarynyň etilonly (beýleki ölçeg gyrallary deňeşdirýän örän dogry ölçeg nusgasy) onlarça minerallar üçin otnositel gatylygy görkezilen.

Tablisa 7.1

Mineral	Moos boýunça gatylygy	Otnositel gatylygy	
		Skleromet r ulanyland a	Ýylmama usuly ulanylanda
Talk.....	1	2,3	0,03
Gips.....	2	9,5	1,25
Kalsit.....	3	22,5	4,5

### **Deformasiýanyň ýönekeý görnüşinde dag jynsnyň mehaniki häsiýeti**

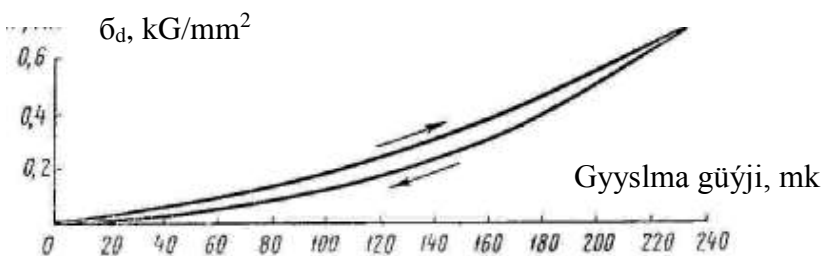
Dag jynslary düzüminiň dürliligi ýaly gurlyşy boýunça dürli bolan jisimlerden ybarat. Munuň bilen baglanşyklykda minerallar bilen deňeşdirilende jynsda esasan dänäniň araçağı boýunça defektleriň uly mukdary bar. Şonuň üçin dänäniň araçağındaki özara täsirli güýçleri şol jynsy düzyän dänäniň içki güýçlerinden elmydama uludyr.

Dag jynsnyň dürliliginiň we defektleriň uly mukdarynyň barlygy olaryň mehaniki häsiýetiniň hatda monominerallaryň häsiýetini tapawutlandyrmagyna getirýär.

### **Dag jynsnyň maýyşgatylyk häsiýeti**

Deformasiýalar we güýç goýmalar bilen bagly dag jynsy üçin çylşyrymly häsiýetli. Jynslara täsirli statiki güýç goýlanda jynslaryň deformirlenmegi Guguň kanunyna eýe bolmaýar, dinamiki güýç goýlanda bolsa, köp dag jynsy üçin Guguň çyzykly kanuny ulanylýar.





7.3-nji surat. Dykyz jyns gysylanda maýyşgak gisterezisiň emele gelmegi.

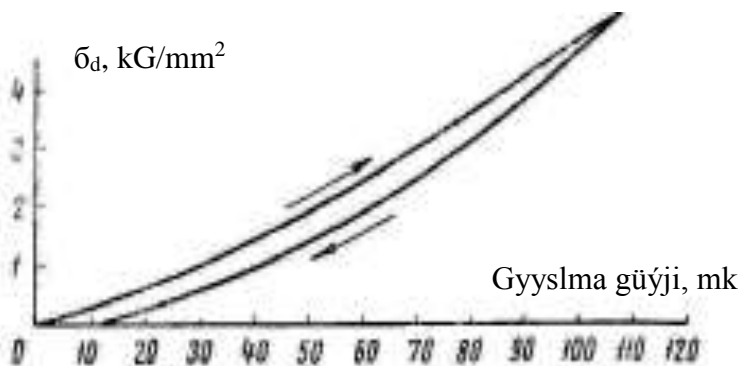
Dag jynsynyň deformasiýasynda minerallardan tapawutlykda maýyşgak gisterezisiň ýüze çykmagyna seredilýär. 7.3-nji suratda dykyz jynslar gysylanda deformasiýanyň we güýç goýmanyň arasyndaky egrili baglanşygy görkezilen.

Güýç goýma we aýyrma egrileri gabat gelmeýär, güýç goýma ergisiniň güýji aýyrma egrisinden ýolarda ýerleşenligi sebäpli gisterezis petlesi döreýär. Öýjükli jynslarda güýji aýyrma egrisi koordinatanyň başynda bolup geçmeýär; jynslaryň süýşmegi netijesinde birnäçe galan deformasiýa seredilýär.

Dag jynsynda jynsa birnäçe hemişelik güýji goýulmagynda deformasiýanyň ösmeginde ýüze çykyan maýyşgak hereketiň netijesiniň täsiriniň hadysasyna seredilýär. Eger soňra güýji aýyrsak, onda jynsda birnäçe galan deformasiýa ýüze çykar.

Dag jynsy üçin maýyşgaklyk modulynyň (Ýungyň moduly) ulylygyny bir okly gysylyn, dartylyp we egredip geçirilýän tejribelerde kesgitlenýär. Bu işde döredilýän güýçde nusganyň deformasiýasyny ölçemekligi alnyp barylýar.

Gugyň kanunyna birikýän birnäçe dag jynsy we minerallar üçin güýç goýmagyň we deformasiýalaryň arasyndaky baglanşygy deformasiýanyň grafiginde göni çyzykly kesimi şekillendirýär. Bu ýagdaýda maýyşgaklyk modulyny indiki formula boýunça kesgitlemek mümkin



Öýjükli gum daşy gysylanda süýşmeginiň we maýyşgak gisterezisiň emele gelmegi

$$E = \frac{(P_n - P_{n-1})l}{S(\Delta l_n - l_{n-1})} \quad [\text{kG/sm}^2, (\text{bar})]^* \quad (7.1)$$

(\*  $1 \text{ kG/sm}^2 = 10^5 \text{ n/m}^2 = 0,980665 \text{ bar} \approx 1 \text{ bar}$ , şeýle-de tehniki hasaplamalar üçin  $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ n/m}^2$  almak mümkin).

Bu ýerde:  $P_n$  – seredilýän güýç goýma interwalynda ahyrky güýji, kG;  $P_{n-1}$  – şol interwalda başlangyç güýji, kG;  $l$  – deformasiýany ölçenýän uzynlygy, sm;  $S$  – nusganyň kesekesiginiň meýdany,  $\text{sm}^2$ ;  $\Delta l_n$  – güýç goýma interwalynda ahyrky deformasiýa, sm;  $\Delta l_{n-1}$  – şol interwalda başlangyç deformasiýa, sm.

Köp dag jynsy üçin deformasiýanyň grafiginiň başlangyç meýdançasý göni çyzykly bolmaýar. Egriligi uly bolmadyk ýagdaýynda maýyşgakly moduly  $E$  (7.1) formulada hasaplanýar. Eger egriligi uly bolsa onda  $E$  egriniň göni hasap edilýän her aýratyn meýdany üçin kesgitlenýär we indiki formulany ulanylýar

$$E_i = \frac{P_n - P_{n-1}}{S(\varepsilon_n - \varepsilon_{n-1})} \cdot (\text{bar}), \quad (7.2)$$

bu ýerde  $\varepsilon_n$  – şol meýdan üçin ahyrky otnositel deformasiýa;  
 $\varepsilon_{n-1}$  – şol meýdan üçin başlangyç otnositel deformasiýa.

Modulyň ortaça bahasy 
$$E_{or} = \frac{\sum E_i}{n}$$
 formula

boýunça hasaplanýar, bu ýerde  $n$  – meýdanlaryň sany.

7.3-nji tablisada birnäçe dag jynsy üçin bir okly gysylyp alnan Ýungyň modullary görkezilen.

7.3-nji tablisada Ýungyň modulyňyň ulylygynyň jynslaryň mineral düzümüne baglylyny görkezýär, ýöne Ýungyň modulyňyň ululygynyň we minerallaryň, jynsyň gatylygynyň arasynda haýsydyr bir kanunylygy anyklamak tejribede mümkin däl. Meselem, kwarsyň gatylygy dolomitiň gatylygyndan üç esse ýokary, Ýungyň moduly bolsa kwarsyňky dolomitiňkiden bir ýarym esse kiçidir.

Tablisa 7.2

Dag jynsy	Ýundyň moduly, $10^5$ kG/sm ( $10^{10}$ n/m <sup>2</sup> )	Dag jynsy	Ýundyň moduly, $10^5$ kG/sm ( $10^{10}$ n/m <sup>2</sup> )
Toýunlar	0,03	Dolomitler	2,1-16,5
Toýunly slanesler	1,5-2,5	Granitler	6,0 çenli
Çäge daşlary	3,3-7,8	Bazaltlar	9,7 çenli
Hek daşlary	1,3-8,5	Kwarsitler	7,5-10,0
Mramor	3,9-9,2		

Dolomitleriň ýokary maýyşgak häsiýeti hekdaşlary bilen birmeňzeş gatylygynda olaryň burawlama prosesinde bölünme garşylygy hekdaşlaryndan we gatylygy boýunça beýleki ýakyn jynslardan has uly görkezmegine ýardam edýär.

G.N.Kuznesow, G.A.Şreýner, K.B.Ruppeneýt, B.S.Federow we beýlekiler dag jynsynyň maýyşgaklyk

häsiýetiniň faktorlaryň hataryna baglylygyna anykladylar.

Dag jynsy (jynsy döredýän minerallardan tapawutlykda) üçin Ýungyň modulyň ululygy ähli zatdan gaýry deformasiýanyň görnüşine we goýlan güýjüň, aýratynam uly güýç goýlan meýdanyndaky ululyklara bagly. Dartylmagynda  $E_d$ , egrelmeginde  $E_e$  we gysylmagynda  $E_g$  maýyşgaklyk modullarynyň ululyklarynyň arasynda  $E_d < E_e \leq E_g$  deňsizliginiň barlygy anyklanylýan.

Egredilende maýyşgaklyk moduly dartylmagyndan 1,1-1,3 esse uludyr hem-de gysylmagynda maýyşgaklyk modulyndan 0,25-0,35 esse kiçidir.

Eger jynslaryň düzümine girýän esasan jynsy döredýän mineralyň ýokary maýyşgaklyk moduly bar bolsa, onda jynsyň ýokary maýyşgaklyk moduly bolar, ýöne jynsyň maýyşgaklyk moduly  $E_j$  hemişe mineralyň maýyşgaklyk modulyndan  $E_m$  kiçi bolar,  $E_j < E_m$ . bu maýyşgaklyk modulyň ululygynyň dag jynsynda dänäniň galtaşýan ýerleri boýunça minerallaryň dänesiniň içinden juda gowşak bolan özara täsirli molekulýar güýçlerine bagly bolýanlygyny düşündirýär. Şonuň üçin jynsyň maýyşgaklyk moduly umuman şol jynsy düzýän minerallaryň modulyň maksimal ululygyndan ýokarlanyp bilmez.

Bu sebäpli deformasiýanyň dürli görnüşinde maýyşgaklyk modulyň ululygynyň tapawutlanýanlygyndan düşündirilýär. Diýmek, gysylmalarda iki ýakyn dänäniň atomlarynyň ýa-da ionlaryň üstleriniň arasyndaky uzaklygy özara täsirli güýçleriň ulalmagy netijesinde kemelýar we şoňa laýyklykda maýyşgaklyk moduly ösýär, dartylmagynda bolsa, däneleriň arasyndaky uzaklyk artýar we şoňa laýyklykda özara täsirli güýçleri kiçelýär.

7.4-nji tablisada dürli gysylma güýjünde birnäçe dag jynsy üçin Ýe.A.Gerçikowyň alnan maýyşgak modulyň ululyklary getirilen.

Tablisa 7.4

Jyns	Gysma güýji, kG/sm <sup>2</sup>	Maýyşgaklyk moduly, kG/sm <sup>2</sup>
Toýun	0-10	86
	40-50	367
Toýunly mergel	0-10	355
	20-30	1863
Hek daşy	10-20	$873 \cdot 10^3$
	40-50	$125 \cdot 10^4$

7.4-nji tablisadan gysma güýjüniň ulalmagy bilen jynsyň maýyşgaklyk modulynyň  $E_{\text{gys}}$  artýar. Bu jynsy düzýän dänäleriň arasyndaky özara täsirli güýjüň we uzaklygyň maýyşgaklyk moduly barada ýokarda aýdylan ýagdaýy tassyklaýar. Mundan başgada 9-nji tablisa bir mineralogiki düzümlü, dykyzlanma derejesi dürli jynslarynyň dürli maýyşgak modullarynyň barlygyna şaýatlyk edýär. Dag jynsynyň (aýratynam bölekli) dykyzlanmagy olaryň ýerleşme çuňlygynyň artmagy bilen ösýär. Şonuň üçin jynsyň maýyşgaklyk moduly olaryň ýerleşme çuňlygynyň artmagyna görä ulalýar.

