

**TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRRLIGI**

**TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY**

# **Petrofizika**

dersi boýunça okuw kitaby

**Hünär:** „Peýdaly magdanlary gözlemegiň we  
barlamagyň geofiziki usullary“

A.Baýramow

**Aşgabat – 2010 ý.**

## SÖZBAŞY

Häzirki täze galkynyş döwründe mähriban Diýarymyzda hormatly Prezidentimiziň ýolbaşçylygynda bilim-ylm ulgamynda örän uly ösüşler dowam edýär. Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedow Prezident bolan ilkinji gününden başlap, bilim ulgamyna uly üns berip, degişli birnäçe kararlary, permanlary kabul etdi. Biziň döwletimizde hem türkmen ýaşlarynyň dünýä derejesinde bilim almaklary üçin Hormatly Prezidentimiz tarapyndan döwlet derejesine ähli şertler döredildi.

Garaşsyzlyk ýyllarynda ýerli mineral çig mallary öndürýän we gaýtadan işleýän köp sanly önümçilikler döredildi we döredilýär. Müňä "Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry" Milli Maksatnamasyndan we nebit-gaz senagatyny ösdürmegiň Türkmenistanyň XVII Halk Maslahatynda kabul edilen 2030-nji ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasynda öňde goýlan ägirt uly wezipeler doly şaýatlyk edýär.

Maksatnamalara laýyklykda, ýurdumyzyň nebit-gaz toplumynyň öňünde goýulan wezipeleri durmuşa geçirmek üçin uly möçberde geologiýa, geofiziki gözleg-agtaryş işleriniň ýerine ýetirilmegi zerur bolup durýar. Bu babatda, bu işler bilen bir hatarda meýdan geofiziki we guýularda geçirilýän geofiziki barlaglaryň netijeleri örän wajypdyr.

Bu resminamalara laýyklykda, halk hojalygynyň köp senagat önümlerine we materiallara bolan islegi öz ýerli baýlyklarymyzyň hasabyna kanagatlandyrylýar we daşary ýurtlara satylýar.

Şu nukdaý nazardan 14000 Geologiýa, gazylyp alynýan peýdaly magdanlary agtarmak, işläp geçmek ugur boýunça okuw maksatnamasy düzüldi.

"Petrofizika" dersi "Peýdaly magdanlary gözlemegiň we barlamagyň geofiziki usullary" hünäri boýunça ýörite bilim

alýan talyplaryň esasy dersleriniň biri bolup, ol bu ugurdan hünärmenleri taýýarlamak ulgamynda wajyp orny eýeleýär.

Dersi okatmagyň maksady - dag jynslarynyň esasy fiziki häsiýetleri, olaryň özara baglanyşyklary we şol baglanyşyklaryň geofiziki barlaglaryň netijelerine geologiki many bermekde ulanylmagy bilen talyplary tanyşdyrmak.

Dersi öwrenmekligiň meseleleri - Dersiň wezipesi –dag jynslarynyň fiziki - geologiki häsiýetnamalarynyň esasynda geofiziki işleri geçiriljek ýerlerde ýerasty ýatagynyň ýa-da etrabyň nusgasyny (modelini) düzmegi başaryan dag inženerlerini taýýarlamak. Şeýlelikde, şu aşakdakylara üns berilmegi wajypdyr:

- Dag jynslarynyň birmeňzeş dälligi we ony häsiýetlendiriji esasy fiziki ululyklar (öýjüklik koeffisiýenti, çyglylyk sygymy, nebit-gaz doýgunlygy, syzyjylygy, dykzylygy, udel elektrik garşylygy, elektrohimiýa aktiwligi, gamma - aktiwligi, aralyk wagty we başgalar) bilen talyplary tanyşdyrmak;
- Dag jynslarynyň her bir petrofiziki ululyklary, görnüşleri we toplumlary, manylary boýunça hemişelik bolman dag jynslarynyň emele gelişlerine, düzümlerine, tebigy şertlerine we ýaşan wagtlaryna (döwrüne) baglydyklaryny öwretmek;
- Petrofiziki ululyklara täsir edýän dürli sebäpler (temperatura, basyş, gidrohimiýa, wagtlaýyn we başgalar) barada ilkinji düşüňjeleri döretmek;
- Gözleg geofizikasynyň netijelerine geologiki many bermekde wajyp bolup durýan petrofiziki ululyklaryň amaly we tejribe esasynda özara baglydyklary bilen tanyşdyrmak;
- Nusgalarda petrofiziki ululyklaryň kesgitlenilişi bilen talyplary tanyşdyrmak.

Bu aýdylan maglumatlar, öňde goýulan geologiki meseleleri çözmeklikde geofiziki usullaryň amatly toplumyny saýlap almak üçin zerurdyr.

## GIRIŞ

Petrofizika – dag jynslarynyň fiziki häsiýetleri, olaryň häsiýetleriniň özara baglansygy we kanuna laýyk üýtgemekligi baradaky ylmydyr.

Geologiýada petrofizikanyň ulanylmak mümkinçiligi – magdanlaryň we dag jynslarynyň fiziki häsiýetleri barlanylýan pudak bolmak bilen ýer gabygynyň geologiki ösüşiniň taryhyny, aýry-aýry sebitleriň geologiki gurluşyny, gazylyp alynýan peýdaly magdanlary gözlemegi we barlamagy öwrenmek üçin niýetlenendir.

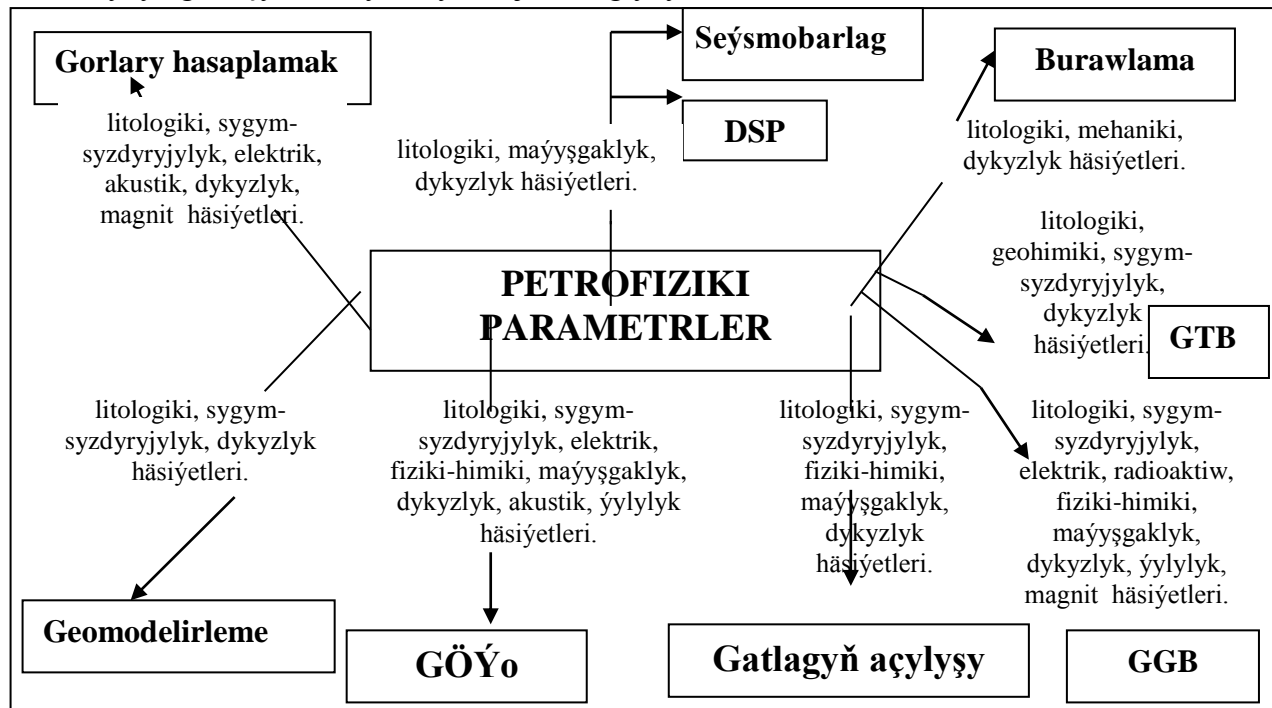
Geologiki döremeleriň takyk petrofiziki häsiýetleri geofizikanyň esasyň düzýär we dürli meseleleriň has maglumatly çözülmegine hem şert döredýär.

Dag jynslarynyň fiziki – dyklyk, elektrik, magnit, maýyşgaklyk, ýadro we beýleki häsiýetlerini hem-de olaryň mineral düzümlerine, strukturalaryna, metamorfizm derejelerine we başga aýratynlyklaryna baglydygyny bilmek geofiziki barlaglary esaslandyryp goýmaklygy we olaryň netijelerinden dogry many çykarmaklygy üpjün edýär.

Kerniň nusgalary we şlifler boýunça laboratoriya (tejribe) şertlerinde kesgitlenilýän dag jynslarynyň häsiýetnamalary nebitgaz pudagynyň hemme ugurlarynda: seýsmobarlagda we dikleýin seýsmiki profilirlemede, burawlamada, geologiki-tehnologiki barlaglarda, gatlagyň açylmagynda, önümliliginiň, artdyrylmagynda we özleşdirilmeginde, guýularda geçirilýän geofiziki barlaglarda, käniň geologiki modeli gurlanda we nebitgazynyň gorlary hasaplanylanda möhüm ähmiýete eýedir (1-nji surat) [ 12 ].

Dag jynslarynyň fiziki häsiýetleri – bu olaryň ýeriň tebigy fiziki meýdanlarynyň (grawitasiýa, magnit, ýylylyk) ýada emeli usul esasynda döredilen fiziki meýdanlarynyň (yrgyldy, radioaktiw we başgalar) dag jynslary bilen özara täsir etmek ukyplylygyna baglylykda döreýän häsiýetdir.

Birmeñzeş we birfazaly dag jynslarynyň fiziki häsiýetleri, olary düzýän himiki elementleriniň atomlarynyň gurluşyna has ýokary derejede baglydyr.



**1-nji surat.** Nebitgaz pudagynyň dürli ugurlarynyň petrofiziki  
üpjünçiliginiň çyzgydy.

*Şertli belgiler:*

DSP – dikleýin seýsmiki profilirleme;

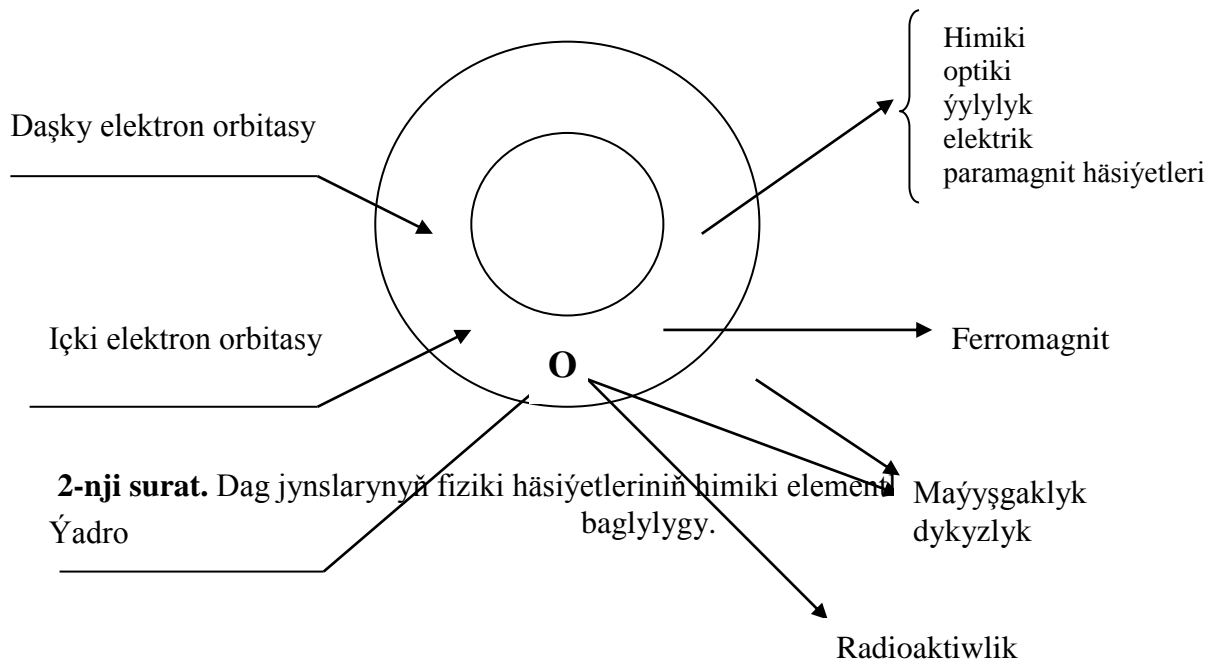
GTB – geologiki-tehnologiki barlaglar;

GGB – guýularyň geofiziki barlaglary;

GÖÝo – gatlagyň önümlerijiligini ýokarlandyrmak.

Mysal üçin, dag jynslarynyň elektrik, ýylylyk hem-de  
diamagnit we paramagnit häsiýetleri daşky elektron  
orbitasynyň gurluşy bilen kesgitlenilýär; ferromagnit  
häsiýetleri bolsa – içki elektron orbitasynyň

gurluşyna baglydyr; radioaktiwlik – ýadronyň gurluşyna; dykzlyk we maýyşgaklyk – ýadronyň we daşky elektron orbitasynyň gurluşyna baglydyr. Bu aýdylýanlary çyzgyda göreliň (2-nji surat):



Geterogen (birmeñzeş däl) we köpfazaly dag jynslarynyň (meselem owrantgy, toýunly we karbonat) fiziki häsiýetleri atomlaryň häsiýetlerinden başgada, esasanam dag jynslarynyň birmeñzeş dälilik derejesi bilen kesgitlenilýär. Birmeñzeş dälliligiň häsiýetnamasy: öýjükliklik, kapillýarlyk we gidrodinamiki häsiýetlere baglydyr.

Häzirki zamanda göniden-göni öwrenmeklige mümkin bolan Ýer gabygynyň ýokarky bölegi (litosfera) dag jynslarynyň esasy üç toparyndan: magmatik, çökündi we metamorfik görnüşlerden jemlenendir. Şol toparlaryň arasynda hem-de olary duzýan dag jynslarynyň fiziki häsiýetleri biri-birinden epesli tapawutlanýandyr.

Dag jynslarynyň fiziki häsiýetlerini öwrenmek işleri, mundan has öňräk, gadymy zamanlardan başlanylýdyr. Mysal üçin, Gadymy Gresiýada, Müsürde we Hytaýda magnetityň ýönekeý magnit häsiýetleriniň barlygy adamlara belli bolupdyr. Dag jynslarynyň magnit häsiýetleriniň soňroky döwürlerde öwrenilmegi, gazylyp alynýan peýdaly magdanlarynyň gözleg usullarynyň ösmegine ýardam beripdir. Magnetit magdanlarynyň gözlegi üçin Şwesiýada 1640-nji ýylda ilkinji sapar kompas ulanylýdyr.

Grawimetrik barlaglaryň döremegine we dag jynslarynyň dykzlyk häsiýetleriniň öwrenilmegine Galileý tarapyndan 1590-nji ýylda açylan "Ýeriň dartys güýjüniň täsirinde gaty jisimleriň erkin gaçmaklyk kanuny" esas bolupdyr.

Ýer titremelerni çaklamaga edilen çemeleşmeler ýer gabygynda maýyşgak tolkunlaryň ýaýramak kanunynyň, ýagny seýsmologiýa ylymynyň (Malle, 1855-nji ýyl), soňra bolsa, seýsmiki gözleg usullarynyň döremegine (Şmidt, 1888-nji ýyl) getiripdir.

Dag jynslarynyň elektriki häsiýetlerini öwrenmeklik, dünýäde ilkinji bolup 1753-nji ýylda M.W.Lomonosow we 1754-nji ýylda B.Franklin tarapyndan başlanylýdyr.



Russiýada 1918-nji ýyldan başlap, akademikler P.P.Lazarewyň we I.M.Gubkiniň ýolbaşçylygynda Kursk magnit anomaliýasynyň esasynda dag jynslarynyň magnit häsiýetlerini giňişleýin barlamak işleri ýola goýulypdyr.

Dag jynslarynyň fiziki häsiýetlerini öwrenmekligiň usuly esaslaryny we gerekli gurallaryny taýýarlamak işleri geofiziki usullaryň döremegi we ösmegi bilen birwagtlarda başlanypdyr. Bu işler 1920–1960 ýyllaryň dowamynda Russiýa geofizikleriniň (B.A.Andreyew, M.P.Wolarowiç, G.A.Gambursew, I.I.Gurwiç, W.N.Dahnow, A.I.Zaborowskiý, S.G.Komarow we başgalaryň) hem-de daşary ýurtly alymlaryň (S.Akimoto, F.Berç, M.Willi, W.Winzauýer, F.Gassman, H.Džeffris, T.Nagata we başgalaryň) ýerine ýetiren wajyp petrofiziki barlaglarynyň netijesidir.

Dag jynslarynyň fiziki häsiýetleri dersi 1960-nji ýylyň başlarynda döräpdir. Bu işiň esasy başyny başlaýjy prof. W.N.Kobranowa bolupdyr we onuň bu barada ilkinji okuw kitaby 1962-nji ýylda neşir edilipdir.

Şeýlelik bilen, **petrofizika** (grek sözi *petra* daş + grekçe *physics* tebigat diýmegi aňladýar), ýagny daşyň fizikasy ýa-da dag jynslarynyň fizikasy – bu dag jynslarynyň häsiýetleri bolup, olaryň düzümine we gurluşyna baglylygy geologiki, fiziki-himiki we tehnologiki faktorlaryň täsirinde bu häsiýetleriň üýtgemegi hem-de dag jynslarynyň fiziki häsiýetleriniň arasyndaky arabaglanşyklar baradaky ylymdyr.

Islendik ylymdaky ýaly, petrofizikanyň hem öz ugry, meseleleri we barlag usullary bardyr. Mundan başga-da, petrofizika beýleki ylymlar: litologiýa, geologiýa, fizika, kolloid we fiziki himiýa, matematiki statistika bilen baglydyr we öz tejribeliginde, olaryň eksperimental maglumatlaryny almakda we derňemekde ulanylýan usullaryndan peýdalanýar.

## I. DAG JYNGLARYNYŇ BIRMEŇZEŞ DÄLLIGI.

### 1.1. Dag jynslarynyň maddy, gurluş we faza birmeňzeş dälligi

Ýeriň jümmüşinde dag jynslary, özleriniň döreyşi, görnüşi, ululygy, düzümi, gurluşy we başga häsiýetleri boýunça birmeňzeş bolmadyk özara bagly jisimler görnüşde ýerleşýärler.

Geologiki jisimleriniň umumy we wajyp häsiýetleri, bu olaryň birmeňzeş däl bolmagydyr. Geologiki jisimleriniň birmeňzeş dälliginiň aýratyn görnüşlerini dürli hilli amaly meseleleriň çözgütlerinde tapawutlandyrýarlar we öwrenýärler.

Ýer gabygyndaky fiziki-himiki hadysalaryň netijesinde döörp, himiki düzümi we fiziki häsiýetleri boýunça takmynan birmeňzeş bolan tebigy jisime **mineral** diýip düşünilýär. Ýer gabygynda duş gelýän hemme elementler hem (tebigy metallar we metalloidler) minerallara degişlidir. Dürli minerallaryň takmynan 3000-e ýakyny bellidir. Bular köplenç ýagdaýlarda gaty kristallik himiki birleşmesidir. Minerallaryň ýer gabygynda ýaýraýyşlary birmeňzeş däldir. Dag jynslarynyň döremeginde, olary emele getiriji minerallaryň diňe 30-a ýakyn görnüşiniň ähmiýeti has uludyr. Olardan ýer gabygynyň ýokarky böleginiň 60 % düzýän we has köp ýaýrany natriý, kaliý düzümlü meýdan şpatlary we kalsiý alýumosilikatlary, 17 % amfibollar we piroksenler, 12 % kwars we 3,8 % slýudalar bolup durýar. Başga minerallaryň köpüsi, mysal üçin, reňkli metal magdanlarynyň düzümine girýän hemme minerallar bolsa, ujypsyz möçberde dag jynslarynda duş gelýär.

Minerallaryň kristallarynyň giňişlik gözenekleri bolup, olar kristalyň içindäki jisimleriniň ýaýraýyş kanunyna laýyk gelýändir. Kristalliki gözenekleriň ýedi görnüşi (singoniýa) bellidir: triklinnyý, monoklinnyý, rombiçeskiý, tetragonalnyý, trigonalnyý, geksagonalnyý we kubiçeskiý.

Aýratynlykda alnan kristal görnüşdäki mineralyň fiziki häsiýetleri, onuň himiki düzümi we giňişlik gözenegine degişli bölejikleriň arasyndaky baglanyşyk güýçleri bilen kesgitlenýär.

Minerallar himiki düzümleri boýunça tebigy (sap) elementlere, sulfidlere, okislere, silikatlara, kislorod kislotasynyň duzlaryna we galoid birleşmelerine bölünýär.

Bir görnüşli minerallaryň ýa-da birnäçe minerallaryň jemlenip döreden özbaşdak jisimlerine **dag jynslary** diýip aýdylýar.

Şeýlelikde, eger **mineral** – elementleriň himiki birleşmesi bolsa, onda **dag jynslary** – kristallaşmagyň netijesinde, temperaturaň, basyşyň we şoňa meňzeş täsirler sebäpli minerallaryň ýa-da olaryň garyndylarynyň mehaniki birleşmesidir.

Dag jynslarynyň häsiýetleri ilki bilen olaryň mineral düzümine we makrogurluşyna (struktura – tekstura alamatlaryna) baglydyr hem-de onuň görnüşini we adyny şertlendirýändir.

Dag jynslaryndaky dürli minerallaryň göwrümleýin oňnositel mukdaryny, olaryň mineral düzümi häsiýetlendirýär.

Dag jynsynyň gurluşy – bu jynsyň bölejikleriniň arasyndaky baglanyş derejesini, olaryň ölçegini (ululygyny), görnüşini we özara ýerleşişini häsiýetlendiriji alamatlaryň jemidir. Şeýlelikde, aýratyn dänejikleriň özara baglanmak häsiýetlerine baglylykda jynslaryň şu aşakdaky görnüşlerini tapawutlandyryýarlar:

1) Gowşak aýratyn däneli jynslar – biri birine bagly bolmadyk dürli minerallaryň ýa-da bir görnüşli mineralyň däneleriniň garyndysy (çäge, grawiý, galeçnik);

2) Baglanyşykly (toýunly) jynslar – bölejikleriň arasynda suw – kolloid baglylygy bolýar. Olaryň aýratynlyklary, haçanda suw bilen çyglananda plastiki (dykyzlanan) ýagdaýa öwürilmäge ukyplylygydyr. Bu görnüşli jynslara esasanam

himiki dargamaklyk häsiýeti mahsusdyr (toýunlar, suglinkalar, boksitler);

3) Gaty jynslar (gaýa görnüşli we ýarym gaýa görnüşli) – mineral bölejikleriniň arabaglanşygy mäkäm we maýyşgak bagly bolýar (çägedaşlar, granitlar, diabazlar, gneýsler). Şu görnüşli jynslaryň mineral dänejikleriniň arabaglanşygy has berkdir.

Jynslaryň bölejikleriniň ululygy, görnüşleri we biri-birine baglylykda ýerleşşi bilen olaryň strukturasyna we teksturasyna baha berilýär. Jynslaryň ady, olaryň mineral düzümi, gurluşy, şolara baglylykda, häsiýetleri barada dolý bolmadyk käbir üzleýräk maglumaty berýär. Meselem, granit dag jynsy – onuň düzüminde 60%-de ýakyny meýdan şpaty, 5 – 10 %-di slýudalar we 25 – 30 % kwars bolýar. Dag jynslarynyň bir görnüşinden başga görnüşe geçişi ýuwaş – ýuwaşdan özgerýär, olaryň arasynda kesgitli araçäk seýrek duş gelýär.

Belli bolşy ýaly, hemme dag jynslary köp düzümlü sredalar bolmak bilen, olar mineral skeletinden (gaty fazadan) we suwuklyk ýa-da gaz bilen doldyrylan öýjük giňişliklerinden durýar. Her fazanyň tapawutly fiziki häsiýetleri bolýar hem-de daşyndan täsir edýän güýçlere olaryň dürli hilli duýgurjylygy bolýar. Şol sebäpli jynslardaky fazalaryň gatnaşygynyň hasaba alynmagy örän möhüm baha eýedir. Bu bellikler dag jynslarynyň fiziki häsiýetleri, olaryň öýjük boşluklaryny doldurýan fazalaryň düzümine ýokary derejede bagly bolanda has hem wajypdyr. Şeýle häsiýetleriň hatarynda dykzlygy, maýyşgaklygy, elektrik we ýylylyk ululyklaryny mysal getirmek bolar. Dag jynslarynyň fiziki häsiýetleri, olary düzýän mineral bölejikleriniň fiziki häsiýetlerine we tutýan göwrümlerine baglydyr.

Dag jynslarynyň birmeňzeş dälliginiň şu aşakdaky ýaly görnüşleri tapawutlandyrylýar:

- faza düzümi boýunça: gaty, suwuk we gaz halynda;

- komponent düzümi boýunça: gaty faza dürli minerallaryň köp mukdaryny saklaýar; suwuk faza nebitden we suwdan jemlenendir; gaz halyndaky – köp komponentlidir;
- struktura – tekstura gurluşy boýunça: toýun materialy we karbonatlylygy bilen çylşyrymlaşan, dürli litologiki galyndylaryň orunçalyşmasy;
- kolektorlyk häsiýetleri boýunça, şol sanda öýjük giňişliginiň gurluş aýratynlyklaryna bagly bolan sygym we süzülme häsiýetleri;
- fiziki we fiziki-himiki häsiýetleri boýunça we ş.m.

Birmeňzeş dälligiň masştablary (ölçepleri), onuň tebigatyna baglydyr we birmeňzeş dälligiň dürli derejelerini döredýär.

Nebit – senagat geologiýasynda önümlü gatlaklaryň geologiki birmeňzeş dälligi diýip dag jynslarynyň ýerleşen meýdanlary we kesimleri boýunça, olaryň tebigy ýatak görnüşleriniň we litologiki fiziki häsiýetleriniň üýtgemekligine düşünilýär. Geologiki birmeňzeş dälligiň esasy iki görnüşini tapawutlandyryýarlar: makro-we mikrobirmeňzeş dällik.

**Makrobirmeňzeş dällik** – gatlak häsiýetnamasynyň üýtgemekligi, kollektory düzyän jisimleriniň görnüşiniň kesgitlenilmegi, ýagny olaryň galyňlygy, böleklere bölünmegi we arasynyň kesilmegi bilen häsiýetlenildirilýär.

**Mikrobirmeňzeş dällik** – kollektoryň içki mikrogurluşyna (öýjükliligine, syzyjylygyna, nebit-gaz doýgunlylygyna we ş.m.) baglylykda häsiýetiniň ýütgemekligi.

Birmeňzeş dälligi kese (zolaklaýyn) we dik (gatlaklaýyn) ugurlar boýunça tapawutlandyrylýar.

Geologiki birmeňzeş dälligi geologiki-geofiziki, tejribe – synag we promysel – gidrodinamiki usullary ulanmak bilen öwrenilýär. Birmeňzeş dälligiň aýratyn görnüşlerini ýüze çykarmak üçin gatlakdan belli bir tertip boýunça dag jynslarynyň nusgalaryny (kernleri) saýlap alýarlar we soňra olary barlaýarlar. Gatlak jisimleriniň bir meňzeş dälligini

barlamak, bu olaryň döreýişleri we soňky özgermeleri bilen bagly bolan meseleleri çözmek, hem-de peýdaly magdanlaryň gözleg, barlag we özleşdirmek, gözleg geofizikasynyň peýdalylygyny ýokarlandyrmak we başga köp dürli amaly meselelerini çözmek işlerinde hem zerurdyr.

Dag jynslarynyň fiziki häsiýetleriniň gatlaklaýyn tapawutlylygyny ýüze çykarmak, ýagny kesimiň wertikal birmeňzeş dälligini öwrenmek üçin ilkinji nobatda guýularyň geofiziki barlag usullarynyň mümkinçilik döredýändigini bellemek ýerliklidir. Geologiki makrobirneňzeş dälligiň san hasabatlary üçin guýulardaky geçirilýän geofiziki barlag usullarynyň netijelerini peýdalanmak bilen birnäçe görkezijiler kesgitlenilýär. Olardan has köp ýaýranlary:

- gatlaklaryň otnositel çägedaşlylyk koeffisiýenti  $K_{ç.d.}$ ;
- gatlaklaryň böleklere bölünmek koeffisiýenti  $K_{bb}$ ;
- gatlaklaryň böwsüp girme (goşulma) koeffisiýenti  $K_{bg}$ ;
- gatlaklaryň durnuklylyk koeffisiýenti  $K_d$ .

1) Gatlaklaryň otnositel çägedaşlylyk koeffisiýenti  $K_{ç.d.}$  – berlen guýunyň kesiminde yzarlanylýan gatlagyň  $h_{ef}$  peýdaly (effektiw) galyňlygynyň, şol gatlagyň  $h_u$  umumy galyňlygyna bolan gatnaşygy bilen kesgitlenilýär (bir guýunyň kesiminiň çäklerinde), ýagny

$$K_{ç.d.} = \frac{h_{ef}}{h_u} . \quad (1.1)$$

2) Gatlaklaryň böleklere bölünme koeffisiýenti  $K_{bb}$  – bu koeffisiýent magdan ýatagy (zalez) üçin бүтewiligine kesgitlenilýär we hemme guýular boýunça kollektor-gatlaklaryň sanynyň jeminiň kollektorlary açan guýularyň umumy sanyna bolan gatnaşygy bilen hasaplanylýar (ýatak üçin bitewiligine alnanda):

$$K_{bb} = \frac{n_1 + n_2 + \dots + n_i}{N} = \frac{\sum n_i}{N} , \quad (1.2)$$

bu ýerde:  $n_i$  – her bir guýudaky kollektor-gatlaklaryň sany;  
 $N$  – kollektorlary açan guýularyň umumy sany.

3) Gatlaklaryň böwüsüp girme koeffisiýenti;  $K_{bg}$  – guýunyň kesimindäki seredilýän gatlagyň peýdaly  $h_{ef}$  galyňlygynda  $h_{bg}$  böwsüp giren kollektor ýuka gatlaklaryň galyňlygynyň bölegini häsiýetlendirilýär

$$K_{bg} = \frac{h_{bg}}{h_{ef}}. \quad (1.3)$$

4) Gatlaklaryň durnuklylyk koeffisiýenti  $K_d$  – barlanylýan meýdança boýunça gatlagyň galyňlygynyň üznüksiz bölegini özünde häsiýetlendirilýär, ýagny  $K_d = 1 - K_{bg}$ .

Durnuklylyk ( $K_d$ ) we böwsüp girme ( $K_{bg}$ ) koeffisiýentleri boýunça gatlaklaryň бүтewliginiň arasynyň bölünmegine baha berilýär.

Mikrobirmeňzeş dälligi öwrenmek üçin başga häsiýetnamalary peýdalanmak bolar: Traskanyň granulometriki koeffisiýenti, median diametri, saýpallama koeffisiýenti we ş.m.

Dag jynslarynyň birmeňzeş dälliginiň wajyp häsiýetnamalary hasabynda gaty fazanyň dagynyklyk derejesi we oňa degişlilikde gaty, suwuk we gaz halyndaky fazalaryň üst araçäk bölümleri bolup durýar, olara aşakda seredilýär.

## 1.2 Dag jynslarynyň toýunlylygy

Çökündi galyň gatlagynyň toýunlylygy – effektiv diametri  $d_{ef} < 0,01$  mm-den kiçi bolan bölejikleriň dag jynslarynyň mineral skeletindäki mukdary bilen häsiýetlendirilýär. Adatça granulometriki derňewiň netijesi boýunça toýunlylyk kesgitlenilýär we şu aňlatma bilen hasaplanylýar

$$C_t = \frac{m_{<0,01}}{m_{gf}}, \quad (1.4)$$

bu ýerde:

$C_t$  – birlik ülüşinde aňladylan massa toýunlylygy;

$m_{gf}$  – dag jynsynyň mineral skeletindäki gaty fazanyň – derňelýän poroşogyň (aýratyn dänelere bölünen) çekiminiň gury massasy;

$m_{<0,01}$  – effektiv diametri  $d_{ef} < 0,01$  mm bolan fraksiýalaryň massasy.

$C_t$  massa toýunlylygy kesgitlenilişiniň takyklygy tejribe şertlerinde umumy kabul edilen (standart) granulometriki derňewiň ýerine ýetirilişiniň tehnologiýasyna baglydyr.

Petrofiziki we geofiziki tejribelikde toýunlylyk parametrleri:  $C_t$  massa toýunlylyk,  $K_t$  göwrüm we  $\eta_t$  otnositel toýunlylyklar ulanylýar.

Eger-de dag jynslarynyň dänejikleriniň skeletiniň ( $\delta_{sk}$ ) we toýun fraksiýalarynyň ( $\delta_t$ ) dyklylyklary deň bolanda ( $\delta_{sk} = \delta_t$ ), *göwrüm toýunlylyk koeffisiýenti*

$$K_t = C_t (1 - K_{\delta}), \quad (1.5)$$

bu ýerde:  $K_{\delta}$  – umumy öýjüklilik koeffisiýenti.

Eger  $\delta_{sk} \neq \delta_t$ , onda

$$K_t = C_t \frac{\delta_{sk}}{\delta_t} (1 - K_{\delta}). \quad (1.6)$$

Göwrüm toýunlygy  $K_t$  dag jynsynyň göwrüminiň toýun materialy bilen eýelenen bölegini häsiýetlendirýär; ony dag jynslarynyň dürli görnüşli modelleri gurlanda ulanmak we geofiziki parametrlar bilen deňeşdirmek üçin amatlydyr, meselem dag jynslarynyň udel radioaktiwligi bilen.

*Otnositel toýunlylyk koeffisiýenti*  $\eta_t$ , ýa-da ýöne otnositel toýunlylyk, skelet dänejikleriniň arasyndaky öýjük giňişliginiň toýun materialy bilen dolylyk derejesini häsiýetlendirýär:

$$\eta_t = K_t / (K_t + K_{\delta}). \quad (1.7)$$

Otnositel toýunlylyk  $K_t$  bilen  $A_{da}$  diffuziýa-adsorbsiýa aktiwlik koeffisiýenti ysnyşykly baglydyr.



Toýun materialy kollektor – dag jynslarda agregatlar görnüşde, ýagny  $K_{t.s.ö}$  içki öýjükliligi bilen mahsus bolan, özbaşdak göwürimleri eýeleýän *toýun sementiniň* üýşmelenleriniň bolmagy. Şeýle agregatlaryň dag jynsynda göwürümleýin mukdary *agregat toýunlylyk koeffisiýenti* ( $K_{agr.t.}$ ) bilen häsiýetlendirilýär

$$K_{agr.t.} = K_t / (1 - K_{ts.ö}). \quad (1.8)$$

Görnüş i ýaly,  $K_{ts.ö} > 0$  bolýanlygy sebäpli, mydama  $K_{agr.t} > K_t$ .

$K_{\delta}$ ,  $K_t$ ,  $K_{ts.ö}$  koeffisiýentlerini bilip, toýunly kollektorlaryň effektiw öýjüklilik koeffisiýentiniň aňrybaş bahasyny ( $K_{ef.ö.a.}$ ) hasaplamak bolar:

$$K_{ef.ö.a.} = K_{\delta} - K_t \cdot K_{ts.ö} / (1 - K_{ts.ö}). \quad (1.9)$$

Seredilen parametrler, esasanam kwars düzümlü ýeterlik birmeňzeş çägedaşlar we alewrolitler üçin häsiýetli bolan we göwürüm boýunça deňölçegli bölünen ýagdaýda dag jynslarynyň dagynyk toýunlylygyny häsiýetlendirýär.

Dagynyk toýunlylyk bilen bir hatarda, *gatlaklaýyn toýunlylyk* tapawutlandyrylýar. Bu toýunlylyk kollektor ýuka gatlaklar bilen gezekleşän toýun materialyndan durýan ýuka gatlaklaryň dag jynslaryndaky mukdaryny häsiýetlendirýär. Gatlaklaýyn toýunlylygy  $\chi_t$  parametry bilen kesgitlenilýär, ol dag jynslarynyň ýuka gatlaklaryndan jemlenen galyňlygynyň näçe böleginiň toýunly ýuka gatlara ýetýändigini aňladýar. Umumy ýagdaýda, eger-de çägedaş – alewritli we toýunly ýuka gatlaklaryň öýjüklilik koeffisiýentleri birmeňzeş däl bolsa ( $K_{\delta a.ö} \neq K_{ts.ö}$ ), onda  $\eta_t$  we  $\chi_t$  şeýle gatnaşyk bilen baglanyşdyrylýar

$$\eta_t = \frac{\chi_t (1 - K_{ts.ö})}{\chi_t + K_{\delta a.ö} (1 - \chi_t)}. \quad (1.10)$$

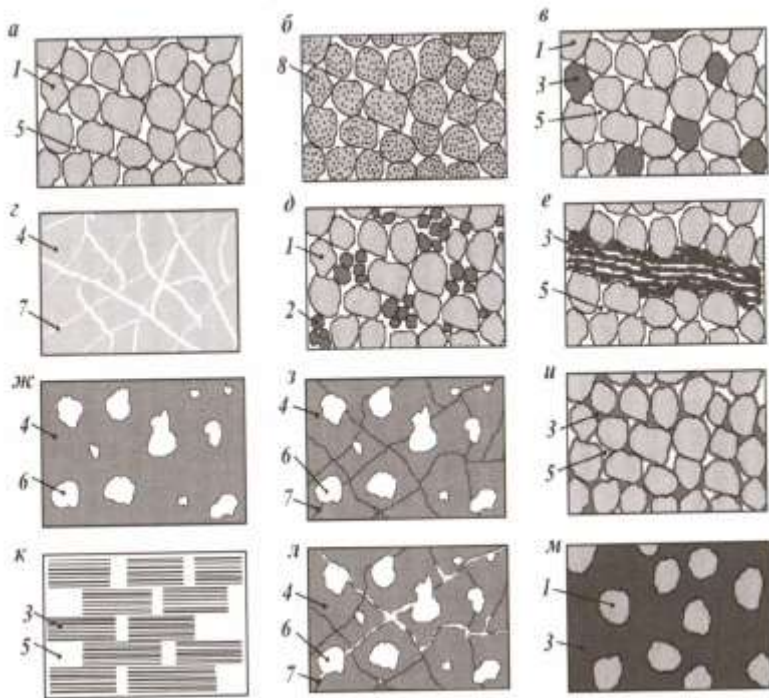
Eger-de  $K_{ts.ö} = K_{\delta a.ö} = K_{\delta}$ , onda (7) we (10) aňlatmalary ulanyp,  $\delta_{sk} = \delta_t$  bolanda,  $\chi_t = C_t$  görkezmek kyn bolmaz.

Karbonat dag jynslarynda toýunlygyň özi kesgitlenilmeýär. Olar üçin 5 – 10 %-li duz kislotasynyň (HCl) ergini bilen dag jynsy işlenilenden soň, galan mineral skeletiniň agram bölegini häsiýetlendirýän  $C_{eg}$  eremeýän galyndynyň mukdary tapylýar.  $C_{eg}$  ululygy  $C_t$  ýaly diýip diňe şertli garamak bolar, munuň sebäbi eremeýän galyndynyň (EG) köp bölegi kremnezýomdan durýanlygydyr. Çökündi dag jynslarynyň düzüminde ölçeg ulylygy 10 mkm-den kiçi bolan ownuk dagynyk düzüjileriniň çylşyrymly mineral düzümi bardyr. Olarda toýun minerallaryndan başgada kwars, opal, halsedon, biotit, muskowit, peridotit, rogowaýa obmanka, titanomagnetit, pirit ýaly minerallar bolup bilýär. Emma bu fraksiýalary esasy düzüjiler adatça toýun minerallaryndan durýar.

Toýun minerallaryna gidroslýudaň, kaolinitiň, montmorillonitiň dörediji toparlarynyň alýumosilikat düzümlü minerallary degişlidir. Bu minerallaryň gurluş esasynda kislorodyň atomyny, gidroksil toparlaryny, natriň, kaliň, magniň, kalsiň kationlaryny we ş.m. özüne birleşdirýän, alýumosilikat tetraedralaryndan emele gelen kristalliki gözenek bardyr.

Toýun minerallaryň bölejikleriniň ölçegleri birnäçe millimikrondan birnäçe mikron aralygynda üýtgeýär. Çökündi dag jynslarynda toýun minerallarynyň bölejikleriniň ýokary dagynyklygy sebäpli, olar, suwuň polýar molekulalaryny we çalyşma kationlaryny saklamaga ukyply bolan ägirt adsorbsion üstlere eýedirler.

Montmorillonit we gidroslýudaň garyşyk gatlamçalar döremeleriniň toparlarynyň minerallary ulalýan (çişýän) kristalliki gözeneklere eýedirler we alýumosilikat paketleriniň arasyndaky giňişlikde çalşylan kationlary we suwuň molekulalaryny siňdirmäge ukyplydyrlar. Bu bolsa bölejikleriň çişmegine we olaryň göwrümleriniň birnäçe esse ylalmagyna getirýär.



**3-nji surat.** Terrigen we karbonat dag jynslarynda gaty bölegiň we öýjük giňişliginiň çyzgytlarynyň şekillendirilişi [ 12 ].

**Şertli belgiler:**

**Kollektoryň görnüşi:** öýjük (a, б, в, д), jaýryk (г), kawerna (ж), guýma (litowatyý) (к);

**öýjükliligiň görnüşi:** emele gelişi boýunça – ilkinjiler (a, б, в, д), ikilenjiler (г, ж, з, л);

däneleriň saýpallanyşy boýunça – saýpallanan (a, б, в), saýpallanmadyk (д);

toýun materialynyň bölünişiniň görnüşi: gurluş (в), ýuka gatlak (е), dagynyk (и);

sementiň görnüşi: ýukajyk perde – öýjük (и), bazal (м);

1 – çägedaş däneleri; 2 – alewrit däneleri; 3 – toýun materialy; 4 – karbonat material; 5 – öýjük; 6 – kawerna; 7 – jaýryk; 8 – öýjükli matrisa (däneler).

Geofiziki maglumatlary teswirlemek bilen baglanşykly bolan köp sanly hasaplamalar dag jynslarynyň toýunlylygynyň hasaba alynmagyna esaslanýar (şeýle atlandyrylýan “toýunlylyga düzediş”). Bu düzediş dag jynslarynyň öýjük giňişliginde sement ýada dag jynslaryny emele getiriji element bolup, hyzmat edýän toýun materialyna degişlidir. Sementleýji materialyň öýjük, ýukajyk perde we bazal görnüşleri tapawutlandyrylýar (3-nji surat).

Dag jynsynda toýun materialynyň ýerleşşi dagynyk, ýuka gatlak we gurluş ýaly görnüşlere bölünýär.

Dag jynslarynda toýun minerallarynyň bolmagy, olaryň mukdaryna baha bermek we olaryň düzümini hem-de häsiýetini öwrenmek şu aşakdaky sebäpler boýunça nebitgazly kollektorlaryň petrofizikasy üçin uly gyzyklanma döredýär.

1. Kwars ýada polimikt (garyşyk) düzümlü terrigen kollektorlarda toýun bölejikleriniň bolmagy, olaryň öýjükliiligine we syzyjylygyna düýpli täsir edýär. Toýunlylygyň ýokarlanmagy bilen kollektorlaryň sygym-syzyjylyk häsiýetleri adatça ýaramazlaşýar.

2. Toýun bölejikleriniň udel üstüniň köp bolmagy toýunlylyk bilen fiziki bagly suwuň dag jynslaryndaky mukdarynyň baglylygyny we toýunlylygyň ösmegi hem-de effektiw öýjüklilik koeffisiýentiniň peselmegi bilen bir wagtda galyndy suw doýgunlyk koeffisiýentiniň ýokarlanmagyny şertlendirýär. Toýunly dag jynsynyň göwrüminiň ep-esli bölegini eýeleýän, anomal fiziki häsiýetleri bolan adsorbsion suwuň plýonkasynyň (ýukajyk perdesiniň) döremegi, toýunly dag jynslarynyň anomal fiziki we fiziki-himiki häsiýetleriniň ýüze çykmagyna getirýär. Bu ýagdaýy guýularyň geofiziki barlaglarynyň maglumatlary derňelende hasaba almak örän zerurdyr.

3. Toýun materialynyň mineral düzümi we mukdary – nebit ýa-da gaz kánleriniň litologiki ekranynyň ornyny ýerine ýetirip biljek dag jynsynyň ukyplylygyny kesgitleýji esasy faktorlardyr.

### 1.3 Udel üst. Kation çalyşmasynyň sygymy

Boşluk gurşawyň udel üsti diýip, bu gurşawyň gaty fazasyny döredýän bölekleriň doly üstüniň gaty fazanyň massa birligine bolan gatnaşygyna ýada gurşawdaky öýjük kanallarynyň doly üstüniň boşluk gurşawyň göwrüm birligine bolan gatnaşygyna düşünilýär.

Inžener geologiýasynda, petrografiýada, topragy öwrenmekde udel üsti ( $S_{gt}$ ) gaty fazanyň massa birligine bolan gatnaşygy alynýar we  $m^2/g$  aňladylýar. Petrofizikada udel üsti ( $S_{ud}$ ) dag jynsynyň göwrüm birligine bolan gatnaşygy kabul edilip, ony  $m^{-1}$  ýada  $sm^{-1}$  görnüşde aňladýar.  $S_{gf}$   $m^2/g$ -daky bahasyndan  $S_{ud}$   $m^{-1}$  bahasyna geçmek üçin şeýle aňlatmadan peýdalanylýar:

$$S_{ud} = S_{gf} \cdot \delta_{gf} (1 - K_{\delta}), \quad (1.11)$$

bu ýerde  $\delta_{gf}$  – gaty fazanyň dykzlygy,  $g/sm^3$ ;

$K_{\delta}$  – öýjükliklik koeffisiýenti, birlik ülüşinde.

$S_{ud}$  udel üsti  $sm^{-1}$  birliginde aňladylanda (11) deňlemäniň sag bölegini  $10^4$  köpeldijä artdyrmaly.

$S_{ud}$  udel üsti ovradylmadyk nusgada kesgitlemek bolar,  $S_{gf}$  – ilki başdaky dagynyklygy pozulmadyk nusganyň mineral skeletini owratmak ýoly bilen taýýarlanylýan owuntyklarda kesgitlenilýär. Her bir ýagdaýda barlanylýan obýekt (nusga) mineral duzlaryndan we organiki garyndylardan arassalanylmaly hem-de  $140^{\circ}S$  temperaturada guradylmaly. Udel üstüň kesgitlenilmegi adsorbent (özüne siňdirýän) madda bilen himiki reaksiýa girmeyän, neýtral maddanyň molekulalarynyň adsorbsiýa netijelerine esaslanýar.

$S_{gf}$  ululygy şu aňlatma boýunça hasaplanylýar:

$$S_{gf} = \frac{Q_{gf}}{\sigma \cdot m_{gf}}, \quad (1.12)$$

bu ýerde

$Q_{gf}$  –  $m$  massaly adsorbentiň özüne siňdiren,  $g$  – ekw., maddanyň mukdary;

$\sigma$  – adsorbentiň üstüniň meýdan birliginde adsorbirlenýän,  $g$  – ekw., maddanyň mukdary.

$\sigma$  – ululygy gaty fazanyň üstüniň aktiw merkezleriniň meýdan birliginde bar bolan mukdaryna baglydyr.

Tebigy adsorbentler – toýun, kremnezýon we başgalar üçin  $\sigma$  bahasy  $3 \cdot 10^{-7}$  –den  $17 \cdot 10^{-7}$   $g$  – ekw/ $m^2$  çenli bolýandygy bellidir. Bu bolsa,  $1 m^2$  üstäki  $(1,8 \div 10) \cdot 10^{-17}$  aktiw merkezleriň sanyna laýykdyr. Şunlukda, bir molekulanyň “gonus meýdançasynyň” ölçegi degişlilikde  $(5,5 \div 1) \cdot 10^{-18} m^2$  çäklerde üýtgeýärler.

$S_{gf}$  hasaplamagyň bu usuly belli bir şertde dogry bolup biler, ýagny gaty fazanyň üstünde deňölçegli monosloý (bir gat) görnüşde adsorbirlenen molekulalar ýerleşen ýagdaýynda, şol sebäpli öwrenilýän dag jynsynyň üstünde haýsy hem bolsa bir görnüşli molekulanyň (elementiň) adsorbsiýasy boýunça eksperiment goýulanda, talap edilýär şerti ýerine ýetirmeklige ymtymalydyr.

Inert gazynyň (azot ýada argon) adsorbsiýasynyň izotermasyny (birsydyrgyn temperaturada) almak bilen baglanyşykly udel üsti kesgitlemek usuly fiziki taýdan has esaslandyrylan we tehnologiýa kämilleşdirilen hasap edilýär. Bu usulda alnan maglumatlaryň teswirilenmegi Brunauer – Emmet – Tilleriň (BET) usulyýeti boýunça amala aşyrylýar. Daşary ýurtlaryň tejribelik işlerinde bu usulyň başga görnüş, ýagny pes temperaturada azodyň adsorbsiýasynyň izotermasyny almak usuly ulanylýar. Soňky usul boýunça  $S_{gf}$  bahasy şu aňlatma boýunça hasaplanylýar:

$$S_{gf} = \frac{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 273 \cdot 16,1 \cdot 10^{-20} g \cdot (\rho_o)_m}{22,4 \cdot 10^3 T \cdot 760 \cdot m}, \quad (1.13)$$

bu ýerde  $m$  – nusganyň massasy;

$v$  – kalibrlenen göwrüm, bu göwrümden nusga saklanylýan gurnama (ampula) gaz iberilýär;

$(\rho_o)_m - v$  göwrümdäki azodyň basyşy;

$T - v$  göwrümdäki gazyň temperaturasy.

$T - 293$  K hasap edip, (13) aňlatmany ýönekeýleşdirip alýarys

$$S_{gf} = 5,35 \cdot 10^{-3} (\rho_o)_m \cdot$$

$v/m$ . (1.14)

Soňra  $S_{ud}$  udel üstüň bahasy (11) aňlatma boýunça hasaplanylýar.

Dag jynslarynyň udel üstlerini tejribe şertlerinde kesgitlemegiň ýokarda seredilenlerinden başgada, birnäçe görnüşleri ulanylýar.

*Granulometriki derňewiň netijesi boýunça:* udel üsti hasaplamak. Birmeňzeş  $d_d$  diametrli sferiki görnüşli dänejiklerden jemlenen öýjük gurşawy üçin  $S_{ud}$  doly udel üsti şeýle aňlatmada kesgitlenilýär

$$S_{ud} = 6 (1 + K_\delta) d_d^{-1} [\text{sm}^{-1}], \quad (1.15)$$

bu ýerde

$d_d$  sm-de aňladylan;

$K_\delta$  – öýjüklilik koeffisiýenti.

Eger-de, öýjük gurşawy dürli ölçegdäki sferiki dänelerden döredilen bolsa, aýdalyň birnäçe toparlardan durýar we olaryň her toparyndaky dänejikleriň  $d_d$  ululygy üýtgemeýän bolsa, onda dänejikleriň dykzlyklary ( $\delta_{g.f.}$ ) bir sydyrgyn bolanda

$$S_{ud} = 6 (1 - K_\delta) \sum_{i=1}^n P_i d_{di}^{-1} \quad (1.16)$$

bu ýerde:  $P_i$  – dänejikleriň agramy;  $d_{di}$  –  $i$ -ý fraksiýalaryň dänejikleriniň diametri.

Eger-de däneleriň görnüşi sferikden tapawutlanýan bolsa, hakyky döwüntgi dag jynslary üçin, meselem çägedaşlar

we alewrolitler üçin, onda (1.16) aňlatma şeýle görnüşe getirilýär.

$$S_{ud} = 6 f (1 - K_{\delta}) \sum_{i=1}^n P_i d_{efi}^{-1} \quad (1.17)$$

bu ýerde:  $f > 1$  – dänäň görnüşiniň sferiki görnüşinden tapawudyny hasaba alýan koeffisiýent;  $d_{ef}$  – sferiki diýip kabul edilýän, sferiki däl dänäniň effektiw diametri.

### 1.4 Kation çalyşma sygymy.

Dag jynslarynyň elektrolit ergini bilen ion çalyşma ukyplygy kation çalyşma sygymy bilen häsiýetlendirilýär.

Dag jynsynyň nusgasynyň gaty fazasynyň ion çalyşma sygymyny anyklamaga esaslanýan udel üstüniň parametrlerini  $S_{gf}$  we  $S_{ud}$  kesgitlemek usuly çäksiz mümkinçiliklere eýedir. Ion çalyşmasynyň manysy şulardan ybaratdyr, ýagny elektrolitiň suw ergininde duran tebigy ýa-da sintetiki ionçalyşygy-adsorbent (madda) ionlaryň kesgitli düzümine eýe bolmak bilen, suwuklyk-gaty faza araçäginde goşa elektrik gatylygynyň daşky gatyny döredýär. Onuň düzümi erkin ergindäki ýaly ionlaryň düzümine laýyk gelmelidir. Tebigy ionçalyşygy-adsorbentler üçin ilkinji nobatda toýunlar esasanam kationlardan goşa elektrik gatlagynyň daşky gatynyň položitel zarýadlanmagy häsiýetlidir. Şol sebäpli toýunlar we çökündi dag jynslarynyň başgada ýokary dagynykly jynsdörediji minerallary üçin kation çalyşmasy mahsusdyr.

Eger-de erkin erginde we toýun bölekleriniň üstünde goşa elektrik gatlagyň daşky gatynda iki sany bir walentli kation bar bolsa, meselem  $Na^+$  we  $K^+$ , onda goşa elektrik gatlakda olaryň konsentrasiýasynyň gatnaşygy  $\alpha_{Na} / \alpha_K$  şeýle kanuna baglydyr.

$$\alpha_{Na} / \alpha_K = K C_{Na} / C_K \quad (1.18)$$



bu ýerde:  $C_{NA}/C_K$  – erkin erginde bu ionlaryň konsentrasiýasynyň gatnaşygy;  $K$  – ion çalyşma deňagramlygynyň hemişeligi.

Eger - de erkin erginde  $C_{NA}/C_K$  gatnaşygy üýtgedilse, onda ionlaşma reaksiýasy başlanýar we (1.18) deňleme bilen deňşililikde  $\alpha_K / \alpha_{Na}$  täze gatnaşygynyň goşa gatlakda amala aşmagy tamamlanar.

Birwalentli – ikiwalentli kation jübdi üçin, meselem  $Na^+ - Ca^{2+}$ , ion çalyşma deňlemesi şeýle görnüşe eýe bolar.

$$\alpha_{Na} / \alpha_{Ca}^2 = K C_{NA} / C_{Ca}^2. \quad (1.19)$$

Ionçalyşma deňagramlylyk hemişeligi ( $C_a$ ) ululygy, çalyşma reaksiýasyna goşulýan ionlaryň we ionçalyşyjylaryň tebigatyna baglydyr.

Dag jynslarynyň ion çalyşma ukyplylygy şu aşakdaky sygym parametrleri bilen häsiýetlendirilýär:

1. Massa çalyşma sygymy  $Q_{0.1m}$  – bu gury dag jynsynyň 0.1 kilogrammynda çalşylan ionlaryň milligramm – ekwiwalentlerdäki sanydyr, ol  $10 \div 1500$  mg-ekw/kg çäklerde üýtgeýär.

2. Göwrüm çalyşma sygymy  $Q_v$  – bu dag jynsynyň  $1m^3$ -inde çalşylan ionlaryň milligramm-ekwiwalentlerindäki sanydyr.

$$Q_v = \frac{Q_{0.1m}}{0.1} (1 - K_{\delta}) \delta_{gf} = \frac{Q_{0.1m}}{0.1} \delta_{dj}, \quad (1.20)$$

bu ýerde:  $\delta_{dj}$  we  $\delta_{gf}$  – deňşililikde gury dag jynsynyň we onuň gaty fazasynyň dykzlyklary,  $kg/m^3$ ;  $K_{\delta}$  – öýjüklilik koeffisiýenti.

3. Getirlen çalyşma sygymy  $q_v$  – bu ululyk  $Q_v$  göwrüm çalyşma sygymyň  $K_{\delta}$  öýjüklilik koeffisiýentine bolan gatnaşygy bilen kesgitlenilýär, ýagny  $q_v = Q_v / K_{\delta}$ . Çäge daşly, alewritli we toýunly dag jynslary üçin  $q_v$  ululygy  $(2 \div 140) \cdot 10^6$  mg-ekw/ $m^3$  çäklerde üýtgeýär.

Ion çalyşma sygymynyň uly bahasy tebigy adsorbentler: toýunlar, trepeller, diatomitler, opoklar, tufflar we beýlekiler üçin häsiýetlidir. Çalyşma sygymynyň tapawutlylygy dag jynslarynyň toýunly we başga minerallarynyň mineral düzümi, gurluşy we dagynyklyk derejesi bilen kesgitlenilýär.

Toýunlarda kation çalyşmasynda esasy ionlar bolup durýanlar:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ . Bu ionlar biri-birine çalyşma tertipde görkezilendir, mysal üçin, kaliý ( $\text{K}^+$ ) iony natriý ( $\text{Na}^+$ ) bilen çalyşýar we ş.m. Anionlaryň arasynda iň wajyplary:  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  (anion çalyşma ýeterlik öwrenilmedik).

Toýunlaryň ion çalyşma toplumynda natriý ýa-da kalsiý ionlary agdyklyk edip biler. Eger-de natriý iony artykmaç bolsa toýunlar çişýärler, kalsý köp bolsa çişmeýärler. Natriý ionynyň täsirinde montmorillonit toýunlarynyň çişmesi, olaryň ilkinji göwrümi bilen deňeşdirlende 8 esse çenli ulalmagy mümkindir.

Çägeli – alewritli – toýunly dag jynslarynyň ion çalyşma sygymy, olaryň toýunlylygynyň ( $K_t$ ,  $\zeta_t$ ) artmagy bilen ulalýar we mineral düzümine hem-de dänejikleriň diametrine ( $d_d$ ) baglydyr. Dänejikleriň diametri üýtgemese, ion çalyşma sygymy kaolinit bolsa sementli dag jynslarynda kiçidir, montmorillonit sementli bolsa onuň bahasy uludyr.

## II. DAG JYNSLARYNYŇ ÖÝJÜKLILIGI.

### 2.1. Öýjükleriň görnüşleri

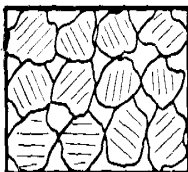
Ýer gabygynda ýerleşen dag jynslary, magdanlar, daş kömürler we minerallar tutuşlaýyn jisimler bolmaýarlar. Olaryň hemmesinde boşluklar (öýjükler) saklanyp, gatlak suwlary, dürli görnüşde gaz, nebit ýada bu flýuidleriň garyndylary bilen tebigy ýagdaýlarda doldurlandyrlar.

Dag jynslaryndaky öýjükler diýilende, onuň absolyt gury ýagdaýyndaky gaty fazalarynyň bölekleriniň arasyndaky boşluklaryň jemi göz önüne tutulýar. Öýjükler dag jynslaryndaky suwuklyklaryň we gazlaryň möçberini kesgitlemekden başgada, olaryň kollektorlyk häsiýetlerini görkezýän esasy parametrleriň biridir. Olar özleriniň döreýişleri, şekilleri, möçberleri we içki arabaglanyşyklary boýunça köp dürli bolup bilýärler (4-nji surat).

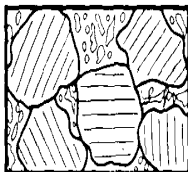
Emele gelişleri boýunça boşluklar *ilkinjilere* bölünip, olar dag jynslary dörän pursatynda döräpdirliler we *ikilenji* boşluklar bolsa – dag jynslary döränlerinden soň litogenez prosessinde ýüze çykýarlar.

Terrigen we karbonat dag jynslarynyň massiwinde (giňişliginde) ýeterlik deňölçegde ýaýran çökündi dag jynslarynyň ownuk bölekleriniň (däneleriniň) arasynda dürli görnüşli öýjükler ilkinjiler bolup durýar. Bular ýaly öýjüklere *däneara öýjükleri diýilýär*. Ikilenji boşluklara jaýryklar, kawernalar ýa-da minerallaryň şorlaşan kanallary degişlidir.

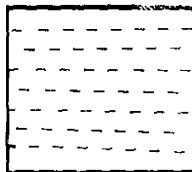
a



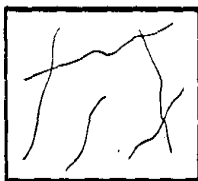
b



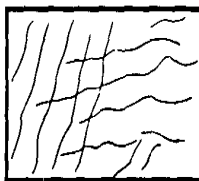
ç



d



e



ä



**4-nji surat.** Dagynyk, toýun we karbonat dag jynslaryndaky ilkinji (a, b, ç) we ikilenji (d, e, ä) öýjükleriň mysallary.

a – gowy saýpallanan ýokary öýjükli çägedaşy;

b – ýaramaz saýpallanan pes öýjükli çägedaş;

ç – toýunlar;

d – jaýrykly karbonat dag jynsy ( $K_j = 0,15 \%$ );

e – jaýrykly karbonat dag jynsy ( $K_j = 0,3 \%$ );

ä – jaýrykly - kawernaly karbonat dag jynsy.

Ilkinji öýjükleri bolan dag jynslaryndan aýdyň mysallar bu çökündi terrigen dag jynslary: çägeler, çägedaşlar, toýunlar (4-nji surat. a, b, ç). Ikilenji boşluklary bolan dag jynslary – jaýrykly we jaýrykly-kawernaly hekdaşlary we dolomitler (4-nji surat. d, e, ä).

Terrigen dag jynslarynda çuňňur katagenez sebäpli käbir ýagdaýlarda ikilenji boşluklaryň (kawernalaryň we

jaýryklaryň) döremeginiň mümkinçiligini, hekdaşlarynda, dolomitlerde we mergellerde bolsa – ilkinji öýjükleriň saklanyp bilýändigini belläp geçeliň.

Dag jynslaryndaky öýjükleriň we boşluklaryň hemme görnüşleriniň göwrümini mukdar taýdan öýjüklilik koeffisiýenti ( $K_{\delta}$ ) bilen baha bermek kabul edilendir:

$$K_{\delta} = \frac{V_{\theta}}{V}, \quad (2.1)$$

bu ýerde:  $V_{\theta}$  – dag jynsynda jemlenen boşluklaryň göwrümi;  $V$  – dag jynsynyň göwrümi.

Nebitli we gazly ýerleri öwrenmek üçin geçirilýän geologiki gözleg işlerinde hem dag jynslarynyň öýjüklilik koeffisiýenti baradaky maglumatlar giňden peýdalanylýar.

Öýjüklilik – dag jynsynyň düýpli (fundamental) häsiýeti bolmak bilen, oňa beýleki fiziki häsiýetleriň köpüsi baglydyr. Emma şuna baglylykda, dag jynslarynyň fiziki häsiýetleri öwrenilende boşluklaryň görnüşi (konfigurasiýasy) örän möhüm baha eýedir. Umumy ýagdaýda alnanda umumy öýjüklilik koeffisiýenti

$$K_{u\delta} = (V_{\delta,da} + V_j + V_{kaw.}) / V = K_{\delta,da} + K_j + K_{kaw.}, \quad (2.2)$$

bu aňlatmada  $V_{\delta,da}$ ,  $V_j$ ,  $V_{kaw.}$  – degişlilikde däneara öýjükleriň, jaýryklaryň we kawernalaryň göwrümleri;  $K_{\delta,da}$ ,  $K_j$ ,  $K_{kaw.}$  – degişlilikde däneara öýjüklilik, jaýryklylyk we kawernalylyk koeffisiýentleri.

*Öýjükleriň şekilleri.* Şekilleri boýunça *ilkinji boşluklar* – öýjükler şu aşakdakylar ýaly bolýarlar:

*romboedral* – gowy saýpallanan gowşak we ýylmanak çägelerde;

*tetraedral* – şol dag jynslary, ýöne dykyzlanan;

*deşijek* (yşjagaz) görnüşli – toýunlarda, slýudalarda we plastiki gurluşly kristalliki gözenegi bolan başga minerallarda;

*giňelýän we daralýan kanaljagazlar görnüşli* – ýaramaz saýpallanan döwülen ownuk bölejikleriň emele gelmelerinde;

*köpürjik görnüşli* – bozulmadyk magmatiki dag jynslarynda.

*Ikilenji dörän boşluklar:*

*jaýryk görnüşli* – gaty metamorfiki we magmatiki dag jynslarynda;

*kawerna (boşluk) görnüşli* – gipslerde we karbonat jynslarynda;

*kanal görnüşli* – lýosslarda;

*öýjük-öýjük görnüşli* – dykyz magmatiki, metamorfiki we çökündi dag jynslaryndaky minerallaryň şorlaşan kristallarynyň şekiline degişli bolan hekdaşly we kremnili tuflarda.

*Öýjükleriň ölçegleri.* Öýjükleri we kawernalary ululyklary boýunça effektiv diametri ( $d_{ef}$ ), jaýryklary bolsa, olaryň ortaça ini (açyklygy) bilen häsiýetlendirmek mümkindir.

Öwrenilýän öýjügiň meýdanyna deň bolan tegelek meýdanyň diametri -  $d_{ef}$  effektiv diametr diýip kabul edilen. Ululyklary boýunça öýjükleri toparlara bölmäge esas edilip, öýjükleri doýurýan gatlak suwlary bilen gaty fazanyň üstüniň arasyndaky özara täsiri goýulandyr.

Öýjükler ululyklary boýunça şu aşakdakylara bölünýärler:

1. *Ýokary kapillýar öýjükler* ( $d_{ef} > 10^{-4}m$ ). Bu öýjüklerde gaty fazaň adsorbsiýa güýçleri we kapillýar güýçleri bilen baglanyşykly suwuň bölegi uly däl. Şol sebäpli, bu öýjüklerdäki gatlak suwy turba gidromehanikasynyň kanuny bilen laýyklykda esasanam agyrylyk güýjiniň täsirinde hereket edip biler.

2. *Kapillýar öýjükler* ( $d_{ef} = 10^{-7} - 10^{-4}m$ ). Bu öýjüklerde üst dargylygynyň netijesinde iki fazanyň araçäginde dörän meniskleriň (kapillýardaky suwuklygyň ýüzüniň öý ýada güberçek bolmagy) radiusy agyrylyk güýjiniň täsirinde hereket egýäm suwa päsgelçilik döredýär, ýagny, bu öýjüklerdäki suwy kapillýar güýçleri saklanýarlar.

3. *Subkapillýar öýjükler* ( $d_{ef} = 2 \cdot 10^{-9} - 1 \cdot 10^{-7} m$ ). Bu öýjüklerde gaty üstüň adsorbsiýa güýçleriniň täsirine sezewar bolýan suwuň bölegi uly. Bu ýagdaýda öýjükler gowşak we berk baglanyşykly suw bilen doldurylan hem-de ol hereketlenmäge ukypsyzdyr.

4. *Mikroöýjükler* ( $d_{ef} < 2 \cdot 10^{-9} m$ ). Bu öýjükleriň diametric berk bagly suwuň galyňlygyna deňeçer bolup, ondaky gatlak suwy; temperaturasy  $70^{\circ}S$  az bolanda hereketsiz bolýar.

Ýokary kapillýar öýjükler gowşak sementleşen galeçnikler, grawiýa, uly we ortaça däneli çägeler, karbonat dag jynslarynyň galyndylarynyň owrantgylary we şorlaşan zolaklary üçin häsiýetlidir (köwekler, karstlar) gaty üstüň adsorbsiýa güýçleriniň täsirine sezewar bolýan suwuň bölegi uly. Bu ýagdaýda öýjükler gowşak we berk baglanyşykly suw bilen doldurylan hem-de ol hereketlenmäge ukypsyzdyr.

Kapillýar öýjükler sementleşen çägedaşlary; ownuk böleklerden emele gelen we kristalliki hekdaşlary, dolomitler üçin häsiýetlidir. Granulýar kollektorlaryň esasy sygymyny ýokary kapillýar we kapillýar öýjükler düzýärler.

Subkapillýar öýjükler toýunlar, ownuk kristalliki we mele meňzeş hekdaşlary, dolomitler, trepeller, kül tuflary we başga ownuk däneli dag jynslary üçin häsiýetlidir. Jaýryklyk bolmadyk ýagdaýynda bu dag jynslarynyň hemmesi kollektor bolup bilmeýärler.

Mikroöýjükler tebigy sseolitleiň käbirlerinde ýüze çykarylan. Jaýryklylyk dykyz we pes öýjükli dag jynslary üçin örän häsiýetlidir. Jaýryklaryň emele gelişleri köplenç tektoniki güýçler bilenbaglydyr, emma tebigatda diagenez jaýryklaryna (karbonatlaryň dolomitleşmegi), dykylanma jaýryklaryna we anomal ýokary gatlak basyşlarynyň döreýän zolaklarynda awtogidrorazryw jaýryklaryna duş gelmek mümkindir.

Jaýryk görnüşli öýjükleriň ölçegleri:

1. Ýokary kapillýar, jaýrygyň ini ýada açyklygy (b) 0.25 mm.
2. Kapillýar,  $b = 0,0001 \div 0,25$  mm;

3. Subkapillýar,  $b < 0,0001$  mm.

*Öýjüklilik koeffisiýenti.* Öýjükleriň arasyndaky özara baglylyk häsiýeti we dag jynslarynda flýuidleriň hereketi boýunça umumy, açyk, effektiw (peýdaly) we dinamiki öýjüklilikler tapawutlandyrylýar.

1. *Umumy öýjüklilik koeffisiýentleri*  $K_{u\ddot{o}}$  bilen özarasynda birigýän (açyk) ýada birikmeýän (ýapyk) boşluklaryň hemmesine baha berilýär. Mineral dänejikleriniň we gury dag jynsynyň dykyzlyklarynyň gatnaşygy boýunça umumy öýjüklilik koeffisiýenti mukdar taýdan hasaplanylýar (Melçeriň usuly)

$$K_{u\ddot{o}} = \frac{V - V_{g.f.}}{V} = 1 - \frac{\delta_{d.j.}}{\delta_{g.f.}}, \quad (2.3)$$

bu ýerde:

$V$  – gury dag jynsynyň göwrümi;

$V_{g.f.}$  – dag jynsyndaky gaty fazanyň göwrümi;

$\delta_{d.j.}$  – owardymadyk gury dag jynsynyň dykyzlygy;

$\delta_{g.f.}$  – gaty fazanyň dykyzlygy (dag jynsynyň mineral dykyzlygy).

2. *Açyk öýjüklilik koeffisiýenti* ( $K_{a.\ddot{o}}$ ) dag jynsynda özara we gurşap alýan sreda bilen birigýän öýjükleriň göwrümi hasaplanylýar (I.A.Preobraženskiniň usuly):

$$K_{a.\ddot{o}} = \frac{V_{a.\ddot{o}}}{V}, \quad (2.4)$$

bu ýerde:  $V_{a.\ddot{o}}$  – açyk öýjükleriň göwrümi (kerosin bilen doldurylan öýjükleriň göwrümi).

Pes toýunly ýokary öýjükli we gowşak dag jynslary üçin umumy we açyk öýjüklilikler ujypsyz tapawutlanýar. Subkapillýar öýjükleri köp bolan dag jynslary (toýunlar) üçin aratapawutlylyk has düýpli bolup biler.

3. *Effektiw öýjüklilik koeffisiýenti* ( $K_{ef.\ddot{o}}$ ) uglewodorodlar (nebit ýada gaz) üçin dag jynsynyň peýdaly sygymyny häsiýetlendirilýär. Bu koeffisiýent fiziki bagly we



kapillýar-saklanylýan gatlak suwy bilen doldyrylan göwrümi hasaba almazdan, açyk öýjükleriň göwrümini özünde jemleýär:

$$K_{ef.ö} = \frac{V_{a.ö} - V_{b.s.}}{V} = K_{a.ö} (1 - K_{b.s.}), \quad (2.5)$$

bu ýerde:

$V_{b.s}$  – bagly (galyndy) suwuň göwrümi;

$K_{b.s}$  – öýjük göwrüminiň birliginde bagly suwuň mukdaryny kesgitleýji, suw doýgunlyk koeffisiýenti (ýada galyndy suw doýgunlyk koeffisiýenti);

Effektiw öýjüklilik koeffisiýentiniň ululygynyň hakykylygy dag jynsynda bagly suwuň mukdarynyň ( $K_{b.s}$ ) kesgitlenilişiniň takyklygyna bagly bolar.