Dag jynsynyň maýyşgaklyk modulynyň ululygyna tebigy faktorlar täsir edýär.

Birmeňzeş ýagdaýyndan başgada ownuk kristally jynslaryň maýyşgaklyk moduly iri kristallaryndan has ýokarydyr. Şeýle ýagdaýda masştably faktory düýpli täsir edýär.

Jynslaryň daşlanmagynyň ýokarlanmagy onuň maýyşgaklyk modulynyň artmagyna eltýänligi anyklanylýan. Oýunly slanslaryň maýyşgaklyk moduly olaryň karbonatlylygynyň ýokarlanmagyna görä ösýär. Maýyşgaklyk modulynyň ululygyna bölekli dag jynsyny sementirleýji maddanyň düzümi we gurlyşy köp täsir edýär.

Maýyşgaklyk modulynyň ululygyna jynsyň öýjükliligi köp täsir edýär. Öýjükliligiň ulalmagy bilen jynsyň

maýyşgaklyk moduly kiçelýär.

Dag jynsynyň maýyşgaklyk häsiýeti olaryň gatlylygyna we slanslylygyna bagly. Slanslylyga perpendikulýar ugurda toýunly slanesler üçin Ýungyň moduly onuň parallel ugryndakydan kiçi.

Gatlaklylygyndan we slanslylygyndan başgada maýyşgaklyk modulynyň ululygyna jynslaryň çyglylygy täsir edýär, çyglylygyň ýokarlanmagy bilen  $E$  kiçelýär. Meselem toýunly jynslaryň çyglylygy 3-den 14 %-e çenli ýokarlansa maýyşgaklyk moduly  $7,3 \cdot 10^3$ -den  $3,2 \text{ kG/sm}^2$  çenli kiçelýär, çyglylyk 14-29 %-çenli ýokarlananda maýyşgaklyk moduly  $3,2 \cdot 10^3$ -den  $0,3 \cdot 10^3 \text{ kG/sm}^2$  çenli azalýar.

Dag jynsynda özgermeýän deformasiýalar hatda ujypsyz güýç berlende ýüze çykýar. Köp deformirlenmeginde özgermeýän deformasiýalar nola deň bolýar, jynsyň maýyşgak häsiýeti bolsa ösýär.

Munuň bilen baglanşyklylykda K.W.Ruppeneýt birmeňzeş güýç berlende alynýan maýyşgaklyk modulyny  $E$ , dowamly güýç goýma we aýyрма (galan deformasiýany çykarmak) usulynda özgermeýän deformasiýany çykarmagyň netijesinde alynýan, normal maýyşgak modulyny  $E_n$ , maýyşgak tolkunynyň giňelme tizligi boýunça ululygy hasaplanýan, dinamiki atlandyrylýan maýyşgaklyk modulyny  $E_d$  tapawutlandyrýar.

Bellenep geçilip modulynyň üç belligi hemişe tapawutly we maýyşgaklyk modulynyň  $E$  normal maýyşgak modulyndan 1,2-1,5 esse kiçi we dinamiki maýyşgak modulyndan 2,0-2,2 esse kiçiligi sebäpli  $E < E_n < E_d$  deňsizligi içine alýar.

Jynsynyň maýyşgak häsiýeti has doly häsiýetlendirmek üçin modulynyň ähli üç belligi islegiňe görä kesgitlenýär, ýöne takyk hasaplamakda we jynsyň maýyşgak häsiýetini deňeşdirmek üçin diňe bir gezek güýç goýlanda alynýan maýyşgaklyk moduly  $E$  kesgitlenýär. 8 we 9 tablisada getirilen modullaryň ululyklary esasan maýyşgaklygyň bu modulyna laýyk gelýär.

Şeýle ýagdaýda dag jynsynyň maýyşgak moduly  $E_j$  olaryň mineralogiki düzümine, deformasiýalarynyň görnüşine, goşulan güýjüň ululyklaryna, jynsyň ýerleşýän çuňlugyna, strukturalaryna, teksturalaryna, bölekli jynsy sementirleýji maddanyň gurlyşyna we düzümine, jynsyň daşlylygyna, karbonatlylygyna, çyglylyk derejesine bagly.

**Puassonyň koeffisiýenti.** Puassonyň koeffisiýentini kesgitlemek üçin hökmany otnositel dik we kese deformasiýalary ölçemeli, şeýle-de

$$\mu = \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_e},$$

bu ýerde – Puassonyň koeffisiýenti ;  $\varepsilon_b$  - otnositel kese deformasiýa;  $\varepsilon_e$  -otnositel dik deformasiýa.

Puassonyň koeffisiýentlerini kesgitlemegiň takyklygy maýyşgaklyk modullaryndan juda kiçidir. Emma dag jynsy üçin olar 0,10-0,45 aralykda doly tassyklanar.

7.5-nji tablisadan dag jynsy üçin puassonyň koeffisiýenti hemişelik ululyk bolmaýanlygy görünýär. Bu koeffisiýentiň ululygyna maýyşgaklyk modulyna faktorlaryň şol kompleksi täsir edýär.

**Süýşme moduly.** Dag jynsynyň derňew tejribesinde süýşme moduly diňe haçanda dag jynsynyň nusgalary towlanyp tejribe geçirilende kesgitlenýär.

Süýşme modulyny eger maýyşgaklyk moduly  $E$  we Puassonyň koeffisiýenti  $\mu$  belli bolanda  $E = 26(1+\mu)$  formula boýunça çykarmak ýeňildir.

Tablisa 7.5

Jyns	$\mu$	Jyns	$\mu$
Plastiki toýunlar	0,38-0,45	Daş duzy	0,44
Dykyz toýunlar	0,25-0,35	Gym daşlary	0,30-0,35
Toýunly slanesler	0,10-0,20	Granit	0,26-0,29
Hekdaşlary	0,28-0,33		

P.M.Simbarewiciň (Цимбаревичин) gös-göni ölçenip alnan maglumaty boýunça süýşme moduly  $G$  hekdaşlary üçin  $(2,5-6,5) \cdot 10^3 \text{ kG/sm}^2$ , mramorlar üçin  $10,5 \cdot 10^3 \text{ kG/sm}^2$ , kwarsit üçin  $12,8 \cdot 10^3 \text{ kG/sm}^2$  deňdir, şeýle-de süýşme moduly Ýungyň modulyndan birnäçe esse kiçidir.

#### 7.4. Deformasiýanyň ýönekeý görnüşinde dag jynsynyň berkligi

Dag jynsynyň berkligi jynsy düzýän dänäniň kristallarynyň içki sepleşme güýçlerinden we dänäniň arasyndaky sepleşme güýjünden kesgitlenýär.

Dag jynsynyň berklik häsiýetnamalary diýip bir taraply gysylma, dartylma, süýşme we egrelme ýaly güýç bermegiň elementar görnüşinde olaryň wagtlaýyn garşylygynyň ululygyna aýdylýar.

*Bir taraply gysylmagy.* Bir taraply gysmakda, basmakda berklik predeli nusganyň bölünme pursadynda derňelýän dag jynsyny gysýan güýjiň maksimal ululygy bolup durýar.

Bir taraply gysylmagyň berkligi

$$\sigma_{gys} = \frac{P}{F} \text{ (kG/sm}^2\text{)},$$

bu ýerde,  $P$  – jynsyň nusgasynyň bölünme pursadyndaky goýulýan güýç,  $k$ ;

$F$  – nusganyň kese-kesiginiň meýdany,  $\text{sm}^2$ .

Eger nysga güýç goýlan ýagdaýynyň bölünme pursadynda bir taraply we deň ölçegli bolýan bolsa, onda ýokarky formula dogry bolýar.

7.6-njy tablisada birnäçe dag jynsy üçin bir taraply gysylmagynda berkligi görkezilen.

7.6-njy suratda bir atly jyns üçin bir taraply gysylmagynda giň predelde üýtgeýänligi görünýär. Kä halatda mineralogiki düzümi dürli bolan jynsyň berkligi birmeňzeş bolup biler, meselem granitler we hek daşlary (7.6-njy tabl.).



Bu maglumaty dag jynsynyň berkligine diňe mineralogiki düzümi bolman, jynsyň teksturasyndaky we strukturasyndaky faktorlar, ýerleşme çuňlygy we beýlekileriň täsir edýänligini görkezýär.

Tablisa 7.6

Jyns	$\sigma_{gys}$ , kG/sm <sup>2</sup>	Jyns	$\sigma_{gys}$ , kG/sm <sup>2</sup>
Granitler	800-3000	Gumdaşlary	200-2500
Kwarsitler	3000-5000	Toýunly slanslar	1000-e çenli
Kremniler	3000 we köpräk	Angidritler	>>1300
Dolomitler	800-3200	Gipsler	>> 500
Hek daşlary	50-3000	Daş duzy	200-400

*Dartylma.* Dartylanda dag jynsynyň berklik predeli bir taraply gysylma formulasy boýunça kesgitlenýär.

Bir taraply dartylanda jynsyň berklik predellerini kesgitlemek maksady bilen mehaniki tejribe geçirmek tehniki ýerine ýetirilmegi we esasanam tejribe nusgalary taýýarlamagyň sebäpleri juda köp zähmetleri talap edýär.

7.7-nji tablisada bir näçe jyns üçin  $\sigma_{gys}$ , bilen deňeşdirip dartylmakda  $\sigma_d$  berkligi görkezilen.

Tablisa 7.7

Jyns	Berligiň predeli, kG/sm <sup>3</sup>		
	$\sigma_d$	$\sigma_{gys}$	$\Sigma_{eg}$
Iri kristally gum daşlary	51,4	1420	103,0
Orta kristally gum daşlary	52,0	1510	131,0
Öwnuk slanslar	79,5	1850	249,0
Toýunly slanslar*	17,0-18,0	140,0-610,0	40,0-360,0
Daşky-toýunly slanslar*	32,0	180,0	35,0

Gipsli	19,0	170,0	60,0
Gipsli hehdaşlary	24,0	420,0	65,0

\* - bu jynsnyň berklik predeli gatlaklanmagyň uz boýuna güýç goýlanda kesgitlenýär.

7.7-nji tablisadan bir taraply gysylandaky berkligi dartylandaky gatylygyndan has köp ýokarlanýar,  $\sigma_{gys} \gg d_d$ .

*Egrelme.* Egrelmekde dag jynsynyň berkligi

$$\sigma_{eg} = \frac{M}{W}, \quad (7.3)$$

bu ýerde  $M$  – maksimal egrelýän pursady ;  $W$  – egreldilende kesilen ýeriň garşylyk pursady :

$$W = 2 I/h,$$

bu ýerde  $I$  – inersiýa pursady;  $h$  – nusganyň beýikligi.

K.W.Puppeneýt (7.3) formula diňe  $l/h > 8-10$  bolanda dogry hasap edýär (bärde  $l$  – nusganyň uzynlygy).  $l/h$  kiçi bolanda ol düzediş girizmegi hödürleýär we  $\sigma_{eg}$  indiki formula boýunça kesgitleýär

$$\sigma_{eg} = \frac{M}{W} - 0,266 \frac{P}{S},$$

bu ýerde  $P$  – bölýän güýç, kG ;  $S$  – nusganyň kese kesiginiň meýdany,  $cm^2$ .

Ýene-de 7.7-nji tablisada egrelme berkligini  $\sigma_{eg}$  dartyлма  $\sigma_d$  we gysylma berkligi  $\sigma_{gys}$  bilen deňeşdirilmegi görkezilen. Ondan egrelmede dag jynsynyň berkliginiň dartyлма berkligidin dört essä çenli uly.

*Süýşme.* Dag jynsynyň süýşme berkligi adaty kesmek tejribesinde kesgitlenýär. Tejribäniň bu görnüşinde esasan içki sürtülme koeffisiýentleri we dänäniň sepleşmegini kesgitlenýän ýagdaýy giňden ýaýran.

Tejribe prosesinde kesilme tekizligine täsir edýän güýji kesgitlýär. Süýşme berkligi egrelmeden birnäçe ulydyr.

Dag jynsy gysylanda has uly garşylygy görkezýär, deformasiýanyň beýleki görnüşinde bolsa, olaryň berkligi uly

däl.

7.8-njy tablisada deformasiýanyň dürli görnüşlerinde birnäçe dag jynsynyň otnositel berkligi görkezilen.

Tablisa 7.8

Dag jynsy	Otnositel berkligi, %			
	gysylma	süýşme	egrelme	dartylma
Granitler	100	9	8	2-4
Gum daşlary	100	10-12	6-20	2-5
Hek daşlary	100	15	8-10	4-10

Bu tablisadan deformasiýanyň dartylma görnüşi näçe uly bolsa, dag jynsynyň berkliginiň şonçada kiçi bolýanlygy görünýär.

Umuman dag jynsynyň berkligi deformasiýanyň görnüşine baglylykda

$$\sigma_{gys} > \sigma_{süý} > \sigma_{eg} > \sigma_d$$

deňsizlige eýe bolýar.

Dag jynsynyň bölünmeginiň nukdaý nazary bilen seredilse deformasiýanyň dartylma görnüşi has peýdaly bolup durýar. Şonuň üçin jyns owradyjy abzallary enjamlaşdyrylýan wagtynda bu faktory hasaba alynmagyna eýedir.

### 7.5. Ähli tarapdan gysylanda dag jynsynyň mehaniki häsiýeti

Real şertinde burawlamak wagtynda bozulýan dag jynslary ýönekeý görnüşli deformasiýadan has çylşyrymly. Şonuň üçin çylşyrymly ähli tarapdan gysylma şertinde jynsnyň mehaniki häsiýetini öwrenmegiň uly praktiki ahmiýeti bar.

Ähli taraplaýyn gysylma şertinde dag jynsynyň häsiýetini derňemek priborlar arkaly ýa-da ýokary basyş bolan abzallar arkaly geçirilýär. Olar içinde kern ýa-da göni burçly prizmalar görnüşinde derňelýän dag jynsynyň nusgasynyň ýerleşýän silindrinden ýa-da “bomba”-dan durýar.

Nusga ählitaraplaýyn basyşy silindre ýa-da bomba gysylýan suwuklyk döredýär.

Nusgalaryň birtaraply deformasiýany ölçemek 0,01 mm çenli takyklygy bilen iki mikrometriki merbatlarda amala açyrylýar.

Derňelýän jynsnyň nusgalary porşnyň ölçegine görä (40 mm) berk ýonulýar we kamerada ýerleşdirilýär. Nusgalaryň öýjüklerine we mikrojaýryklaryna gliseriniň sümülmeginden goramak üçin galyňlygy 0,1 mm bolan folgadan latunly gilzada ýerleşdirilýär. Tejribe prosessinde folga nusganyň üstüne mäkäm oralyar we nusga bilen bilelikde deformirlenýär.

Ähli tarapdan gysylan şertinde dag jynsnyň mehaniki häsiýetini öwrenmek üçin häzirki wagtda birnäçe institutlaryň işgärleriniň topary (B.W.Baýdýuk, W.P. Ýakuşew, N.N.Pawlowa we beýlekiler) tarapyndan has kämil enjamlary we ölçeýji apparatlary işlenilip taýýarlanan.

Bu abzalda ýer gabygynyň 20 km töweregi çuňlykda ýerleşýän jynsnyň şertine takmynan laýyk gelyän 350°C-ä çenli temperaturada we 5 müň k/sm<sup>2</sup> çenli basyşynda dag jynsny öwrenilmegine seredilýär.

Bu abzalda derňew geçirilende jynsnyň nusgasyna, kese (dik) artykmaç güýji  $\sigma_1$ -P bermeginde ähli taraplaýyn deňölçegli güýji P döredýän suwuklyk (maşın ýagy, kerosin ýa-da tejribäniň şertine laýyklykda izopentan) täsir edýär.

Bu ýagdaýga nusganyň güýç goýlan ýagdaýy aşakdaky ýaly kesgitlenýär

$$\sigma_1 = \frac{P}{S} + p, \quad (7.4)$$

$$\sigma_2 = \sigma_3 = p, \quad (7.5)$$

bu ýerde P – jynslaryň nusgasyny artykmaç kese gysma güýji ; S – nusganyň kese kesiginiň meýdany ; p – suwuklygyň basyşy ;  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  - kese tangensial we radial normal güýjenmesi.

Şol oka simmetriki güýjenmesinde nusganyň deformirlenme ýagdaýy islendik pursatda otnositel

deformasiýalary kesgitlenýär.

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta z}{z_0}, \quad \varepsilon_2 = \frac{r^2}{r_0}, \quad \varepsilon_3 = \varepsilon_2,$$

bu ýerde  $z_0$  we  $r_0$  – silindr şekilli nusganyň ölçenýän kese kesiginiň başlangyç radiusy we uzaklyga ;  $\Delta z$  we  $\Delta r$  – deformasiýa prosessinde nusganyň ölçenýän böleginiň kese kesiginiň uzynlygynyň we radiusynyň üýtgemegini häsiýetlendirýän ululyklary;  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$  we  $\varepsilon_3$  – keseligine, tangensiallygyna we radiallygyna laýyklykda otnositel deformasiýalar.

Tejribe pursadynda jynsyn nusgasynyň deformirlenmeginde  $\Delta z$  we  $\Delta r$  ululyklary maýyşgak polat ýarym nalkanyň (nusga berkidilen) içki we daşky üstlerine ýelmenen simli tenzodatçikler (güýç ölçeýji) arkaly ölçeýär.

Dag jynsynyň derňelýän nusgasynyň ähli taraplaýyn gysylmagynda ýa-da göwrümleýin güýç goýlan ýagdaýynda deňölçegli ýa-da deňölçegsiz bolup biler.

## **7.6. Deň ölçeqli ähli taraplaýyn gysylanda dag jynsynyň häsiýeti**

Deňölçegli ähli toraplaýyn gysylmagyň şerti, ähli esasy normal güýçleriň birek birege deň bolmagy,  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ , munuň bilen baglansyklykda galtaşma güýji bolsa nola deň,  $\tau = 0$  bolmagy bolup durýar.

Deňölçegsiz ähli taraplaýyn gysylanda  $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$ , deňölçegsiz bolanda bolsa derňelýän göwrümiň diňe maýyşgak üýtgemegi bolup geçip biler. Basyşy aýrylandan soňra başlangyç göwrümi öňki ýagdaýyna geler.

Eger dag jynslary berk däl we öýjükli bolsa (mes. toýunlar, gumdaşlary we ş.m.) deňölçegli ähli taraplaýyn gysylanda göwrümiň üýtgemeginiň galmagyna seredilýär.

Şeýle ýagdaýda deňölçegli ähli taraplaýyn gysylanda jynsy emele getirýän minerallaryň we dag jynsynyň

gysylmagyny derňemek mümkin.

Minerallaryň we jynsyň gysylmagy göwrümleýin gysylmak koeffisiýentini  $\beta$  we göwrümleýin gysylma modulyňy  $K$  häsiýetlendirýär.

Göwrümleýin gysylma  $\beta$  koeffisiýenti diýip basyş  $1 \text{ kG/sm}^2$  ulanylanda göwrümiň  $V$  bagly kiçelmegine aýdylýar.

$$\beta = \frac{1}{V_0} \frac{dV}{dP}, \quad (7.6)$$

bu ýerde  $V_0$  – normal basyşda we temperaturada başlangyç göwrümi.

Göwrümleýin gysylma moduly  $K$  diýip gaty jisime ähli taraplaýyn gysylanda görkezýän garşylygyna aýdylýar. Bu modul baglylykda maýyşgaklyk moduly  $E$  bilen baglanşykly.

$$K = \frac{E}{3(1-2\mu)},$$

bu ýerde  $\mu$  – Puassonyň koeffisiýenti.

7.9-njy tablisada Adamsyň maglumatlary boýunça birnäçe minerallary we dag jynslary üçin göwrümleýin gysylma koeffisiýentleri gurylan.

Tablisa 7.9

Mineral we jyns	Aşaky basyşlarda, $\text{kG/sm}^2$ göwrümleýin gysylma koeffisiýenti $\times 10^{-6}$	
	2000	10000
Almaz	0,18	0,18
Oliwin	0,84	0,84
Demir-magneziýaly slikatlary	1,01-1,09	1,01-1,09
Kalsit	1,39	1,39
Meýdan şpatlary	1,51-1,88	1,34-1,68
Slýudalar	2,27	1,99
Kwars	2,63	2,31
Daş duzy	4,01	3,53

Granit	2,12	1,88
Siýenit	1,87	1,68
Diorit	1,62	1,49
Gabbro	1,20	1,17

7.9-njy tablisadan  $\beta$  koeffisiýentiniň köp minerallary we dag jynslary üçin  $10^{-6}$  we hatda  $10^{-7}$  deň bolýanlygy görkezilen, şeýle-de basyş  $1 \text{ kG/sm}^2$  ulananda dag jynsynyň göwrümi olaryň başlangyç göwrüminden birnäçe million ýa-da onlarça million paýy kiçelýar.

## VIII. GATLAKDAKY NEBITIŇ, GAZYŇ WE SUWUŇ FIZIKI-MEHANIKI HÄSIÝETLERI

### 8.1. Gatlakdaky nebitiň we suwuň häsiýetleri

Nebitiň häsiýetine onuň temperaturasy, basyşy, içinde garyndy gazyň mukdary (göwrümi) gaty uly täsir edýärler. Şol sebäpden nebit gatlagyň içindäki ýagdaýynda häsiýeti ýokary çykarylarda nebitiň häsiýetinden düýpgöter üýtgeşik bolýar. Beýle güýçli üýtgemese-de, gatlagyň içindäki ýagdaýynda suwuň-da häsiýeti howa ýagdaýyndakydan üýtgeşik bolýar. Gatlakdaky suwuklyklaryň häsiýetnamasy ojaklaryň işlenmeginiň shemasyna we işleýiş şertine, düzgünine gaty uly täsir edýär. Şol sebäpden nebit kânleriniň ulanylmagy barada maksatnama düzülen wagty suwuklyklaryň gatlagyň içinde wagtyndaky häsiýetine uly üns bermeli bolýar. Olar maksatnama üçin edilýän çözgütleriň deslapky maglumatlary bolýarlar.

Nebite gazyň garyndylary Genriniň kanuny tabyndyr:

$$V = \alpha \cdot P \quad (8.1)$$

bu ýerde  $V$ - nebitiň göwrüminiň birligine (rastworirlenen) garylan gazyň göwrümi,  $m^3$ ;  $\alpha$  - berlen ýylylykda gaz eredilişiniň koeffisiýenti;  $P$  - basyş, paskal (Pa).

Türkmenistanyň nebit ojaklarynyň köpüsinde deslapky basyş ýagdaýynda ýüze çenli we ondan-da köpräk  $m^3$  göwrümdäki gaz  $1 m^3$  nebitde garylan ýagdaýda saklanýar. Nebitiň içinde gaz köpeldigiçe, onuň göwrümi ulalýar, dykzylygy we şepbeşikligi peselýär.

Nebitde garylan gazyň nebitden çykyp başlaýan basyşyna nebitiň gazdoýgunly basyşy diýilýär. Onuň ululygy nebitiň we gazyň düzüminden başga, ulgamyň ýylylygyna, garylan gazyň mukdaryna, basyşyň gaçyrylmagynyň tizligine we başga birnäçe sebäplere bagly bolýar. Türkmenistanyň nebit



ojaklarynda nebitiň gazdoýgunlygynyň basyşy köplenç halatda, nebit ojaklarynyň ilkibaşdaky basyşlaryna golaýdyrlar ýa-da olardan birazrak kemräkdirler.

Gatlagyň içinde gaz garylan ýagdaýdaky suwuklygyň meňzeş ölçeg ýagdaýynda içindäki gazdan sap wagtyndaky suwuklygyň göwrümine nebitiň we suwuň göwrüm koeffisiýenti (b) diýilýär. Nebitleriň käbirleri üçin şu koeffisiýent 3,5 ýetýän wagty hem bolýar. Gatlaklaryň suwy üçin bu koeffisiýenti 1,06-dan ýokary çykmaýar.

## **8.2. Nebitiň we gazyň şepbeşikligi we dykyzlygy**

Nebitiň şepbeşikligi, esasan, onuň uglewodorod düzümine, ýylylygyna we içinde garylan gazyň mukdaryna baglydyr. Nebitiň şepbeşikligi gaty giň derejede üýtgeýär. Nebitiň içinde köp gaz siňdirilen bolsa, onuň şepbeşikligi hat-da suwuňka deň bolup biler.