Emma dag jynsynyň peýdaly sygymyny doldurýan nebitiň ýada gazyň doly bolmadyk göwrümini ýatak özleşdirilende herekete getirmek bolýar. Olaryň kesgitlenen bölegi, ownuk we aňrysy ýapyk öýjüklerde ýerleşenleri, suwuklygy gysyp çykarmakda ulanylýan basyş gradiýentlerinde hem öýjüklerde hereketsiz galýarlar.

4. *Dinamiki öýjüklilik koeffisiýenti* ( $K_{d.ö}$ ). Bu koeffisiýent berlen basyş gradiýentinde dag jynsynyň göwrüminiň haýsy böleginde nebitiň ýada gazyň hereketiniň bolup biljekdigini görkezýär.  $K_{d.ö}$  şu aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$K_{d.ö} = \frac{V_{a.ö} - V_{b.s} - V_{g.n}}{V} = \frac{V_{ef.o} - V_{g.n}}{V} = K_{a.ö} \left( 1 - K_{g.s} - K_{g.n} \right), \quad (2.6)$$

bu ýerde:

$V_{ef.ö}$  – effektiw öýjükleriň göwrümi ( $V_{a.ö} - V_{b.s}$ );

$V_{g.n}$  – galyndy nebitiň göwrümi;

$V_{b.s}$  – bagly suwuň göwrümi;

$K_{g.s}$  – galyndy suw doýgunlyk koeffisiýenti;

$K_{g.n}$  – galyndy nebit doýgunlyk koeffisiýenti.

Soňky aňlatmanyň käbir gutarnykly dälliginiň manysy dinamiki öýjüklilik koeffisiýenti dag jynsynyň häsiýetinden başgada, berlen basyş gradiýentiniň ululygyna we başga flýuid (howa ýada azot) bilen nusgadan kerosiniň gysyp çykarylýan wagtnada baglydyr.

Şol bir nusgada: kesgitlenen ýagdaýynda: şeýle gatnaşyk bolar:

$$K_{u,\dot{o}} > K_{a,\dot{o}} > K_{ef,\dot{o}} > K_{d,\dot{o}}$$

## 2.2. Öýjük giňişliginiň gurluşy

Öýjükleriň özara birigmesinden dörän dag jynsynyň öýjük giňişligi, dürli ölçegdäki öýjükleriň utgaşmagyndan durýar we özüniň görnüşi boýunça örän çylşyrymly bolýar. Öýjükleriň käbiri flýuidleri gowy geçýär, Beýlekileri bolsa, adsorbsion we kapillýarda – saklanan suwlardan doldurlan ýagdaýda bolýar. Ululyklary boýunça öýjükleriň bölünmek häsiýetine öwrenilýän dag jynsynyň öýjük giňişliginiň gurluşy diýilýär. Öýjük giňişliginiň gurluşyny öwrenmegiň gönümel we öwrümleýin usullary bardyr. *Gönümel usullara* optiki, mysal üçin, şlifleriň mikrosuratlaryny we elektron mikroskopiýnyň kömegi bilen barlamak, *öwrümleýin usullaryna* – kapillýar usullary degişlidir.

Optiki usullar tekizlik boýunça öýjükleriň bölünişini häsiýetlendirýär we dag jynsynyň göwrümdäki öýjükleriň üýtgemesi barada düşünje almak üçin ugurdaş (parallel) tekizliklerde köp gaýtalanýan barlaglar talap edilýär. Uly şliflerde jaýrykly we jaýryk – kawernaly dag jynslarynyň öýjük giňişlikleriniň gurluşy öwrenilende reňklenen şlifler usuly has giňişleýin ulanylýar.

Kapillýar usullary göwrüm boýunça öýjük giňişliginiň gurluşyny häsiýetlendirýär, ýöne olary, düzgün bolşy ýaly, jaýrykly – kawernaly dag jynslaryny öwrenmek üçin peýdalanmagy mümkin bolmaýar.

Kapillýar usullarynyň üç sany dürli görnüşli usullary bellidir:

1. ýarymgeçiriji membrana;
2. simap bilen öýjükölçeýji;
3. kapillýar siňdirmesi.

Bu usullar öýjügiň effektiv diametrini ( $d_{ef}$ ) hasaplamakda tegelek silindr görnüşli kapillýardaky kapillýar basyş üçin Laplasyň deňlemesiniň ulanylmagyna esaslanýar:

$$d_{ef} = 4 \sigma \cos \theta / \rho_k, \quad (2.7)$$

bu ýerde:  $\sigma$  – üst dartgynlygy, N/m  $\left( \frac{\text{Nyuton}}{\text{metr}} \right)$ ;  $\rho_k$  – kapillýar

basyşy, Pa;  $\theta$  – çyglanmanyň çetki burçy.

*Ýarymgeçiriji membrana usulynda* öýjük ululygy  $2 \cdot 10^{-6}$  m deň bolan suwdoýgunlygy emeli membrana ornaşdyrylan suwdoýgunly nusgadan suwy azot bilen gysyp çykaryýar we kapillýar basyşyň ululygyna baglylykda nusganyň suwdoýgunlygynyň ululygy bilen arabaglanyşygy gurulýar. 2.7-nji aňlatma boýunça her bir  $\rho_k$  kapillýar basyşa deňişli öýjükleriň effektiv diametrleri hasaplanylýar, suwdoýgunlygynyň üýtgemegi boýunça dag jynsynyň göwrümindäki bu öýjükleriň otnositel mukdary kesgitlenilýär. Öýjükleriň ululygy boýunça nusgadaky öýjükleriň bölünişiniň grafigi gurulýar.

Barlagçylaryň köpüsi kwars kapillýarynyň suw bilen absolýut çyglanmasy şertine esaslanyp, çyglanma burçy  $\theta$  nola deň (diýip) kabul edilýär we üst dartgynlygy  $\sigma$ -ny bolsa, berlen temperaturada howa bilen suwuň araçäk bölümi üçin alynýar. Bir nusga barlanylanda geçirilýän synagyň dowamlylygy 30 gije-gündize ýetýär.

Ýarymgeçiriji membrananyň öýjügiň ululygy öýjügi öwrenmegiň aşak çäginini çäklendirýär.  $(2 \div 100) \cdot 10^{-6}$  m çäklerde (diapazonda) öýjük radiuslary hasaplanylýar.

*Simap bilen öýjük ölçeş usulynda* wakuumirlenen nusgaň içine (öýjüklerine) basyş şertinde simap göýbeilýär.

Kapillýar güýçlerden üstün çykmak üçin öýjügiň diametri näçe kiçi boldygyça. Şonça uly basyşy talap edýär. Nusganyň simapdaky doýgulylygy bilen  $\rho_k$  kapillýar basyşyň arabaglanşygy gurulýar, soňra bolsa öýjüklerniň bölünişiniň grafigi düzülýär.

Bu usulda kwars kapillýary simap bilen çyglanmaýanlygy sebäpli  $\theta = 140^0$  deň diýip hasaplanylýar, üst dartylmasy  $\sigma$ -ny bolsa, simap – howa araçäk bölümi üçin alynýar. Bir nusga bilen synag geçirmäge birnäçe sagat ýeterlikdir, öýjüklerniň öwrenilýän çägi  $(0,01 \div 100) \cdot 10^{-6}$  m çenli giňeýär.

Usulyň kemçiligi – dag jynslarynyň litologiýasy we çyglylygy bilen  $\theta$  çyglanma burçunyň gowşak öwrenilenligidir hem-de işlenilen nusgany gaýtadan we soňky barlaglar üçin ulanmak mümkinçiliginiň bolmaýanlygydyr.

*Kapillýar siňdirmesi* ýada lýminesent – fotometriki usulynda ultrafiolet ýagtylykda şöhlenenýän çyglajy suwukly kapillýar güýçleriň hasabyna nusga siňdirilýär. Siňdirilen suwuklygyň täsirinde nusganyň yokarky gapdalynyň reňkiniň üýtgemegine awtomatlaşdyrylan fotometriki guralda gözegçilik edilýär. Bu usulyň ulanylyşy çäkli.

### **2.3. Çökündi dag jynslarynyň öýjükliligi**

Çökündi dag jynslaryny üç sany uly toparlara bölmek mümkindir: 1) ownuk böleklerden emele gelen; 2) hemogen we biogen; 3) toýunly.

Tebigy şertlerde dag jynslary köplenç ýagdaýlarda birnäçe düzüm bölejiklerinden ybaratdyr we olaryň haýsy hem bolsa, bir toparyň hataryna goşulmagy üçin bu bölejikleriň arasyndaky mukdar gatnaşygy esas bolup hyzmat edýär. Meselem, düzüminde ownuk bölejik materialynyň mukdary 50% köp bolsa, onda olar ownuk böleklerden durýan dag jynslaryna degişlidir.

Ownuk böleklerden durýanlar toparyna irimçik däneli, çägedaşly, alewritli we effuziw – çökündi dag jynslary degişlidir; hemogen we biogen toparyna – alýuminiý, demir, margens, kremniý, fosfat, karbonat, sulfat, duz düzümlü dag jynslary we kaustobiolitler (ýangyç magdanlar) degişlidir; toýunly dag jynslar topary gidrosýadaly, kaolinitli, montmorillonitli, hloritli ýaly görnüşlere bölünýärler.

Ownuk böleklerden durýan, karbonat we toýunly dag jynslarynyň öýjükçiligi giň çäklerde üýtgeýär. Her bir dag jynsy üçin onuň hakyky bahasy dürli faktorlar bilen kesgitlenilýär. Olardan has ähmiýetlisi bolýanlar: aňrybaş çuňlukda ýerleşmegi, toýun minerallarynyň mukdary, ikilenji prosessleriň depginçiligi, temperatura we dag jynslarynyň ýaşı.

Çökündi basseyininiň emele gelmek prosesinde uly çuňluklara çökündi dag jynslarynyň aralaşmagy (çümmeği) bilen dag jynsyna täsir edýän basyş we temperatura haýal ösýär. Şunlukda, esasanam, dag jynslarynyň ikinji durkuny özgerdip bolmaýan deformasiýanyň netijesinde olaryň öýjükçiligi kiçelýär.

Dag jynslarynyň fiziki häsiýetleriniň üýtgemegi we deformasiýasy, umumy ýagdaýda effektiv napraženiya ( $\rho_{ef}$ ); gatlak (öýjük) basyşyna ( $\rho_g$ ) we temperaturasyna ( $T$ ) baglylykda seredilýär, ýagny  $\rho_{ef} = \rho - \rho_g$ ; bu ýerde  $\rho$  – ýer gabygynyň berlen nokadynda dag basyşynyň täsirini şöhlelendirýän, ortaça normal naprýażeniya (basyş). Effektiv basyşyň üýtgemegi bilen ýokarda ýerleşýän galyňlygyň agramyny özünde göterýän dag jynsynyň sementleşen skelediniň (karkasynyň) göwrümleýin deformasiýasy bolup geçýär. Üýtgeýän gatlak basyşynyň täsirinde dag jynsynyň skeledini düzýän minerallaryň goşmaça deformasiýasy ýüze çykýar, temperaturanyň ütgemeginde soňky (ikilenji) prosesser has güýçlenýär, minerallaryň mehaniki häsiýetleri üýtgeýär we olaryň ýylylyk giňelmesi (ýada gysylmasy) bolup geçýär.

Eger ýokarda ýerleşen çökündileriň agramynyň döredýän grawitasiýa güýçleri esasy diýip kabul edilse, hem-de dürli çuňluklarda ýatan tükeniksiz gorizont gatlaklaryň güýjenme ýagdaýyny kesgitleýän bolsa, onda  $p$  ortaça normal güýjenmäni geostatikanyň deňlemesi görnüşde ýazmak bolar:

$$p = g \sum_{i=1}^n h_i \delta_{d\bar{f}i} , \quad (2.8)$$

bu ýerde:  $h_i - i$  litologiki birmeňzeş aralygyň galyňlygy;  $\delta_{dj,i} -$  şol galyňlygyň dag jynslarynyň dykzylygy;  $g -$  erkin gaçmanyň tizlenmesi.

Normal gatlak basyşy

$$p_g = g \sum_{i=1}^n h_i \delta_{si} , \quad (2.9)$$

bu ýerde:  $\delta_{si} - h_i$  aralykda gatlak suwunyň dykzylygy (2.8) we (2.9) deňlemeler gorizont ýerleşen tükeniksiz gatlaklardan durýan gurşaw üçin effektiw basyşy kesgitlemäge mümkinçilik döredýär:

$$p - p_g = g \sum_{i=1}^n h_i (\delta_{dj,i} - \delta_{si}) . \quad (2.10)$$

Egerde berlen kesimde suwlaryň ( $\delta_{s,ort}$ ) we dag jynslarynyň ( $\delta_{dj,ort}$ ) ortaça dykzylyklary peýdalanylsa, onda

$$p - p_g = g (\delta_{dj,ort} - \delta_{s,ort}) \cdot h . \quad (2.11)$$

$K_{a.\ddot{o}} = \frac{\vartheta_{a.\ddot{o}}}{g}$  deňlemäni differensirläp, çuňluga görä açyk öýjüklilik koeffisiýentiniň tersine özgerdip (ilkinji durkuna) bolmaýanlygynyň üýtgemesini kesgitlemek üçin aňlatmany almak bolar:

$$\frac{dK_{a.\ddot{o}}}{K_{a.\ddot{o}}} = \frac{d\vartheta_{a.\ddot{o}}}{\vartheta_{a.\ddot{o}}} - \frac{d\vartheta}{\vartheta} \quad (2.12)$$

Dag jynslaryny emele getiriji minerallaryň dykyzlygy çuňluga görä az üýtgeýär. Şonuň üçin dag jynsynyň göwrüminiň üýtgemegi, esasanam olaryň öýjük giňişliginiň kiçelmeginiň hasabyna bolup geçýär. (2.12) aňlatmada  $d\vartheta \approx d\vartheta_j$  goýulsa, onda

$$\frac{dK_{a.\ddot{o}}}{(1 - K_{a.\ddot{o}}) \cdot K_{a.\ddot{o}}} \approx \frac{d\vartheta_{\ddot{o}}}{\vartheta_{a.A}} \quad (2.13)$$

Dag jynsynyň tersine özgerdip bolmaýan *dykyzlanma koeffisiýenti*  $[\beta_{d,j}(t, T)]$  diýen düşüňjäni girizeliň:

$$\beta_{d,j}(t, T) = -\frac{1}{\vartheta_{a.\ddot{o}}} \cdot \frac{d\vartheta_{a.\ddot{o}}}{d(\rho - \rho_g)} = -\frac{1}{\vartheta_{a.\ddot{o}}} \cdot \frac{d\vartheta_{a.\ddot{o}}}{g \cdot (\delta_{d,j.ort} - \delta_{s.ort})} \cdot dh \quad (2.14)$$

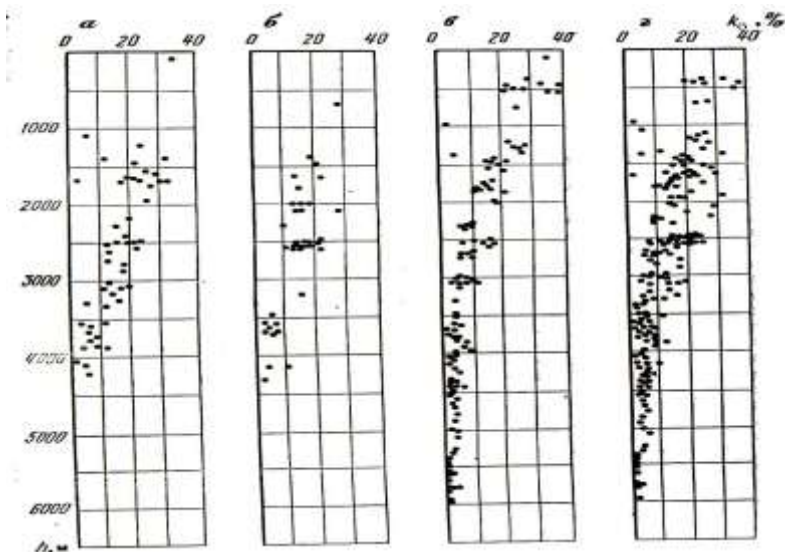
Tersine özgermeýän dykyzlanma koeffisiýenti dag jynslarynyň diňe litologiýasyna we gurluşyna bagly bolmakdan başgada, çökündileriň dykyzlanma  $t$  wagtyna we onuň  $T$  temperaturasyna, ýagny anyk geologiki şertlerde baglydyr. (2.14) aňlatmany (2.13) goýup, çökündi dag jynslarynyň dykyzlanmasynyň kanuna laýyklygyny kesgitlemek üçin differensial deňlemäni alýarys:

$$\frac{dK_{a.\ddot{o}}}{(1 - K_{a.\ddot{o}}) \cdot K_{a.\ddot{o}}} \approx -\beta_{d,j}(t, T) = g(\delta_{d,j.ort} - \delta_{s.ort}) dh \quad (2.15)$$

Dag jynslarynyň tersine özgermeýän dykyzlanma koeffisiýenti çuňluga görä azalýar. Emma bu azalma uly däldir we dag jynslarynyň kesgitli litologiki görnüşleri üçin onuň ortaça bahasyny amaly maksatlarda peýdalanmak bolar. Meselem, Aralsor guýusynyň kesiminde toýunly dag jynslary üçin (5-nji, b surat) aýyk öýjükliligiň  $\Delta K_{a.\ddot{o}} / \Delta h$  gradiýenti 0 – 1000 m çuňluk aralygynda  $1.3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$ -den 5000-6000 m

aralykda  $0,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$ -e kiçelýär. Şolara meňzeş toýunly dag jynslary üçin tersine özgermeýän dykyzlanma koeffisiýenti  $\beta(t, T) = 33 \cdot 10^{-3} \text{ MPa}^{-1}$  ortaça bahasyndan bary-ýogy 20 % çenli üýtgeýär.

Geotermiki gradiýentiň ortaça bahasynda  $\Gamma = 2,2^{\circ}\text{S} / 100\text{m}$ ; we çuňlugy 1500-2500 m aralykda (2.15) aňlatma boýunça kesgitlenilen çägedaşlaryň tersine özgermeýän dykyzlanma koeffisiýenti  $\beta(t, T) = 16,4 \cdot 10^{-3} \text{ MPa}^{-1}$  boldy. Bu hasaplamada dag jynsynyň we gatlak suwunyň ortaça dykyzlygy:  $\delta_{d,j.ort} = 2,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  we  $\delta_{d,j.ort} = 1,1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  kabul edilen (5-nji a surat).



5-nji surat. Çuňluga görä çägedaş-toýunly dag jynslarynyň aýyk öýjükliliginiň üýtgemegi. (Аралсор СТ-1 guýy) [8]:  
a-çägedaşlar; b-alewrolitler; v-argillitler we toýunly-alewrolit dag jynslary; г-umumlaşdyrylan arabaglanyşyk

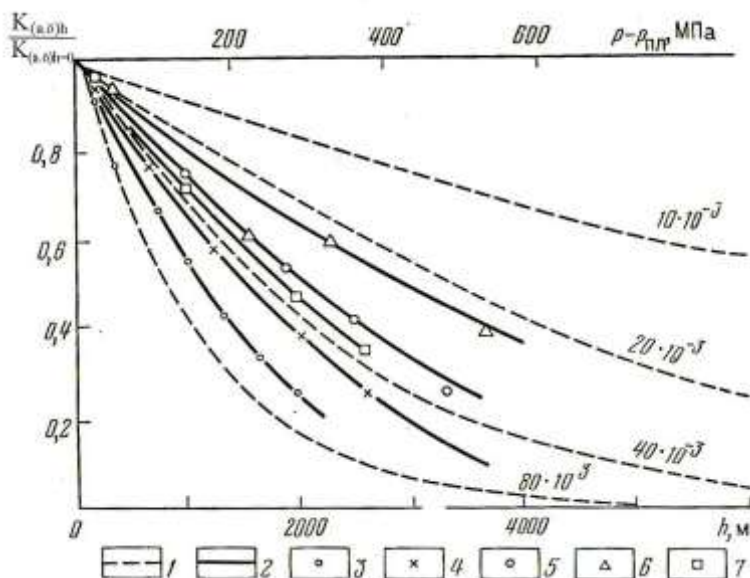
(2.15) deňlemäniň integrirlenilmegi çuňluga görä çökündi dag jynslarynyň öýjükliliginiň üýtgemesini beýan etmek üçin aňlatmany almaga mümkinçilik berýär:



$$\frac{K_{(u.\delta)h}}{K_{(u.\delta)h=0}} = \frac{\exp[-\beta_{d.j}(t,T)g(\delta_{dj.ort} - \delta_{s.ort})h]}{1 - K_{(u.\delta)h=0} \{1 - \exp[-\beta_{d.j}(t,T)g(\delta_{dj.ort} - \delta_{s.ort})h]\}}, \quad (2.16)$$

bu ýerde  $K_{(u.\delta)h}$  –  $h$  çuňlukdaky öýjüklilik;  $K_{(u.\delta)h=0}$  – şol ýer üstünde.

Çuňluga ( $h$ ) görä ownuk böleklerden durýan we karbonat dag jynslarynyň öýjüklilik koeffisiýentiniň gaýtgymsuz azalmagy 6-njy suratda görkezilen. Tersine özgermeýän dykyzlanma koeffisiýentleri dag jynslarynyň görnüşine baglydyr. Olaryň uly bahalary toýunly dag jynslarynda we mergellerde belleniýär, kiçi bahalary bolsa kwars çägedaşlaryna we dykyzlanan hekdaşlaryna häsiýetlidir.



6-njy surat.  $h$  çuňluga görä ownuk böleklerden durýan we karbonat

dag jynslarynyň  $k_{(a.\delta)h} / k_{(a.\delta)h=0}$  tersine özgermeýän öýjüklilik koeffisiýentiniň peselmegi:

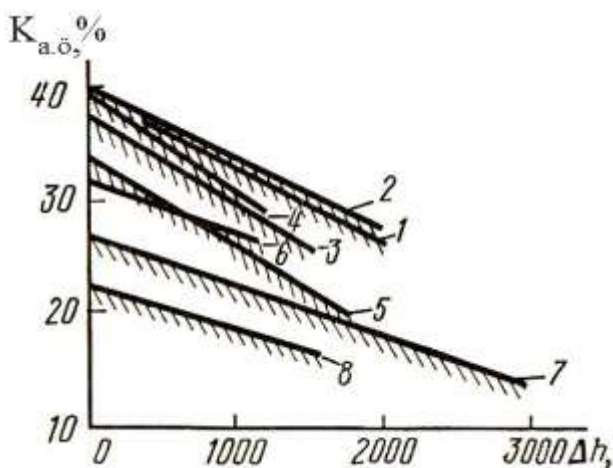
1- $K_{(a,\delta)h=0}=0,3$  bolan we tersine özgerdip bolmaýan dykyzlanma koeffisiýentiniň dürli bahalary üçin (2.16) deňleme boýunça hasaplanýan nazaryýet egrileri; 2-amaly maglumatlar boýunça ortalaşdyrylan arabaglanyşyklar; 3-Wenesuellaň tretiçnik toýunly dag jynslary; 4-Demirgazyk-Gündogar Kawkaz öňüniň toýunly dag jynslary; 5 we 6-Demirgazyk Günorta Kawkaz öňüniň çägedaşlary we hek daşlary; 7-Azow-Kuban çöketliginiň mergelleri. Egrileriň belgisi- $\beta_{d,j}(t,T)$ ,  $\text{MPa}^{-1}$  tersine özgerdip bolmaýan dykyzlanma koeffisiýenti.

Çöküdi dag jynslarynyň öýjükliliginiň çuňlugagörä üýtgemegini takmynan hasaplamak üçin ýönekeýleşdirilen, belli bolan başga aňlatmalardan peýdalanmak bolar. Meselem, çuňluga görä islendik dag jynslarynyň öýjükliliginiň üýtgemegini beýan etmek üçin M.Z.Ozerskaýa we N.W.Podoba şeýle arabaglylygy teklipeýär:

$$K_{(u,\delta)h} = K_{(u,\delta)h=0} \exp(-0,45h), \quad (2.17)$$

bu ýerde:  $h$  – öwrenilýän dag jynsnyň ýatan çuňlugy, km. Çümme çuňlugyna baglylykda arassa çägedaşlaryň  $K_{u,\delta}$  aňrybaş (maksimal) öýjükliliginiň üýtgemeginiň arabaglanyşygy hem-de ortaça geometriki gradiýentiň ( $\Gamma_{100}$ ) we dürli ýaşdaky çägedaşlaryň tersine özgermeýän  $\beta(t, T)$  dykyzlanma koeffisiýentiniň özara baglylygy, degişlilikde 7-nji we 8-nji suratlarda görkezilendir. Dag jynslarynyň nusgalary (kern) guýudan ýer ýüzüne çykarylanda, olaryň öýjüklükleriniň maýyşgak üýtgemegi bolup geçýär. Kolonkowsky dolotaň kömegi bilen dag jynslarynyň nusgalary seçip alnanda,

gatlakdan jynsnyň bölegi bölünip aýrylýar. Ýokarda ýatýan dag jynslarynyň basyşy netijesinde bolýan dartgynlyk ýagdaýyndan kern boşadylýar. Kerne düşýän ýüküň ýeňlemegi effektiv basyşyň azalmagyna kywapdaşdyr. Kern giňeyär we onuň öýjükliliginiň ulalmagy bolup geçýär. Bu bolsa, öýjükliligiň maýyşgak üýtgemesiniň esasy bölegidir. Emma bölünip aýrylan kern guýyda heniz hem çuňlukdaky buraw ergininiň basyşynyň we temperaturanyň täsiriniň synagynda bolýar.



7-nji surat Çuňlaşma çuňlugyna görä arassa çägedaşlarynyň

$K_{a.o}$  aňrybaş öýjüklilik koeffisiýentiniň arabaglylygy:

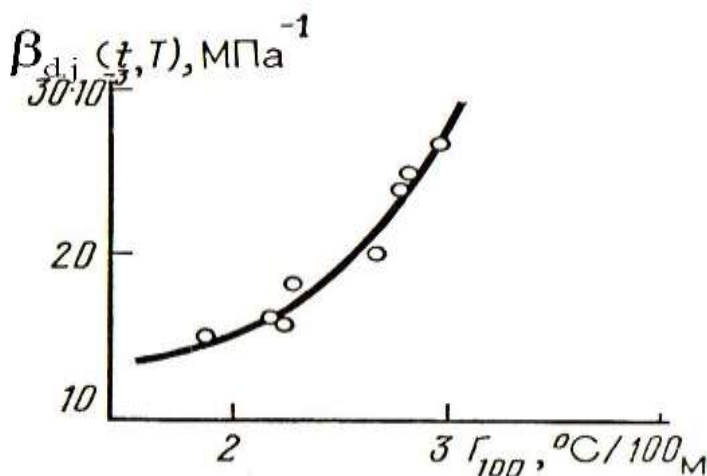
1-piliosen Kaliforniýa; 2-miosen Luizýana we Tehas;  
3-oligosen Luizýana; 4-oligosen Tehas; 5-ýura+aşaky  
hek Merkezi we Gündogar Kawkaz öňi; 6-ýura+aşaky  
hek Kaspi etegi; 7-karbon Tehas we Oklahoma; 8-

ordawik

Nýu-Meksika, Tehas, Oklahoma we Kansas.

Bölünip ayrılan kern ýer ýüzüne çykarylanda, jebis bolmadyk kernalyjydaky buraw ergininiň basyşy we temperaturasy ýuwaş-ýuwaşdan atmosfera şertine çenli peselýär. Bu ýagdaýda dag jynslaryny emele getiriji minerallaryň däneleriniň deformasiýasy bolup geçýär.

Şunuň bilen, dag jynslarynyň nusgalarynyň fiziki häsiýetleriniň maýyşgak üýtgemesini, gysga wagytlaýyn (kern çykarlanda) hemme taraplaýyn gysylmagyny ýada uzalmagyny, tejribe şertlerinde döretmek mümkinçiligi üç faktorlara, ýagny:  $(\rho - \rho_g)$  effektiv basyşyna,  $\rho_g$  gatlak (öýjük) basyşyna we  $T$  temperatura baglydyr. Olar umumy ýagdaýda biri-birine baglanyşyksyz üýtgäp bilerler.



8-nji surat. Dürli ýaşdaky çägedaşlarynyň  $\beta_{dj}(t, T)$  tersine özgerdip bolmaýan dykyzlanma koeffisiýenti bilen geotermiki gradiýentiň  $G_{100}$  ortaça bahasynyň arabaglylygy.

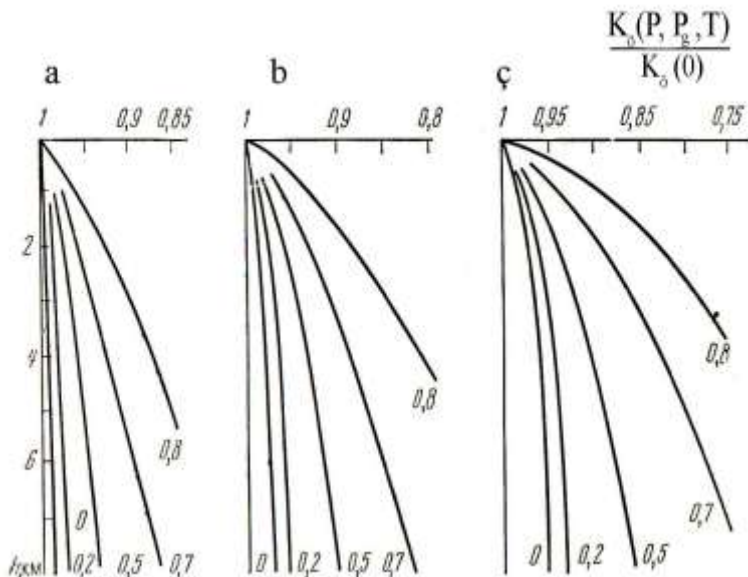
Gatlak şertlerinde dag jynslarynyň öýjüklilik koeffisiýentini  $K_{\delta}(p, p_g, T)$  şu aňlatma bilen kesgitlemek bolar:

$$\frac{K_{\delta}(p, p_g, T)}{K_{\delta}(0)} = \left[ \frac{K_{\delta}(p - p_g)}{K_{\delta}(0)} \right]_{p_g, T} \cdot \left[ \frac{K_{\delta}(p_g)}{K_{\delta}(0)} \right]_{(p - p_g), T} \cdot \left[ \frac{K_{\delta}(T)}{K_{\delta}(0)} \right]_{p, p_g} = K_1 K_2 K_3,$$

(2.18)

bu ýerde:  $K_{\delta}(0)$  – atmosfera şertlerindäki öýjüklilik;  $K_1 - p = \text{const}$  we  $T = \text{const}$  bolup, effektiw basyş noldan  $(p - p_g)$ -e çenli ulaldylanda öýjükliligiň otnositel üýtgemegi;  $K_2 - (p - p_g) = \text{const}$  we  $T = \text{const}$  bolup, gatlak basyşy noldan  $p_g$  –e çenli ulaldylanda öýjükliligiň otnositel üýtgemegi;  $K_3 - (p - p_g) = \text{const}$  we  $p_g = \text{const}$  bolup, temperaturanyň  $20^{\circ}\text{S}$ -dan gatlak temperaturasyna  $t_g$  çenli çenli ulaldylanda öýjükliligiň otnositel üýtgemegi;

Tejribe barlaglarda ilkinji nobatda gatlak basyşynyň we temperatranı hemişelik bahalarynda, diňe effektiw basyşyň täsirinde öýjükliligiň üýtgemegi kesgitlenilýär. Köplenç ýagdaýlarda bu üýtgemeler kernleriň fiziki häsiýetleriniň maýyşgak üýtgemeleriniň esasy bölegini düzýär.  $2 \div 4 \text{ km}$  çuňluklarda ýerleşýän çägedaş kollektorlar üçin tejribelikde (eksperimental) kesgitlenen ululygyň bahasy  $K_1 = K_{\delta}(p - p_g) / K_{\delta}(0) = 1 - \Delta K_{\delta} / K_{\delta}(0) = 1 - (0,4 \div 1,0) / K_{\delta}(0)$ , ýagny, ortaça bahasy  $\Delta K_{\delta} = 0,7\%$



9-njy surat. Çägedaş-toýunly dag jynslarynyň  $K_{\delta}(P, P_g, T) / K_{\delta}(0)$  öýjük-  
lilik koeffisiýentiniň maýyşgak üýtgemesine baha bermek üçin  
paletka.

a-gowy saýpallanan we ýylmanan dag jynslary; b-ortaça  
saýpallanan dag  
jynslary; ç-erbet saýpallanan dag jynslary. Egrileriň belgisi-  
dag jynslary-  
nyň otnositel toýunlygy.

Dag jynslarynyň çägedaş-toýunly has giň ýaýran  
görnüşleri üçin öýjükliligiň doly maýyşgak üýtgemeleri  
otnositel toýunlygyga we keriň seçip alnan çuňlugyna  
baglydyr.

## 2.4. Metamorfiki we magmatiki dag jynslarynyň öýjükliligi

Çökünci dag jynslarynyň öýjükliligi, ulalyp ösýän dag basyşynyň we temperaturanyň täsirinde peselýär we olar metamorfiki dag jynslaryna öwrülýärler. Çökünci we metamorfiki dag jynslarynyň arasynda mese-mälim araçäk ýokdur. Emma, mysal üçin, kwars çägesi ilkinji çökünci bolýan hem bolsa, dykzlandygyça çökünci dag jynsna (çägedaşa) soňra metamorfiki jynsa-kwarsita öwrülýär we ş.m. Metamorfizimiň esasy alamatlary: pes öýjüklilik, toýunly dag jynslary üçin-gatlaklara we kristallizasion suwlaryň uly böleginiň ýitirilmegi, gatlaklylyk (slansewatost) bolup durýar. Metamorfiki dag jynslary adatça fundamentiň düzümine girýärler. Metamorfiki dag jynslarynyň köpüsi (kwarsitler, slaneslar, mermeriler we başgalar) ilkinji öýjükliligiň pes bahalaryna eýedirler. Bu dag jynslary ýeriň ýüzüne çykanlarynda olaryň käbirlerinde ilkinji öýjükliligiň döremek prosesleriniň ösmegi mümkindir. (dag jynslarynyň dargama gabygy). Bu ýagdaýda umumy öýjüklilik ulalýar karborat minerallaryny saklaýan metamorfiki dag jynslarynyň öýjükliliginiň has güýçli ulalmagy mümkindir.

Magmatiki dag jynslary ýer gabygynyň çuň zolaklarynda döreýän tebigy silikat erginleriniň ýada magmanyň sowamagy we gatamagy netijesinde emele gelýärler. Magmatiki dag jynslarynyň intruziw (çuňlukda gatanlar) we effuziw (ýer ýüzüne çogup çykanlar) görnüşleri tapawutlandyrylýar. Çuňlukdaky magmanyň sowama tizligi, ýer üstündäkiden has pes bolýanlygy sebäpli, intruziw dag jynslary gowy alamatly doly kristalliki we adatça iri kristalliki gurluşlara eýe bolýarlar. Effuziw dag jynslarynda sowama prosesi az wagt dowam edýär, minerallaryň diňe belli böleginiň kritstall görnüşinde ýüze çykmagy mümkin bolýar, erginiň köp bölegi bolsa, mikrolitleriň ýada wulkaniki amorif aýnasynyň we wulkaniki tuflaryň kristalliki görnüşlerinde gataýar.

Effuziw dag jynslary ýeriň ýüzünde uzak wagt ýatýarlar we aktiw dargama sezewar bolýarlar. Bu prosessleriň hemmesi magmatiki dag jynslarynyň öýjükliiligini kesgitleýär.

Ultra esasy (dunit, peridotit, piroksenit, serpentinit) we esasy (gabro, eklogit, anartozit, labrodorit) intruziw dag jynslarynyň ilkinji umumy öýjüklilik koeffisiýenti, düzgün bolşy ýaly, 2%-den ýokary geçmeýär.

Orta (diorit, siýenit) we turşy (granit, alýaskit) intruzit dag jynslarynyň ilkinji umumy öýjüklilik koeffisiýenti 3%-den ýokary geçmeýär. Umumy alnanda, intruziw dag jynslarynyň öýjükliiligi örän pes bolýar.

Esasy (bazalt, diabaz) we orta (porfirit) effuziw dag jynslarynyň ilkinji öýjükliiligi hem 3%-den uly bolmaýar. Emma dargama prosessleriniň giňişleýin ösmegi bu dag jynslarynyň umumy öýjükliiliginiň 20-40% çenli ulalmagyny ukyplandyrýar.

Wulkanogen-çökünci döremeleri (tuflar) ilkinji umumy öýjükliigiň 40-60% çenli eýe bolup bilýärler.