Köplenç nebitiň şepbeşikligi suwuňkydan has ýokary bolýar. Eger-de nebitiň şepbeşikligi ýokary bolsa ( $\mu_n$  - 15 : 20 MPa çenli) ojaklardan nebitiň çykarylyşyny has kynlaşdyrýar. Kä halatlarda, nebiti çykarmak üçin gatлага gyzgyn suw, bug goýbermeli bolýar. Her hal bolanda-da şepbeşikliginiň köpelmegi bilen gatlagyň nebit berijiligi peselýär, kä wagtlarda 10 – 15 % çenli peselýär.

Gatlakdaky suwuň şepbeşikligi, esasan, onuň temperaturasyna bagly bolýar we minerallary ýa-da gazy içinde saklamagynda üýtgäp durmaýar. Suwuň şepbeşikligi 0,5 : 20 MPa-s çenli üýtgeýär. 20° S temperaturada suwuň şepbeşikligi 1 Pa-s. Gatlagyň suwuklyklarynyň şepbeşikligi ýokary basyşly wiskozimetr ýa-da rotasion wiskozimetr bilen ölçenýär.

Gatlakdaky we gazdan saplanan nebitleriň dykyzlyny köp halatda 700 - 1000 kg/m<sup>3</sup> aralygynda üýtgeýär.

Minerallaryň, duzlaryň güýçli konsentraziýasy bolan wagtynda gatladaky suwlaryň dykyzlygy 1450 kg/m<sup>3</sup> ýetip bilýär.

## **Gatlakdaky energiýanyň çeşmeleri we onuň nebit çykarylyşynda ulanylyşy**

Nebitiň guýulara akymy basyşyň üýtgemesi ýa-da gatlagla düşýän depressiýa diýlip atlandyrylýan gatlagyň we guýynyň düýbündäki basyşlaryň tapawudy bilen kesgitlenýär. Basyşyň üýtgemesi guýular arkaly çykarylýan nebitiň möçberine, gatlagyň we ondaky suwuklygyň geologiýa-fiziki häsiýetlerine baglydyr.

Nebit gatlagynyň guýular bilen birlikde özara baglanyşykly gidrodinamiki ulgamy düzýändigini tejribede we teoriýa arkaly belli edilen. Şonuň bilen bir hatarda nebit çykaryjy guýularyň täsiri gatlagyň diňe nebitdoýgunly bölegine täsir etmän, ony gurşap alan zarply suw ulgamynyň çetine çenli ýaýraýar.

Bu ýerden energiýanyň görnüşlerini we olaryň jemlenen güýjüni we ojakdaky hereket edýän we nebitiň guýularyň düýbüne tarap akymyny üpjün edýän güýçleri, бүтүн ýatagyň we ony gurşap alan bölekleriň gurluşyny hem-de suwuklyklaryň we nebit gatlagynyň dag jynslarynyň häsiýetlerini göz önüne alyp seredilmeginiň zerurlygy gelip çykýar.

Nebitiň guýularyň düýbüne tarap akymyna täsir edýän gatlak energiýasynyň çeşmeleri bolup nebit ýatagyny gurşap alan onuň suwly böleginiň basyşynyň energiýasy, erkin we basyşyň peselmesi netijesinde nebitden bölünip aýrylýan ergin gazyň energiýasy, gatlagyň we suwuklygyň maýyşgaklygynyň energiýasy, nebitiň özüniň agyrlyk güýji bilen şertlenen energiýa bolup hyzmat edýär. Nebit ojaгыnyň ulanylýan döwründe gatlagyň energiýasy nebitiň gatlakdaky hereketine suwuklyklaryň içki sürtülme güýçleri we olaryň dag jynsyna sürtülmesi bilen baglanyşykly döreýän garşylykly täsir edýän güýçleri ýeňmeklige sarp edilýär.

Gatlagyň energiýasynyň bir bölegi suwuklygy ýokary galdyrmak üçin peýdaly işe, gazyň we suwuklygyň

garyndysynyň turbalardaky hereketinde döreýän sürtülme güýçleri, gazyň suwuklykdaky typmasyny ýeňmeklige sarp edilýär. Eger-de gatlagyň we giňelýän gazyň energiýasy suwuklygy guýularyň başlangyjyna çenli ýetirmek üçin ýeterlik bolsa, onda gatlagyň tebigy energiýasynyň hasabyna guýular çüwdürim (fontan) usulynda işleýärler. Eger-de, guýularyň bu usulda işlemegi üçin tebigy energiýa ýeterlik bolmasa, onda goşmaça energiýany daşyndan bermeli bolýar (ýeriň üstünden suwuň we gysylan gazyň energiýasyny guýa kowma usuly we beýlekiler).

### **8.3. Nebit ojalarynyň iş düzgünleri**

Nebit ojagynyň özleşdirilýän döwründe gatlak energiýasynyň agdyklyk edýän görnüşiniň ýüze çykmasyna ojagyň iş düzgüni diýilýär.

Nebitiň gatlak boýunça energiýanyň haýsy görnüşiniň täsiri esasynda hereket edip guýulara gelip düşýändigine baglylykda ojagyň iş düzgünleriniň aşakdaky görnüşli atlandyrylýarlar: suwuň basyşynyň energiýasy, suwuň basyşynyň maýyşgak energiýasy, gazyň basyşynyň energiýasy, ergin gaz we agyrlık güýji (grawitasion) iş düzgünleri.

Gatlagyň iş düzgüni tebigy şertler hem-de ojagy özleşdirmeginiň we ulanmagyň emeli usulynda döredilýän şertler esasynda dörap biler.

Ol kop babatda gatlakdan suwuklygyň alnyp çykarylýan mukdarynyň depginine we ojalary özleşdirmeginiň dowamynda geçirilýän emeli çäreler (gatlagda işçi agentleriniň kowma we beýleki usullara) baglydyr.

**Suwuň basyşynyň energiýasynyň iş düzgüni.** Bu düzgün nebitiň gatlak boýunça akymynyň nebit çykaryjy guýulara gelip düşmegini ojagy gurşap alan çetki we dabany suwuň basyşynyň energiýasy (napory) esasynda amala aşyrylýan we ojakdan çykarylýan suwuklygyň öwezini suw doldurýan bolsa ýüze çykarýar. Nebit ojalary bu iş

düzgüninde özleşdirilende gatlagyň basyşy ilki pese gaçyp, wagtyň geçmegi bilen, suwuklygyň ojaklardan çykarylşynyň durnuklaşan ýagdaýynda basyşyň peselişi hem durnuklaşýar. Eger-de guýularyň düýbündäki (zaboýyndaky) basyş üýtgedilmän saklansa, onda bu iş düzgüninde basyşyň peselmesiniň depgininiň durnuklaşmagy bilen baglylykda guýularyň debitleri hem uzak wagtyň dowamynda durnukly saklanýarlar. Şunuň bilen bir hatarda gatlagyň basyşy tä doýgunlyk basyşdan pese düşýänçä gaz faktory hem özüniň durnuklylygyny saklaýar.

**Suwuň basyşynyň maýyşgak energiýasynyň iş düzgüni.** Bu iş düzgüni suw basyşynyň energiýasynyň iş düzgüniň görnüşleriniň biri bolup, suwuklyk nebit çykaryjy guýulara diňe çetki suwlaryň basyşynyň energiýasy esasynda gelip düşmän, eýsem suwuklygyň (nebitiň we suwuň) we dag jynsynyň maýyşgaklyk häsiýetleriniň hasabyna hem amala aşýar.

Guýulary ulanmagyň ilkinji döwründe basyşyň has köp pese gaçmagy - bu düzgüniň esasy aýratynlygydyr. Ojagy özleşdirmegiň dowamynda ondan çykarylýan suwuklygyň mukdary durnukly bolan ýagdaýynda basyşyň peselişiniň depgini hem kemelýär. Guýularyň düýbündäki basyşyň durnukly saklanan ýagdaýynda olaryň debitleri özleşdirmegiň ilkinji pursatlarynda pese düşüp, soň olaryň wagt boýunça üýtgeýän egri çyzygy ýapgyt häsiýete eýe bolýar, gaz faktory bolsa suw basyşynyň energiýasynyň iş düzgüninde bolşy ýaly gatlagyň basyşy tä doýgunlyk basyşdan pese düşýänçä özüniň durnuklylygyny saklaýar. Ojagyň bu iş düzgüni maýyşgak sygymlylygynyň gory ýokary bolan uly suwdoýgunly meýdany bar bolan gatlaklar bilen baglanşyklydyr.

### **Gaz basyşynyň energiýasynyň iş düzgüni.**

Özüniň ýokarky böleginde "gaz telpegi" diýlip atlandyrylýan erkin gazyň toplumyny saklaýan nebit ojagyndan

önüm alnanda ondaky basyş peselip başlaýar. Basyşyň peselmegi "gaz telpeginiň giňelmegine we giňelen gazyň nebiti ojagyň aşaky bolegine itermegine getirýär.

Eger-de gatlak boýunça nebitiň guýularyň düýbüne gelip düşmeginde esasy hereketlendiriji güýç bolup "gaz telpeginniň" giňelmegi we erkin gazyň basyş güýji (napory) hyzmat edýän bolsa onda bu nebit ojagy gaz basyşynyň energiýasynyň iş düzgüninde özleşdirilýär diýilýär. Gazyň şepbeşikliginiň nebitiňkä garanda has az bolmagy onuň gaz - nebit kontaktyna golaý ýerleşen guýulara çalt gelip düşmegine getirýär. Şunlukda gaz faktory ( $1 \text{ m}^3$  nebit bilen çykarylýan gazyň göwrümi) artýar. Munuň özi "gaz telpeginiň" gazynyň energiýasynyň çalt sarp edilmegine we erkin gazyň iteriji güýjüniň netijeliliginiň peselmegine getirýär.

**Ergin gaz iş düzgüni.** Ojagyň bu iş düzgüninde esasy hereketlendiriji güýç bolup nebitdäki ergin gaz hyzmat edýär. Nebit ojagy işe girizilmezinden öň nebit we gaz gatladakda bitewi termodinamiki ýagdaýynda ýerleşendir. Eger-de nebit ojagy "gaz telpegini" saklamaýan bolsa we ojagyň özleşdirilmegine täsir edip biljek suw basseýni ýok bolsa, onda ojakdan nebitiň çykarylýp başlan pursatyndan başlap ondaky basyş peselip, doýgunlyk basyşdan (gazyň nebitde ergin görnüşde bolan basyşy) aşak düşse gazyň käbir bölekleri nebitiň düzüminden çykyp başlaýar. Nebitiň düzüminden çykan gazyň bir bölegi giňelip nebiti öýjükli giňişlikden gysyp çykaryp ony pes basyşly zolaga- guýularyň düýbüne hereketlendirse, beýleki bölegi ýokary tizlikde hereket edip nebiti özi bilen birlikde guýulara getirýär.

Nebit ojagynyň bu iş düzgüniň özleşdirilýän wagtynda gatlagyň basyşy çalt pese düşýär, gaz faktory bolsa ilki artyp iň ýokary derejä (maksimuma) ýetýär we soň peselip başlaýar. Şunuň bilen baglanyşykda ergin gazyň gory çalt sarp edilýär. Bu düzgüniň netijeliligi pesdir, ojagyň nebit berijilik koeffisiýenti 0,15-0,3-den geçmeýär.

**Agyrlyk güýjüniň (grawitasion) iş düzgüni.** Nebit

gatlagynyň potensial energiýasynyň görnüşleriniň biri hem agyrlyk guýji bilen baglansykdaky energiýadyr. Ähli nebit saklaýjy dag jynslary kese tekizlige käbir burç bilen ýapgytlanandyr. Şunuň bilen baglansykdaky ojaýy özleşdirmegiň dowamynda nebit agyrlyk güýjüniň täsiri esasynda gatlaklaryň gurluşy boýunça aşaklygyna süýşmäge ymtylýar. Nebiti özünde saklaýan gatlagyň ýapgyt burçy näçe ýokary bolsa ondaky nebit şonça-da agyrlyk güýjüniň ýokary bolan energiýasyna eýedir. Käbir halatlarda nebiti guýulara tarap hereketlendiriji ýeke-täk güýç bolup agyrlyk güýji hyzmat edýär.

Eger-de nebit ojaýynyň iş düzgüninde agyrlyk güýjüniň energiýasy agdyklyk edýän bolsa, onda ol ojak grawitasion iş düzgüninde özleşdirilýär diýilýär.

Nebit çykarmagyň tejribesinde ojaýy özleşdirmegiň bütin dowamynda şol bir iş düzgüninde ulanylýan ojaklar az duş gelyärler. Köplenç ojaklar gatyşyk iş düzgüninde özleşdirilýärler.