Magmatiki dag jynslaryndan emele gelen metamorfiki jynslaryň, meselem kwars-hloritli we hloritli slanesler, ortoamfibolit, ikilenji kwarsit, skarnlar, hemde magdanlaryň (demirli-magnetit, polimetallik, mis we ş.m) ikinji öýjükliiligi 5%-e çenli bolýar. Bu dag jynslarynyň dagynyk görnüşleriniň umumy öýjükliiligi 20% çenli ýetýär.



### III. Dag jynslarynyň suw, nebit we gaz doýgunlygy

#### 3.1. Çyglylyk we çyglylyk sygymy

Dag jynslarynda saklanýan suwa, olaryň *çyglylygy* diýip aydylýar. Kesgitlenen şertlerde dag jynslarynyň belli bir mukdarda suwy saklap biljek ukyplylygyna *çyglylyk sygymy* diýilýär. Öýjük giňişlikleri doly suwdoýgunly bolan dag jynslaryndaky suwuň göwrümleýin mukdary, dag jynsynyň umumy aňrybaş (maksimal) çyglylygy ( $W_{\varepsilon}$ ) bolup durýar, ýagny:

$$W_{\varepsilon} = W_{gf}(1 - K_{\delta}) + K_{\delta}K_{gs} + K_{\delta}(1 - K_{gs}) = W_{hb} + W_{fb} + W_e, \quad (3.1)$$

bu aňlatmada  $W_{hb} = W_{gf}(1 - K_{\delta})$ -dag jynsynyň gaty fazasyndaky himiki baglanyşykly suwuň göwrümleýin mukdary;  $W_{gf}$ ,  $W_e$  - degişlilikde fiziki baglanyşykly we erkin suwlaryň dag jynsyndaky göwrümleýin mukdary;  $K_{gs}$  - öýjüklerde fiziki bagly suwuň mukdaryny häsiýetlendirýän, dag jynslarynyň öýjüklerindäki galyndy suw doýgunlyk koeffisienti;  $K_{\delta}$  - dag jynsynyň umumy öýjüklilik koeffisienti.

$W_e$  - ululyga dag jynsynyň çyglylyk sygymy hem diýip aydylýar. Dag jynsyny doýurýan suwuň belli bir kesgitlenen häsiýetdäki we termodinamiki şertlerdäki çyglylyk sygymy, şol dag jynsy üçin hemişelik ululykdyr. Dag jynsynyň öýjüklerindäki erkin we fiziki baglanyşykly suwuň mukdarynyň üýtgemeginiň hasabyna jynsyň çyglylygy giň çäklerde üýtgäp biler.

Şeýlelikde, umumy alnanda dag jynslarynda bolýan suwuň üç görnüşi (himiki baglanyşykly, fiziki baglanyşykly we erkin) tapawutlandyrylýar.

*Himiki baglanyşykly suw. Kristallizasion we konstitusion* suwlar himiki baglanyşykly suwa degişlidir. Dag jynslarynyň käbir minerallarynyň kristalliki gözenegine, beýleki molekulalar we ionlar bilen bir hatarda,  $H_2O$  molekula görnüşde (kristallizasion suw) girýär ýada ilkinji nobatda

toýun mineralynyň alýumosilikat düzümlü mineralynyň kristalliki gözenegine gidroksil ionlar  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$  görnüşde (konstitusion suw) girýärler.

Çökündi dag jynslaryndaky himiki baglanyşykly suwlar köplenç toýun minerallarynyň (aýratynda allofan, kaolinit we montmorillonit) hasabyna döreýärler.

Düzüminde kristallizasion suw bolan minerallardan käbir mysallar: gips  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , apsomit  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , gidroborasit  $\text{CaMgB}_6\text{O}_{11} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , dioptaz  $\text{Cu}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Kristallizasion suwly minerallaryň köpüsi 200-600°S çenli gyzdyrylanda suwy ýitirýär. Emma, käbir minerallardan, meselem: mirabilitden  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  adaty temperaturada kristallizasion suw bölünip aýrylýar.

Düzüminde konstitusion suw bolan minerallar: kaolinit  $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ , pirofillit  $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ , hlorit  $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_6(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ , muskowit  $\text{KAl}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$  we başgalar. Konstitusion suwly minerallaryň köpüsi 400-1000°S temperatura aralygynda gyzdyrylanda suw bölünip aýrylýar. Käbir minerallar, meselem: galluazit kristallizasion we konstitusion suwuň iki görnüşini saklaýar.

Dag jynslarynyň düzümine girýän minerallarda himiki baglanlanyşykly suwuň mukdarynyň hasaba alynmagy, guýuda geçirilýän neýtron-gamma usulynyň netijesi boýunça umumy öýjüklik koeffisienti mukdar taýdan kesgitlenilende wajyp ähmiýete eýedir.

*Fiziki baglanyşykly suw.* Dag jynsynyň öýjük giňişliklerinde, onuň mineral skeletiniň üstleri bilen suwuň molekularynyň özara baglanyşygy sebäpli hem-de kapillýar güýçleriniň täsiriniň netijesinde bagly duran suw bölegine fiziki baglanyşykly suw diýilýär. Dag jynslarynyň nusgalaryndaky fiziki baglanyşykly suwy dürli usullar bilen doly (nusgany gyzdyryp guratmak, soksletde ekstragirlemek usullary) ýa-da bölekleyin (sentrifugirleme, kapillýar gysyp çykarma) aýyrmak bolýar. Fiziki baglanyşykly suwuň şeýle görnüşleri tapawutlandyrylýar: 1) gaty fazanyň üstünde

(ýüzünde) saklanyp duran-ýukajyk gat; 2) öýjük burçlarynda we öňi ýapyk öýjüklerde; 3) kapillýarda-saklanan.

*Ýukajyk gat görnüşli suw*, dag jynsynyň skeletini düzýän minerallaryň bölejikleriniň gaty fazasynyň üstüne ugurdaş ýerleşen suwuň molekulasynyň ugrukdyrylan köp sanly gatlajyklaryndan dörändir. Ýukajyk gatlaky suwuň mümkin bolan esasy bölegi, gaty fazanyň üstünde adsorbsiýa gatyny döredýän kationlaryň birigen (gidratlaşan) gabygyndan ýada suwuk we gaty fazlaryň araçağynda gabat gelýän goşa elektrik gatlagyň daşky örtügi görnüşde, ýukajyk gatyň çäklerinde diffuziýa esasynda bölünýär.

Ýukajyk suw gatynyň galyňlygy (oňa anomal häsiýetli gat hem diýilýär) dürli barlagçylaryň netijesi boýunça nanometriň birnäçe ülüşlerinden 100 nanometre çenli bolup bilýär. Ýuka suw gatyň fiziki häsiýetleri erkin suwuň häsiýetlerinden tapawutly bolýar. Onuň dykzlygy we şepbeşikligi erkin suwuňkydan ýokary, doňma temperaturasy we duzlary eretmek ukyplylygy pes, dielektrik syzyjylygy we udel elektrogeçirijiligi hem erkin suwuňkydan tapawutly bolýar. Ýuka suw gatyň anomal häsiýetleri dag jynsynyň öýjük göwrümünde özboluşly faza hasabynda ýüze çykýar, şeýlede fiziki we fiziki-himiki häsiýetleri boýunça erkin suwdan we mineral skeletiniň gaty fazasyndan hem tapawutlanýar.

Gaty fazanyň ýüzünde ýuka suw gatynyň esasynda suwuň molekulasynyň adsorbirlenen (siňen) we çalşylan kationlaryň ýeketäk gaty (monosloý) durýar. Otrisatel zarýady bolan gaty fazanyň ýüzündäki aktiw merkezleriň ýakynynda suwuň molekulalary we kationlar hem-de gidroksil toparlardan ýada minerallaryň kristalliki gözeneginiň ionlarynyň meňzeş goşulmalaryndan durýanlar ýerleşýärler. Suwuň molekulalarynyň bölegi Londonyň-Wan-der-Waalsyň özara täsir edýän molekulýar güýçleriniň täsirinde gaty faza - suwuklyk araçağynda ýakynynda saklanýar.

Monosloýyň molekulalary ugry berk kesgitlenen we az hereketli. Indiki gat hem ugrukdyrylan suwuň molekulalaryndan dörän, emma olaryň ugrukmasy we üsti bilen baglylyk energiýasy birinji monosloýyň molekulalarynyňkydan azdyr. Şeýle kanunalaýyklyk soňky gatlaryň molekulalary üçin hem saklanylýar. Ýuka suw gatyň häsiýeti gaty faza-suwuklyk araçäğine normal boýunça ugurda birsydyrgyn üýtgeýär, hem-de şol araçäkden daşlaşdygyça erkin suwuň häsiýetine golaýlaşylýar diýip hasap edilýär. Emma birinji iki-üç gatlardan geçilenden soňra, suwuň häsiýetiniň çalt üýtgeýänligi subut edilendir, bu bolsa erkin suwa garanynda has anomal häsiýetleri bolan *berk bagly suwuň* gatyny (2-3 monosloý) ýüze çykarmaga mümkinçilik döredýär.

*Berk bagly suwa* montmorillonitiň we başga garyşyk-gatly toýun minerallarynyň kristallarynyň gat arasyndaky giňişliklerine siňen kationlaryň gidrat galyňlyklary (bardalary) we suwuň molekulalary degişlidir. Berk bagly suwuň dykzlygy  $1.3-1.5 \text{ g/sm}^3$ , dielektrik syzyjylygy  $\varepsilon=10-30$  otnositel birlik, doňma temperaturasy  $-74^{\circ}\text{S}$  we duzy eretmezlik ýaly häsiýetleri bardyr. Berk bagly suwuň, şol sanda arasyndaky suwuň, aýrylmagy  $105-106^{\circ}\text{S}$  temperaturada bolup geçýär. Berk bagly suw dag jynsynyň gigroskopiki çyglylygyna gabat gelýär. Gaty fazanyň üsti bilen berk bagly suwuň molekulalarynyň biri-birine birleşme derejesi örän ýokarydyr.

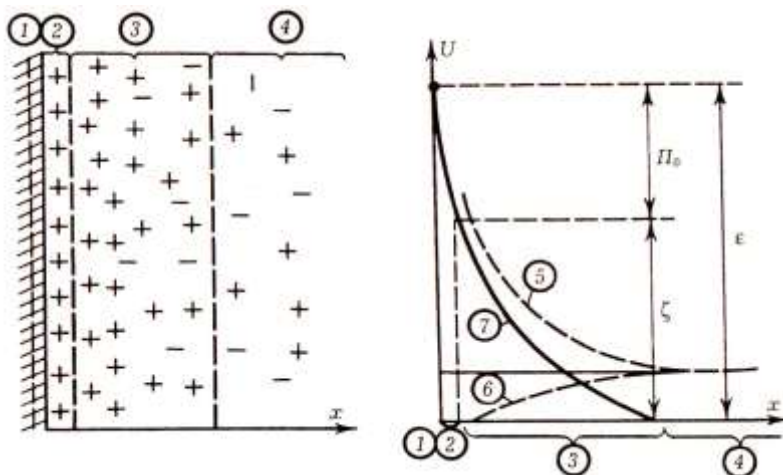
*Gowşak bagly suwuň* dykzlygy  $1.1-1.2 \text{ g/sm}^3$ , dielektrik syzyjylygy 30-dan ýokary, doňma temperaturasy  $-4^{\circ}\text{S}$ , duzy eretmäge bolan ukyby erkin suwuňkydan pesrāk bolýar. Gowşak bagly suw  $T<105^{\circ}\text{S}$  guradylanda aýrylýar.

Ýukajyk gat görnüşli suwuň eýeleýän göwrümünde, gaty fazanyň üstüniň elektrik zarýadynyň (adatça otrisatel) bolýanlygy bilen baglylykda, gaty we suwuk fazalaryň araçäginiň ýakynyda döreýän *goşa elektrik gatlagy (GEG)* ýerleşýär. Faza araçägindäki goşa elektrik gatlagy içki we

daşky örtüklerden durýar. Içki otrisatel örtügi, esasanam minerallaryň kristalliki gözeneginiň anionlaryndan, köplenç OH<sup>-</sup> ionlardan, seýrek gözenegiň düwünlerinde bolup geçýän ýokary we pes walentli ionlaryň birmeňzeş goşulmalaryndan emele gelýär. Şunuň bilen birwagtda otrisatel zarýadlaryň ýüze çykmany bolup geçýär.

Goşa gatlagyň içki otrisatel örtügi, ony döredýän ionlaryň ölçegine deň bolan galyňlykdaky monoionlar bolýar. Daşky örtügi gaty fazanyň üstüniň otrisatel zarýadyny kompensirleýän kationlardan durýar.

Kationlaryň esasy bölegi (90-95% köpüsi) adsorbsion ýeketäk gatynda (Şterniň gaty) jemlenip, galanlary öýjükleri doldurýan erginde diffuziýa esasda bölünýär we goşa gatlagyň daşky örtügiň (Guýiň gaty) diffuzion bölegini emele getirýär. Bütewligine alnanda, goşa elektrik gatlagy elektroneýtralдыr, daşky örtügiň jemleýji položitel zarýady bir we şoňa meňzeş, meselem:  $1\text{sm}^2$  meýdanyň çäklerindäki üstün otrisatel zarýadyny kompensirleýär. Fazalar bölüminiň araçäğine normal boýunça ugurda daşky örtügiň U potensialy ýeketäk gatyň çäklerinde ilki bilen çyzyklaýyn, soňra bolsa  $1/x$  (bu ýerde  $x$ -araçäge çenli aralyk) proporsional üýtgäp, erkin erginde nola ýetýär (10-njy surat). Gaty fazanyň üsti we erkin erginiň arasyndaky  $\varepsilon$  potenciallaryň umumy tapawudyny (Nernstaň potensialy) tejribe (eksperimental) usulda ölçemek başartmaýar, nazaryýet hasaplamalarynyň netijeleri boýunça onuň ululygy takmynan 1 wolta deň.



10-njy surat. Gaty fazaelektrolit ergini araçagindaki goşa elektrik gatlagy.

1-gaty faza; 2-şterniň gaty; 3-Guiň diffuziomn gaty, 4-erkin ergin; arabaglanyşyklar: 5- $C_k=f(x)$ , 6- $C_a=f(x)$ , 7- $U=f(x)$

Daşky örtügiň diffuziýa bölümi kationlaryň artykmaçlygynda kationlary we anionlary saklaýar. Diffuziýa gatynda ionlaryň konsentrasiýasy şeýle kanuna laýyk gelýär

$$C = C_0 \exp[-\varepsilon zU / (RT)], \quad (3.2)$$

bu ýerde  $C_0$  - erkin erginiň konsentrasiýasy;  $C$  - diffuziýa gatynda kationlaryň we anionlaryň konsentrasiýasy;  $z$  - ionlaryň berlen görnüşiniň walentiligi;  $U, \varepsilon$  - kesgitlenilýän  $C$  nokatdaky potensial we dielektriki syzyjylyk;  $R$  - uniwersal gaz hemişeligi [8,314 J/mol.Kl];  $T$  - absolýut temperatura (K).

Ionyň alamaty hasaba alynyp  $z$  bahasynyň çalşylýanlygyna görä,  $C_a$  anionlaryň konsentrasiýasy noldan (ýeketäk gat bilen araçäkde) erkin ergin bilen araçäkde  $C_0$  bahasyna çenli ösýär,  $C_k$  kationlaryň konsentrasiýasy peselip,  $C_0$  bahasyna ýetýär (0-njy surat).

Goşa elektrik gatlagyň galyňlygy ( $\delta_{GEG}$ ) deregine kabul edilýän diffuziýa gatynyň galyňlygy şu aşakdaky aňlatma boýunça hasaplanylýar.

$$\delta_{GEG} = \frac{1}{2F} \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon RT}{\pi C_0 (z_1 + z_2)}}, \quad (3.3)$$

bu ýerde  $C_0$  - mol/sm<sup>3</sup> aňladylan;  $z_1$  we  $z_2$  – erkin erginde kationlaryň we anionlaryň walentiligi.

(3.3) aňlatma şeýle ýönekeýleşdirilen şertlerde adalatlydyr: gaty faza-suwuklyk bölüm araçağıň tekiz bolmagy, diffuziýa gatyny dörediji ionlar nokatlaýyn ölçeglerinde bolmagy.

Deşijek görnüşli kesim üçin goşa elektrik gatlagyň hakyky  $\delta_{GEG,h}$  galyňlygyny hasaplamak üçin şu aşakdaky formula teklip edilen:

$$\delta_{GEG,h} = \delta_{GEG} - \frac{h}{2 \left[ \exp \left( \frac{h}{2\delta_{GEG}} \right) \right] - 1}, \quad (3.4)$$

bu ýerde  $h$ -deşijegiň ini;  $\delta_{GEG}$  - (3.3) aňlatma boýunça hasaplanylýan ululyk.

Fiziki baglanyşykly suw, radiusy  $r < 20-30$  nanometr (nm) bolan kapillýar göwrümleri amalyýetde bütewligine doldurýar, şunlukda radiusy  $r < 1,5-2,0$  bolan kapillýarlar esasanam berk bagly suwdan doly bolýar.

Kapillýarda-saklanan suw radiusy 30-500 nm bolan öýjükler hem-de dag jynsynyň skeletini döredýän däneleriň birleşmelerine baglanyşykly öýjük burçlary we öňi ýapyk öýjükler üçin häsiýetlidir. Kapillýarda saklanan suw öz häsiýetleri boýunça erkin suwdan tapawutlanmaýar. Görkezilen ölçegde-subkapillýar öýjüklerde suwy kapillýar basyş saklaýar.

$$P_k = 2\sigma \cos \theta / r, \quad (3.5)$$

bu ýerde  $\sigma$  - çyglanýan faza-suw we çyglanmaýan faza-howa, uglewodorod gazy ýada nebit araçäklerinde üst dartgynlygy;  $r$ -kapillýaryň radiusy;  $\theta$ -çyglanma burçy, gidrofil üst üçin  $\theta < 90^0$

### ***Dag jynslarynyň galyndy suw doýgunlygy***

Dag jynsynda kapillýarda-saklanan we fiziki baglanşykly suwuň jemlenen mukdary galyndy suw hökmünde kesgitlenilip, jynsyň öýjük göwrümünde onuň mukdary-galyndy suw doýgunlyk koeffisiýentini ( $K_{g.s}$ ) häsiýetlendirýär:

$$K_{g.s} = \frac{v_{s.g}}{v_{\theta}}$$

bu ýerde  $v_{s.g}$  ,  $v_{\theta}$  - degişlilikde galyndy suwuň we öýjükleriň göwrümi.

Petrofiziki tejribelikde  $K_{g.s}$  kesgitlemek üçin birnäçe usullar ulanylýar, olary iki topara bölmek bolar. Birinji topara ýeketäk usul diýip atlandyrylýan gönümel usul ýa-da Zaksyň usuly degişlidir. Bu usulda nebit esasda taýýarlanan (RNO) süzülmeýän burow suwuklygy-ergini bolan guýy bilen önümlü kollektor açylanda çykarylyp alnan dag jynsynyň nusgasynda saklanan galyndy suwyň mukdary kesgitlenilýär. Gönümel usuly amala aşyrmagyň zerur şerti, bu gatlak şertlerinde nusganyň öýjüklerini doldurýan hemme flýuidleriň tejribe-synag barlaglaryna çenli saklanylmagy bolup durýar.

Ikinji toparyň usullary nusgada galyndy suwy modelirlenmegiň şertleri bilen tapawutlandyrylýar. Olar üçin tebigy ýerleşen dag jynsynyň öýjüklerini doldurýan gatlak suwunda erän duzlary we uglewadarodlary nusgadan çykaryp aýyrmak bilen ony tejribe barlagyna taýýarlamak umumy bolup durýar.

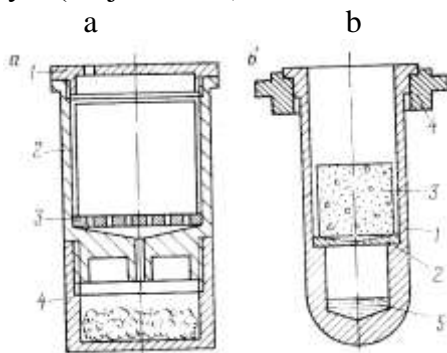
Ikinji toparyň usullaryna (koswennyý) başga parametrleriň üsti bilen kesgitlenilýän usullar hem diýip aýdylýar. Olardan şu



aşakdakylar tejribelikde ulanylýar: kapillýar gysyp çykarma, sentrifugirleme, temperaturany ýokarlandyrmak bilen guratma (Messerin usuly), ýadro-magnyt rezenansy we başgalar.

Dag jynslarynyň galyndy suw doýgunlyk koeffisienti ( $K_{g.s}$ ) sentrifugirleme usulynda kesgitlemek tejribelukde köp ulanylýar. Bu usulda eksperimental işleriň ýerine ýetirilişi şeýle yzygiderlikde alnyp barylýar.

Guradylan nusganyň massasyny  $m_g$  tehniki terezide ölçemeli. Ondan soňra, şol nusgany doly çyglylyk derejesine ýetirmeli we massasyny  $m_n$  tapmaly. Şeýle usul bilen işlenilmäge taýýar edilen çyglanan nusgalary sentrifuganyň düzümine girýän ýörite stakanjagazlarda ýerleşdirmeli (11-nji surat.) we sentrifugany kesgitlenen wagtda işe girizmeli. Sentrifuga bilen işlenilýän wagtynda nusgalaryň düzümine we häsiýetine baglylykda amatly düzgünleri saýlap almaklyk maslahat berilýär (1-nji tablissa).



11-nji surat. Sentrifugaň stakanjagazlary.

- a) ЦЖС – 31 sentrifugaňky; 1 – gapak; 2 – stakan, 3 goýum, 4 – düýbi;  
b) ЦЭ – 3 sentrifugaňky; 1 – stakan, 2 – goýum, 3 – nusga, 4 – daýanç bölegi, 5 – galyndy suw ;

Sentrifugaň işleýän wagtyň dowamlylygy t, min.	Sentrifugaň aýlaw tizligi, aýlaw/min.	Nusgany aýlama-gyň ortaça radiusy. $R_{or}$ , metr.	Nusgaň uzynlygy $R_1 - R_2$ , metr.	Bellik
1	2	3	4	5
30	3800	0,12	$1,5 \cdot 10^{-2}$	Kapillýarometri ýa we sentrifuga usullarynda kesgitlenen $K_{g.s.}$ netijeleriniň deňeşdirilmegi esasynda hödürlenilýän düzgün.
60	3000	0,19	$2 \cdot 10^{-2}$	Nusgalaryň syzyjylyk koeffisiýenti $K_{syz.} \cdot 10^{-13} \text{ m}^2$ –den köp bolanda.
150	3400	0,19	$2 \cdot 10^{-2}$	Nusgalaryň syzyjylyk koeffisiýenti $10^{-13} \text{ m}^2$ –den az bolanda.

Mysal üçin, *terrigen* dag jynslarynyň nusgalary (çäge, çägedaş, alewrolit) bilen işlenilende sentrifugaň aýlaw tizligi (V) bir minutda 3800 aýlaw/deň, aýlanma wagtynyň dowamlylygy  $t = 30$  minut. *Karbonat* dag jynslary üçin:  $V = 4200$  aýlaw/min. we  $t = 30$  min.

Sentrifuga işlenilýän wagtynda nusgada döreýän tizlenme güýji Ýeriň dartyş güýjünden  $\varepsilon^*$  esse köpdür, ýagny:

$$\varepsilon^* = \frac{\omega^2 R_{or}}{g} = \frac{\pi^2 R_{or} \cdot n^2}{9,8 \cdot 30^2} = 1,11 \cdot 10^{-5} R_{or} \cdot n^2, \quad (3.6)$$

bu ýerde  $R_{or} = \frac{R_1 + R_2}{2}$  - nusganyň ortaça aýlanma radiusy:

1-nji tablissa.

$R_1, R_2$  – aýlaw okyndan nusganyň gapdallaryna çenli bolan aralyklar;

$g$  – erkin gaçmaklygyň tizlenmesi;

$n$  – sentrifuganyň bir minutdaky aýlaw sany;

$\omega$  – burç tizligi;

$\omega^2 \cdot R_{or}$  – aýlanma merkezinden  $R_{or}$  aralykdaky meýdanyň kadaly (normal) tizlenmesi.

Sentrifugada işlenilenden soň galyndy suwly nusganyň massasy ( $m_{g.s.n.}$ ) çekim ýoly bilen kesgitlenilýär. Şeýlelikde, tejribe işinde ýerine ýetirilen ölçegleriň netijesinde anyklanylýan parametrleri ( $m_g, m_n, m_{g.s.}$ ) ulanyp, dag jynsynyň galyndy suw doýgunlyk koeffisiýenti hasaplanylýar:

$$K_{g.s.} = (m_{g.s.} - m_g) \delta_s / (m_n - m_g) \delta_s = (m_{g.s.} - m_g) / (m_n - m_g) \quad (3.7)$$

Galyndy suwy kesgitlemek üçin ulanylýan sentrifuga usuly ýeterlik çalt we takyk. Sentrifuga ýokarda görkezilen düzgünlerde işledilende çägesow dag jynslarynyň nusgalary üçin 0,3 megapaskala (MPa) çenli gysyp çykaryjy basyş döredýär. Bu bolsa, nusgalardaky erkin suwlary aýyrmaklygy we kapillýarometriýa usuly boýunça kesgitlenen bahasyna ýakyn bolan galyndy suwdoýgunlygyny almagy üpjün edýär.

### 3.2. Dag jynslarynyň nebit we gaz doýgunlygy

Kollektor – dag jynslarynyň öýjük giňişliginde suw bilen bilelikde nebitiň we gazyň saklanmagy mümkindir. Şunlukda, öýjük giňişligindäki suwuň, nebitiň we gazyň özara bölünmek häsiýeti we mukdar gatnaşygy dürli bolup biler.

1-nji surat. Topragyň kapillýarlarynda suwuň bölünişin çyzgydy (N.A.Kaçinskiý boýunça).

a – inçe kappilýar (diametr  $d = 2 \cdot 10^{-9} \div 10^{-7}$  m); b – kapillýar ( $d = 10^{-7} \div 10^{-4}$  m);

ç – ýokary kapillýar ( $d > 10^{-4}$  m) öýjükler.

1 – kapillýaryň sütüni; 2 – ionlar; 3 – suwuň molekulary; 4 – erkin suw.

Öýjüklerdäki nebitiň (gazyň) we suwuň özara bölünmesi dag jynslarynyň gaty fazasynyň üstleriniň suw bilen çyglanýan (gidrofil) ýa-da suw bilen çyglanmaýan (gidrofob) häsiýetlerine baglydyr. Egerde, gaty fazanyň üsti doly gidrofil häsiýetli bolsa, onda suwuň ýukajyk perdesi (molekulalary) gaty fazanyň üstüni deňölçegde örtýär we öýjügiň galan böleginde nebit saklanýar. Gaty fazanyň üsti gidrofob häsiýetli bolan ýagdaýynda, öňkiň tersine bolýar, ýagny gaty fazanyň ýüzi nebit bilen örtülýär, öýjügiň eýelenmän galan böleginde (merkezinde) bolsa suw saklanýar.

Gaty fazanyň üstüniň suw bilen saýlanma çyglanmasy kapillýarda hereket edýän başga faza (howa, gaz, nebit) bilen suwuň araçägindäki *çyglanma burçunyň* ( $\theta$ ) ululygy boýunça kesgitlenilýär. Egerde çyglanma burçy ö nola deň bolsa, onda gaty fazanyň üsti doly gidrofil üst hasap edilýär;  $0 < \theta < 90^\circ$  – üstüň esasy bölegi gidrofildir;  $90^\circ < \theta < 180^\circ$  – üstüň esasy bölegi gidrofobdyr;  $\theta = 180^\circ$  – üst doly gidrofobdyr.

Çökündi dag jynslarynyň gaty fazasy köplenç ýagdaýlarda gidrofil häsiýetli minerallardan jemlenendir. Şol sebäpli tebigatda nebitli we gazly gidrofil kollektor – dag jynslary köp duş gelýär. Umumy ýagdaýda

$$V_n + V_g + V_s = V_\theta ; \quad (3.8)$$

$$\frac{V_n}{V_\theta} + \frac{V_g}{V_\theta} + \frac{V_s}{V_\theta} = K_n + K_g + K_s = 1, \quad (3.9)$$

bu aňlatmalarda  $V_n$ ,  $V_g$  we  $V_s$  – degişlilikde nebitiň, gazyň we suwuň öýjük giňişliginiň göwrümünde eýeleýän bölümleri;  $V_\theta$  – öýjükleriň göwrümi;  $K_n$ ,  $K_g$  we  $K_s$  – degişlilikde nebit, gaz we suw doýgunlyk koeffisiýentleri.

Dag jynslarynyň öýjüklerinde saklanýan nebit ýa-da gaz bölekleyin çykarylyp alynýar. Şol sebäpli çykarylyp alynýan ( $K_{\text{ç.a.n.}}$ ) we galyndy nebit doýgunlygy ( $K_{\text{g.n.}}$ ) koeffisiýentleri tapawutlandyrylýar. Olaryň jemi nebit (gaz) doýgunlyk koeffisiýentine  $K_n$  ( $K_g$ ) deňdir, ýagny

$$K_n = K_{\text{ç.a.n.}} + K_{\text{g.n.}} \quad (3.10)$$

Gidrofil nebitdoýgunly dag jynslary üçin aýratyn ýagdaýda

$$K_n + K_s = K_{\text{ç.a.n.}} + K_{\text{g.n.}} + K_{\text{ç.a.s.}} + K_{\text{g.s.}} = 1, \quad (3.11)$$

bu ýerde  $K_{\text{ç.a.s.}}$  – çykaryp alynýan (hereket edýän) suw doýgunlyk koeffisiýenti.

Egerde nebitdoýgunly dag jynsynyň öýjükleri hereket edýän suwy saklamaýan bolsa ( $K_{\text{ç.a.n.}}=0$ ), onda

$$K_n + K_s = K_{\text{ç.a.n.}} + K_{\text{g.n.}} + K_{\text{g.s.}} = 1 \quad (3.12)$$

Nebit we suwdoýgunlyk koeffisiýentlerini kesgitlemek işi tebigy dag jynslarynyň nusgalaryny (kern) tejribe şertlerinde anyklamak esasynda ýerine ýetirilýär. Gaz doýgunlyk koeffisiýenti bolsa 4-nji aňlatmadan peýdalanylyp, hasaplamagyň kömegi bilen alynýar:

$K_g = 1 - (K_n + K_s)$  ýa-da  $K_g = 1 - K_s$  (egerde dag jynsy nebiti saklamaýan ýagdaýynda). Sebäbi  $K_n$ ,  $K_s$   $K_g$  koeffisiýentleriň jemi 1 deňdir.

Tejribe şertlerinde dag jynslarynyň nusgalarynda alnan galyndy suw doýgunlygy baradaky netijeler guýularda geçirilýän elektrik barlag usullarynyň maglumatlary boýunça kollektor-dag jynslaryny ýüze çykarmakda, olaryň nebit-gaz doýgunlyk häsiýetlerine baha bermekde giňden peýdalanylýar.

## IV. Dag jynslarynyň dykzlygy

### 4.1 Dykzlyk barada düşünje

Dykzlyk ( $\delta$ ) – jisimiň häsiýeti bolmak bilen, onuň göwrüm birligindäki massasyny kesgitleýär. Şeýlelikde, jisimiň massasynyň onuň göwrümüne bolan gatnaşygyna dykzlyk diýip aýdylýar, ýagny

$$\delta = \frac{m}{V},$$

(4.1)

bu ýerde  $m$  – massa, kg.(g);  $V$  – göwrüm,  $m^3$  ( $sm^3$ )

Ölçegler sistemasynda (SI) dykzlyk  $kg/m^3$  ýa-da  $g/sm^3$  birlikler görnüşde aňladylýar. Gaty görnüşdäki himiki elementleriň we minerallaryň dykzlygy  $0,53 g/sm^3$  – den (litiý)  $22,5 g/sm^3$  – e (osmiý we iridiý) çenli üýtgeýär. Ýer gabygynyň dag jynslarynyň dykzlygy  $1,6 \div 3,5 g/sm^3$ . Ýeriň ortaça dykzlygy  $5,52 g/sm^3$ .

Dykzlygy boýunça hemme elementleriň atomlary örän birmeňzeş dälidir. Atomlaryň massasynyň köp bölegi (99,95-99,97%) ýadrolarda jemlenendir. Pratonlaryň we neýtronlaryň massalary deňşilikde  $1,672 \cdot 10^{-24}g$  we  $1,675 \cdot 10^{-24}g$  deňdir. Elektronynyň massasy ( $9,109 \cdot 10^{-28}g$ ), olaryňkydan 1836 esse massasy azdyr. Elementleriň atomlarynyň radiuslary  $10^{-8}sm$  deň bolup, ýadrolaryň radiuslary bolsa epesli azdyr we  $10^{-13}$ - $10^{-12} sm$  deňdir. Şol sebäpli, ýadrony gurşap alýan elektron toplumynyň dykzlygynyň örän azlygynda, atom ýadrosynyň dykzlygy ägirt bolup, tegelekläp alynanda  $1,16 \cdot 10^{14}g/sm^3$  deň hasap edilýär.

Göwrümi  $V$  deň bolan dag jynsy  $V_{gf}$  göwrümlü gaty fazadan we  $V_{\delta}$  göwrümlü öýjüklerden jemlenendir. Öz gezeginde gaty faza dürli dag jynslaryny emele getiriji minerallardan jemlenýär, öýjükler bolsa  $V_s$  göwrümlü gatlak suwy,  $V_n$  göwrümlü nebit we  $V_g$  göwrümlü gaz bilen

doldurlandyr. Şunuň ýaly ýagdaýdaky dag jynsynyň dykyzlygyny ( $\delta_{d.j.}$ ) şu aşakdaky umumy görnüşde aňlatmak bolar:

$$\delta_{d.j.} = \delta_{gf} \cdot \frac{V_{gf}}{V} + \delta_s \cdot \frac{V_s}{V} + \delta_n \cdot \frac{V_n}{V} + \delta_g \cdot \frac{V_g}{V} = (1 - K_{u\phi}) \delta_{gf} + K_{u\phi} (K_s$$

$\delta_s + K_n \delta_n + K_g \delta_g$ ), (4.2) ýerde  $\delta_{gf}$ ,  $\delta_s$ ,  $\delta_n$  we  $\delta_g$  – deňişlilikde gaty fazanyň, suwuň, nebitiň we gazyň dykyzlygy;  $K_{u\phi}$  – umumy öýjüklilik koeffisienti;  $K_s$ ,  $K_n$ ,  $K_g$  deňişlilikde dag jynsynyň suw, nebit we gaz doýgunlyk koeffisientleri.

Gaty fazanyň dykyzlygy  $\delta_{gf}$  – ony düzüji minerallaryň dykyzlygynyň ortalaşdyrylan ululygyna deňdir:

$$\delta_{gf} = \sum_{i=1}^n \delta_{mi} \frac{V_{mi}}{V_{gf}} \quad (4.3)$$

bu aňlatmada  $\delta_{mi}$  we  $V_{mi}$  – i mineralyň dykyzlygy we göwrümi.

(4.2)-nji aňlatmadan görnüşi ýaly, dag jynslarynyň dykyzlygy umumy öýjüklilik koeffisiýentine  $K_{u\phi}$  degerli derejede baglydyr. Belli bolşy ýaly, öýjükliligiň örän kiçi ululygy (2 – 5 % çenli) ilkinji öýjüklileri bolan magmatik dag jynslarynyň köpüsi we metamorfik jynslaryň az bölegi üçin häsiýetlidir. Şular ýaly dag jynslary üçin, dykyzlygyň ululygy esasanam, olaryň mineral düzüminiň dykyzlygy bilen kesgitleniler (2-nji tablisa). Egerde umumy öýjüklilik koeffisiýenti  $K_{u\phi}$  nola ymtýlýan bolsa, onda şol dag jynsynyň dykyzlygy onuň gaty fazasynyň dykyzlygyna ymtylar ( $K_{u\phi} \rightarrow 0$ , onda  $\delta_{d.j.} \rightarrow \delta_{gf}$ .)

Tejribe şertlerinde dag jynslarynyň tebigy ýagdaýdaky dykyzlygy kesgitlenilmän, onuň ýerine gury dag jynsynyň dykyzlygyny  $\delta_{d.j.}$  hem-de onuň gaty fazasynyň  $\delta_{gf}$ , gatlakdaky suwuň  $\delta_s$ , nebitiň  $\delta_n$  we gazyň  $\delta_g$  dykyzlyklary kesgitlenilýär. Dag jynsynyň dykyzlygy aşakdaky aňlatma boýunça hasaplanylýar:

$$\delta_{d.j.} = \frac{m_{d.j.}}{V} = \frac{m_{gf} + m_s + m_g}{V}, \quad (4.4)$$

bu aňlatmada:  $m_{d.j.}$  – dag jynsynyň massasy;  $V$  – dag jynsynyň göwrümi;  $m_{gf}$ ,  $m_s$ ,  $m_g$  – degişlilikde gaty fazanyň, suwuklygynyň we gazyň massalary.