Ilki ergin gazyň iş düzgüninde özleşdirilýän ojaklar suwuň basyşynyň energiýasynyň iş düzgünine geçip biler ýa-da käbir ojaklarda nebit-suw kontaktyna golaýdaky guýulara nebit çetki suwlaryň naporynyň hasabyna, ojaýyň ýokary bölegindäki guýulara bolsa nebit "gaz telpegininiň" giňelmesiniň netijesinde döreýän energiýanyň hasabyna gelip düşüp biler we ş.m. Emma käbir geologiki şertlere we ýatagy ulanmagyň şertlerine baglylykda energiýanyň haýsy-da bolsa bir görnüşiniň agdyklyk etmegi zerarly ojak belli bir iş düzgünlerinde özleşdirilip bilner.

Ýatagyň energiýasynyň ýüze çykmagy onuň geologiýa gurluşynyň we ulanyşynyň aýratynlyklary bilen şertlenendir. Nebit we nebitgaz ýataklaryny ulanmagyň energetiki şertleri gatlakdaky hereketlendiriji we hereket saklaýjy güýçleri ýüze çykmasyny kesgitleýärler.

Şunlukda tebigy we ýatagy ulanmagyň şertlerine baglylykda nebiti gatlak boýunça hereketlendiriji güýçler bolup

aşakdaky hyzmat edýär:

- çetki suwlaryň bady (zarbasy, güýji);
- suwuklygyň we dag jynsynyň maýyşgaklygy;
- gysylýan gazyň basyşy;
- nebitdäki ergin gazyň giňelmesi;
- nebitiň agyryk güýji;

Günbatar Türkmenistanda häzirki döwürde özleşdirmegiň dürli döwürlerinde bolan 10-dan gowrak nebit we nebitgaz kânleri ulanylýar. Bu kânleriň çylşyrymly gurluşy bar, önümlü gatlaklar dürli ýaşdaky çökündilere gabat gelýär we olar geologiýa-önümçilik häsiýetleri bir-birinden has tapawutlanýarlar.

Ojaklarynyň görnüşleriniň, ölçegleriniň, energetiki we önümlilik häsiýetleriniň dürli-dürli bolmagy bu kânleriň çylşyrymly geologiýa gurluşy bilen şertlenendir.

Guýalary burawlamagyň esasynda hazar, baku, apşeron, akçagyl we gyzyrreňk gatynyň çökündileri açylandyr.

Nebit we gaz ýataklary apşeron, akçagyl we gyzyrreňk gatlaklarynyň çökündilerine gabat gelip, brahiantiklinal gatlaklara (epinlere, skladkalara) degişlidir.

Günbatar Türkmenistanyň nebit ýataklarynda gatlagyň iş düzgüniň (režiminiň) ýüze çykmasyň häsiýetine esasan aşakdaky ýagdaýlar täsir edýär:

-galyňlyklary we geologiýa-fiziki häsiýetleri boýunça bir-birinden tapawutlanýan köp sanly nebitli gatlagy bolan çäge-toýunly çökündileriň bir meňzeş gatynyň galyňlygynyň uly bolmagy;

- antiklinal gurluşlaryň we olara gabat gelýän nebit ýataklarynyň ölçegleriniň ýokary bolmagy;
- gatlaklaryň düşme burçlarynyň ululygy;
- nebitiň ýokary gazdoýgunlygy;
- gatlagyň başdaky basyşynyň gidrostatik basyşdan ýokary bolmagy (1,3-1,4 esse);

-doýgunlyk basyşyň başlangyç basyşa golaý bolmagy.

Günbatar Türkmenistanyň ýataklarynyň gatşyk

düzgünde (kadada) işlemegi ýokarda bellenen aýratynlyklar bilen şertlenendir. Muňa ulanmagyň ahyrky döwründe işleýän Gumdag ýatagy mysal bolup biler.

Gumdag kâniniň ojaklarynyň köpüsiniň iş düzgünleri gatyşyk düzgünlerdir. Muňa doýgunlyk basyşyň başlangyç basyşa golaý bolmagy hem täsir edýär.

Çetki suwlaryň işjeňliginiň duýulmazlygy ojaklardaky basyşyň doýgunlyk basyşdan has pese düşmegine getirýär. Netijede ulanmagyň başky döwründe ojaklar, esasan, ergin gazyň maýyşgak giňelmesiniň hasabyna işleýär.

Bu döwrüň dowamlylygy geologiýa aýratynlyklar bilen baglanyşykly bolup, 2-6 ýyla çekýär. Ulanmagyň soňky döwürlerinde ojaklaryň iş düzgünleri suw basyşly düzgün bilen utgaşmagyna - gatyşyk düzgüne geçýär.

Günbatar Türkmenistanyň esasy kânleri bolan Goturdepede we Barsagelmez ojaklary özleriniň geologiýa gurluşy, kollektor häsiýetleri, nebit, gaz we suw doýgunlygy, energetiki aýratynlyklary bilen häsiýetlenýärler.

Bu kânleriň nebitli gatlaklary güýçli, zarbaly suw ulgamy bilen baglanyşyklydyr. Olaryň başdaky basyşlary gidrostatik basyşdan ýokarydyr. Kese tektonik bozulmalar bilen köp sanly bölekler bölünen. Bu bölekler öz konfigurasiýasy bilen açyk, ýarym açyk we ýapyk bölekler bölünýärler.

Açyk bloklar ojagy gurşap alan suw ulgam bilen doly baglanyşykly, galan bloklaryň gatnaşygy basyş has pese düşende we olardaky basyşlaryň tapawudynyň belli bir derejeden artmagy bilen bolup geçýär. Başlangyç basyş bilen doýgun basyşyň tapawudynyň az bolmagy sebäpli, maýyşgak düzgüniniň (kadanyň) döwri köp däl.

Bularyň özi ojaklaryň ulanyşynyň düzgüniniň üznüksiz çalyşmagyna, ýagny maýyşgak düzgüniň ergin gazyň giňelme düzgünine geçmegine we ondan soňky döwürlerde bolsa, ergin gazyň giňelme düzgüni bilen suň güýjüniň düzgüniniň utgaşmagyna - gatyşyk düzgüne getirýär.

Bu düzgün ýokarky gyzyk reňkiň gorizontlary üçin



häsiýetlidir, apşeronyň, akçaгыlyň we aşaky gyzyl reňkiň gorizontlarynda ergin gazyň düzgüni agdyklyk edýär.

Nebit-gaz ojaklaryny ulanmagyň düzgünleri "gaz telpegininiň" gazynyň energiýasynyň ýüze çykmagy bilen has-da çylşyrymlaşýar.

Ojaklaryň çylşyrymly gurluşy düzgüniň ol ýa-da beýleki görnüşiniň ýüze çykmagyna tilsimat ýagdaýlarynyň, ýagny ojakdaky buraw işleriniň tertibiniň we depgininiň, nebitiň, suwuň, gazyň çykarylyşynyň depgininde, basyşyň peselişiniň depgininiň hem-de beýlekileriň has uly täsir etmegini şertlendirýär.

#### **8.4. Tebigy gazyň düzümi we fiziki-himiki häsiýetleri**

Tebigy gazlaryň birnäçe fiziki häsiýetlerini kesgitlemek üçin hal-ýagdaý deňlemeli ulanylýar.

Ýagdaý deňlemesi diýilip, ýönekeý we çylşyrymly jisimleriň parametrleriniň arasyndaky üýtgemekligiň analitiki arabaglanşygyna aýdylýar. Şeýle parametrler hökmünde basyş, göwrüm we temperatura ulanylýar.

Mendeleyew we Kláýpeýron ideal gazlaryň ine şu ýagdaý deňlemesini teklip etdiler:

$$PV = GRT \quad (8.1)$$

Nirede:

P - absolýut basyş, (Pa);

V - göwrüm, m<sup>3</sup>;

G - jisimiň agramy, kg;

T - absolýut temperatura K;

R - udel gaz hemişeligi, J/(kg·K).

Molekulalarynyň arasynda arabaglanşyk bolmadyk we gazyň molekulalarynyň göwrümi gazyň tutýan göwrüminden kiçi bolan gazlara, ideal gazlar diýilýär.

Termodinamiki nukdaý nazardan seredeninde şu aşakdaky deňlige dogry gabat gelýän gazlara ideal gazlar diýilýär.

$$(\partial E / \partial V)_T = 0 \quad (8.2)$$

nirede

E - buga öwrülmänin içki energiýasy, J/mol.  
ýa-da real gazyň aşa gysyjylyk koeffisiýenti

$$Z = PV / (GRT) = 1 \quad (8.3)$$

deň bolan gazlara hem ideal gazlar diýilýär.

(8.1) denlemänin tejribe barlagy, real gazlaryň häsiýetleriniň üýtgemegini (8.3) deňleme bilen kebşirläp bolmaýandygyny görkezdi.

1879-nji ýylda Wan-der-Waals gazyň molekulasyň hususy göwrümini hem-de olaryň özara dartyş güýçlerini nazarda tutmagy teklipe edip Mendeleýew-Klaýpeýronyň deňlemesine goşmaça çenleri girizdi:

$$\left( P + \frac{a}{g^2} \right) (g - b) = RT \quad (8.4)$$

nirede

$g = V / G$  - gazyň udel göwrümi, m<sup>3</sup>/kg;

a - molekulalaryň baglanşyk hemişeligi, Pa·m<sup>6</sup>/kg<sup>2</sup>;

b - molekulanyň hususy göwrümine düzediş, m<sup>3</sup>/kg.

(8.4) deňlemedäki a / g<sup>2</sup> goşulyjy V göwrümdäki hemme molekulalaryň özara dartyş güýjüne deň bolan iş basyşa aňladýar. Ol daşky basyşa goşulýar.

Şeýle hem Wan-der-Waals bug görnüşli molekulanyň hususy göwrümine girizen b düzedişi, molekulanyň göwrüminiň dört essesine deňdigini tassyklady.

(8.4) – deňleme - takmynandyr, a we b koeffisiýentler hakykatdanam, gazyň molekulasyň görnüşiniň, temperaturasynyň we göwrümiň çylşyrymly funksiýalarynyň subutnamasydyr.

Jisimiň bir wagtda suwuk we gaz ýagdaýyndaky arabaglanşygyny ulanyp:

$$(dP / dV)_{T_{kr}} = (d^2P / dV^2)_{T_{kr}} = 0 \quad (8.5)$$

a we b koeffisiýentleri jisimiň bir haldan beýleki hala geçişi ýagdaýyndaky  $P_{kr}$  basyşyň we  $T_{kr}$  - temperaturanyň üsti bilen aňladýarlar:

$$a = 27 T_{kr}^2 R / (64 P_{kr}^2); \quad b = RT_{kr} / (8 P_{kr}) \quad (8.6)$$

$$R = PV / T = (0,1013 \cdot 9,81 \cdot 104 \cdot 22,41) / 273 = \\ = 8314,3 \text{ J / mol} \cdot \text{K}$$

Arassa jisimiň geçiş temperaturasy - bu maksimal temperatura bolup, suwuk we bug fazalary entäk deň agramly ýagdaýda mahalynda ýa-da molekularyň özara dartýş potensial energiýasynyň ortaça molekulýar kinetiki energiýa bilen deňlesmesidir. Mundan ýokary temperaturada suwuk fazanyň doly buga öwürülmek prosessi amala asýar.

Geçiş temperaturadaky bugyň basyşyna geçiş basyşy diýilýär. Jisimiň göwrüminiň, jisimiň 1 mol ýa-da agram birligine bolan gatnaşygyna geçiş ýagdaýyň udel göwrümi diýilýär.

Suratda arassa jisim üçin basyşyň temperatura bilen gatnaşygy (arabaglanşygy) görkezilen (doýgun buglaryň maýyşgaklygy).

Wan-der-Waalsyň ýagdaý deňlemesi (8.1) deňleme bilen deňeşdireniňde takykdyr, ýagny ol deňleme real gazlaryň 10 MPa basyşa we 283-den 293 K temperatura aralygynda üýtgeýän häsiýetlerini hasaplamagy ukyply. Ýöne Wan-der-Waalsyň deňlemesi tebigy gazlaryň gaz kânlerindäki köp komponentli garyndylaryň häsiýetleriniň üýtgemegini san taýdan hasaplamaga mümkinçilik bermeýär.