Ilkinji çökündiler, çökündi dag jynslary, ilkinji öýjükliligi bolan effuziw we wulkanik dag jynslarynyň bölekleri we gadymy fundamentiň dag jynslarynyň dargama gabyklary üçin öýjüklilik koeffisientiniň bahalary örän giň çäklerde üýtgeýär. Şonuň bilen, bu dag jynslarynyň dykyzlygynyň giň çäklerde üýtgemegine we oňa doýgunlaşdyrılan flýuidiň görnüşiniň täsir etmeginde bagly bolýar.

Egerde gaty fazanyň we gatlak suwuklygynyň dykyzlygy üýtgemeýän bolsa, onda doly doýgunlyk ýagdaýynda dag jynsynyň dykyzlygy  $\delta_{d.j.}$  – öýjüklilik koeffisiýentine  $K_{\delta}$  baglydyr. Öýjüklilik suwdan doly ýagdaýyndaky dag jynslary üçin (2)-nji aňlatmadaky  $K_s = 1$  we  $K_n = K_g = 0$  diýip alynsa, onda onuň dykyzlygyny:

$$\delta_{d.j.} = (1 - K_{\delta}) \delta_{gf} + K_{\delta} \delta_s. \quad (4.5)$$

Soňky aňlatmadan öýjüklilik koeffisienti tapylýar:

$$K_{\delta} = \frac{\delta_{gf} - \delta_{d.j.}}{\delta_{gf} - \delta_s}. \quad (4.6)$$

Gury dag jynslary üçin  $\delta_n = \delta_s \approx 0$  we  $\delta_g \approx 0$  hasap edilse, onda onuň dykyzlygyny

$$\delta_{d.j.} = (1 - K_{\delta}) \delta_{gf}. \quad (4.7)$$



## 4.2 Gazlaryň, suwuklyklaryň we minerallaryň dykzlygy

*Gazlaryň dykzlygy.* Adaty şertlerde ( $T=20^{\circ}\text{S}$  we  $P=0,1$  MPa) howanyň dykzlygy  $\delta_{\text{howa}}=1,2 \text{ kg/m}^3$  deňligi bellidir. Şonuň ýaly dykzlygy  $\delta_{\text{pen}}=3,17 \text{ kg/m}^3$  deňdir. Şeýlelik bilen, normal bagly şertlerde howa boýunça gazyň otnositel dykzlygy: arassa metan üçin  $d=\delta_{\text{met}}=0,7/1,2=0,58$  bolar; pentan üçin  $d=3,17/1,2=2,64$ .

Tebigy gaz uglewodorod gazlarynyň garyndysyndan durýanlygy sebäpli, hakyky tebigy gazyň dykzlygy normal şertlerde howaň dykzlygyna ýakyn bolýar. Emma gatlak şertlerinde basyşyň ýokarlanmagy bilen tebigy gazyň dykzlygy güýçli artýar. Otnositel dykzlygy  $d=0,6$  bolan metanyň  $T=40^{\circ}\text{S}$  temperaturada we  $P_{\text{gat}}=70\text{MPa}$  gatlak basyşynda ýokary dykzlanmagy sebäpli dykzlygy  $\delta_{\text{met}}=300 \text{ kg/m}^3$  bolýar.

*Suwuklyklaryň dykzlygy.*  $T=20^{\circ}\text{S}$  temperaturada tebigy gatlak suwalarynyň dykzlygy erän duzlaryň mukdaryna baglylykda  $\delta_s=1,01 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ -den (süýji suwlar)  $\delta_s=1,24 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  çenli (doly duzlaşan) üýtgeýär.

Gatlak nebitleriniň dykzlygy, olaryň himiki düzümine, gatlak şertlerinde bolsa, başgada olarda erän nebit gazyň mukdarynyň azalmagy bilen onuň göwrümi kiçelýär we dykzlygy artýar. Gatlakda nebitiň dykzlygy pes  $0,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  bolup, üstki şertlerde (separirlenen nebit)  $0,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ -e çenli ýokarlanýandygy bellidir.

Tebigy şertlerde nebitiň dykzlygy ýerlerlik giň çäklerde  $(0,5 \div 1,0) \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  üýtgeýär.

Minerallaryň dykzlygy. Dag jynsynyň gaty fazasynyň dykzlygyny, olaryň mineral düzümi kesgitleýär. Dag jynsynyň düzümi bir görnüşli minerallardan durýan ýagdaýynda, olaryň dykzlygy gaty fazanyň dykzlygyna deň bolar. Sebäbi minerallaryň öýjükliklik koefienti 1%-den ýokary bolmaýar.

Minerallaryň dykzlygy, olaryň himiki düzümine we gurluşyna baglydyr. Minerallaryň dykzlygy, olary düýän elementleriň otnositel atom massasy w minerallaryň kristallografiki aýratynlyklaryny şetlendirýän atomlaryň elektron halkalarynyň dykzlygyna esasy täsiri, olaryň otnositel atom massasy döredýär,

Dag jynslarynyň dykzlygy  $\delta$ , g/sm<sup>3</sup>

Tablisa 2

Dag jynsy	Üýtgeýän çäkleri	Köp duş gelýän bahalary
<b>Çökünci dag jynslary.</b>		
Toýun (Глина)	1,20 – 2,40	-
Toýundaş (Аргиллит)	1,70 – 2,90	2,30 – 2,40
Toýunsow slanes (Глинистый сланец)	2,30 – 3,00	2,40 – 2,60
Çäge (Песок)	1,30 – 2,00	1,50 – 1,70
Kirşendaş (Алевролит)	1,80 – 2,80	2,30 – 2,50
Çägedaş (Песчаник)	2,00 – 2,90	2,50 – 2,65
Çägedaşly slanes (Песчаный сланец)	2,30 – 3,00	2,60 – 2,70
Brekçiýa	1,60 – 3,00	-
Çagyldaş (Конгломерат)	2,10 – 3,00	-
Hekgumdaş (Мергель)	1,50 – 2,80	2,20 – 2,40
Hekdaş (Известняк)	1,80 – 2,90	2,60 – 2,70
Dolomit	1,90 – 3,00	2,60 – 2,80
Gips	2,10 – 2,50	2,40 – 2,50
<b>Ýer gabygynda gatap galan (intruziw) we çogup çykan (effuziw) magmatik dag jynslary.</b>		
Granit (fanerozoýa)	2,55 – 2,67	2,57
Granit (dokemriýa)	2,56 – 2,68	2,59
Granodiorit	2,62 – 2,78	2,69
Kwarsly diorit (Диорит кварцевый)	2,67 – 2,92	2,81
Gabbro	2,85 – 3,05	2,95
Piroksenit	2,90 – 3,40	3,19
Peridotit	2,88 – 3,29	3,29
Siýenit	2,57 – 2,65	2,62
Liparit	2,14 – 2,59	2,35
Kwarsly porfir (Порфир кварцевый)	2,54 – 2,66	2,60
Andezit	2,17 – 2,68	2,49
Andezitli porfirit	2,55 – 2,81	2,73
Bazalt	2,22 – 2,85	2,54
Diabaz	2,62 – 2,95	2,79

dag jynslaryny emele getiriji minerallaryň dykylygy bolsa – atomlaryň ýerleşişine bagly bolmaýar.

Minerallarda atomlaryň we ionlaryň dürli otnositel atom massasynyň, atom radiusynyň we walentliginiň gatnaşyklary, olaryň himiki düzümi bilen kesgitlenilýär. Mineral düzümine girýän atomlaryň we ionlaryň otnositel atom massasynyň ähmiýeti uludyr. Bu aýratynlyklary mssalarda serdeliň.

*Ion radiusynyň täsiri.* Goý anionlary deň bolan iki sany mineral bar. Olaryň biri silwin (кце), onuň düzümine girýän kaliý elementiň otnasitel atom massasy  $A=39$  deň, beýlekisi galit (NaCl), onuň düzümindäki natriýiň  $A=23$  deň. Degişlilikde bu minerallaryň dykyzlygy  $\delta_{KCl}=1,99 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  we  $\delta_{NaCl}=2,1 \div 2,2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ . KCl üçin ion radiusy  $r=133A^0=0,0133$  nanometr, NaCl üçin  $r=0,98$  nanometr. Diýmek bu minerallaryň dykyzlygynyň biri-birinden tapawutlanmagy ion radiusynyň täsiri bilen düşündirmek bolar.

*Walentligiň täsiri.* Minerallaryň düzümine dirýän ionlaryň walentliginiň dykyzlyga täsirini şeýle düşündirmek bolar. Köp minerallaryň iri ionlary (meselem,  $O^{2-}$ ,  $S^{2-}$ ,  $Cl^-$ ) dykyz gurluşy döredýär. Olaryň arasynda kiçi radiusly kationlar ýerleşýärler. Anionlaryň arasynda kationlaryň bolmagynyň mümkinçiligi näçe köpeldigiçe, diýmek anionlaryň walentligi uly bolup we kationlaryň walentligi näçe kiçi boldugyça, minerallaryň dykyzlygy şonça ýokarlanar.

*Minerallaryň gurluşynyň täsiri.* Minerallaryň gurluşyna we onuň atomlarynyň ýada ionlarynyň ýerleşiş gürlügininiň dykyzlyga baglylygyny gurluşy boýunça dürli, emma himiki düzümi boýunça birmeňzeş minerallaryň mysalynda düşündirmek bolar. Grafit we almaz himiki düzümleri boýunça birsyhly bolsada olaryň gurluşy has tapawutlydyr. Grafit üçin gatlaklaýyn gurluş, häsiýetli bolup, onuň gatlaklarynyň arasyndaky aralyk  $0,34$  nanometre we gatdaky atomlaryň aralygy  $0,142$  nanometre deňdir. Almazyň gurluşy örän dykyz

bolup, onuň atomlarynyň arasyndaky aralyk 0,154 nm deň. Şunuň bilen baglylykda, olaryň dykzylygy tapawutlanýar ( $\delta_{\text{grafit}}=2,2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  we  $\delta_{\text{almaz}}=3,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ). Mineral düzümi birmeňzeş ( $\text{Ca CO}_3$ ) bolan aragonitiň we kalsitiň gurluşy tapawutly. Argonitiň dykzy gurluşy barlygy sebäpli, onuň dykzylygy ( $2,85-2,94 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ) kalsitiň dykzylygyndan ( $2,73 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ) uly bolýar. Minerallaryň köpüsi üçin kesgitlenilen dykzylyk  $0,98 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  (buz üçin)  $22,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  - e (iridiý we osmiý üçin) çenli üýtgeýär.

Dykzylygy boýunça minerallar şu aşakdaky toparlara bölünýär:

- 1) dykzy minerallar ( $\delta_{\text{gf}} > 4 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ), olaryň ýer gabygynda mukdary 33,8%;
- 2) orta dykzylyk minerallar [ $\delta_{\text{gf}}=(2,5 \div 4,0) \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ], ýer gabygyndaky mukdary 53,2%
- 3) pes dykzylykly minerallar ( $\delta_{\text{gf}} < 2,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ) ýer gabygyndaky mukdary 53,2%

Dykzy minerallara degişliler: tebigy metallar (altyn, kümüş, mis, gurşun, wismut we başgalar), selen, tellur, sulfidler, okisler, gidrooksidler, silikatlaryň we fosfoatlaryň käbir görnüşleri we ş.m.

Magdan minerallarynyň köpisiniň dykzylygy, olaryň uly otnositel atom massasy, kiçi atom radiusy bolan elementleriň mukdarynyň köplügi we atomlarynyň dykzy (kubiçeskiy we geksaganol) ýerleşýändikleri bilen düşündirilýär.

Orta dykzylykly minerallara ion ýada kowalent görnüşli kristalliki arabaglanyşyklary bolan dag jynslaryny emele getiriji minerallaryň köpüsi degişlidir. Olaryň dykzylygy  $2,2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ -deň  $3,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ -çenli üýtgeýär. Dykzylygyň beýle çäklerde üýtgemesi köp sanly faktorlaryň täsiri bilen kesgitlenilýär. Minerallaryň dykzylygynyň hemişelik dældigi adaty garydylar sebäpli bolýar. Dykzylygy boýunça minerallaryň gowy differensirlenilmegi olary tanamak üçin peydaalanmaga mümkinçilik döredýär.

Dykyzlygy pes minerallara-gradit, kükürt, buz, opal we silikatlar toparynyň köp minerallary (galluazit, montmorillonit we başgalar), hem-de hloridler-galit, silwin degişlidir. Bu minerallar otnositel atom massasy az bolan elementlerden durýarlar, olaryň atomlary uly ölçeglerde bolýarlar we olaryň köpüsiniň ýerleşişiniň gowşak gurluşly bolmagy häsiýetlidir.

### **4.3. Çökündi dag jynslarynyň dykyzlygy**

Tebigy ýerleşen çökündi dag jynslarynyň dykyzlygy diňe öz häsiýetlerinden (gaty fazaň dykyzlygy we öýjükliigi) başgada, öýjükleri doýurýan flýuidleriň dykyzlygyna we olaryň göwrüm gatnaşygyna baglydyr. Flýuidleriň dykyzlygy, olaryň düzümi (gaz, nebit, suw) çylşyrymlylygy aýyrmak maksady bilen düzgün boýunça tejribe şertlerinde gidrostatiki çekim usulynda guradylan nusgalaryň dykyzlygy kesgitlenilýär. (4.2) ýa-da (4.5) aňlatmalar boýunça bu bahalary anyk gatlak şertlerine täzedan hasaplamak mümkindir.

(4.5) deňlemä laýyklykda gury dag jynslarynyň dykyzlygy mineral skeletiniň dykyzlygyna we umumy öýjükliige baglydyr. Mineral skeletiniň dykyzlygyny synag üsti bilen ýa-da, mineral düzümini bilip, (5.3) deňleme boýunça hasaplamak bolar.

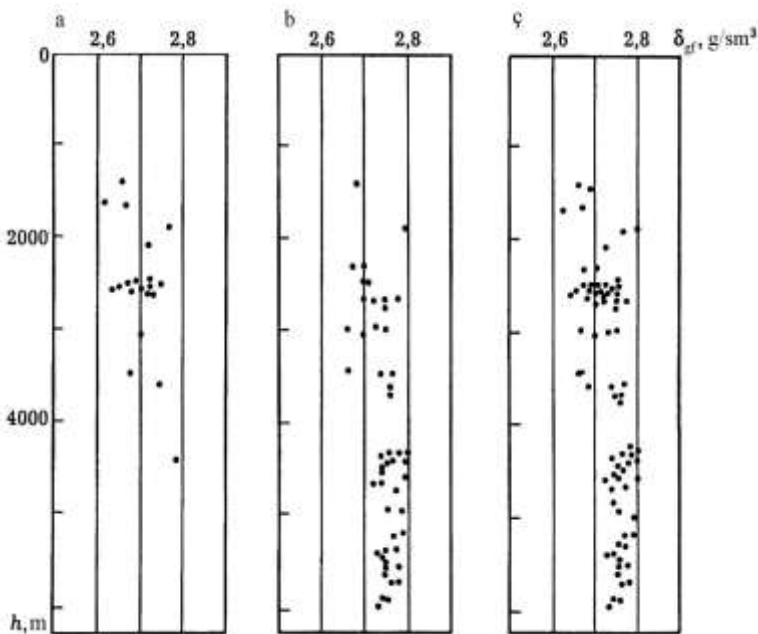
Çuňlugyň uly aralygynda toýunsow-çägedaş dag jynslarynyň mineralogiki dykyzlygynyň synag esasda öwrenilmeginiň netijeleri 12-nji suratda getirilýär. Bu hem-de başga köp sanly synag barlaglary, çuňluga görä çökündi dag jynslarynyň mineralogiki dykyzlygynyň adatça uly üýtgemesiniň bolmaýanlygyny görkezýär. 17-nji surtdaky netijeler diňe käbir ulalmagy görkezýär. (2.14) aňlatma bilen meňzeşlikde,  $\Delta h$  çuňluk aralygynda gidrostatiki basyşyň täsirinde gaty fazanyň tersine özgermeýän dykyzlanma koeffisienti [8]

$$\beta_{gf}(t, T) = \frac{1}{\delta_{gf}} - \frac{\Delta\delta_{gf}}{g\delta_{s,ort}\Delta h}, \quad (4.8)$$

Gaty fazanyň dykyzlygynyň  $\delta_{gf}$  uly üýtgemesi bolýan argillitler we toýunly-alewrolit dag jynslary üçin 2500-6000 m çuňluk aralygynda  $\beta_{gf}(t, T)$  ortaça ululygy takmynan şeýle baha deňdir, ýagny

$$\beta_{gf}(t, T) \approx 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ MPa}^{-1}, \quad (4.9)$$

Toýunly dag jynslarynyň mineralogiki dykyzlygynyň üýtgemegi gat arasyndaky suwuň sykylmagynyň we mel çökündilerinden trias çökündilerine tarap demir oksidleriniň mukdarynyň köpelmeginiň hem-de magdan goşulmalarynyň hasabyna ähtimallykda bolup geçýändir [8]. Emma şol dag jynslary üçin  $\beta_{gf}(t, T)$  ululygy öýjükleriň tersine özgermeýän dykyzlanma  $\beta_{\delta}(t, T)$  koeffisientiniň ululygyndan ep-esli kiçidir, diýmek bu ýagdaýda  $\beta_{gf}(t, T)$  üýtgemeginiň hasaba alynmagy hökman däl. Görkezilen çuňluk aralygynda çägedaş-toýunsow çökündileriniň ortaça mineralogiki dykyzlygy  $\delta_{gf}=2.72 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  hasap edildi.

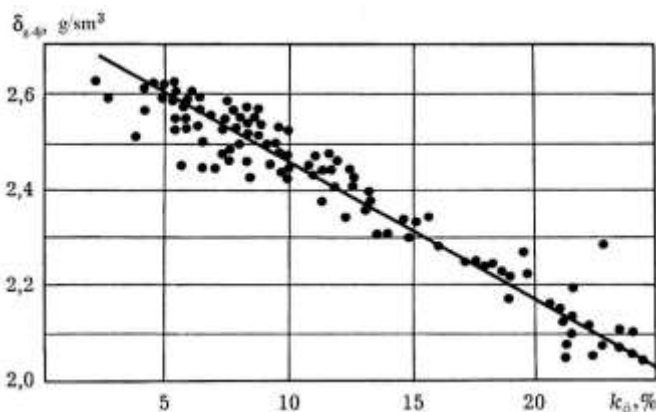


12-nji surat. h çunluga görä çägedaş-toýunsow dag jynslarynyň  $\delta_{gf}$  mineralogiki dykzlygynyň üýtgemegi (Arolsor) [8] a - çägedaşlary we alewrolitler; b - argillitler we toýunly-alewrit dag jynslary; ç - umumylaşdyrylan arabaglanşyk.

Şeýlelik bilen, litologiki birgörnüşli çökündi dag jynslarynyň dykzlygyny kesgitleýiji wajyp faktorlaryň biri, bu olaryň umumy öýjüklilik koeffisienti bolup durýar. Gury çägedaş-toýunsow dag jynslarynyň dykzlygynyň we umumy öýjükliligiň arabaglanşygy 13-nji suratda görkezilen öwrenilýän dag jynslarynyň nusgalarynyň toplumy üçin (4.5) deňleme şeýle görnüşde bolar:

$$\delta_{g,dj,h} = 2.72 \cdot 10^3 (1 - K_{\delta})$$





13-nji surat. Guy çägedaş-toýunsow dag jynslarynyň  $\delta$  g.dj dykzlygy bilen Kö öýjüklilik koeffisientiniň arabaglanyşygy (Aralsor) [8]

Çuňluga görä çökündi dag jynslarynyň dykzlanmagy. Çökündi dag jynslarynyň öýjüklilik koeffisienti olaryň ýerleşýän çuňlugyna bagly bolýan bolsa, onda dag jynslarynyň dykzlygyna täsir edýän ikinji düýpli faktor bu olaryň ýerleşýän çuňlугy bolýar (14-nji surat).

(4.5) deňlemä laýyklykda gury dag jynslary üçin  $\delta_{(g.f)h} \approx \delta_{(g.f)h=0}$  bolanda, şeýle ýazmak bolar:

$$\frac{\delta_{(g.dj)h}}{\delta_{(g.dj)h=0}} \approx \frac{1 - K_{(\theta)h}}{1 - K_{(\theta)h=0}}, \quad (4.10)$$

$K_{(\theta)h}$  umumy öýjüklilik koeffisientiniň bahasy goýlandan soňra (2.16) deňlemä meňzeşlikde, şu aşakdaky aňlatmany alýarys:

$$\frac{\delta_{(g.dj)h}}{\delta_{(g.dj)h=0}} \approx \left\{ 1 - K_{(\theta)h=0} \left[ 1 - \exp \left( -\beta_{dj}(t, T) g (\delta_{dj.ort} - \delta_{s.ort}) h \right) \right] \right\}^{-1} \quad (4.11)$$

(4.5) aňlatmany hasaba almak bilen (4.11) deňlemäni şeýle görnüşe özgerdip bolar:

$$\delta_{(g,dj)h} \approx \delta_{gf} \left\{ 1 + \left( \frac{\delta_{gf}}{\delta_{(g,dj)h=0}} - 1 \right) \cdot \exp \left[ -\beta_{dj}(t,T)g(\delta_{dj,ort} - \delta_{s,ort})h \right] \right\}^{-1} \quad (4.12)$$

Bu deňleme boýunça hasaplanylýan, h çuňluga görä gury çägedaş-toýunsow dag jynslarynyň  $\delta_{g,dj}$  dykyzlygynyň üýtgemeginiň egrisi, dag jynslarynda kesgitlenen synag barlaglarynyň netijeleri bilen kanagatlanarly gabat gelýändigini 14-nji suratda görkezilen.

15-nji suratda Hazarýaka çökertliginiň kesiminde çuňluga görä gury dag jynslarynyň dykyzlygynyň ( $\delta_{g,dj}$ ), öýjükliliginiň ( $K_{\delta}$ ) we suw doýgunly jynslaryň dykyzlygynyň ( $\delta_{dj}$ ), hem-de olaryň mineral dykyzlygynyň ( $\delta_{gf}$ ) üýtgemegi [11] şekillendirilen.

Aňrybaş çyglygy bolan dag jynslary üçin (4.5) deňleme boýunça alýarys:

$$\delta_{(g,dj)h} = \delta_{gf} - (\delta_{gf} - \delta_s)K_{(\theta)h}, \quad (4.13)$$

bu ýerde  $K_{(\delta)h}$  – (2.16) deňleme boýunça tapylyan h çuňlukdaky dag jynslarynyň öýjüklilik koeffisienti.

Çuňluga görä dag jynslarynyň dykyzlygynyň üýtgemegini beýan edýän has

ýönekeý usullar hem bardyr. Meselem M.L.Ozerskaýa [11]

gury dag jynslary üçin

şeýle deňlemäni hödürleýär:

$$\delta_{(g,dj)h} = \delta_{gf} [1 - K_{(\theta)h=0} \cdot \exp(-0.45h)] \quad (4.14)$$

bu ýerde h – ýerleşýän çuňlugy, km.

Bu deňlemede çökündi jemlenmesiniň dürli şertlerinde bolan litologiki düzümi meňzeş däl dag jynslarynyň dykyzlanma aýratynlyklaryny  $K_{(\delta)h=0}$  koeffisientiniň bahasyny synag esasyda (empirik) saýlap hasaba alynmagy teklipl edilýär.

Dykyzlygy boýunça gury çökündileri we çökündi dag jynslary baş topara bölünýär [9].

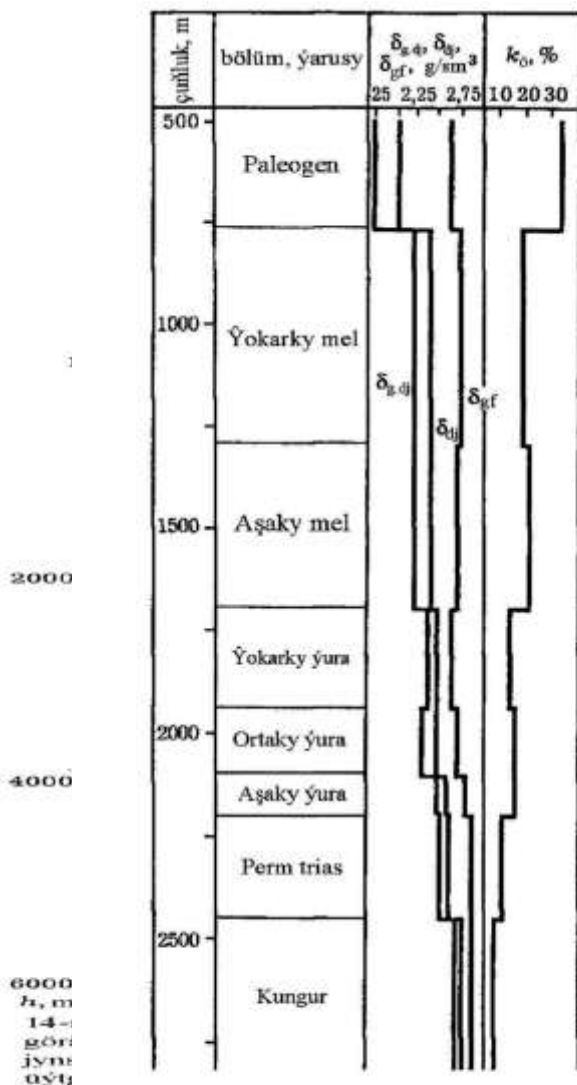
I topar – dykzlygy çendenaşa pes we örän pes;  
 $\delta_{g,dj}=(0.5\div 1.5)\cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ; ýokary öýjükli läwikler, mel, trepel,  
opoka, tuflar hem-de torf we kömürler;

II topar – dykzlygy pes we pesiräk;  
 $\delta_{g,dj}=(1.5\div 2.5)\cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ; bu topara çökündi dag jynslarynyň  
köp görnüşi, daş duzy, gips, boksitler, metomorfirlenen  
kömürler we ş.m goşulýar;

III topar – orta dykzlykly;  $\delta_{g,dj}=(2.5\div 3.5)\cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ;  
bular dykz çökündi, magmatiki we metomorfiki dag jynslary,  
magdan goşundysy bolan hekdaşlary we dolomitler, angidritler  
we ş.m;

IV topar – ýokarlanan we ýokary dykzlykly;  
 $\delta_{g,dj}=(3.5\div 4.5)\cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ;  
dagynyk däl metalliki magdanlar;

V topar – örän ýokary we çendenaşa ýokary dykzlykly;  
 $\delta_{g,dj}>4.5\cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ; düzüminde magdan minerallary  
köpmukdarda bolan örän dykz gürşun, olowo, mis-nikelli  
sulfit, polimetalliki magdanlaryň görnüşleri.



15-nji surat. Hazaryaka çökeltliginiň kesiminde çuňluga görä gury çökündi dag jynslarynyň dykyzlygynyň ( g/dj), öýjükliliginiň (Kδ) we olaryň suw doýgunly yagdaýyndaky dykyzlygynyň ( d.j), hemde mineralogiki dykyzlygynyň ( g.f) üýtgemegi [11]

Wajyp çökündi dag jynslarynyň dykzylygynyň has ähtimal hatary: daş duzy, gips  $(2.0 \div 2.3) \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ – çägedaşlary  $(2.1 \div 2.4) \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ –alewrolitler  $(2.1 \div 2.5) \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ –toýunlar we argillitler  $(2.2 \div 2.5) \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ –hekdaşlary  $(2.4 \div 2.6) \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ –dolomitler  $(2.5 \div 2.6) \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ –angidritler  $2.8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

#### **4.4 Magmatik we metamofik dag jynslarynyň dykzylygy**

Magmatik dag jynslarynyň granit-gabro normal hatarynda turşy düzümlü jynslar we granitler has pes ortaça dykzylykly bolýarlar. Olar beýleki dag jynslardan kremnezýomyň örän ýokary mukdary bilen tapawutlanýarlar.

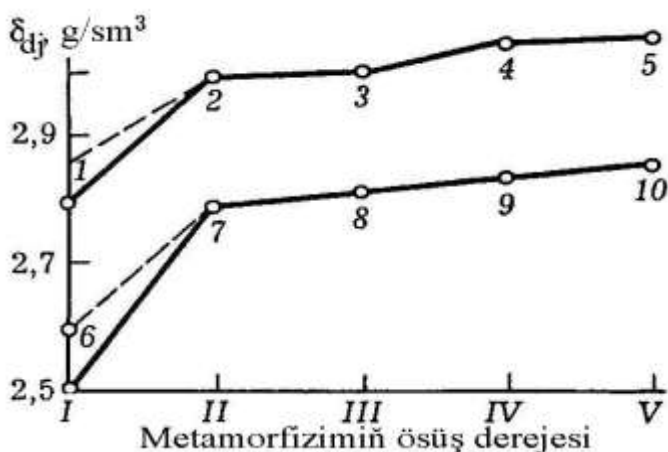
Normal hatarda turşy jynslardan orta we esas düzümlü jynslara tarap, mikrokliniň we kwarsyň mukdarynyň ýuwaş-ýuwaşdan azalmagy, plagioklazlaryň esasylygynyň we mukdarynyň köpelmegi, rogowoý obmankanyň mukdarynyň üýtgemegi netijesinde dykzylygynyň ulalmagy bolup geçýär (15-nji surat 2-nji tablisa) Magdan ýatakly sebitlerde  $5 \div 8\%$  çenli aksessor minerallaryň mukdary ýgy-ýgydan köpeliýär, bu bolsa dag jynslarynyň dykzylygynyň ýokarlanmagyna: granitler  $(2,70 \div 2,75) \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  çenli; esas jynslary  $(3,3 \div 3,5) \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  çenli getirýär.

Kremnezýomyň mukdary boýunça ultrases dag jynslary üç iri topara bölünýärler: oliwin-dunitler, peridotitler we piroksenitler. Bu dag jynslarynyň orta dykzylygy magmatiki jynslaryň arasynda has ulusydyr we  $3,0 \cdot 10^3$ -den  $3,4 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  çenli aralykda üýtgeýär.

Effuziw dag jynslaryna meňzeşlikde kaýnotipleriň we paleotipleriň himiki düzümi golaý bolanda, olaryň dykzylygy giň çäklerde üýtgeýär (17-njy surat, 2-nji tablisa) Bu üýtgemeler dag jynslarynyň ilkinji gurluşy we ýerleşiş hem-de olaryň soňraký diagenenez derejesi bilen şertlendirilýär.

Effuziw dag jynslarynyň normal hatarynda, turşy jynslardan esaslara tarap kalsiý oksidleriniň we femiçeskiy oksidleriň mukdarynyň köpelmeginiň we degişlilikde kremnezýomyň, kaliý we natriý oksidleriniň azalmagynyň hasabyna dykzlygyň peselmegi bolup geçýär [11]. Bulardan başgada, ýaş dag jynslaryndan gadymy jynslara geçilende, effuziw dag jynslarynyň dykzlygynyň ulalmagyna ymtylyş belenilýär.

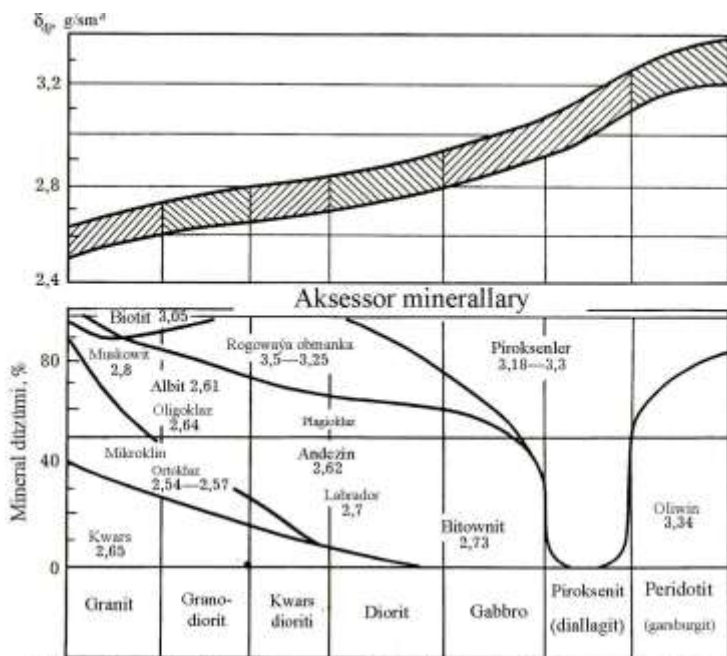
Dag jynslarynyň metamorfiki özgermeleri olaryň ýerleşen ýerinde termodinamiki şertleriň üýtgemeginiň täsirinde bolýar.



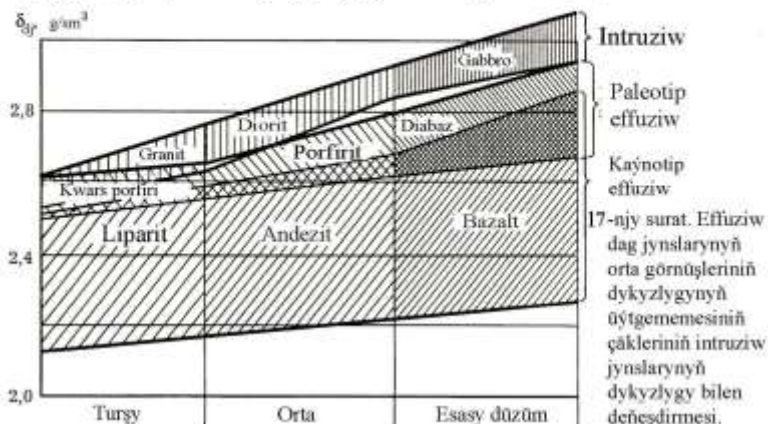
18-nji surat. Regional metamorfizimde izohimiki hatarlaryň dykzlygynyň üýtgemegi [11]

I-üýtgedik dag jynlary; Matomarfizmiň fasiyalary: II-prenit-sumpellit görnüşli; III-zelenoslansewat görnüşli; IV-epidot-amfibolit, amfibolit görnüşli; V rogowo-obmankowogranulit görnüşli; polent-bazalt görnüşli wulkanitler: 1- diabazlar, 2-dykzlanan diabazlar, 3-metadiabazlar, 4-amfibolitler, 5-kristalloslanesler, çökündi dag

jynslary: 6-toýunly slanes-ler, 7,8-fillitler, 9-granat garyndyly biotit gneysleri, 10-granat garyndyly kordierit-biotit gneysler.



16-njy surat. Intruziw dag jynslarynyň orta görnüşleriniň dykzlygynyň üýtgemegi we mineral düzüminiň çyzygysy (san görnüşde mineralaryň dykzlygy görkezilen  $\delta_{gr} \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ )



Şeýlelik bilen himiki düzümi üýtgemezden dag jynslarynyň dykyzlanmasy hem-de metasomatiki prosessleriň netijesinde has güýçli (çuň) himiki üýtgemesi bolup geçýär. Egerde metasomitler hasaba alynmasa, onda metamorfiki dag jynslary umumy himiki düzümi boýunça ilkibaşdaky (çökündi, intruziw ýada effuziw) himiki düzümine ýakyn bolar.

Regional metamorfizmde basyşyň we temperaturaň üýtgemegi ýer gabygynyň uly bölümlerini öz içine alýar. Metamorfizm prosessi uly çuňluklara aralaşýar we gatlaklylyk döremeleri ýüze çykýar. Regional metamorfizmiň dört faziýalary tapawutlandyrylýar (18-nji surat), Bu suratdan görnüşi ýaly, dykyzlygyň uly üýtgemesi metamorfizimiň ilkinji fazasynda effuziw we çökündi dag jynslary bilen bolup geçýär.



## V. Dag jynslarynyň syzyjylygy

**Syzyjylyk** - bu üýtgeýän basyşyň täsirinde flýuidleri (suwuklyklary we gazlary) kollektor - dag jynslarynyň öz üstünden süzmek häsiýetidir. Ilkinji öýjükli çökündi dag jynslarynyň hemmesi diýen ýaly syzyjylyk häsiýetine eýedir. Iň gowy syzyjylyk iri böleklerden ybarat dag jynslarynda (çägeler, çägedaşlar, alewrolitler) bolýandyr. Ownuk dagynyk dag jynslary (toýunlar, argillitler, ýuka kristalliki hekdaşlary we ş.m.) örän inçe kapillýarlara eýedir we şol sebäpli, olar syzmaýarlar. Bular ýaly dag jynslary köplenç ýagdaýlarda nebitiň we gazyň tebigy ekranlary bolup hyzmat edýärler. Emma bu dag jynslarynda hem jaýryklylygyň ýüze çykmagy bilen, olaryň syzyjylygy düýpli artýar.