Ylmyň we tehnikanyň ösüşi tebigy gazlaryň alynýan döwründe 100 MPa basyşa we 573 K temperatura çenli, gaýtadan işlenilýän döwründe 20 MPa basyş we pes

temperaturasy 93 K çenli ýagdaýda olaryň häsiýetleriniň üýtgeýşini hasaplamak üçin has takyk ýagdaý deňlemesini talap edýär. Meseläniň gözgüdi iki ugury ýüze çykardy:

1. 8.1 deňlemä, real gazyň ideal gazdan aratapawudyny göz önünde tutýan Z düzgiş koeffisiýentini girizmegi ýagny

$$PV = ZGRT$$

2. Ideal gazyň ýagdaý deňlemesine köp san hemişeliklerini goşmaklygy, a we b san hemişelikleriniň dürli parametrlr bilen ( $T_{kr}$ ;  $T$ ;  $\omega$ ) arabaglansyklaryny takyklamak. Şeýlelikde baş hemişelikli Britži-Brižmeniň, sekiz hemişelikli Benedikt-Webba-Rubiniň we başgalaryň hal-ýagdaý deňlemeleri peýda boldylar. Bu iki ugurda ýörite geçeliň: D.Braun we D.Kats özleriniň real gazlaryň ideal gazlaryň kanunyndan gyşarma Z koeffisiýentini (gysylma we aşa gysylma koeffisiýentini) öwrenmeklikde geçiren tejribelerine salgylanyp, şeýle netijä geldiler, ýagny dürli tebigy gazlaryň parametrleri ( $T_{get}$ ;  $P_{get}$ ) bir meňzeş bolsa, onda olaryň fiziki häsiýetleri ( $Z$ ,  $\rho$  we başgalar) bir bolup gazlar özlerini bir meňzeş ýagdaýda alyp barýarlar.  $Z = Z ( P;T )$ . Gazyň ýagdaýynyň hakyky parametrleriniň (basys, absolýut temperatura, göwrüm, dykzlyk, gyşarma koeffisiýenti) geçeni ýagdaýyndan näçe esse uludygyny ýa-da kiçidigini görkezýän ölçegsiz ululuga indiividual komponentiň geçirme parametri diýilýär.

$$P_{get} = P / P_{kr}; \quad T_{get} = T / T_{kr};$$

$$V_{gr} = V / V_{kr}$$

$$\rho_{gt} = \rho / \rho_{kg}; \quad Z_{get} = Z / Z_{kr}$$

Real tebigy gazlar birnäçe uglewodorod we uglewodorod däl komponentli ýönekeý hem-de çylşyrymly gazlaryň garyndysydyr, ýönekeý gazlaryň molekulalary sfera görnüşli bolup (metan, geliý, argon, kripton, ksenon we

başgalar), çylşyrymly gazlaryň hem-de suwuklyklaryň molekulalary sferadäl görnüşlidirler.

Ýönekeý gazlar üçin, molekulalaryň sferiki merkezlerini birikdirýän, göni çyzyk boýunça hereket edýän dartys güýji, olaryň arasyndaky meziliň altynjy derejesine göni proporsionaldyr.

Çylşyrymly gazlaryň we suwukluklaryň dürli toparly molekulýar jubitleriň merkezleriniň arasyndaky dartys (itekleyiş) güýçleri diňe bir molekulalaryň merkezleriniň arasyndaky dartys güýçleri diýip göz önünde getirmeli däl. Başga merkezleşdirilmedik güýçleri hasaba almak üçin asentrik faktor  $\omega$  girizilýär. Ol - klassiki iki parametrli gatnaşyk ýagdaýyny kesgitleýän teorema, tebigy gazyň aşagysyýy koeffisiýentiniň öz bahasyndan üýtgemekligini görkezýän, getirme basyşy we temperaturasyndan soňky üçünji parametrdir.

$$Z = Z(P_{\text{get}}, T_{\text{get}}, \omega) \quad (8.7)$$

ýa-da

$$Z_{\text{gr}} = Z_0(P_{\text{get}}, T_{\text{get}}) + Z_1(P_{\text{get}}, T_{\text{get}}) \cdot \omega_{\text{gr}} \quad (8.8)$$

niredde

$Z_0(P_{\text{get}}, T_{\text{get}}) - P_{\text{get}}$  we  $T_{\text{get}}$  bilen kesgitlenýän ýönekeý gazyň aşagysyýy koeffisiýenti.

## 8.5. Tebigy gazyň düzümi we onuň klassifikasiýasy

Arassa gazly, nebit we gazkondensatly kánlerinden alynýan tebigy gaz, umumy formulasy  $C_nH_{2n+2}$  bolan metanyň gemologogiki hatarly uglewodorodlardan we uglewodorod däl komponentlerden: azotdan ( $N_2$ ), kömürturşy gazdan ( $CO_2$ ), kükürtli wodorotdan ( $H_2S$ ), inert gazlaryndan (geliý, argon, kripton, ksenol) hem-de simapdan durýar. Uglewodorodyň molekulasyndaky uglerod atomynyň sany  $n$ -17-den 40 çenli eýlenmegi mümkin.

Metan ( $CH_4$ ), etan ( $C_2H_6$ ) we etilen ( $C_2H_4$ ) adaty şertlerde ( $P=0,1$  MPa;  $T = 273$  K) real gazlar hasap

edilýär.

Propan ( $C_3H_8$ ), propilen ( $C_3H_6$ ), izobutan (i- $C_4H_{10}$ ), adaty butan (n-  $C_4H_{10}$ ), butilen ( $C_4H_8$ ) atmosfera şertlerinde gazgörnüşli halda bolup basyşyň ulalmagynda bolsa olar suwuk hala öwürilýär. Olar suwuk (gysylýan we gysylan) uglewodorod gazlaryň düzümini girýärler.

Izopentandan (i-  $C_5H_{12}$ ) başlap beýleki uglewodorodlar atmosfera şertlerinde suwuk halda bolup, olar benzin fraksiýalarynyň düzümine girýärler. Molekulalarynda uglerodyň atomy 18 we ondan hem köp uglewodorodlar ( $C_{18}H_{38}$ ) atmosfera şertlerinde gaty halda duş gelýärler.

Aşakda gury gazyň, gysylan gazyň we gaz benzininiň düzümleri getirilen:

Düzümi	Garyndysy
Metan, etilen, etan	gury gaz
Propan, propilen, izobutan, adaty butan, butilen	gysylan gaz
Izopentan, adaty pentan, amilenler geksan	Benzin

Tebigy gazlar 3 topar bölünýär:

1. Arassa gaz kánlerinden alynýan gazlar. Olar düzümi agyr uglewodorodlardan arassa gury gazlardy.

2. Nebit bilen alynýan gazlar. Bu gazlar gaz benzini, propan-butan fraksiýaly (gysylan gaz) we arassa gury gazyň garyndylarydyr.

3. Kondensatly gaz kánlerinden alynýan gazlar. Olaryň düzümi gury gazdan we suwuk uglewodorod kondensatlaryndan ybarat. Uglewodorod kondensatlarynda köp mukdarda agyr uglewodorodlar bolup, ondan benzin, kerosin, ligroin we ýaglaýjy fraksiýalary bölünip alynýar.

8.1-8.3-nji tablisalarda arassa gaz kánlerinden, nebitli we kondensatly kánlerden alynýan tebigy gazyň mukdary getirilen.

Gazgeneratorlarda, rertalarda we dürli peçlerde uly temperaturanyň we basyşyň täsiri astynda, gaty ýangyçlardan emeli gazlar hem alynýar.

Arassa gaz kâninden alynýan tebigy gazda komponentleriň mukdary (göw. %)

8.1-nji tablisa

Känler	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12+</sub>	N <sub>2</sub> +R <sup>**</sup>	CO <sub>2</sub>	Otnos itel dykyz -lygy
Dr.-Stawropol	98,90	0,29	0,16	0,05	-	0,40	0,20	0,56
Medwež iý*	98,78	0,10	0,02	-	-	1,00	0,10	0,56
Urengoý *	98,84	0,10	0,03	0,02	0,01	1,70	0,30	0,56
Şatlyk	95,58	1,99	0,35	0,10	0,05	0,78	1,15	0,58

Nirede \* - senoman gaz gatlagy;

\*\* - inert gazlary (geliý, argon, krypton, ksenon)

Nebit kâninden alynýan nebit gazynyň komponentleriň mukdary (göw. %)

8.2-nji tablisa

Känler	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12+</sub>	N <sub>2</sub> +R <sup>**</sup>	CO <sub>2</sub>	Otnos itel dykyz -lygy
Bowlin	35,0	20,7	19,9	9,8	5,8	8,4	0,4	1,181
Pomaskin	38,8	19,1	17,8	8,0	6,8	8,0	1,5	1,125

Samotlor (B-8)	53,4	7,2	15,1	8,3	6,3	9,6	0,1	1,010
Uzen (XIII)	50,2	20,2	16,8	7,7	3,0	2,3	-	1,010

Kondensatly gaz kánlerinden alynýan tebigy gazyň  
komponentlerinin mukdary (göw. %)

8.3-nji tablisa

Kánler	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12+</sub>	N <sub>2</sub> +R <sup>**</sup>	CO <sub>2</sub>	Otnositel dykyzlygy
Wuktyrm	74,80	8,70	3,90	1,80	6,40	4,30	0,10	0,882
Orenburg*	84,00	5,00	1,60	0,70	1,80	3,5-4,9	0,5-1,7	0,68-0,70
Yamburg (BU-8)	89,67	4,39	1,64	0,74	2,36	0,26	0,94	0,713
Urengoy BU-8	88,28	5,29	2,42	1,00	2,52	0,48	0,01	0,707
Urengoy BU-14	82,27	6,56	3,24	1,49	5,62	0,32	0,50	0,813
Astrahan**	47,48	1,92	0,93	0,66	3,08	1,92	21,55	1,063

\* 1,3 - 5% H<sub>2</sub>S

\*\* 22,5% H<sub>2</sub>S



**Uglewodorod gazlaryň fiziki-himiki häsiýetleri**  
Alkanlaryň fiziki-himiki häsiýetleri

8.4-nji tablisa

Görkezijiler	Metan	Etan	Propan	Izobutan	Adaty butan	Izopentan	Adaty pentan	Geksan
Himiki formulasy	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Molekulýar agramy	16,043	30,070	44,097	58,124	58,124	72,51	72,51	86,178
Uglewodorodlaryň agram mukdary (%)	74,8	79,96	81,80	82,66	82,66	82,23	83,23	83,62
Gaz hemişeligi Ž/(kg·K)	521	278	189	143	143	115	115	96
0,1013 MPa basyşda ereýiş temperaturasy, °S	-182,5	-172,5	-187,5	-145	-135	-160,6	-129,7	-95,5
0,1013 MPa basyşda gaýnamaklyk temperaturasy, °S	-161,3	-88,6	-42,2	-10,1	-0,5	+28	+36,2	+69
Geşiş parametrleri: - temperatura, K - absolýut basyş, MPa - dykzlygy, kg/m <sup>3</sup> - udel göwrümi, m <sup>3</sup> /kg	190,7 4,7 162 0,0062	306,2 4,9 210 0,0047	369,8 4,3 225,5 0,0044	407,2 3,7 232,5 0,0043	425,2 3,8 225,2 0,0044	461 3,3 - -	+70,4 3,4 232 0,0043	508 3,9 - -
0,1013 MPa basyşda we 0°S temperaturada gazyň dykzlygy, kg/m <sup>3</sup>	0,717	1,344	1,967	2,598	2,590	3,220	3,220	3,880
Gazyň howa garanyndaky otnositel dykzlygy, kg/m <sup>3</sup>	0,5545	1,038	1,523	2,007	2,007	2,488	2,488	2,972
0,1013 MPa basyşda we 273 K temperaturada, suwuklugyň bugarmasyn-dan soňra galan gazyň göwrümi, m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	442,1	311,1	272,9	229,4	237,5	204,6	206,6	182
0,1013 MPa basyşda we 0oS gazyň udel göwrümi, m <sup>3</sup> /kg	1,400	0,716	0,510	0,385	0,385	0,321	0,321	0,258
Tgaý we 0,1013 MPa basyşda suwuk ýagdaýyndaky dykzlygy	416	546	585	582	600	625	637	664

1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,1013 MPa basyşda we 273 K temperaturada gazyň udel ýylylyk sygymy, J/(kg.K): - Cr hemişelik basyşda	2220	1729	1560	1490	1490	1450	145 0	141 0
- Cv hemişelik göwrümde	1690	1430	1350	1315	1315	1290	1290	1272
273 K temperaturada gazyň ýylylyk sygylranyň gatnaşygy	1,310	1,198	1,161	1,144	1,144	1,121	1,121	1,113
0,1013 MPa basyşda bugarmaklyk ýylylygy, kJ/kg	570	490	427	352	394	357	341	341
0,1013 MPa basyşda eremeklik ýylylygy, kDž/kg	60,8	95,2	80,1	77,6	75,5	70,9	46,3	151,5
273 K temperaturada ýylylyk geçirijiligi, Wt/(m.K)	0,299	0,0181	0,0148	0,0135	0,0133	0,0128	0,0128	-
Oktan sany	125			99	91			-
0,1013 MPa basyşda we 288 K temperaturada ýanma ýylylygy, MDž/kg: -ýokarky`	55,7	52	49,9	49,5	49,5	49,3	49,3	48,7
- aşaky	50,2	47,4	46,4	45,7	45,7	45,4	45,4	45,2
0,1013 MPa basyşda we 288 K temperaturada ýanma ýylylygy, mDž/kg: -ýokarkysy	37,3	66,2	93,9	121,7	121,7	150	150	178,2
- aşakysy	33,6	60,4	86,3	108,6	108,6	134	134	158,5
Gazyň ýanmagy üçin gerek bolan howanyň mukdary: - m3/m3	9,54	16,67	23,82	30,97	30,97	38,11	38,11	45,26
- kg/kg	17,22	16,10	15,65	15,43	15,43	15,30	15,30	15,21
Howada öz-özünden ot almaklyk temperaturasy, oS	537	472	466	405	405	309	309	247

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ýanmaklygyň teoretiki temperaturasy, oS	1830	2020	2043	2057	2057	208	2090	2090
Ot almaklygyň çäkleri, umumy, %: - aşakysy	5,3	2,9	2,1	1,9	1,9	1,4	1,4	1,2
-ýokarkysy	15	15	9,5	9,1	9,1	7,8	7,8	7,5
0,1013 MPa we 273 K temperaturada dinamiki şepbeşiklik koeffisiýenti, mkPa.s	10,3	8,3	7,5	6,9	6,9	6,2	6,2	5,9
Gysysmaklygyň geçiş koeffisiýenti, Zgeç	0,290	0,285	0,277	0,283	0,274	0,268	0,269	0,264
Geçiş mol göwrümi Vgeç, sm <sup>3</sup> /mol	99,5	148	200	203	255	308	311	368
Asentriki faktor, ω	0,013	0,105	0,152	0,192	0,201	0,208	0,252	0,290

## 8.6. Gaz garyndylary dykzlygy

Jisimiň göwrüm agramy ýa-da dykzlygy diýilip, şol jisimiň agramynyň dynçlykdaky ýagdaýynda göwrümüne bolan gatnaşygyna aýdylýar. Bütün dünýä ölçegler sistemasynda dykzlygyň ölçeg birligi 1 kub.metrdeki 1 kilogramma deňdir ( $\text{kg/m}^3$ ).

Gazyň dykzlygyny  $\rho_0$  ( $\text{kg/m}^3$ ), adaty fiziki şertlerde (0,1013 MPa basyşda we 273 K temperatura) onuň molekulýar agramy (M) boýunça kesgitlemek mümkin.

$$\rho_0 = M/22,41 \quad (8.5.1)$$

Eger gazyň basyşy 0,1013 MPa basyşda berilen bolsa, onda ony beýleki basyşda hasaplanylýsa (şol bir temperaturada) ideal gaz üçin şu formulada hasaplanylýar:

$$\rho = \rho_0 P/0,1013 \quad (8.5.2)$$

nirede: P - basyş, MPa.

Käwagtlar gazy häsiýetlendirilende adaty şertlerde ýagny 0,1013 MPa basyşda we 273 K temperaturada, onuň howa garanyndaky oňnositel dykzlygy ulanylýar.

$$\Delta_0 = \rho_0/1,293 \quad (8.5.3)$$

nirede 1,293 - howanyň dykzlygy ( $\text{kg/m}^3$ ).

Gaz senagatynda kommersiýa hasaplamlary standart fiziki şertlerde (0,1013 MPa; we 273 K) amala asyrylýar.

### **Gaz garyndysynyň fiziki himiki häsiýetleri**

Gaz garyndylary (buglaryň we suwluklaryň garyndylary ýaly) komponentleriň agram ýa-da molýar konsentrasiýalary bilen häsiýetlendirilýär. Gaz garyndylaryň göwrüm düzümi

onuň mol düzümi bilen gabat gelýär.

Awagadronyň kanunyna laýyklykda, adaty fiziki şertlerde 0,1013 MPa we 273 K - 1 kmol ideal gazyň göwrümi - 22,41 m<sup>3</sup>.

Gaz garyndysyny häsiýetlendirmek üçin, onuň ortaça molekulýar agramyny, ortaça dykzylygyny (kg/m<sup>3</sup>) ýa-da howa garynyndaky otnositel dykzylygyny bellemeli zerurdir.

Eger garyndynyň mol düzümi (% hasabynda) belli bolsa, onda onuň ortaça molekulýar agramy şu formula bilen hasaplanylýar:

$$M_{gr} = (y_1 M_1 + y_2 M_2 + \dots + y_n M_n) / 100 \quad (8.5.4)$$

nirede

$y_1, y_2, \dots, y_n$  - komponentleriň mol (göwrüm) konsentrasiýalary (%);

$M_1, M_2, \dots, M_n$  - komponentleriň molekulýar agramy.

Eger garyndynyň agram düzümi (% hasabynda) berlen bolsa, onda onuň ortaça molekulýar agramy şu formula bilen hasaplanýar.

$$M_{gr} = 100 / \left( \frac{g_1}{M_1} + \frac{g_2}{M_2} + \dots + \frac{g_n}{M_n} \right) \quad (8.5.5)$$

nirede:

$g_1, g_2, \dots, g_n$  - komponentleriň agram konsentrasiýalary (%).

Garyndynyň dykzylygy  $\rho_{gr}$  (kg/m<sup>3</sup>) hasaplanylýan ortaça molekulýar agram  $M_{gr}$  ulanyp 8.5.5 formula esasynda kesgitlenilýär:

$$\rho_{gr} = M_{gr} / 22,41$$

Aşakdaky formula bilen garyndynyň otnositel dykzylygyny hasaplaýarlar.

$$\Delta_{gr} = \rho_{gr} / \rho_{howa} = \rho_{gr} / 1,293$$

nirede

$\rho_{gr}$ ;  $\rho_{howa}$  - 0,1013 MPa we 273 K şertlerde garyndynyň we howanyň dykzlyklary.

### **Garyndyda agyr uglewodorodlaryň mukdary**

Tebigy gazyň doly häsiýetnamasy üçin, onuň düzümindäki agyr uglewodorodlaryň mukdaryny bellemek hökmany. Kabul edilmegine görä gaz üç fraksiýadan: propandan, butandan we gaz benzininden durýar. Gaz gorlary hasaplanylanda gaz benzinini butanyň 1/3, pentanyň bolsa 2/3 bölegine deň edilip alynýar (agramy boýunça).

Eger gazyň agram ýa-da mol düzümi berlen bolsa, onda onuň düzümindäki agyr uglewodorodlaryň mukdary aşakdaky formula bilen kesgitlenilýär.

$$A = 10 \text{ g } \rho_{gr} = 10 \text{ y } \rho \text{ (g/m}^3\text{)}$$

nirede

$g$  - gazdaky berlen agyr uglewodorodlaryň agram mukdary (%);

$\rho_{gr}$  - tebigy gazyň ortaça dykzlygy,  $\text{kg/m}^3$ ;

$y$  - gazdaky berlen agyr uglewodorodyň mol mukdary(%);

$\rho$  - berlen agyr uglewodorodyň dykzlygy,  $\text{kg/m}^3$ .

Gazyň düzümindäki aýratyn komponentler kesgitlenenden soňra, ondaky adaty butanyň we gaz benzininiň mukdary hasaplanylýar. Bu ýagdaýda gaz benzini pentanyň we ondan ululyklaryň düzümine doly geçýär diýilip hasap edilýär, adaty butany pentanyň we ondan ululyklaryň mukdarynyň ýarsyna deň diýilip alynýar.

*Mysal:* Berlen gazyň düzümindäki propany, butany we gaz benzinini hasaplamaly.

Gazyň agram düzümi (%) - metan 19,50; etan - 11,80, propan - 37,95, izobutan - 2,35; adaty butan - 12,05; pentan we ondan ululyklar - 8,15; azot - 7,30.

*Çözgüdi:* Gazyň ortaça dykzlygyny tapmak üçin ilki

bilen onuň ortaça molekulýar agramyny tapýarys

$$M_{gr} = 100 / \left( \frac{19,50}{16,04} + \frac{11,80}{30,07} + \frac{37,95}{44,10} + \frac{15,30}{58,12} + \frac{8,15}{12,15} + \frac{7,30}{28,02} \right) = \\ = 100 / 3,11 = 32,15$$

(8.5.6) formula boýunça gazyň ortaça dykzlygy:

$$\rho_{gr} = 32,15 / 22,41 = 1,43 \text{ kg/m}^3$$

(8.5.8) formula boýunça agyr uglewodorodlaryň mukdaryny kesgitleýäris:

$$\text{propan} - 10 \cdot 37,95 \cdot 1,43 = 542 \text{ g/m}^3$$

$$\text{izobutan} - 10 \cdot 3,25 \cdot 1,43 = 46,5 \text{ g/m}^3$$

$$\text{adaty butan} - 10 \cdot 12,05 \cdot 1,43 = 172 \text{ g/m}^3$$

$$\text{pentan we ondan ulylyar} - 10 \cdot 8,15 \cdot 1,43 = 117 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Jemi } 877,5 = (542 + 46,5 + 172 + 117).$$

Seýlelikde gazyň düzümindäki gaz benzini (pentan tutuşlygyna) we adaty butan (pentanyň deň ýarysyna deň):

$$117 + 117 / 2 = 175,5 \text{ g/m}^3 \text{ den}$$

Garyndydaky adaty butanyň galyndysy:

$$172 - 117 / 2 = 113,5 \text{ g/m}^3$$

Izobutanyň we propanyň mukdary garyndyda önküligine galýar.

*Jogaby:* garyndydaky agyr uglewodorodlaryň jemi mukdary:

$$877,5 \text{ g/m}^3 = (175,5 + 113,5 + 46,5 + 542)$$

## **8.6. Parsial basyş we ideal gazlaryň garyndysyndaky komponentleriň parsial göwrümi**

Ideal gazlaryň garyndylary parsial basyşlaryň parsial göwrümlere additiwligi bilen häsiýetlendirilýär. Beýle diýilmegi, ideal garyndydaky her bir gaz, özüni şol göwrümde

ýeke-täk gaz diýip hasap etmegidir.

Gaz garyndysyndaky komponentiň parsial basyşy diýilip, beýleki komponentleriň başky göwrümi we temperaturasy üýtgeşsiz ýagdaýynda, garyndynyň tutýan göwrüminden berlen komponentiň aýyrlan ýagdaýyny görkezýän basyşyna aýdylýar.

Eger garyndydaky berlen komponentden beýlekileri, başky basyşy we temperaturany saklamak şerti bilen aýyrlan ýagdaýynda, berlen komponentiň tutaýjak göwrümüne parsial göwrüm diýilýär.

Bölekleyin basyşyň additiwligi Daltonyň kanuny boýunça aňladylýar.

$$P = \sum P_i \quad (8.9)$$

nirede

$P$  - gaz garyndysynyň umumy basyşy;

$P_i$  - garyndydaky  $i$ -komponentiň bölekleyin basyşy.

$$P_i / P = n_i / N = y_i \quad \text{ýa-da} \quad (8.10)$$

$$P_i = y_i P \quad (8.11)$$

nirede

$n_i$  - garyndydaky  $i$ -komponentiň mol sany;

$N$  - garyndydaky molyň umumy sany.

$y_i = n_i / N$  - garyndydaky  $i$ -komponentiň mol üleşini.

Ideal gazlaryň garyndysynyň bölekleyini basyşy ( $P_i$ ) onuň garyndydaky mol üleşiniň ( $y_i$ ) garyndynyň umumy basyşyna ( $P$ ) köpeltmek hasylyna deňdir.

Gaz garyndysynyň komponentleriniň bölek göwrümleriniň additiwligi Amaganyň kanuny esasynda aňladylýar.

$$V = \sum V_i \quad (8.12)$$

nirede

$V$  - garyndynyň umumy göwrümi.