Ilkinji pes öýjükli magmatiki we metamorfiki dag jynslary senagat ähmiýeti bolmaýan örän pes syzyjylyga eýedir. Wulkanogen – ownuk böleklerden durýan (effuziw) dag jynslary bu kadadan çykýandyr.

### 5.1. Kesgitleme. Darsiň deňlemesi.

Dag jynslarynyň syzyjylygyny mukdar taýdan kesgitlemek üçin düzgün boýunça *Darsiň çyzyklaýyn süzülme kanuny* ulanylýar; dag jynslarynda suwuklygyň süzilmeginiň çyzyklaýyn tizligi basyşyň üýtgemegine göni we dinamiki şepbeşiklige ters proporsionaldyr. Bu deňlemedäki proporsionallyk koeffisiýentine  $K_{syz}$  – dag jynsynyň *syzyjylyk koeffisienti* diýilýär:

$$g = \frac{Q}{F} = K_{syz} \frac{1}{\mu} \frac{\Delta P_{gat}}{\Delta L},$$

(5.1)

bu ýerde:  $g$  – süzilmäniň çyzyklaýyn tizligi;  $Q$  – sarp edilen suwuklygyň göwrümi;  $F$  – süzülme meýdany;  $\mu$  - suwuklygyň

dinamiki şepbeşikligi;  $\Delta P_{\text{gatl.}}$  – basyşyň üýtgemegi;  $\Delta L$  – öýjük gurşawyň süzülme uzynlygy.

Bu ýerden:

$$K_{\text{syz}} = \frac{Q \mu \Delta L}{\Delta P_{\text{gatl.}} F} \quad (5.2)$$

Gaz boýunça syzyjylyk ölçeginde, onuň gysylmasyny hasaba almak üçin soňky aňlatmada  $P_{\text{gatl.}} = (P_1 + P_2) / 2$  ortaça basyşa getirilen dag jynsyndan geçýän gazyň sarp edilen göwrümi goýulýar. Bu ýerde  $P_1$  we  $P_2$  degişlilikde dag jynsyna girýän we ondan çykýan gazyň basyşy. Ideal gazlar üçin Boýlýa – Mariottaň kanuny boýunça

$$Q_g = 2 Q_o P_o / (P_1 + P_2) \quad (5.3)$$

bu ýerde:  $P_o$  atmosfera basyşynda  $Q_o$  sarp edilen gaz. (3)-nji deňlemäni (2)-de goýup alýarys:

$$K_{\text{syz}} = 2 Q_o P_o \mu_g \Delta L / (P_1^2 - P_2^2) F. \quad (5.4)$$

Halkara birlikler ulgamynda (SI), (5.2) we (5.4)

deňlemelere girýän ululyklar, şu ölçegliliklerde bolýar:

$[\Delta L] = m$ ;  $[F] = m^2$ ;  $[Q] = m^3/s$ ;  $[P] = Pa$ ;  $[\mu] = Pa \cdot s$ ,  
şonuň üçin:

$$[K_{\text{syz}}] = \frac{\frac{m^3}{s} Pa \cdot s \cdot m}{Pa \cdot m^2} = m^2$$

Şeýlelikde,  $1 m^2$  syzyjylyk birligi deregine uzynlygy  $\Delta L = 1 m$ , meýdany  $F = 1 m^2$  we basyşyň üýtgemesi  $P_{\text{gatl.}} = 1 Pa$  ýagdaýyndaky nusganyň üstünden süzülýän suwuklygyň şepbeşikligi

$\mu = 1 Pa \cdot s$  we sarp edileni  $Q = 1 m^3/s$  bolan öýjükli gurşawyň syzyjylygy kabul edilýär.

Syzyjylygy ölçemek üçin köne tehniki birlikler ulgamynda darsi (Д) we millidarsi (мД) birlikleri ulanylypdyr:

$$1 Д = 1,02 \cdot 10^{-12} m^2 = 1,02 \text{ mkm}^2$$

Dag jynslarynyň syzyjylygy, jynsyň özüniň häsiýetinden başgada, jynslar bilen özara täsir edýän süzülýän flýuidlere we süzülýän flýuidleriň sanyna baglydyr. Şuňa

laýyklykda absolýut, faza we otnositel syzyjylyklar tapawutlandyrylýar.

*Absolýut (yada fiziki) syzyjylyk.* Dag jynsna fiziki we himiki täsir etmeýän (inert), ýeke – tak fazanyň süzülmeginde kesgitlenen öýjük gurşawynyň syzyjylygyna absolýut syzyjylyk diýip düşünilýär. Köplenç gaz halyndaky azot ýada howa şeýle faza bolup biler. Absolýut syzyjylyk – bu dag jynsynyň häsiýeti we ol tejribelikde flýuidiň häsiýetine bagly däldir. Onuň kesgitlenilişi uglewodorodlardan ýuwulan we arassalanan gury nusgalarda ýerine ýetirilýär.

*Faza syzyjylygy* dag jynsynyň öýjük giňişliginde süzülýän fazalaryň görnüşi dürli bolan ýagdaýynda kesgitlenilýär. Tebigy şertlerde dag jynsyň boşluklary suw, nebit we gaz bilen doly bolmagy mümkindir. Şol sebäpli, bu fazalaryň islendik görnüşiň süzülmegi üçin syzyjylyk absolýut syzyjylykdan kiçi bolar hem-de dag jynsynda fazalaryň göwrüm gatnaşygyna we olaryň şepbeşikligine bagly bolar. Dag jynsna gatnaşygy boýunça, suw köplenç ýagdaýlarda çyglayan faza bolup durýar.

Meselem, keseligine ikifazaly nebit – suw akym üçin (5.1) deňleme iki deňlemä bölünýär:

$$\mathcal{G}_n = \frac{Q_n}{F} = K_{n.syz} \cdot \frac{1}{\mu_n} \cdot \frac{\Delta P_n}{\Delta L}; \quad \mathcal{G}_s = \frac{Q_s}{F} = K_{s.syz} \cdot \frac{1}{\mu_s} \cdot \frac{\Delta P_s}{\Delta L}$$

(5.5)

bu ýerde :  $K_{n.syz}$ ,  $K_{s.syz}$  – deňşililikde nebit we suw üçin faza syzyjylygy;  $\Delta P_n = \Delta P_s$  – durnuklaşan akymda basyşyň üýtgemegi;  $\mathcal{G}_n$ ,  $\mathcal{G}_s$  – nebitiň we suwuň süzülmesiniň çyzyklaýyn tizligi.

Öýjük giňişligindäki fazalaryň göwrüm gatnaşygyna baglylykda (5.5) deňlemedäki faza syzyjylyklary üýtgär.

Dag jynslarynyň absolýut we faza syzyjylyklary giň çäklerde üýtgeýänligi üçin, olary deňeşdirmegiň oňaýly usuly

otnositel faza syzyjylygy bolup durýar. Ol faza syzyjylygynyň absolýut syzyjylygyna bolan gatnaşygy bilen hasaplanylýar:

$$k_{n.syz} = \frac{K_{n.syz}}{K_{syz}}; \quad k_{g.syz} = \frac{K_{g.syz}}{K_{syz}}; \quad k_{s.syz} = \frac{K_{s.syz}}{K_{syz}}; \quad (5.6)$$

bu ýerde  $k_{n.syz}$ ,  $k_{g.syz}$  we  $k_{s.syz}$  – degişlilikde nebitiň, gazyň we suwuň otnositel faza syzyjylyklary. Otnositel faza syzyjylyk – ölçegsiz ululykdyr.

## 5.2. Absolýut syzyjylyk. Dänara öýjükliligi bolan dag jynslarynyň syzyjylygy

Dag jynslarynyň syzyjylyk koeffisiýentine täsir edýän esasy faktorlar – bu olaryň süzülme kanallarynyň udel üstleri we egrem – bugramlygy, öýjükleriň ululygy we şekilleri bilen häsiýetlendirilýän jynslaryň öýjük giňişliginiň gurluşy bolup durýar. Bu parametrler süzülmäge päsgel berip biljek özara täsir edýän üst güýçlerini we süzülýän flýuidiň aýratyn çuwdurmeleriniň traýektoriasyny (hereket ýoluny), süzülýän flýuidiň göwrümini kesgitleýär.

$\Delta L$  uzynlygy we  $\omega$  kesimi bolan silindr görnüşli öýjükli gurşawy göz önüne getireliň şonuň içinde bolsa orta statistiki kesimi  $\omega_k$ , uzynlygy  $\Delta L_k$  deň bolan egrem-bugram silindriki kanal ýerleşen  $\omega_k / \omega = \psi$  gatnaşygy akymyň ortaça ugruna perpendikulýar nusganyň islendik kesiminde dag jynsynyň orta statistiki yşyklygy (boş ýerliligi) bolup durýar (19-nji surat).

Tegelek kesimli kapillýarlary bolan öýükli gurşawyň modeli üçin Kozeni-Karmanyň deňlemesiniň nazaryetine laýyklykda, syzyjylyk koeffiienti seýle aňlatma bilen

kesgitlenilýär:

$$K_{\text{syz}} = \frac{K_{d.o}^3}{f S_{ud}^2 T_g^2},$$

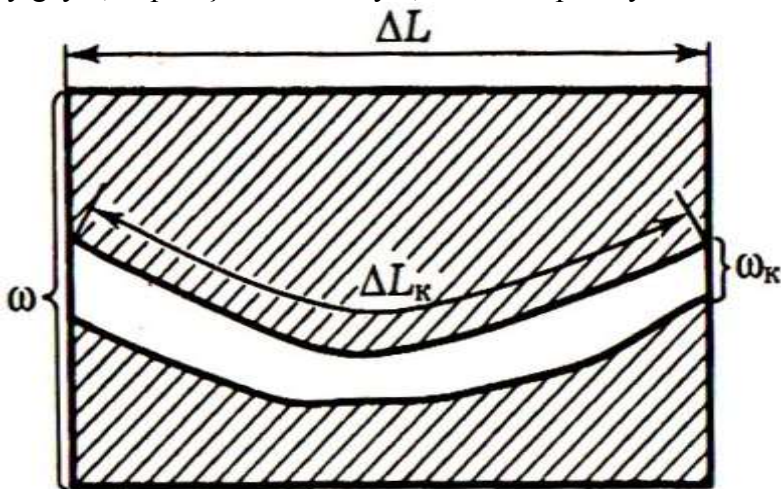
(5.7)

bu ýerde  $K_{d.o}$  – dag jynsynyň nusgasynyň dinamiki öýjükliigi, birlik ülüşinde;

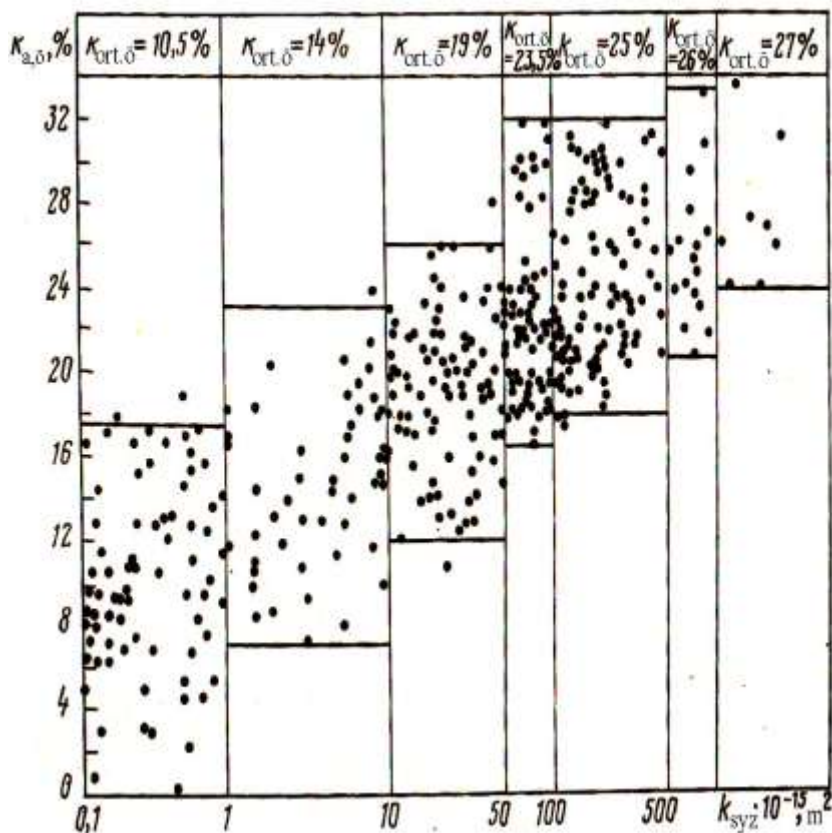
$S_{ud}$  – süzülme kanallarynyň udel üsti,  $\text{m}^2/\text{m}^3$ ;

$T_g$  – süzülme kanallarynyň gidrawliki egrem – bugramlygy, ol öýjük kanallarynyň  $L_k$  orta statistiki uzynlygynyň dag jynsynyň nusgasynyň  $L$  uzynlygyna bolan gatnaşygyna ( $\Delta L_k/\Delta L$ ) deňdir;

$f$  – öýjük kesiminiň şekilini hasaba alýan koeffisiýent, ol granulyar kollektorlar üçin 2 we 3 aralykda üýtgeýär, köplenç onuň bahasy 2,5 deň hasap edilýär.

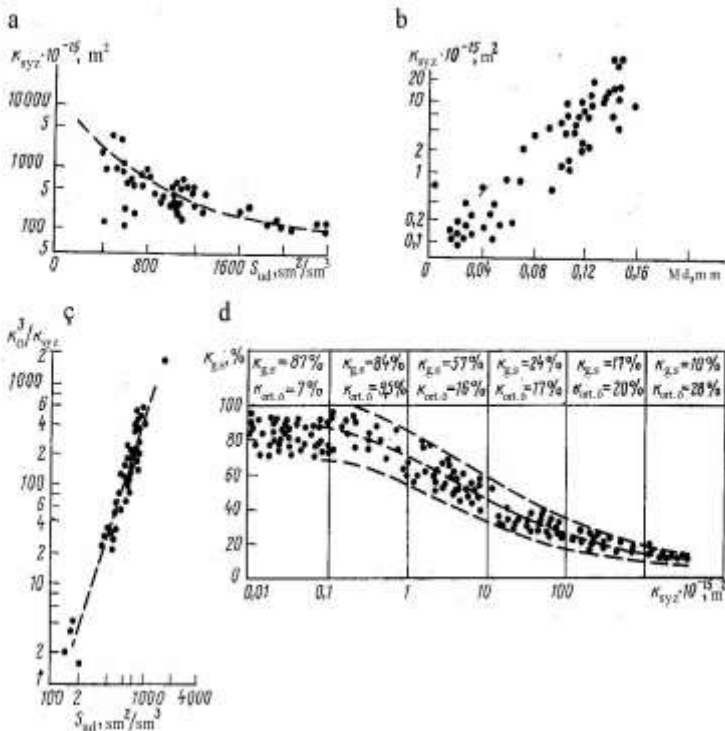


**19-nji surat.** Kozeni-Karmanyň deňlemesiniň çözülmegine



**20-nji surat .**  $K_{syz}$  syzyjylygynyň we  $K_{a\delta}$  açyk  
öýjükliligiň arasyndaky arabaglanyşyk [13].

Statistiki baglanyşyklaryň mysallarynda däneli dag jynslarynyň öýjük giňişliginiň gurluşyna we öýjükliligine syzyjylygynyň hil taýdan baglylygyny [  $K_{syz} = f(K_{\delta})$  ] görkezmek mümkindir. Orta statistiki maglumatlar boýunça nebitgazly kollektorlaryň köpüsi üçin ýokary öýjüklilige adatça ýokary syzyjylyk degişlidir (20-nji surat).



**21-nji surat.** Dag jynslarynyň gurluş parametrleri bilen syzyjylyk koeffisiýentiniň arabaglanşygy.

a – Çägedaşlarynyň we alewrolitleriň  $S_{ud}$  udel üsti bilen  $K_{syZ}$  arabaglanşygy;

b – Çägedaşlaryň  $Md$  median diametri bilen  $K_{syZ}$  arabaglanşygy;

w – Karbonat dag jynslarynyň  $K_{g, suw}$  galyndy suw doýgunlygy bilen  $K_{syZ}$  arabaglanşygy;

g – Çägedaş – alewrit dag jynslarynyň  $S_{ud}$  udel üsti bilen  $K_0^3/K_{syZ}$  gatnaşygynyň baglylygy.

Ownuk böleklerden jemlenen dag jynslarynyň öýjük giňişlikleriniň gurluşy belli bir derejä çenli däneleriň udel üsti

( $S_{ud}$ ), olaryň täsirli ýada median diametri ( $M_d$ ), saýpallama koeffisiýenti, kapillýar öýjükleriň orta radiusy we öýjük kanallarynyň egrem – bugramly bilen häsiýetlendirmek mümkindir. Guýularda geçirilýän geofiziki barlaglaryň netijelerini teswirlemekde  $K_{syz} = f(K_\delta)$  arabaglanşygy bilen bilelikde köplenç ulanylýan statistiki korrelýasion arabaglanşyklar görkezilen parametrlr bilen  $K_{syz}$  arasynda öwrenilýär (21-nji surat).

Çyzgylardaky nokatlaryň dagynyklygy ýokarda sanalan parametrleriň birnäçesiniň bahasynyň her bir aýratyn ýagdaýda  $K_{syz}$  arabaglylygynyň dürliligi bilen düşündirilýär.

Şol bir görnüşli dag jynsy üçin, suwuklyk boýunça kesgitlenen syzyjylygyň ululygy gaz boýunça alnan ululykdan birneme azrak bolar. Munuň sebäbi toýun bölejikleriniň çişmegi we süzüji kanallaryň ýüzlerinde (üstlerinde) ýuwdulma netijesinde suw gatynyň emele gelmegi bilen baglydyr. Şol sebäpli dag jynslarynyň fiziki syzyjylygyny, olaryň üstünden gazyň (azodyň ýada howaň) süzülmegi arkaly kesgitlemek köplenç kabul edilendir. Şu maksat bilen birnäçe gurallar döredilendir, olaryň biri (GK – 5) 3-nji suratda görkezilýär.

### 5.3 Jaýrykly dag jynslarynyň syzyjylgy.

A ini b açyklygy (beýikligi) bolan göniburçly yşykdan (boş ýerden) Q sarp edilen suwuklygy Bussinskiý belli deňlemesinden kesgitlemek mümkindir:

$$Q = \frac{b^2 a \Delta P_g}{12 \mu \Delta L} \quad (5.8)$$

Ondan jaýrygyň meýdanyna  $\omega_j + a \cdot b$  degişli harçlanan suwuklygyň akyp çykmasyynyň  $v_{aç}$  çyzyklaýyn tizligini tapmak bolar:



$$g_{a\varphi} = \frac{Q}{ab} = \frac{b^2}{12\mu} \cdot \frac{\Delta P_g}{\Delta L} \quad (5.9)$$

Eger-de, öýjükli gurşawdaky ýaly, harçlanylýan suwuklygy jaýryklaryň meýdanyna degişli etmän,  $\omega$  gurşawyň süzülýän hemme meýdanyna degişli bolanda, Darsiň deňlemesine laýyklykda

$$g_f = \frac{Q}{\omega} = K_{sy\varphi} \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\Delta P_g}{\Delta L} \quad (5.10)$$

$g_{a\varphi}$  bilen  $g_f$  arasynda şeýle gatnaşyk bar  $\mu$

$$g_{a\varphi} \omega = g_f \omega; \quad g_f = g_{a\varphi} \frac{\omega_j}{\omega}$$

$\omega_j / \omega$  gatnaşyk süzülmäniň ugruna jaýrykly gurşawyň ýşyklylygy bolup durýar. Eger-de dag jynsynda jaýryklar bir ugurda ýerleşýän bolsa, onda ýşyklylyk süzülmäniň ugrundaky jaýryklylyk koeffisientine deňdir  $K_j = \omega_j / \omega$ .

Özara perpendikulýar üç ugurlaryň deň ölçegli jaýryklar ulgamynda süzülmäniň ugruna gurşawyň ýşyklylygy  $\omega_j / \omega = 2/3 K_j$  deňdir. Bu ýagdaý üçin

$$g_{a\varphi} = g_f / \left( \frac{2}{3} K_j \right)$$

we (5.6) deňleme şeýle görnüşe eýe bolýar

$$g_f = \frac{2}{3} K_j \frac{b^2}{12\mu} \cdot \frac{\Delta P_g}{\Delta L} \quad (5.11)$$

(5.7) we (5.8) deňlemeleriň çep böleklerini deňläp we bu deňligi  $K_{sy\varphi}$  odnositel çözüp, özara perpendikulýar üç ugurlarda deň ölçegli jaýryklar ulgamy üçin alýarys:

$$K_{sy\varphi} = \frac{1}{18} b^2 \cdot K_j, \quad (5.12)$$

Süzülmä paralel ugrunda, jaýryklaryň özara perpendikulýar iki ulgamy üçin

$$K_{sy\varphi} = \frac{1}{12} b^2 \cdot K_j, \quad (5.13)$$

bu ýerde  $K_{\text{syz}}$   $\text{sm}^{-2}$ -da we  $b$ - $\text{sm}$ -de;  $K_j$  – birlik üleşlerinde Tejribelikde syzyjylyk köplenç darside ( $\text{Д}$ ) ýada  $\text{mkm}^2$ -de ölçenilýär. Şeýle gatnaşyk bellidir:  $1\text{Д} = 1,02 \text{ mkm}^2 = 1,02 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2 = 1,02 \cdot 10^{-8} \text{ sm}^2$  we  $1 \text{ mkm} = 10^{-4} \text{ sm}$ .

Soňky deňlikleri hasaba almak bilen, özara üç perpendikulýar ugurlarda jaýryklar ulgamy üçin (5.9) deňleme şeýle görnüşe getirýär:

$$K_{\text{syz}} = \frac{10^{-8} b^2}{18 \cdot 10^{-8}} K_j = 5,6 \cdot 10^{-2} b^2 K_j, \quad (5.14)$$

we bir ýa-da iki paralel ugurlarda jaýryklar ulgamy üçin

$$K_{\text{syz}} = \frac{10^{-8} b^2}{12 \cdot 10^{-8}} K_j = 8,3 \cdot 10^{-2} b^2 K_j, \quad (5.14)$$

bu ýerde  $K_{\text{syz}}$   $\text{mkm}^2$ -da we  $b$   $\text{mkm}$ -da;  $K_j$  – birlik üleşlerinde. Dag jynslarynyň nusgalarynda kesgitlenen karbonat jynslarynyň jaýryklyk koeffisientiniň ululygy  $K_t=0,3\%$ -den uly bolmaýar.

#### **5.4 Dag jynslarynyň syzyjylygynyň ýerleşen çuňluguna baglylygy**

Geologiki wagtyň dowamynda çökündi dag jynslarynyň çuňluga aralaşmagy bilen olaryň dykyzlanmagy bolup geçýär we syzyjylygy azalýar. Syzyjylygyň ululygyna dag we gatlak basyşlaryndan, temperaturadan we geologiki wagtdan başgada beýleki prosessler, meselem, gatlak suwalary bilen mineral maddalaryň süzülip geçmegi täsir edýär. Syzyjylygyň üýtgame prosessi örän çylşyrymly. Şol sebäpli, aşakda getirliýän nazaryýet hasaplamalaryna, syzyjylygyň üýtgemegine ymtlyş (tendensiýa) barada maglumat almaga mümkinçilik berýän örän takmynan baha hökmünde garamak bolar. Geologiki wagtyň dowamynda kesimlerde çökündi dag jynslarynyň tersine özgerdip

bolmaýan deformasiýasy, sementleşmedik gowşak teýgumlaryň dykyzlanma kanunyna ýakyn bolan, kanun boýunça boýunça bolup geçýär. Olary dag jynslarynyň tersine özgerdip bolmaýan dykyzlanma koeffisienti  $\beta_{d,j}(t, T)$  bilen mukdar taýdan häsiýetlendirmek mümkin bolar.

Çuňluga görä çägedaş-toýunly dag jynslarynyň öýjüklilik koeffisientiniň üýtgemegi bilen syzyjylyk koeffisientiniň üýtgemeginiň arasyndaky arabaglansygy şeýle beýan edilýär:

$$K_{(syž)h} / K_{(syž)h=0} \approx (K_{(a,\delta)h} / K_{(a,\delta)h=0})^4 \quad (5.16)$$

(2.16) deňlemenden öýjüklilik koeffisientiniň bahasyny (5.16) aňlatmada goýup alarys:

$$K_{(syž)h} \approx K_{(syž)h=0} \left\{ \frac{\exp[-\beta_{d,j}(t, T)g(\delta_{dj,ort} - \delta_{s,ort})h]}{1 - K_{(uü)h=0} [1 - e^{-\beta_{dj}(t,T)g(\delta_{dj,ort} - \delta_{s,ort})h}]} \right\}^4 \quad (5.17)$$

Bu deňleme çuňluga görä syzyjylyk koeffisientiniň azalmagynyň öýjüklilik koeffisienti bilen deňeşdirilende ep-esli çalt bolýandygyny görkezýär. Çägedaşlary üçin çuňluga görä syzyjylygyň üýtgemeginiň kesgitlenen netijeleri 3-nji tablisada getirilen.

3-nji tablisa

Ýerleşýän çuňlugyna görä granulyar öýjükliligi bolan çägedaşlaryň öýjüklilik we syzyjylyk koeffisientleriniň üýtgemegi

Çuňluga, m	K <sub>ö.ort</sub> kern boýunça	K <sub>syz</sub> , mkm <sup>2</sup>
0	0.33	1-10
1000	0.26	10 <sup>-1</sup> -1
2000	0.165	10 <sup>-2</sup> -10 <sup>-1</sup>
4000	0.07	10 <sup>-3</sup> -10 <sup>-2</sup>
6000	—	10 <sup>-4</sup> -10 <sup>-3</sup>

Şeýlelikde, kerniň netijelri boýunça şol dag jynslary üçin kesgitlenilen tersine özgermeýän dykyzlanma koeffisientiniň ortaça bahasy  $\beta_{d,j}(t,T)=34 \cdot 10^{-3} \text{ Mpa}^{-1}$  peýdalanylandyr.

Terrigen dag jynslarynyň syzyjylygyna çuňluga görä tempraturanyň üýtgemeginiň täsiri, ýokary ( $T=3^0\text{S}/100\text{m}$ ) we pes ( $T=1.43^0\text{S}/100\text{m}$ ) bolan şertlerdäki alnan netijelerden belli bolşy ýaly, tempraturanyň ýokarlanmagy bilen arassa kwars çägeli kollektorlaryň syzyjylyk koeffisientiniň ilki başdaky ululygyndan üç esseden hem köp azalýandygyny ýüze çykarylýdyr.

Şeýlelik bilen, çägedaş-toýunly we karbonat dag jynslarynyň ilkinji öýjükligi we syzyjylygy uly çuňluklarda ýeterlik derejede güýçli azalýar. Dürli geologiki prowinsiýalardan alnan kernleriň barlaglanyň netijelrini ulanmak bilen ýerine ýetirlen, kollektorlyk häsiýetleriniň peselmegine getirýär esasy sebäpleriň öwrenilmegi, öýjükligiň we syzyjylygyň ilkinji aňrybaş ululyklarynyň sebitiň geotermiki şertlerine we kollektorlaryň ýerleşýän çuňlugyna, ýaşyna baglydygyna şaýatlyk edýär.

Uly çuňluklarda ikilenji, jaýryk we jaýryk-köwekli öýjükligi bolan kollektorlaryň geljegi ulalýar. Tektoniki we epigenetiki prosessleriň netijesinde, uly çuňluklarda dykyzlanan çökündi dag jynslarynda dörän ikilenji öýjükliligiň, dag jynslarynyň kollektorlyk häsiýetlerini üpjün etmegi mümkindir.

## 5.5 Syzyjylygy boýunça çöküncü dag jynslarynyň toparlara bölünmegi

Nebitgaz geologiýasynyň we geofizikasynyň tejribeliginde köplenç *syzyjy dag jynslaryny* (gatlaklary) tapawutlandyryşlar, olar gatlagyň gidrogeçirijiliginiň ( $K_{\text{syz}} h / \mu$ ) berlen ululygynda nebitiň, gazyň ýa-da suwuň senagat akymalaryny üpjünleýärler, beýleki görnüşi – *syzdymaýanlar*, olardan adaty usullar bilen guýy özleşdirlende seneagat akymyny almak mümkin bolmaýar. Bu iki toparlaryň arasyndaky dag jynslarynyň syzyjylygy bolsa, gatlagyň doýgunlygynyň diňe kesgitlenen şertlerinde we flýuidiň anyk şepbeşikliginde senagat akymynyň pes derejesini üpjünlemegi mümkindir. Her bir anyk ýagdaýda bu dag jynslary boýunça, özüniň şeýle atlandyrylýan „kollektor – kollektor däl“ araçägi kesgitlenilýär.

Bu kesgitlemeler, syzyjylygy boýunça dag jynslaryny toparlara bölmegiň ýönekeý ulgamyny W.N.Kobranowanyň [9] teklipli etmegine mümkinçilik berdi. Şoňa laýyklykda, dag jynslaryny syzyjylar, ýarym syzyjylar we tejribelikde syzmaýanlar ýaly görnüşlere bölünýär.

Syzyjlara ( $K_{\text{syz}} > 10^{-2} \text{ mkm}^2$ ) iri böleklerden durýan çöküncü dag jynslary (galeçnikler, grawiý), sementleşen we saýpallanan çägedaş – alewrit – toýunly dag jynslary, jaýrykly we kawernaly (uly boşlukly) – jaýrykly hekdaş – magnezial dag jynslary, jaýrykly metamorfik we magmatik dag jynslary deňşidirler.

Öýjügi granulýar görnüşde bolan dag jynslarynyň öýjüklilik koeffisienti uly we dag jynsynyň göwrüminiň 20-40% düzýär. Öýjük ýa-da jaýryk ulgamynda ýokary kapillýar kanallaryny uly bolmadyk sany bar.

Ýarym syzyjlara ( $10^{-2} < K_{\text{syz}} < 10^{-2} \text{ mkm}^2$ ) az-kem saýpallanan toýunly çägeler, öýjükligi 10-15% pes bolan çägedaşlaryň we alewrolitleriň käbir görnüşleri, hemde

mikrojaýrykly hekdaşlary we dolomitler goýulan karbonat dag jynslary degişlidirler. Bu dag jynslarynyň öýjük giňişligi esli görümde baglanşykly suwdan doýurlan subkapillýar kanallardan durýandyr.

Tejribelikde syzmaýanlara ( $K_{\text{syz}} < 10^{-4} \text{ mkm}^2$ ) toýunlar, argillitler, toýunly slanesler, subkapillýar öýjükli mergeller, güýçli sementleşen çägedaşlary we alewrolitler, dykyz mel, hekdaşlary, dagynyklyga sezewar bolmadyk metamorfik we magmatik dag jynslary we ş.m. degişlidirler. Toýunlaryň we mel görnüşli hekdaşlarynyň umumy öýjüklilik koeffisienti 50% ýetmegi mümkin, argillitleriň, slanesleriň, mergelleriň, metamorfik we magmatik dag jynslarynyň öýjükligi 6-8% pes. Suwuň hemmesi belli bir derejede adsorbsiýa güýçleri bilen bagly we tebigatda bolýan basyş gradiýentleriň täsirinde ornuny üýtgetmäge ukypsyz.

Syzmaýan dag jynslary kesgitlenende wagt faktory hasaba alynmandyr. Şol sebäpli ýokarda sanalan dag jynslarynyň üç görnüşine goşmaça ýene birini – *nebitiň we gazyň ekranlary – dag jynslaryny* ( $K_{\text{syz}} < 10^{-6} \text{ mkm}^2$ ) saýlamak bolar. Onda tejribelikde syzmaýan dag jynslaryň üýtgeýän çägi  $10^{-6} < K_{\text{syz}} < 10^{-4} \text{ mkm}^2$  bolar.

Nebit we gazyň ekranlaryna – dag jynslaryna daş duzy, angidrit, jaýryksyz gatjagazly az çägeli toýunlar, köpýyllyk doňan zonalarydaky dag jynslary degişlidirler. Bu dag jynslarynda öýjükleriň maksimal diametri 1 mkm ýokary geçmeýär.

## VI. Dag jynslarynyň elektrik häsiýetleri

### 6.1. Dag jynslarynda elektrik hadysalarynyň nazaryýet esaslary.

Gurşawda elektrik togunyň doly dykzlygy Makswell boýunça şeýle aňlatmada kesgitlenilýär

$$\vec{J}_{doly} = \vec{J}_{geç} + \vec{J}_{süý}, \quad (6.1)$$

bu ýerde  $j_{geç}$ ,  $j_{süý}$  – tok geçirijiginiň we süýşmesiniň dykzlyklary.

Differensial görnüşdäki Omuň kanuny bilen degişlilikde

$$\vec{J}_{geç} = \sigma \vec{E}, \quad (6.2)$$

bu ýerde  $\sigma$  - gurşawyň udel tok geçirijiligi;  $\vec{E}$  - elektrik meýdanynyň güýjenmesi.

Makswell boýunça tok süýşmesiniň ululygy aşakdaky aňlatma bilen kesgitlenilýär

$$\vec{J}_{süý} = \partial \vec{D} / \partial t = \varepsilon_a \partial \vec{E} / \partial t, \quad (6.3)$$

bu ýerde  $\vec{D} = \varepsilon_a \vec{E}$  - elektrik meýdanynyň induksiýasy;  $\varepsilon_a$  - gurşawyň absolýut dielektrik syzyjylygy, ondan başgada  $\varepsilon_a = \varepsilon_o$ , bu ýerde  $\varepsilon$  - gurşawyň otnositel syzyjylygy;  $\varepsilon_o = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$  – onun wakuumdaky bahasy.

Şeýlelik bilen

$$\vec{J}_{doly} = \sigma \vec{E} + \varepsilon_a \partial \vec{E} / \partial t \quad (6.4)$$

$\omega$  ýygylyk bilen wagta baglylykda garmoniki üýtgeýän meýdanda

$$\vec{J}_{doly} = \sigma \vec{E} + i\omega \varepsilon_a \vec{E} \quad (6.5)$$

Doly tok hemişelik we pes ýygylykda üýtgeýän meýdanlarda bütinleýin (tutuşlaýyn) tok geçirijiligi bilen kesgitlenilýär. Doly tok ýokary ýygylykda üýtgeýän meýdanda tok geçirijiliginiň we süýşmesiniň jemi bolup durýar.

E elektrik meýdanynyň täsirinde gös-göni tok geçirijiligi ýüze çykýar. (6.2) aňlatmadan belli bolşy ýaly,  $\vec{j}_{geç}$  tok geçirijiliginiň dykzlygynyň ululygy  $\sigma = \frac{1}{\rho}$  bahasy bilen kesgitlenilýär.

Gurşawuň geçirijiligi – elektrik togy geçrmäge bolan ukyplylygy, garşylyk – toguň geçmegine päsgelçilik döretme ukyplylygy. Gurşawyň  $\sigma$  udel elektrik geçirijiligi we onuň  $\rho$  udel elektrik garşylygy deňişlilikde Sim/m we Omm.

Dielektriklerden we ýarymgeçirijilerden durýan pes geçirijiligi bolan gurşawlaryň ýokary ýygyllykly meýdanynda içinden geçýän  $\vec{j}_{iç}$  tok bilen bir hatarda gurşawyň bölejikleriniň polýarlaşmagy sebäpli  $\vec{j}_{rel}$  togunyň relaksion düzüjisi ýüze çykýar. Polýarlaşma netijesinde esasy meýdan bilen bir hatarda polýarlaşdyryjy esasy meýdana gapma garşy ugrugýan goşmaça meýdan ýüze çykýar.  $\vec{P}$  polýarlaşma polýarlaşdyryjy meýdana proporsionaldyr:  $\vec{P} = \alpha \vec{E}$ , bu ýerde  $\alpha$  gurşawyň polýarlaşmasy. Pes geçirijiligi bolan gurşawlar – dielektrikler üçin, düzgün boluşy ýaly, polýarlaşma häsiýetlidir. Islendik maddanyň geçiriji bolmaga we polýarlaşmaga ukyby bardyr; umumy ýagdaýda onuň otnositel dielektrik syzyjylygy ( $\epsilon$ ) şeýle aňlatmada  $\epsilon = 1 + 4\pi\alpha$  kesgitlenilýär. Süýşme, orýientasion, gurluş (struktura) polýarlaşmalary tapawudlandyrylýar.

1. *Süýşme polýarlaşmasy* – daşky meýdanyň täsirinde zarýdlaryň maýşgak süýşmelerinden dyrýar. Bu topara electron, ion we atom polýarlaşmalary degişlidir.

*Elektron polýarlaşmasy* – atomyň elektronlarynyň onuň ýadrosyna baglylykda otnositel süýşmelerinden jemlenýär, süýşme we relaksasiý wagty  $\tau \approx 10^{-15}$  s töweregi häsiýetlidir,  $\omega$  ýygyllykdan optiki ýygyllyga çenli aralukda meýdanyň



ýygýlygyna bagly bolmaýar. Polýarlaşman bu görnüşi gaty, suwuk we gaz halyndaky maddalarda bolup bilýär.

*Ion polýarlaşmasy* – ionlardan durian kristalliki gözenegi bolan gaty jisimlerde bolup geçýär, gözenegiň düwünlerine otnositellikde ionlaryň maýyşgak süýşmesi bilen aňladylýar. Süýşme we relaksasiýa wagtlary  $\tau = 10^{-12} \div 10^{-13}$  s.

*Atom polýarlaşmasy* – walentli kristallary bolan maddalarda düşülýär, olaryň atomlary, walentli elektronlarynyň özara täsirinde çalyşylýanlygy sebapli, molekulalara birleşendirler. Süýşme we relaksasiýa wagtlary  $\tau = 10^{-11} \div 10^{-13}$  s. süýşme polýarlaşmasy bolan maddalaryň  $\epsilon$  otnositel dielektrik syzyjylygy 4-den 12-ä çenli çäkler häsiýetlidir.

2. *Oriýentasion (relaksion, dipol) polýarlaşmasy* – dielektrikde polýarlanan molekulalaryň bolmagy bilen şertlendirilýär, olar polýarlaşdyryjy meýdanynyň güýç çyzyklarynyň ugryna ýerleşýärler, polýarlanan molekulalary bolan suwuklyk, ilki bilen suw üçin, häsiýetlidir. Polýarlaşmanyň wagty  $\tau = 10^{-7} \div 10^{-10}$  s, suwuklyklar üçin  $\epsilon$  otnositel dielektrik syzyjylygynyň bahasy birnäçe birliklerden 80 (suw üçin) çenli üýtgeýär.

Oriýentasion polýarlaşmagyň bir görnüşi ionlar bilen baglanyşykly bolup (ion süýşme polýarlaşmasy bilen garjaşdyrmaly däl), gowşak baglanyşykly ionlary bolan kristallar, meselem, gidroksil toparynyň gözeneginde  $\epsilon > 10$ -12 çäklerde bolup, ýagny süýşme polýarlaşmasy häsiýetli minerallara garanyňda has ýokarydyr.

3. *Struktura (gurluş) polýarlaşmasy* – fazaara arçäkleri bolan birmenzeş däl gurşawlarda döreýär. Polýarlaşmagyň wagty  $\tau = 10^{-1} \div 10^{-6}$  s. araçäkleşýän fazalaryň düzümine baglylykda polýarlaşmanyň şeýle görnüşleri

tapawutlandyrylýar: migrasion ( $\tau = 10^{-6} \div 10^{-3}$  s), konsentrasion-diffuzion ( $\tau = 10^{-1} \div 10$  s), elektrolitik ( $\tau$ - bir, onlarça we ondan köp sekunt). Görnüşine görä, struktura polýarlaşmasy ýygylgy megagers birliginde uly bolan meýdanlarda  $\varepsilon$  otnositel elektrik syzyjylygyny öwrenmegiň ähmiýeti uly bolýar, emma mejbury döredilen polýarlaşma usulynda öwrenilýän meýdanlaryň döremeginde ol esasy bolup durýar.

Daşky elektrik meýdanynyň täsiri bolmadyk ýagdaýynda ion geçirijili dag jynslarynyň öz erkinde döreýän polýarlaşma hadysasy aýratyn topary düzýär.

*Dag jynslarynyň polýarlaşmasynyň wajyp görnüşleri.*

I Daşky elektrik medanynyň täsirinde döreýän polýarlaşma.

1. Zarydlaryň süýşme (ion, elektron, atom ) polýarlaşmasy.

Gazlarda we gaty dielektriklerde ýüze çykýar;  $f = 10^6 \div 10^7$  Gs;  $\tau = 10^{-15} \div 10^{-11}$  s;  $\varepsilon = 4 \div 12$ .

2. Oriýentasion polýarlaşma suwda we käbir gazlarda ýüze çykýar,  $f = 10^6 \div 10^7$  Gs;  $\tau = 10^{-11} \div 10^{-7}$  s;  $\varepsilon = 3 \div 80$ .

3. Struktura polýarlaşma. Ion geçirijili birmeňzeş däl dag jynslarynda ýüze çykýar;  $f = 10 \div 10^3$  Gs;  $\tau = 10^{-6} \div 10^{-3}$  s;  $A_{md} = 2 * 10^{-2} \div 5.0 \%$ .

4. elektrolitiki polýarlaşma. Electron geçirijili minerallaryň goşundylary (magdanlar, kömürler) bar bolan dag jynslarynda ýüze çykýar;  $f = 10 \div 10^3$  Gs;

$\tau = 10^0 \div 10^{-1}$  s;  $A_{md} = 2 \div 40 \%$ .

II Fazaara üstleri berk bolan ion geçirijili dag jynslarynda öz erkinde döreýän polýarlaşma.

1. Diffuzion-adsorbtsion polýarlaşma;  $A_{da} = 0 \div 70mw$

2. Süzülme (filtrasion) polýarlaşma;  $A_f = 0 \div 2mw$

3. Okislenme-dikelme polýarlaşma.

## 6.2. Minerallaryň, gatlak flýuidleriniň elektrik geçirijiligi (udel garsylygy) we dielektrik syzyjylygy.

*Minerallar.* Geçirijiligiň ululygy we tebigaty hemde dielektrik syzyjylygy boýunça minerallaryň üç topary tapawudlandyrylýar.

1. *Geçirijiler.* Sap arassa metallar we olaryň döremeleri, grafit – elektron geçirijiligi bolan maddalar; olaryň  $\rho$  udel garşylygy  $10^{-8} \div 10^{-5}$  Omm çäklerde bolýar,  $\epsilon$  dielektrik syzyjylygynyň ululygy tükeniksizlige ymtylýar.

2. *Ýarymgeçirijiler.* Elektron we deşikli geçirijiligi bolan minerallaryň: oksidlerin, sulfidleriň, arsenidleriň we selenidlerin köp bölegi şu topara degişlidir. Olaryň  $\rho$  udel garşylygy  $10^{-6} \div 10^8$  Omm,  $\epsilon$  otnositel dielektrik syzyjylygy 80-den köp bolyanlygy seýrek däl, mysal üçin arsenopirit, galenit, molibdenit, rutil we pirrotin.  $\epsilon$  dielektrik syzyjylygynyň ýokary bahalarynyň bolmagy bu minerallarda kislorodyň, kükürdiň, misiň, demiriň, gursynyň we beýlekileriň ýokary polýarly ionlaryň atomlarynyň barlygy bilen şertlendirilýär. Emma bu toparda hem  $\epsilon$  uly bolmadyk bahalary we ýokary  $\rho$  udel garşylygy bolan minerallar (sfalerit, kinowar, antimonit) bardyr.

3. *Dielektrikler (geçirmeyjiler).* Minerallaryň köp bölegi şu topara degişlidir, olaryň  $\rho$  udel garşylygy  $5 \cdot 10^7 \div 3 \cdot 10^{16}$  Om\*m (köplenç  $\rho > 10^{11}$  Om\*m) we dielektrik syzyjylygy  $= 4 \div 12$  çäklerde üýtgeýär. Minerallaryň köpüsi üçin  $\epsilon = 4-8$  bahalary häsiýetlidir. Bu toparyň minerallarynyň geçirijiligi ion görnüşlidir, olar üçin süýşme polýarlaşmasynyň dürli görnüşleri häsiýetlidir. Çökündi dag jynslaryny emele getiriji minerallaryň köpüsi kwars, meýdan şpatlary, kalsit, dolomit, gips, angidrit, galit, silwin dielektrikler toparyna degişlidirler. Bu toparyň käbir minerallary  $\epsilon$  ýokary bahalary bilen tapawutlanýarlar: almaz -16, gidroslýuda -19÷25.

Dürli minerallaryň  $\rho$  we parametrlerine  $T$  temperaturaň täsiri birmeňzeş bolmaýar.  $T$  temperaturaň ýokarlanmagy bilen geçirijileriň (birinji toparyň minerallary) udel garşylygy ösýär. Munuň sebäbi temperaturaň ulalmagy netijesinde elektronlaryň ýerini üýtgetmesine päsgelçilik döredýän kristalliki gözenegiň ionlarynyň yrgyldylarynyň depginliliginiň ýokarlanmagydyr. Ýarymgeçirijileriň we dielektrikleriň  $\rho$  udel garşylygy  $T$  temperaturaň ýakynynda erkin elektronlaryň konsentrasiýasynyň köpelmegi we deşijekleriň sanynyň ösmegi (ýarymgeçirijiler) sebäplidir, kristalliki gözenekde (dielektrikler) hereket edýän ionlaryň sanynyň köpelmeginiň täsiridir.  $T$  temperaturaň ýokarlanmagy bilen minerallaryň  $\varepsilon$  dielektrik syzyjylygy ilki bada (başda) üýtgemeyär ýa-da ujypsyz ösýär, soňra bolsa, berlen minerala häsiýetli bolan  $T$  temperaturaň käbir bahasyndan başlap,  $\varepsilon$  kesgitlenen bahasyňa çenli depginli ösýär.

Minerallaryň  $\rho$  we  $\varepsilon$  parametrlerine  $P$  basyşyň täsiri ujypsyz bolýar.

*Suwuk faza.* Suw erginleriniň elektrolitleriniň we uglewodorod suwuklarynyň elektrik häsiýetlerine seredeliň.

Dag jynslarynyň öýjük giňişlikleri adatça gatlak suwlary bilen doldurylan ýagdaýda bolýar. Nebit-gaz ýataklaryndaky gatlak suwlary ergin bolup hyzmat edýär we olar gaty köp mukdarda erän duzlary saklaýarlar, duzlaryň umumy konsentrasiýasy  $250 \text{ kg/m}^3$  we ondan-da köpe çenli baryp ýetýär. Gatlak suwlarynyň garşylygyny elektrik usullarynyň (rezistiwimetriýa, tebigy potensiallar) maglumatlary boýunça hasaplamak mümkin. Emma has takyk bahasyny guýularda synag işleri geçirilende alnan suwlary tejribe şertlerinde derňäp kesgitlemek bolar. Bu halatda suwuň udel garşylygyny tejribe rezistiwimetriniň kömegi bilen ýa-da belli bolan himiki düzümi we temperaturasy boýunça hasaplanylýar.

Tebigy ýerleşen ýagdaýynda dag jynslaryny doýgunlaşdyrýan suw adatça duzlaryň suw ergini bolup

durýar, olaryň arasynda has köp ýaýranlary NaCl, KCl, MgCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Suwda doly dissosirlenen, güýçli bir walentli binar (iki bölekden durýan) elektrolitiň suw ergininiň udel garşylygy, temperaturasy  $t=20^{\circ}\text{S}$  ýagdaýynda, şeýle aňlatma bilen kesgitlenilýär:

$$\rho_{s,20} = \frac{10}{(U + \vartheta)C_s} = \frac{10}{\wedge C_s} [Om \cdot m], \quad (6.6)$$

Bu ýerde  $U, \vartheta$  –kationyň we anionyň hereketi;  $\wedge$  –  $\text{Om}^{-1} \cdot \text{sm}^2$ -da  $T=20^{\circ}\text{S}$ -da elektrolitiň ekwiwalent elektrogeçirijiligi aňladylýar;  $C_s$ -elektrolitiň konsentrasiýasy, g-ekw/litr.

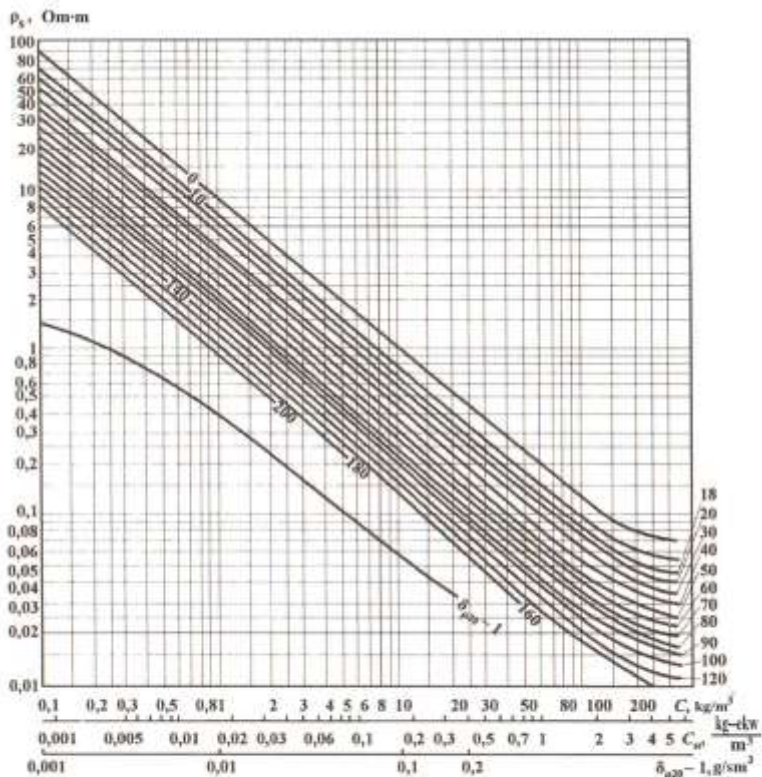
(6.6) aňlatma boýunça  $\rho_s$  hasaplanylýanda  $U, \vartheta, \wedge$  ululyklaryň  $C_s$  funksiýasy bolýanlygyny hasaba alynmagy zerurdyr. Elektrolitleriň köpüsi üçin, aýratyn ýagdaýda gatlak suwlarynyň tipiki duzlary üçin  $C_s$  ýokarlanmagy bilen  $U, \vartheta$  we  $\wedge$  ululyklaryny azalmagy häsiýetlidir, ýagny  $C_s$  ýokary bahalarynda  $\rho_s=f(C_s)$  arabaglanyşygyny çyzyklaýyn görnüşden gysarmasyny şertlendirýär (22-nji surat).  $C_s$  ýokarlandygyça  $U, \vartheta$  we  $\wedge$  parametrleriň kiçelmegi, erginiň konsentrasiýasynyň ösmegi bilen erginde ionlaryň herketiniň arasynda biri-birine täsiriniň güýçlenmegine getirýänligidir.

Egerde erginiň  $T$  temperaturasy  $20^{\circ}\text{S}$ -dan tapawutlanýan ýagdaýynda  $\rho_s$  aşakdaky aňlatmada kesgitlenilýär:

$$\rho_{s,T} = \rho_T \rho_{s,20} = \frac{\rho_{s,20}}{1 + \alpha_T (T - 20^{\circ}\text{S})}, \quad (6.7)$$

Bu ýerde  $\alpha_T$ -elektrogeçirijiligiň temperatura koeffisient, seredilýän elektrolitler üçin 0.021-0.023 [ $1/^{\circ}\text{S}$ ] çäklerde üýtgeýär.

NaCl erginiň  $C_s$  we  $T$  baglylykda  $\rho_s$  üýtgemesi,  $T=\text{const}$  dürli bahalary üçin  $\rho_s=f(C_s)$  eksperimental arabaglanyşyklarynyň toplumyny häsiýetlendirýär.



22-nji surat. Gatlak suwlarynyň udel elektrik garşylygynyň NaCl erginiň konsentrasiýasyna we dykzlygyna baglylygy.  
Egrileriň belgisi- $t, ^\circ\text{S}$

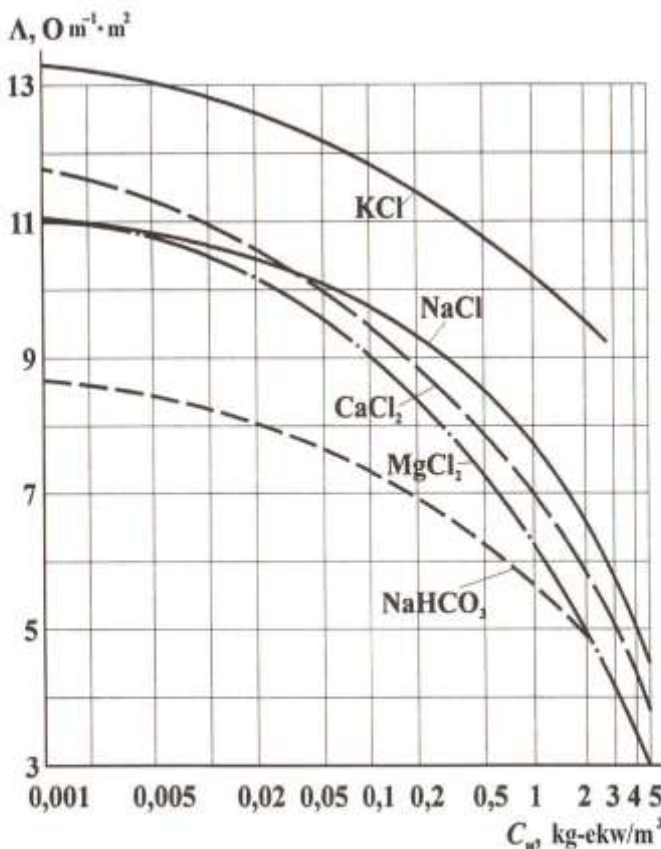
Elektrolitleriň düzümi çylşyrymly bolan erginiň  $\rho_s$  ululygy şeýle aňlatma hasaplanylýar:

$$\rho_s = \frac{10}{\sum_{i=1}^n \Lambda_i C_i}, \quad (6.8)$$

Bu ýerde  $\Lambda_i$  we  $C_i$ -n elektrolitlerden durýan erginde i elektrolitiň ekwiwalent elektrogeçirijiligi we konsentrasiýasy.

Temperaturany hasaba almak bilen,  $C_s = \sum_{i=1}^n C_i$  berlen

konsentrasiýanyň jemi üçin eksperimental egrileri  $\Lambda_n = f(C_s)$  (23-nji surat) ýa-da maglumat kitapçasý (sprawpoçnik) boýunça her bir elektrolit üçin  $\Lambda_i$  ululygy kesgitlenilýär.



23-nji surat. Dürli görnüşli duzlar üçin ekwiwalent elektrogeçirijiligiň erginiň konsentrasiýasyna baglylygy.

Nebitleriň udel garşylygy  $10^{10} \div 10^{14}$  Om·m çäklerde bolýar. Arassalanan (distillirlenen) suwuň  $\epsilon_{c=0}$  dielektrik syzyjylygy,  $T=20^\circ\text{S}$  temperaturada, 80 deň diýip hasap edilýär. Meýdanyň ýygylgy  $\omega=1 \div 10$  MGs bolanda, otnositel dielektriki

syzyjylyk  $\epsilon$  aşakdaky deňlemä laýyklykda suwuň mineralizasiýasyna baglydyr:

$$\epsilon = \epsilon_{c=0} + 3.79\sqrt{c}, \quad (6.9)$$

bu ýerde C-erginiň konsentrasiýasy, mol/litr.

Meýdanyň ýygylgynyň ýokarlanmagy bilen  $\epsilon$  ululyga erginiň konsentrasiýasynyň täsiri peselýär we  $\omega \geq 1$  GGs bolanda, onuň täsiri bildirmeýär.

Arassalanan suwuň T temperaturasy noldan  $100^\circ\text{S}$  çenli üýtgedilende, onuň dielektrik syzyjylygy  $\epsilon$  88-den 55 çenli aşaklaýar. Temperaturanyň görkezilen çäklerde ulalmagy bilen elektrolitleriň suw erginleriniň  $\epsilon$  peselýär. Suw doňan ýagdaýynda  $\epsilon$  düýpli üýtgemelýär we  $T=0 \div -2^\circ\text{S}$  temperaturada, buz üçin  $\epsilon=79$ .

Köp sanly geçirilen dürli barlagçylaryň maglumatlary boýunça gaty fazanyň üstündäki anomal bardalarda fiziki bagly suwuň dielektrik syzyjylygy 2-den 40-a çenli üýtgeýär we bardanyň (plýonkanyň)  $\delta$  galyňlygyna bagly bolýar. Berk bagly suwuň  $\epsilon \approx 2$  töweregi bolup, gaty fazanyň üstünden daşlaşdygyça ol ösýär we erkin suwuň  $\epsilon$  derejesine ýetýär. Temperaturaň ýokarlanmagy bilen fiziki bagly suwuň  $\epsilon$  ulalýar we erkin suwdaky bahasyna ymtylýar. Uglewodorod suwuklyklarynda  $\epsilon$  bahasy-nebitlerde 2-3 deň bolup, onuň temperatura baglylygy bolsa gowşakdyr.

*Gazlar.* Gazlaryň geçirijiligi ion tebigatyna eýedir we elektrolit erginleriniň geçirijiligine meňzeş görnüşdäki deňleme bilen kesgitlenilýär. Gaz halyndaky uglewodorodlaryň garyndylarynyň  $\rho$  udel garşylygy ýer üstündäki howaňky ýaly bolup  $10^{14}$  Om·m deňdir. Howaň dielektriki syzyjylygy  $T=0-$

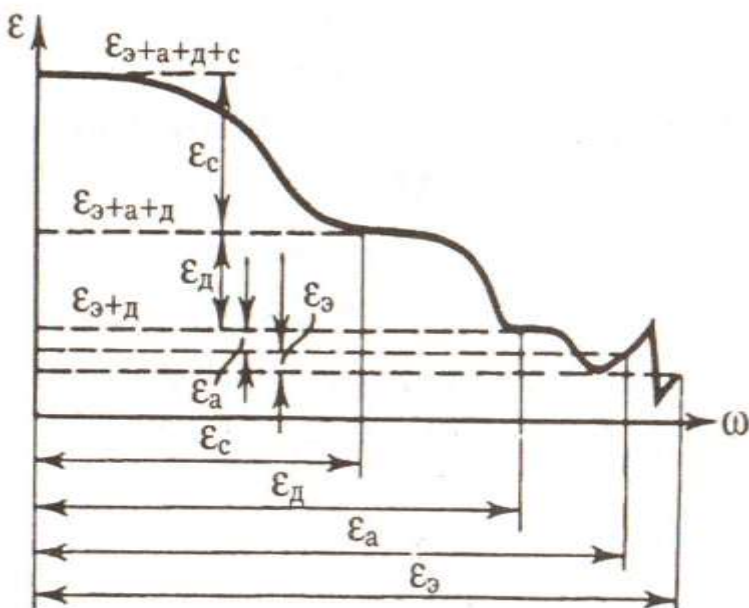


20°S temperatura we  $P=1-2$  МПа basyş şertlerinde  $\varepsilon=1\div 1.01$  deňdir. Basyşyň ýokarlanmagy bilen uglewodorod gazlarynyň  $\varepsilon$  dielektriki syzyjylygy ulalýar, gazlaryň dykzylygynyň ulalmagy bilen baglylykda  $\varepsilon$  ululygy 1-den 2-ä çenli üýtgeýär. Temperaturaň ösmegi bilen gazlaryň udel garşylygy  $\rho$  birazrak peselýär, gazlaryň dielektrik syzyjylygy bolsa, temperatura  $T\leq 500^\circ\text{S}$  çäklerde üýtgesede,  $\varepsilon$  ululygyna täsir etmeýär.

### **Maddalaryň elektrogeçirijiliginiň we dielektrik syzyjylygynyň meýdanyň ýygylgyna baglylygy.**

Maddanyň geçirijiligi we dielektrik syzyjylygy, onuň hemişelik ululygy bolman, eýsem  $\delta$  we  $\varepsilon$  ölçegleriniň geçirilendäki meýdanyň w ýygylgyna baglydyr. Bu hadysa  $\delta$  we  $\varepsilon$  parametrleriniň *ýygylk dagynyklygy* diýip aýdylýar.

$\delta$  we  $\varepsilon$  parametrleriň ýygylk dagynyklygynyň tebigaty dürli görnüşli polýarlaşmalaryň ýüze çykmalary bilen baglydyr. Goý, biziň barlaýan çylşyrymly gurşawymyz birnäçe düzüjilerden (komponentlerden) düzülen, hem-de onda ýokarda (6.1 bölümde) görkezilen polýarlaşmalaryň hemme görnüşleriniň ýüze çykmagy mümkin diýip hasaplalyň. Optiki ýygylkly meýdanda elektron süýşme polýarlaşmasy ýüze çykýar, onuň üçin  $\varepsilon$  has pes bahasy hasiýetlidir. Pes ýygylgy bolan meýdanda elektron polýarlaşmasyndan başgada atom polýarlaşmasy ýüze çykýar, şol sebäpli  $\varepsilon$  ortaça derejesi birnäçe ýokarlanýar (24-nji surat).



**24-nji surat. Polýarlaşmanyň dürli görnüşleriniň ýüze çykmagynda meýdanyň ýygylgy bilen dielektrik syzyjylygynyň düzgünleşdirilen arabaglanşygy**

Soňra elektron we atom polýarlaşmalaryna dipol polýarlaşmasy goşulýar, bu bolsa  $\varepsilon$  gelejekgi ösmegine, egerde dipol polýarlaşmasyň çeşmesi suw bolanda has hem täsirli bolar. Ahyrynda, radio ýygylgy derejesine geçilmegi bilen ýokarda görkezilen polýarlaşmalara struktura polýarlaşmasy goşulýar. Ýygylgyň onlarça kilogersden pes bahalarynda polýarlaşmalaryň beýleki görnüşleriniň arasynda struktura polýarlaşmanyň ähmiýeti esasy orunda durýar.

Şeýlelik bilen, meýdanyň  $w$  ýygylgy ýokarlandygýça dielektrik syzyjylygynyň  $\varepsilon$  ululygy kanunalaýyk peselýär, udel

geçirijilik  $\delta$  bolsa ulalýar. Entek ýygylgyň üýtge me aralygy (diapazony) polýarlaşmanyň kesgitli görnüşine degişli bolanda,  $\varepsilon$  azalmagy we  $\delta$  ösmegi, birden üýtgemän, adatça birsydyrgyn bolup geçýär. Meselem: suw üçin meýdanyň ýygylgy w 10-50 MGs-den 1-2 GGs çenli ösende dielektrik syzyjylygyň  $\varepsilon$  ululygy 80-den 30-a çenli ýuwaş-ýuwaşdan peselýär.

### 6.3. çökündi dag jynslarynyň udel garşylygy.

Dag jynslaryny emele getiriji minerallaryň köpüsiniň udel garşylygy gatlak suwuň  $\rho_s$  udel garşylygyndan 5-10 dereje ýokary bolýanlygy sebäpli, dag jynsynyň udel garşylygy esasan jynsy doýurýan suwuň  $\rho_s$ -ne, göwrümleýin  $\omega_s$  çyglylygyna we suwuň jynsda eýeleýän giňişliginiň geometriýasyna baglydyr,

*Bütewligine suw doýgunly dag jynslarynyň udel garşylygy. Arassa (toyunsyz) dag jynslary. Kese kesimi ýütgemeýän ugurdaş silindr görnüşli kapillýarlarynyň toplumyndan durýan, öýjikleriniň ýönekeý geometriýasy bolan, doly suw doýgunly dag jynslarynyň  $\rho_{s,dj}$  udel garşylygyna seredeliň. Kapillýarlarynyň oklarynyň ugry bilen gabat gelýän ugur boýunça udel garşylyk şeýle kesgitlenilýär:*

$$\rho_{s,dj} = \frac{1}{k_o} \rho_s \quad (6.10)$$

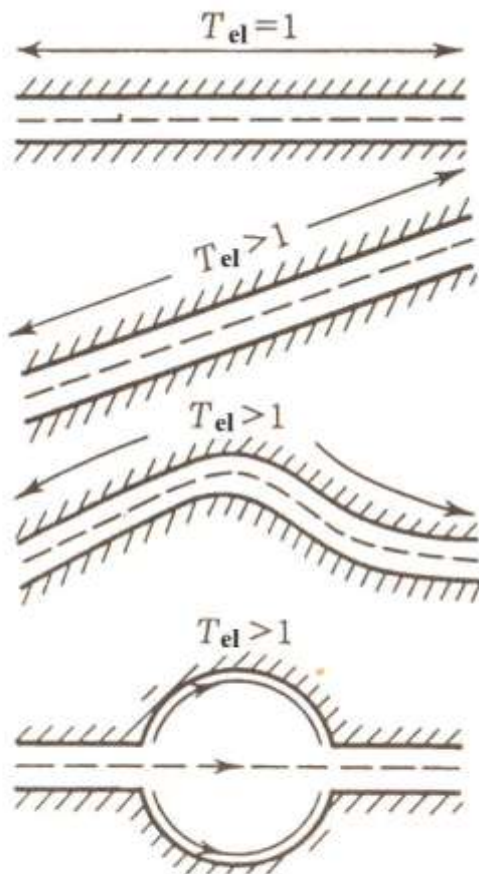
bu ýerde  $\rho_s$  – jynsy doýgunlaşdyrlan suwuň udel garşylygy;  $k_o$ - birlik ülüşinde aňladylan öýjeklilik koeffisiýenti.

Egerde udel garşylyk ölçenilýän ugurda kapillýarlaryň ugry bilen gabat gelmeýän bolsa,

$$\rho_{s,dj} = \frac{T_{el}^2}{K_o} \rho_s \quad (6.11)$$

bu ýerde:  $T_{el}$ - dag jynsynyň kubynyň granlarynyň arasyndaky gysgajyk aralyga ( $L$ ) kapillýaryň uzynlygynyň ( $L_k$ ) gatnaşygy, ýagny  $T_{el}=L_k/L$ .

Göni oky bolan kapillýarlaryň uzynlygyndan  $T_{el}$  esse köp bolan uzynlykdaky egrem-bugram kapillýarly dag jynsynyň  $\rho_{s,dj}$  udel garşylygy üçin meňzeşlikde aňladylýar (25-nji surat). Nebitiň we gazyň akymynda seredilýän gidrodinamiki egrem-bugramlykdan  $T_g$  tapawutlylykda  $T_{el}$  ululyga kapillýrlaryň elektriki egrem bugramlygy diýip aňladylýar. Mydama  $T_{el} \geq 1$ . Öýjükleriň geometriýasy ýönekeý bolan dag jynsalry üçin  $T_{el}=1$ ; Öýjükleriň geometriýasy çylşyrmly bolanda,  $T_{el}$  ululylygy ösýär, şeýlelikde  $\rho_{s,dj}$  öýjüklik üýtgemeýän ýagdaýynda  $T_{el}^2$  proporsionallykda ýokarlanýar.



25-nji surat. Pö öýjüklilik parametriniň ululygyna öýjük kanalyň geometriýasynyň täsirini düşündirýn çyzgy

(6.10), (6.11) gatnaşyklary şeýle görnüşde ýazmak bolar:

$$\rho_{s,dj} = P_0 \rho_s \quad (6.12)$$

bu ýerde  $P_0$ -öýjüklilik koeffisientine we öýkükleriň geometriýasyna bagly bolan öýjükliligiň elektrik parametri,

ýa-da ýöne öýjükliklik parametri (ilkinji gezek W.N. Dahnnow tarapyndan teklipe edildi).

Öýjükleriň ölçegi 0.1 mkm-den uly bolan jynslary üçin öýjük kanallarynyň elektrogeçirijiliginegaty fazanyň üstündäki goşa elektrik gatynyň täsiriniň hasaba alynmazlygy mümkin bolanda, berlen dag jynslaryny öýjükliklik parametry hemişelik bolýar:

$$P_{\delta} = \frac{\rho_s \cdot d \cdot j}{\rho_s},$$

Ol dag jynsyny doýgunlaşdyrýan suwuň  $\rho_s$  udel garşylygyna we  $C_s$  mineralizasyňa bagly bolmaýar.

Sygym giňişliginiň dürli geometriýasy bolan öýjük gurşawynyň  $P_{\delta}$  parametry üçin nazaryýet aňlatmalary alnandyr [9].

Emma nebit we gaz kollektorlarynyň sygym giňişliginiň geometriýasy örän çylşyrymly we dürli görnüşli, bu bolsa  $K_{\delta}$  we  $P_{\delta}$  arasyndaky baglylygyň häsiýetini beýan etmek üçin nazaryýet aňlatmalarynyň peýdalanylmak mümkinçiliginiň örän çäklendirýär. Tejribelik maksatlary üçin  $K_{\delta}$  we  $P_{\delta}$  arasyndaky baglylygy empiriki formulalarda (Dahnnow-Arçin) aňlatmak amatlydyr:

$$P_{\delta} = a K_{\delta}^{-m}, \quad (6.14)$$

$$P_{\delta} = K_{\delta}^{-m}, \quad (6.15)$$

Bu ýerde:  $a$  we  $m$  - hemişelikler olar öwrenilýän geologiki obýekt üçin nusgalaryň toplumynda tejribe barlaglary esasynda kesgitlenilýär.

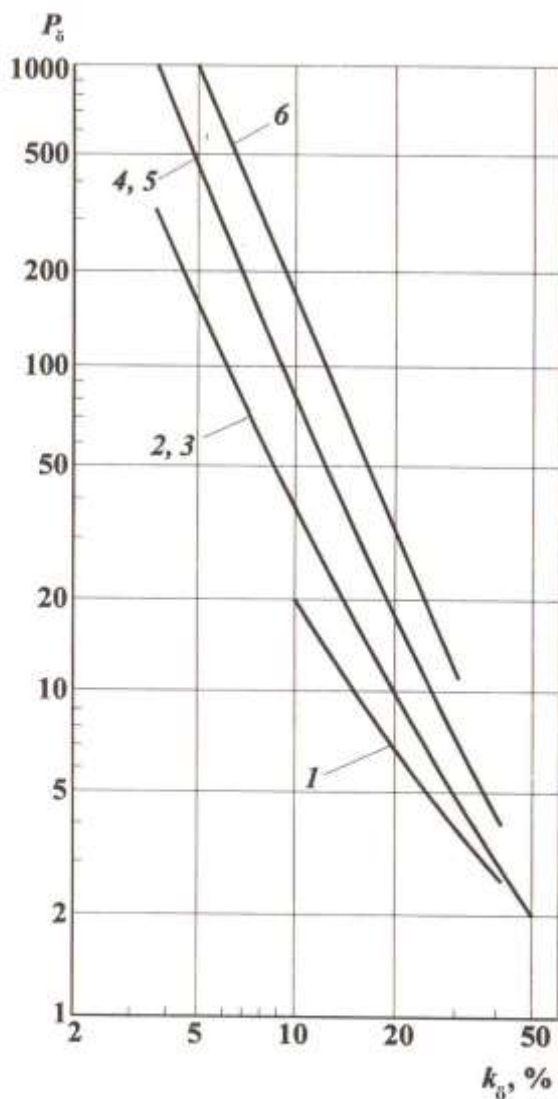
$m$  ululyk dag jynsynyň sementleniş derejesini görkeziji diýip atlandyrylýar.  $a=1$  we  $m=1$  bolanda (6.14), (6.15) aňlatmalar (6.10) meňzeşdir. Öýjikleriň geometriýasynyň çylşyrymlaşmagy bilen  $m$  görkeziji 1-den uly bolar, öýjikleriň geometriýasy näçe çylşyrymly boldygyça,  $m$  şonça 1-de tapawudlanýlar.

(6.11) we (6.15) aňlatmalary beýan edýän arabaglanyşyklary ikileýin logorifmiki masştapda göni çyzyklar görnüşde şekillendirilýär. Öýjikleriň

geometriýasynyň çylşyrymly bolmagy bilen bu göni çyzygyň gyşarmasy ösýär, ýagny  $m$  we  $T$  ulalmagy sebäpli. (6.11) we (6.15) formulalarda beýan edilen  $P=f(k_0)$  arabaglanyşyklar  $P_0=1$ ,  $k_0=1$  koordinatlary bolan nokadyň üstünden geçýän gönileriň toplymyny döredýär.