$\vartheta_i$  - garyndydaky i-komponentiň bölek göwrümi.

$$\vartheta_i / V = n_i / N = y_i \quad (8.13)$$

ýa-da

$$\vartheta_i = y_i V \quad (8.14)$$

Başgaça aýdanynda ideal gazlaryň garyndysyndaky komponentiň parsial göwrümi, onuň garyndydaky mol üleşiniň ( $y_i$ ) gaz garyndysynyň umumy göwrümüne ( $V$ ) bolan köpeltmek hasylyna deňdir.

### 8.7. Suwuk garyndylaryň häsiýetleri

Suwuk garyndylaryň düzümi komponentleriň agram ýa-da molýar konsentrasiýalary bilen häsiýetlendirilýär.

Suwuk garyndynyň ortaça molekulýar agramy (8.4) we (8.5) formulalar bilen hasaplanýlar. Ortaça dykzlygy  $\rho_{gr}$  ( $\text{kg/m}^3$ ) bolsa şu aşakdaky formula boýunça hasaplanýlar:

$$\begin{aligned} \rho_{gr} &= 100 / \left( \frac{g_1}{\rho_1} + \frac{g_2}{\rho_2} + \frac{g_3}{\rho_3} + \dots + \frac{g_n}{\rho_n} \right) = \\ &= 100 M_{gr} / \left( \frac{x_1 M_1}{\rho_1} + \frac{x_2 M_2}{\rho_2} + \dots + \frac{x_n M_n}{\rho_n} \right) \end{aligned} \quad (8.15)$$

nirede

$g_1, g_2, \dots, g_n$  - garyndydaky komponentleriň agram mukdary (%);

$x_1, x_2, \dots, x_n$  - garyndydaky komponentleriň mol mukdary (%);

$M_1, M_2, \dots, M_n$  - komponentleriň molekulýar agramy;

$M_{gr}$  - suwuk garyndynyň ortaça molekulýar agramy;

$\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$  - garyndydaky komponentleriň dykzlygy ( $\text{kg/m}^3$ ).

## Suwuklugyň bugarmagynda buglaryň göwrümi

Suwuk uglewodorodlaryň bugarmasy netijesinde alynýan buglaryň göwrümini (adaty fiziki şertlerde) şu formula bilen hasaplamak mümkin:

$$V_b = G/\rho_o = 22,41 \text{ G/M} \quad (8.16)$$

nirede

M - uglewodorodyň molekulýar agramy;

$\rho_o$  - 0,1013 MPa we 273 K şertlerde uglewodorod bugunyň dykzylygy;

G - suwuk uglewodorodyň agramy (kg).

Eger-de suwuk uglerodlaryň garyndysy bar bolsa, onda buguň göwrümini (8.16) formulada uglewodorodyň molekulýar agramynyň (M) ýerine bugaran uglewodorodlaryň garyndysynyň ortaça molekulýar agramyny ( $M_{gr}$ ) goýup hasaplanylýar.

*Meselem:* Agram düzümi (%) 70 propan, 30 butan bolan 80 kg garyndy

bugarandan soňra emele gelen buguň göwrümini hasaplamaly.

*Çözgüdi:* Başda (8.5) formula bilen garyndynyň ortaça molekulýar agramyny hasaplaýarys.

$$M_{gr} = 100 / \left( \frac{70}{44,097} + \frac{30}{58,124} \right) = 47,5$$

(8.16) formula bilen buguň göwrümini tapýarys.

$$V_b = 22,41 \cdot 80 / 47,5 = 37,8 \text{ m}^3$$

## 8.8. Gazyň şepbeşikligiň häsiýetnamasy

Şepbeşikligiň SI sistemasynda birligi Pa/s. Nebit önümçiliginde şepbeşiklik puazda ýa-da santipuazda ölçenilýär.  $1sP=0,01P$ ;  $1P=0,001Pa \cdot s$ . Temperaturanyň

ulalmagy bilen gazyň şepbeşikligi ulalýar. Gazyň şepbeşikliginiň üýtgemegine  $T_{kr}$ ,  $P_{kr}$ , gazyň molekulýar göwrüm täsir edýär. Hasap işlerinde gazyň dinamiki şepbeşikligini  $\mu$  bilen kinematiki şepbeşiklik  $v$  hem ulanyp bolýar

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad \text{ýa-da} \quad v = \frac{\mu g}{\gamma}$$

Kinematiki şepbeşikligiň  $v$  birligi  $m^2/s$  ýa-da  $mm^2/s$ ;  $1mm^2/s = 10^{-6}m^2/s$ .

### **Gazyň termodinamiki häsiýetnamasy**

Tehnologik hasaplamalarda tebigy gazy alnanda we ugradylanda esasy şu termodinamik häsiýetnamalar ulanylýar: entropiýa, entalpiýa, ýylylyk çalyşmasy, ýylylyk berijiligi.

Ýylylyk sygymlylygy. Gaz üçin ýylylyk hemişelik göwrümde  $C_v$  we hemişelik basyşda  $C_p$  tapawutlandyrylýar. Gazyň garyndysy üçin ýylylyk – şeýle formula bilen hasaplanylýar

$$C = C_1x_1 + C_2x_2 + \dots + C_nx_n,$$

bu ýerde:  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_n$  – aýratyn komponent garyndysynyň ýylylyk sygymlylygy;  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_n$  – komponentleriň sany.

#### Entropiýa.

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$\Delta S$  – entropiýanyň üýtgemegi, eger-de temperatura  $\Delta t$  onuň bilen ýylylyk çalyşygy bolsa  $\Delta Q$  ýagdaýynda.

Entropiýanyň ölçeg birligi  $J/K$ . Gaz kani özleşdirilýän ýagdaýynda pes temperaturaly separasiýa desgasyna sygymlylyk UNTS-da ýylylyk çalyşygy “Turbanyň içinde turba” atly görnüşde ulanylýar.

$$K_{\tau} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\Delta} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

bu ýerde:  $\delta$  - turbanyň diwarynyň galyňlygy,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  – ýylylyk sygymlylyk koeffisiýentleri.

### Entalpiýa.

Belli bir zadyň ýylylygynyň üýtgeýän temperaturasyna entalpiýa diýýilýär. Entalpiýa funksiýanyň durnukly ýagdaýynda şeýle deňleme bilen kesgitlenilýär:

$$H=U+PV,$$

bu ýerde:  $U$  – içki energiýa,  $P$  – basyş,  $V$  – udel göwrüm.

### Drosselirowaniýe.

Ideal gazyň içki energiýasy diňe temperatura baglydyr. Real gazyň içki energiýasy bolsa göwürme we basyşa bagly bolýanlygyny Joule we Tomson tarapyndan tassyklanyldy. Drossel-effekt diýip real gazda temperaturanyň üýtgemeginiň we prosesde giňelmegine aýdylýar. Gaz sowadylanda effekt položitel bolýar we gyzdyrylanda bolsa otrisatel hasaplanylýar.

Temperaturanyň üýtgemegine we basyşyň 0,1MPa çenli düşmegine Joule-Tomsonyň koeffisiýenti diýilýär.

$$\mu_i = \frac{\partial T}{\partial P}$$

Tehnologik shemalar işlenende basyşyň aşak düşmegi, gaz akymynyň giňelmegine getirýär. Ştuserde, zadwižkalarda, separatoryň girelgesinde, drossel effekt ýüze çykýar.

### Tebigy gazyň howuply düzümi.

Tebigy gazyň düzüminde adama zyýanly uglewodorodlar we beýleki zatlar kändir. Esasan  $H_2S$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$  bardyr.  $H_2S$  – bu reňksiz gaz. Onuň aňrybaş konsentrasiýasy howada 0,0014-0,0023 mg/l köp bolmaly däl. Örän çalt duýulýar. Eger-de 1mg/l we köp bolsa zäherlenme ýürek agra getirýär. Işde  $H_2S$  bolmaly ýagdaýy 0,01mg/l.

## EDEBIÝAT

1. Türkmenistanyň Konstitusiýasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň «Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin» Milli maksatnamasy. Aşgabat, 2007.
8. «Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry» Milli maksatnamasy. «Türkmenistan» gazeti, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. Гиматудинов Ш.К. Физика нефтяного и газового пласта. М. Недра. 1971.
11. Лабораторные работы по курсу «Физика нефтяного пласта». КГ ОРКИН и П.К.Кучинский. М. Гостоптех. 1953.

## MAZMUNY

	<b>Giriş.....</b>	<b>7</b>
<b>I</b>	<b>NEBIT, GAZ WE SUWYŇ ÝER ASTY GATLAKLARDA ÝERLEŞIŞI.....</b>	<b>10</b>
1.1.	Dag jynsynyň gurlyşy.....	13
1.2.	Çökündi jynsynyň teksturasy.....	18
1.3.	Dag jynsynyň dürliligi.....	20
<b>II.</b>	<b>DAG JYNSYNYŇ-NEBIT WE GAZ KOLLEKTORLARYNYŇ FIZIKI HÄSIÝETI.....</b>	<b>21</b>
2.1.	Kollektorlaryň görnüşleri.....	21
2.2.	Dag jynsynyň granulometriki (mehaniki) düzümi.....	25
2.3.	Dag jynsynyň karbonatlylygyny kesgitlemek....	29
2.4.	Dag jynsynyň öýjükliligini ölçemeginiň usullary.....	33
<b>III</b>	<b>TEBIGY DAG JYNSLARYŇ ÖÝJÜKLIĞI.</b>	<b>38</b>
3.1.	Dag jynsynyň geçirijiligi.....	39
3.2.	Dag jynsynyň fazaly we otnositel gecirijiligi.....	43
3.3.	Dag jynsynyň geçirijiligini kesgitlemegiň tejribe usullary.....	46
3.4.	Geçirijiligiň öýjüklilige we öýjügiň ölçegine baglylygy.....	51
<b>IV</b>	<b>DAG JYNSYNYŇ UDEL ÜSTI.</b>	<b>54</b>
<b>V</b>	<b>DAG JYNSYNYŇ MEHANIKI WE MAÝYŞGAKLYK HÄSIÝETI.....</b>	<b>58</b>
5.1.	Dag jynsynyň mehaniki häsiýeti.....	58
5.2.	Dag jynsynyň maýyşgaklyk häsiýeti.....	61
<b>VI</b>	<b>GATY JISIMIŇ FIZIKASYNYŇ BIRNÄÇE SORAGLARY.....</b>	<b>64</b>
6.1.	Kristallaryň häsiýeti.....	64
6.2.	Kristalyň özara täsirli güýçleri.....	66
6.3.	Kristallaryň häsiýeti.....	67

6.4.	Gaty jisimiň teoretiki berkligi. Masştably faktory.....	70
6.5.	Ýarym kristally jisimde sepleşme güýçleri.....	75
<b>VII</b>	<b>DEFORMASIÝANYŇ ÝÖNEKEÝ GÖRNÜŞDE DAG JYNSYNYŇ WE MINERALLARYŇ MEHANIKI HÄSIÝETI.....</b>	<b>78</b>
7.1.	Jynsy döredýän minerallaryň mehaniki häsiýeti	79
7.2.	Minerallaryň plastikligi.....	81
7.3.	Gatylyk barada düşünje. Minerallaryň gatylygy	83
7.4.	Deformasiýanyň ýönekeý görnüşinde dag jynsynyň berkligi.....	92
7.5.	Ähli tarapdan gysylanda dag jynsynyň mehaniki häsiýeti.....	95
7.6.	Deň ölçegli ähli taraplaýyn gysylanda dag jynsynyň häsiýeti.....	97
<b>VIII</b>	<b>GATLAKDAKY NEBITIŇ, GAZYŇ WE SUWUŇ FIZIKI-MEHANIKI HÄSIÝETLERI.....</b>	<b>100</b>
8.1.	Gatlakdaky nebitiň we suwuň häsiýetleri.....	100
8.2.	Nebitiň we gazyň şepbeşikligi we dykyzlygy....	101
8.3.	Nebit ojaklarynyň iş düzgünleri.....	103
8.4.	Tebigy gazyň düzümi we fiziki-himiki häsiýetleri.....	109
8.5.	Tebigy gazyň düzümi we onuň klassifikasiýasy	113
8.6.	Gaz garyndylary dykyzlygy.....	120
8.7.	Parsial basyş we ideal gazlaryň garyndysyndaky komponentleriň parsial göwrümi. Suwuk garyndylaryň häsiýetleri.....	123
8.8.	Gazyň şepbeşikligiň häsiýetnamasy.....	125
	<b>EDEBIÝAT.....</b>	<b>129</b>