Tejribelikde (6.15) görnüşdäki  $P=f(k_0)$  arabaglanyşyklar köp ulanylýar 26-nji surat. toýunuň täsiri ýok ýagdaýynda  $m$  görkezijiniň şeýle bahalary has häsiýetlidir:

- a) gowy saypallanan çägeler we gowşak sementleşen çäge daşlar üçin  $m=1.3 \div 1.4$ ;
- b) gowy sementleşen däneara öýjkliligi bolan terrigen we karbonat dag jynslaryny üçin  $m=1.8 \div 2.0$ ;
- c) kawerno (boşluk) – däneara öýjkliligi bolan dag jynslary üçin  $m>2$ ;
- d) jayryklary bar bolan, sementlesendykiz dag jynslary üçin  $m=1.8 \div 2.0$  bahalaryndan has kiçidir.



26-njy surat. Terrigen we karbonat dag  
jynslary üçin öýjüklilik parametri  $P_0$   
bilen öýjüklilik koeffisiýentiniň  $k_0$   
arabaglanyşygy.



Dag jynsyny doýgunlaşdyrýan suwuň  $\rho_s$  udel garşylygyny erän duzlaryň himiki düzümi, mineralizasiýasy we erginiň temperaturasy belli bolan ýagdaýlary üçin 6.2 bölümde beýan edilen usullary we arabaglanýşyklary ulanup tapylýar.

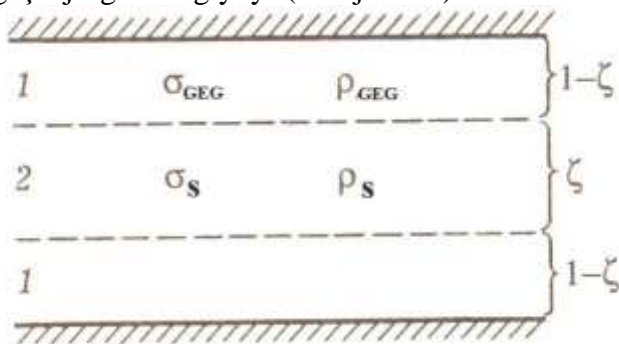
Nebit we gaz ýataklarynyň kesimlerinde gatlak suwlarynyň mineralizasiýasy 5-den 400 g/l çenli üýtgeýär. Eosin döwriniň çökündilerinden durian kesimler, sebitler üçin gatlak suwlarynyň pes konsentrasiýasy häsiýetlidir, meselem Gündogar Gruziýanyň eosin çökündileri.

Gatlak suwlarynyň ortaça konsentrasiýasy (15-50 g/l) Günbatar Sibiriň, Ýakutiýanyň, Demir gazyk kawказыň, orta aziýanyň tutýan ýerleri üçin häsiýetlidir. Bu ýerde kesimin esasy bölegi mezozoý çökündilerinden durýandyr. Ýökary konsentrasiýasy ( $>100$  g/l) Rus we Sibir platformalarynyň tutýan ýerleriniň paleozoý çökündileri üçin häsiýetlidir. Gatlak suwlarynyň esasy düzümi, olaryň islendik minerilizasiýasynda NaCl bolýandyr. Konsentrasiýasy uly bolmadyk suwlar üçin  $\text{NaHCO}_3$  we  $\text{NaSO}_4$  bolmagy hem häsiýetlidir. Ortaça we ýokary konsentrasiýaly suwlarda  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$  bolýarlar, olaryň absolýut we otnositel mukdary umumy mineralisasiýa baglydyr.

Gatlak suwlarynyň temperaturasy  $10 \div 230^\circ \text{S}$  çäklerde üýgeýär, udel garşylygy 0.01-den 1 Omm çenli. Kömür ýataklarynyň kesimlerinde takmynan şol çäklerde  $\rho_h$  üýtgeýär.

*Toýunly dag jynslary.* Toýunsow we başga minerallary özünde saklaýan dag linslary, tebigatda ýokary dagynykly ýagdaýda bolýarlar, meselem limonit, seolitler we başgalar, öýjikleriň ýüzünde GEG galyňlygy bilen deňeçerräk r radiusly sygym kanallarynyň subkapillýar öýjikleriň umumy göwrümünde bolýanlygy bilen häsiýetlendirilýär. Şol sebäpli doly suwdoýgunly toýunlar we toýunly dag jynslary ýokarda seredilen faktorlardan başga-da, dag jynslarynyň S adsorbsion üstleriniň ululygyna hem-de goşa elektrik gatynyň  $\sigma$  udel

elektrogeçirijiliklerine we erkin erginiň  $\sigma_e$  elektrogeçirijiligine baglydyr (27-nji surat).



**27-nji surat. Kanalyň ýüzünde GEG bolanda sygymyň kanalyňyň elektrogeçirijiliginiň aňlatmasyny düşündirmegiň çyzgydy.**

$\sigma_s$  udel elektrogeçirijiligi bolan suwdoýgunly silindriki kanalyň udel elektrogeçirijiligi şeýle aňlatmada kesgitlenilýär

$$\sigma_{kan} = \xi \sigma_s + (1 - \xi) \sigma_{gat}$$

(6.16)

bu ýerde  $\xi$  - erkin ergin bilen eýelenýän kanallaryň göwrüminiň bölegi  $\sigma_s = (U + \mathcal{G})C_s$  ululygy deňdir.  $\sigma_{gat}$  ululygy  $\sigma_s$  meňzeşlikde şeýle kesgitlenilýär: GEG-nyň kationlarynyň ortaça effektiv  $U_{GEG}$  hereketlenmesiniň  $q/(1 - \xi)$  goşa elektriki gatlagyň göwrümünde siňdirilen kationlaryň konsentrasiýasyna köpeldilmegi bilen ýagny

$$\sigma_{kan} = U_{GEG} q / (1 - \xi)$$

(6.17)

bu ýerde:  $q$ - getirme çalyşma sygymy.

(6.16) aňlatmada  $\sigma_s$  we  $\sigma_{gat}$  bahalaryny goýup alarys

$$\sigma_{kan} = (U + \mathcal{G})C_s + U_{GEG}q \quad (6.18)$$

Kanalyň udel garşylygyny  $\rho_{kan} = 10 / \sigma_{kan}$  hasaba alyp, (6.13) aňlatma boýunça  $P_{\delta}$  öýjiklilik parametriniň hakyky bahasyny hasaplalyň,  $\rho_s$  ýerine  $\rho_{kan}$  goýýarys:

$$P_{\delta} = \rho_{s,dj} / \rho_{kan} \quad (6.19)$$

(6.19) aňlatma boýunça inçe kapillýarlary bolan dag jynsynyň öýjililik parametri hasaplanylýnda, onuň taslanan (fikitiw) bahalaryny alarys

$$P_{f\delta} = \rho_{s,dj} / \rho_s \quad (6.20)$$

bu bolsa, dag jynsyň hemişeligi bolmaýar we  $\rho_s$  ululygyna bagly bolýar.

Taslanan  $P_{f\delta}$  öýjiklilik parametriniň hakyky  $P_{\delta}$  gatnaşygyna

$$\Pi = P_{f\delta} / P_{\delta} = \frac{\sigma_s}{\xi\sigma_s + (1 - \xi)\sigma_{gat}} \quad (6.21)$$

Üst geçirijilik koeffisiýenti diýip aýdylýar.  $\Pi$  ululygyň bahasy  $\sigma_s$  we  $\sigma_{gat}$  gatnaşyklaryna hem-de GEG eýeleýän öýjik göwrümindäki paýyna (bölegine) baglydyr.

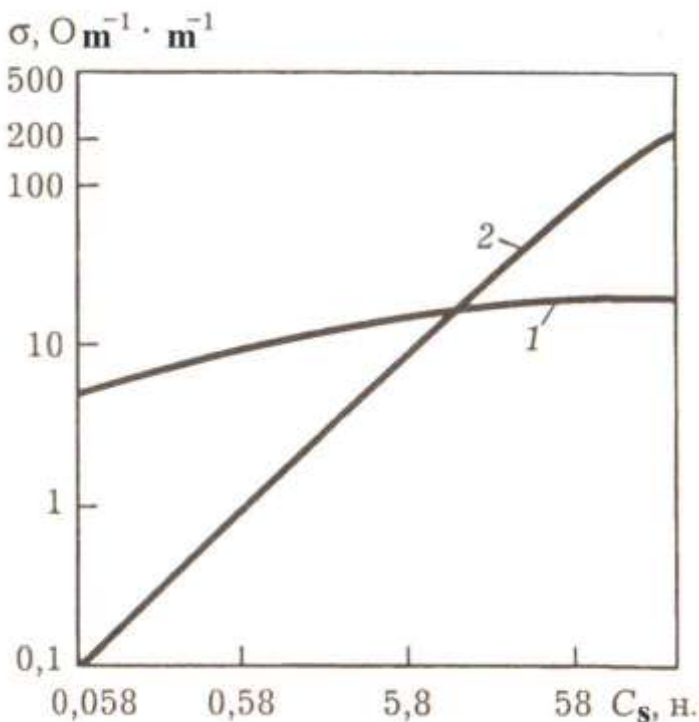
Aýratyn ýagdaýlara seredeliň:

1. Arassa toýunsyz dag jynsy, goşa elektrik gatlagyň  $\sigma_{GEG}$  galyňlygyndan öýjikleriň ölçegi has uly, şol sebäpli  $\xi = 1$ ,  $P_{f\delta} = P_{\delta}$ ,  $\Pi = 1$  üst geçirijilik yok.

2. toýun onuň öýjik giňişliginde  $r = \delta_{GEG}$  bolan kapillýarlar bardyr. Kapillýarlary GEG bitewiligine doldyryar,  $\xi = 0$ ,  $P_{fo} = P_o \sigma_s / \sigma_{gat}$   $\Pi > 1$ ; egerde  $\sigma_s < \sigma_{gat}$  onda  $\Pi < 1$ .

Elektrohimiýada dagynyklyk ulgamlaryň GEG, sygym kanallarynyň goşmaça geçirijiligini dördýän GEG ýüze çykanda dine  $\sigma_s < \sigma_{gat}$  şertde seredilýär. GEG täsiri bu bölümde öýjik gurşawyň udel garşylygynyň dine peselmegine getirýär. Erginleriniň konsentrasiýasynyň iki bölegi bolýar, olarda  $\sigma_s$  we  $\sigma_{gat}$  gatnaşygy dürlidir.

$\sigma_{in}$  we  $C_{in}$  koordinatlary bolan *inversion* diýip şertli atlandyralyň (28-nji surat).



28-nji surat.  $T=20^0$  S temperaturada  $\sigma_s$  erkin erginiň we goşa elektrik gatlagynyň  $\sigma_{GEG}$  elektrogeçirijilikleriniň gatnaşygy

1-nji  $\sigma_{GEG} = f(C_s)$ ;      2-nji  $\sigma_s = f(C_s)$

$C_s > C_{in}$  bölümi  $\sigma_{gat} > \sigma_s$  degişlidir, bu ýerde dagynyk ulgamlarynyň elektrohimiýasynda ýola goýulan kanunalaýyklyk adalatlydyr.  $C_s > C_{in}$  bölümde  $\sigma_{gat} < \sigma_s$  gatnaşyk dogrydyr, onda erkin suw bilen doldyrylan

kanallaryň ýüzünde (üstinde) GEG bolmagy degişlilikde  $\sigma_s$  we  $\rho_s$  bahalary bilen deňeşdirilende, olaryň  $\sigma_{kan}$  geçirijiliginin peselmegine we udel garşylygynyň ýokarlanmagyna getirýär.  $\sigma_s$  we  $\sigma_{gat}$  gatnaşygynyň bu kanunalaýyklygy soňky geçirilen barlagçylaryň köpüsiniň işlerinde tassyklanyldy. Dürli ýazarmanlaryň netijeleri boýunça inversion nokadynda udel garşylyk 0.2-0.8 Omm bolýar, şol sebäpli  $\rho_s / \rho_{GEG}$  we  $\sigma_s / \sigma_{GEG}$  gatnaşyklaryň inversion zolagynyň barlygy barada aýtmak bolar.

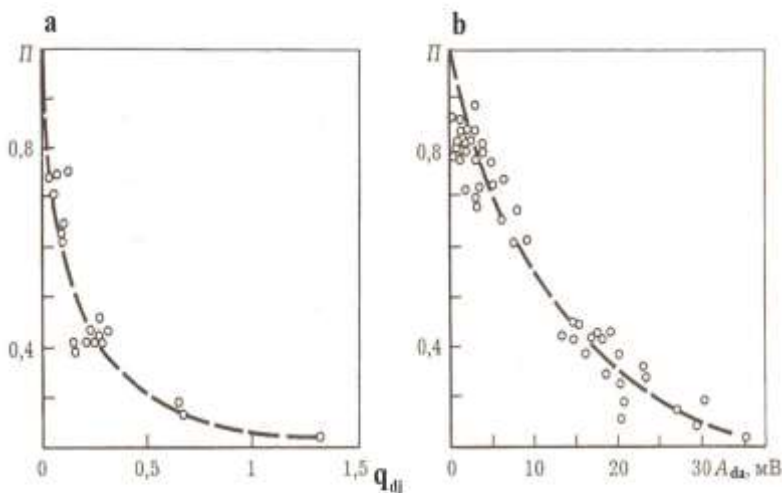
Seredilän  $P_{\delta}=f(K_{\delta})$  arabaglanyşyklaryň häsiýetiniň kanunalaýyklygy, hakykytoýunly kollektor-dag jynslary üçin alynan giňişleýin desläpky maglumatlar esasyda delillendirilýär. Dürli temperaturada we dürli düzümlü toýun toplumynyň çalşylan kationlary bolan kollektorlar üçin  $C_s$  unversion bahasy we oňa degişlilikde  $\rho_s$  ululygy şeýle çäklerde üýtgeýär:  $C_s=0.2 \div 0.5$  normal (n) we  $\rho_s = 0.2 \div 0.8$  Omm.

Bu ýagday göz önünde tutulup,  $P_{\delta}=f(K_{\delta})$  arabaglanyşygyna toýunlylygynyň täsiriniň häsiýetnamasy hökmünde dag jynslarynyň üst geçirijilik koeffisiýenti bolan  $\Pi$  parametric ulanmaklyk teklipe edelýär:

$$\Pi = P_{f\delta} / P_{\delta, pred} \quad (6.22)$$

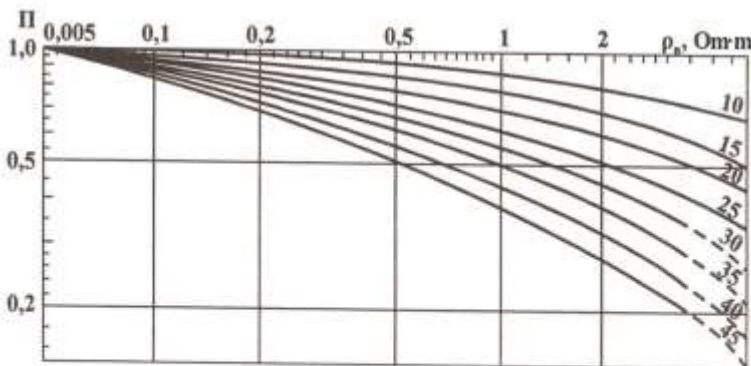
bu ýerde:  $P_{\delta, pred}$  – ýokary minerallaşdyrylan suw bilen doýgunlaşdyrylan dag jynsynyň udel garşylygyna degişli bolan öýjüklik parametriniň predel (maksimal) bahasy. (6.22) formula boýnça hasaplanylýan üst geçirijilik koeffisiýentiniň ululygy  $\Pi \leq 1$  bolar. Bu koeffisiýent dag jynsynyň getirilen sygym çalyşmasy  $q_{dj}$  we diffuziýa-adsorbsiýa aktiwililigi  $A_{da}$  bilen berk baglanyşykda bolýar (29-njy surat).

Bu parametrleriň hemmesi dag jynslarynyň adsorbsiýa ukuplylygyny häsiýetlendirýär. Hemişelik mineral düzümlü mukdary bolan dag jynslary üçin  $\Pi$  we  $\xi$ , parametrleriniň arasynda mäkäm arabaglylyga gözegçilik edilýär.



**29-njy surat. Terrigen çökündiler üçin  $\Pi$  we  $q_{dj}$  (a) hemde  $\Pi$  we  $A_{da}$  (b) parametrleriniň arasyndaky eksperimental arbaglanşyklar**

Üst geçirijilik koeffisiýenti  $\Pi$  ululygy kesgitlemek maksady bilen  $q_{dj} = \text{const}$  ýa-da  $\eta_t = \text{const}$  dürli bahalary üçin  $\Pi = f(\rho_s)$  egrileriň toplumy görnüşdäki (30-njy surat) paletkalar gurlandyr. Olar boýunça  $\rho_s$  we  $C_t$  belli bahalarynda  $\Pi$



30-nji surat. Üst geçirijilik  $\Pi$  koeffisiýentiniň öýjük suwlarynyň  $\rho$  udel garşylygyna we  $C$  toýunlylygyna baglylygy. Egrileriň belgisi-  $C$ .

koeffisiýentiň ululygyny kesgitlemek bolar. Guýularyň geofiziki barlaglarynyň maglumatlary teswirlenilende peýdalanmak üçin  $\alpha_{TP} = \text{const}$  dürli bahalarynda gurlan  $\Pi = f(\rho_s)$  paletkalar amatlydyr, bu ýerde otnositel amplitude  $\alpha_{TP}$  toýunlyk parametriniň ornyny ýerine ýetirýär.

#### 6.4 Jaýryk we kawerna görnüşli öýjükli dag jynslarynyň udel elektrik garşylygy.

Jaýryk we kawerna görnüşli öýjükleri bolan dag jynslary düzümi we gurluşy boýunça dürli-dürli bolýarlar. Däneara (ilkinji) öýjüklilik  $K_{d.a.ö}$  bilen bir hatarda, ikilenji dörän  $k_{ik.ö}$  öýjükler – jaýryklar, kawernalar we beyleki şorlaşma boşluklary uly ähmiýete eýedirler. Dag jynslarynyň udel garşylygyna kawernalaryň täsiri güýçli bomaýar. Elektrolit bilen doýgunlaşan jaýryklaryň bolmagy garşylygyň düýpli peselmegine getirýär.

Goý seredilýän dag jynsynda hemme jaýryklaryň tekiz parallel tekizlikler görnüşinde araçäkleri bar. Eger-de dag jynsyndaky aýry-aýry jaýryklarynyň arasynda ýerleşen bloklar

(bölekler) tok geçirmeýän mineral skeletinden durýan bolsa, onda bu dag jynslaryň öýjüklilik koeffisienti jayryklaryň görnüşiniň jeminiň dag jynslaryň göwrümüne bolan gatnaşygyna, ýagny  $K_j$  jaýryklylyk koeffisiýentine deňdir. Toguň ugry boýunça ýerleşen parallel jayryklaryň bir ulgamy bolan dag jynslaryň jaýryklylygynyň doly suw doýgunly ýagdaýyndaky udel garşylygy

$$\rho_{sg} = \rho_s / K_j \quad (6.23)$$

bu ýerde öýjüklilik parametri  $\rho_{j0} = K_j^{-1}$ . Eger-de toguň ugryna hemme jaýryklar perpendikulýar ugrykdyrylan ýagdaýynda  $\rho_{jsg} = \infty$ .

Jaýryklaryň *iki ulgamy bolan* dag jynsy üçin, olaryň bir ulgamy toguň ugryna parallel, beýlekisi bolsa oňa perpendikulýar ýerleşdirilip, ulgamlaryň göwrümleriň jemi deň bolanda

$$\rho_{jsg} = 2\rho_s / K_j \quad (6.24)$$

Jaýryklaryň özara perpendikulýar ulgamlarynyň üçüsi bolan dag jynsy üçin ulgamlaryň arasynda jaýryklaryň göwrümi deň bölünende

$$\rho_{jsg} = 3\rho_s / (2K_j) \quad (6.25)$$

Bu aňlatma (6.25) has umumy ýagdaý üçin, ýagny dürli ugurlarda göwrümlerinden ähtimallykda bölünip, jaýryklaryň tertipsiz ýerleşen ýagdaýynda hem adalatlydyr.

(6.23) - (6.25) deňlemeleri hasaba almak bilen, jaýrykly dag jynslaryň  $\rho_{j0}$  öýjüklilik parametri üçin umumylaşdyrylan aňlatma alynýar:

$$P_{j0} = (AK_j)^{-1}, \quad (6.26)$$

bu ýerde  $0 < A < 1$ . Koeffisiýent  $A$  – udel garşylyk ölçenilýan ugra otnositellikde jaýryklaryň ýerleşişine (orýentasiýasyna) bagly ululykdyr (tablisa 4).



Tablisa 4

Jaýryklylygynyň ugurlary dürli bolan jaýrykly dag jynslary  
üçin A koeffesiýentiň  
bahalary

Nusga (model)	Däneara-jaýrykly dag jynslarynyň modeliniň gäsiýetnamasy	A
a	$\rho_{ik,\delta} = \rho_{ik,bl}$ ölçenilýän ugra hemme jaýryklar perpendikulýar ýerleşýär	0
b	$\rho_{ik,\delta}$ öçenilýän ugra hemme jaýryklar parallel ýerleşýär	1
ç	Jaýryklar iki ulgam döredýär, olaryň arasynda $K_{j\delta}$ ululygy deň bölünýär; $\rho_{ik,\delta}$ ölçenilýän ugra bir ulgam parallel ýerleşýär, beýlekisi - perpendikulýar	1/2
d	Jaýryklar biri birine perpendikulýar bolan üç ulgamy döredýär olaryň arasynda $K_{ik}$ bahalary deň ülüşde	2/3

Hakyky şertlerde jaýrykly dag jynslarynyň blokлары däneara  $K_{\delta}$  öýjüklilik koeffisientine we degişlilikde  $\rho_{bl,g}$  udel garşylygyna eýedir. Doly suw doýgunly jaýrykly dag jynsynyň udel garşylygy

$$\rho_{j.sg} = \frac{\rho_{bl,g}}{AK_j P_{bl,\delta} + 1},$$

(6.27) bu ýerde hem A şeýle çäklerde  $0 < A < 1$  üýtgeýär.

Seredilýän ýagdaýda jaýrykly dag jynsynyň öýjüklilik parametri

$$P_{j,\delta} = \frac{P_{bl,\delta}}{AK_j P_{bl,\delta} + 1} \quad (6.28)$$

(6.28) aňlatmadaky  $A=0; 0.5; 0.67$ ; we 1 aýratyn bahalary togy geçirmeýän bloklary bolan jaýrykly dag jynslary üçin ýokarda seredilen jaýryk ulgamlaryna degişlidir.

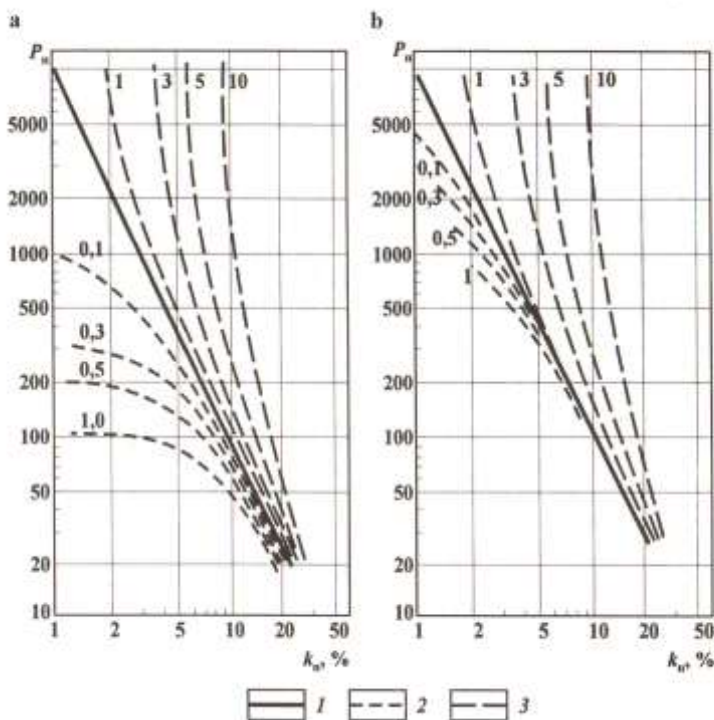
$0.5 < A < 1$  bahalarynda (6.28) formula boýunça  $P_{j\delta}$  hasaplamasy,  $K_j = \text{const}$  dürli bahalary üçin  $P_{j\delta} = f(K_\delta)$  arabaglanşyklaryň grafyklary,  $P_{bl.\delta} = f(K_{da\delta})$  arabaglanşyklaryň grafyklaryndan aşakda ýerleşýändiglerini görkezýär (31-nji surat). Şunlukda  $P_{j\delta}$  parametriň  $P_{bl.\delta}$  – den tapawudy  $K_j$  näçe ýokary boldugyça şonça uly bolýar. Hakyky jaýrykly dag jynslarynda  $K_j$  ululygy 0.01 ýokary geçmeýär. Şol sebäpli hasaplamalar  $0 < K_j < 0.01$  bahalary üçin ýerine ýetirilen,  $P_{es}$  öýjüklü dag jynslary üçin  $K_\delta < 0.1$  jaýryklaryň täsiri möhümdir we  $K_j = \text{const}$  bolanda,  $K_\delta$  azalmagy bilen ulalýar. Ortaça we ýokary öýjüklü dag jynslarynda  $K_j$  hakyky bahalarynda jaýryklaryň täsiri örän azdyr (31-nji surat).

Egerde jaýryklary doldurýan suw ergini, bloklary doýurýan suwdan, duzlygy  $\rho_f \geq \rho_s$  ýagdaýynda  $\rho_{jg}$  ululygy şu aňlatma bilen kesgitlenilýär

$$\rho_{j.g} = \frac{P_{bl.\delta} \rho_s}{AK_j \rho_s / \rho_f + 1} \quad (6.29)$$

$\rho_{jg}$  ululygyna jaýryklygyň täsiri azalýar we  $\rho_f \rightarrow \rho_{bl.g}$  bolanda ýitip gidýär.

Kawerno görnüşli öýlikligi bolan dag jynsyny şeýle göz önüne getirmek bolar, mineral skeletinde  $\rho_s$  udel garşylykly erginden doldyrylan tertipli kegitenen



31-nji surat. Jaýrykly we kawernaly (boşlukly) dag jynslarynyň  $P_0$  öýjüklilik parametri bilen  $k_{u0}$  umumy öýjüklilik keoffisiýentiniň arabaglanşyklary:

a -  $\rho_s$  udel garşylykly gatlak suwy bilen hemme öýjükler doýgunlaşdyrlan;

b -  $\rho_f = 10 \rho_s$  suw bilen jaýryklar we kawernalar doýgunlaşdyrlan, däneara öýjüklilik -  $\rho_s$  suw bilen doýgunlaşan; Kollektor üçin egriler: 1- däneara, 2- jaýrykly (egrileriň belgisi  $K_{j0}$ ), 3- kawernaly (egrileri belgisi -  $K_{k0}$ )

ulgam boýunça ýada tertipsiz ýagdaýda kawernalar (uly boşluklar) bölünendir. Bu dag jynsy ýokary udel garşylyga  $\rho_{kg} = \infty$  eýedir, sebäbi gurşawyň tok geçiriji bölekleri –

kawernalar togy geçirmeýän material bilen aralary üznedir. Geologiki kesimlerde bular ýaly dag jynslary bolmagy şübhelidir. Hakyky kawernaly dag jynslary adatyç däneara  $K_{da,ö}$  öýjükliligi bolan bloklardan durýar hemde däneara öýjüklenden uly ölçegdäki dürli ölçegli kawernalary saklaýar. Kawernalar we däneara öýjüklere  $\rho_s$  udel garşylygy bolan su erginleri bilen doldyrylan ýagdaýda bolýar. Bu dag jynsynyň udel garşylygy şeýle aňlatma bilen kesgitlenilýär:

$$\rho_{k.sg} = \frac{P_{bl,ö}(1 - K_{kaw}) + K_{kaw} + 2}{P_{bl,ö}(1 + 2K_{kaw}) + 2(1 - K_{kaw})} \rho_{bl.g}, \quad (6.30)$$

bu ýerde  $K_{kaw}$  – kawerna öýjükligiň koeffisienti, ol dag jynsynyň göwrüm birliginde kawernalaryň jemlenen göwrümüne deňdir.

$$\text{Şeýle dag jynsynyň umumy öýjüklük koeffisienti} \\ K_{\delta} = K_{kaw} + K_{da,ö}(1 - K_{kaw}) \quad (6.31)$$

Bolýanlygy üçin bloklaryň däneara öýjüklük koeffisienti, dag jynsynyň hemme göwrümüne dälde, bloklaryň göwrümüne bolan gatnaşygy boýunça görkezilýär.  $K_{\delta}$  kiçi bahalarynda, kawerna öýjüklük parametri  $P_k \gg 1$  we  $\rho_{ksg}$  ululygynyň takmyn aňlatmasyny ulanmak bolar:

$$\rho_{k.sg} = \frac{1 - K_{kaw}}{1 + 2K_{kaw}} \rho_{bl.g}, \quad (6.32)$$

Kawernaly dag jynsynyň öýjüklük parametri  $P_{k\delta} = \rho_{kg}/\rho_s$ , däneara öýjüklere bolan dag jynsynyň  $P_{\delta}$  parametriniň bahasyndan ýokarydyr.  $K_{kaw} = \text{const}$  dürli bahalary üçin  $P_{k\delta} = f(K_{\delta})$  baglanyşygynyň hasaplana egrileri,  $P_{blo} = f(K_{da,ö})$  arabaglanyşykdan ýokarda ýeleşýärler.

$K_{kaw}$  hemişelik bahasynda,  $K_{\delta}$  öýjüklilik koeffisientiniň azalmagy bilen  $P_{k,ö}$ -niň  $P_{\delta}$ -den tapawutlylygy ulalýar.

Kawernaly – jaýrykly dag jynsyny, ýokarda seredilen kawernaly dag jynsyndaky ýaly göz önüne getirmek bolar. Bloklarynyň däneara öýjüklilik koeffisienti  $K_{da,ö}$  noldan tapawutlanýan kawernaly dag jynsyny bir, iki ýa-da köp sanly

jaýryklar ulgamy kesip geçýär. Bu dag jynsynyň umumy öýjüklilik koeffisienti

$$K_{\bar{o}} = K_{\bar{o}}(1 - K_j - K_{kaw}) \quad (6.33)$$

Kawernaly – jaýrykly dag jynsynyň  $\rho_{kj.sg}$  udel garşylygyny şu aşakdaky alatma bilen kesgitlemek bolar:

$$\rho_{kj.sg} = \frac{P_{j.\bar{o}}(1 - K_{kaw}) + (2 + K_{kaw})}{P_{j.\bar{o}}(1 + 2K_{kaw}) + 2(1 - K_{kaw})} \quad (6.34)$$

ýa-da  $K_{\bar{o}}$  kiçi bahasynda, takmynan aňlatma boýunça

$$\rho_{kj.sg} = \frac{1 - K_{kaw}}{1 + 2K_{kaw}} \rho_{j\bar{o}} \rho_s \quad (6.35)$$

$\rho_{kj.sg}$  udel garşylygy kesgitlemek üçin (6.34) ýa-da (6.35) aňlatmalardan peýdalanyp,  $\rho_{kj.sg} = f(K_{\bar{o}})$  arabaglylygyň hasaplamalary, dag jynsynda bir wagtyň özünde jaýryklaryň we kawernalaryň bolmagy  $\rho_{j.\bar{o}}$  parametriniň ululygyna bu boşluklaryň her biriniň edýän täsiriniň azalýandygyny görkezýär. Şol sebäpli  $\rho_{kj.\bar{o}} = f(K_{\bar{o}})$  arabaglylygyň däneara öýjüklilik dag jynslaryny üçin  $\rho_{\bar{o}} = f(K_{\bar{o}})$  arabaglylykdan tapawutlylygy ujypsyz bolar.

## 6.5 Bölekleýin suwdan (nebit-gaz bilen) doýurylan dag jynslarynyň udel garşylygy.

Öýjikleriň göwrümi böleklýin suwdoýgunly bolan dag jynslarynyň  $\rho_{n.dj}$  udel garşylygy aşakdaky aňlatma boýunça kesgitlenilýär

$\rho_{n.dj} = P_d$   $\rho_{s.dj}$

( 6.36) bu ýerde  $P_d$  – doýgunlyk parametry, W.N Dohnow tarapyndan teklipl edilen. Bu parametr öýjikleriň göwrümi doly suw doýgunly dag jynsynyň  $\rho_{s.dj}$  udel garşylygy bilen deňeşdirilende, bölekleýin suw doýgunly şol dag jynsynyň  $\rho_{n.dj}$

udel garşylygynyň näçe esse köpeliändigini görkezýär.

$\rho_{n,dj}$  parametriniň ululygy  $\omega$  göwrümleýin çyglylyga ýa-da  $K_s$  suw doýgunlyk koeffisiýentine hem-de galyndy suwyň öýjiklerde eýeleýän göwrüminiň geometriýasyna baglydyr. Kapillýarlaryň uzunlygy boýunça galyňlygy ýütgemeýän silindriki halkany emele getirýän galyndy suwly bolup, haçanda kapillýaryň merkezi bölegini nebit ýa-da gaz eýeleýän ýagdaýyndaky teýgum üçin

$$P_d = K^{-1}_s \quad (6.37)$$

Kapillýarlaryň egrem-bugramlygynyň, gaty fazanyň ýüzünde bütür-südürligiň üznüksizliginiň we ş.m. ýüze çykmalarynyň hasabyna tokgeçiriji giňişligiň çylşyrymlaşmagy sebäpli,  $P_d$  ululygy (6.11) aňlatma bilen menzeşlikde  $P_d$  parametri üçin şeýle formulada beýan edilýär

$$P_d = T^2_{el}/K_s \quad (6.38)$$

bu yerde  $T_{el}$  – seredilýän obýektde tokgeçiriji ýollaryň elektriki egrem –bugramlygy.

$P_d$  parametriniň nazaryýet aňlatmalary  $P_0$  öýjiklilik parametri üçin alnyşy ýaly, galyndy suwdoýgunly bolan öýjik gurşawyň ýonekey nusgalary üçin adalatlydyr. Şol sebäpli  $P_d$  parametri bilen  $K_s$  galyndy suwdoýgunlyk koeffisiýentiniň arasyndaky baglanyşyk empiriki formulalar bilen aňladylýar:

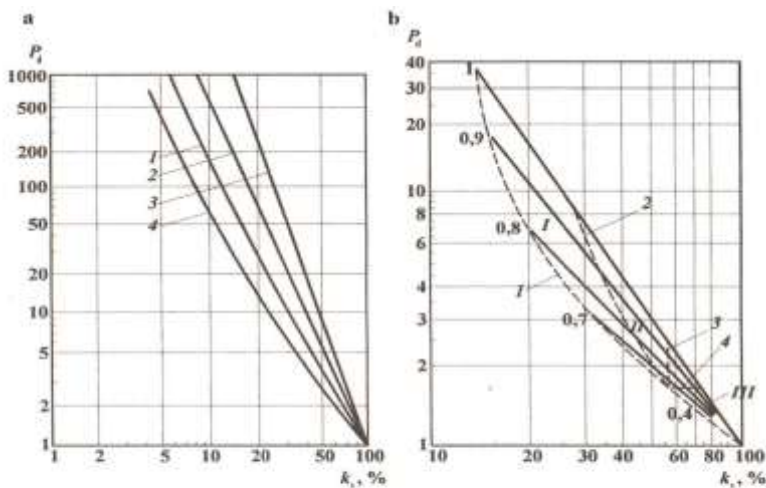
$$P_d = aK^{-n}_s; \quad P_d = K^{-n}_s \quad (6.39)$$

bu ýerde  $a$  we  $n$  – önümlü kollektoryň kesgitli görnüşini häsiýetlendirýän hemişeliklerdir (konstantlar). Köpleňç  $P_d = K^{-n}_s$  arabaglylyk ulanylýar.

$P_d$  parametr bilen  $K_s$  galyndy suwdoýgulyk koeffisiýentiniň arasyndaky baglanyşygyň alnyş usullary boýunça, olaryň iki görnüşü tapawudlanýlar.

1. Öwrenilýän kollerktory düzýän her bir nusga üçin  $K_s$  dürli bahalarynda ( $K_{gs} < K_s < 1$ ),  $P_d = \rho_{n,dj} / \rho_{s,dj}$  birnäçe bahalary hasaplanylýar. Şunuň bilen  $P_d$  şeýle çäklerde  $P_{d,pred} > P_d > 1$  üýtgeýär, bu ýerde  $K_{gs}$  we  $P_{d,pred}$  degişlilikde galyndy suwdoýgunlyk koeffisiýenti we oňa laýyk bolýan  $P_d$

parametriniň predel(maksimal) bahasy. Şeýle barlaglaryň netijesinde her bir nusga üçin  $P_d=f(K_s)$  hususy arabaglanyşyklar alynýar. Soňra bolsa aýratyn nusgalar üçin  $P_d=f(K_s)$  alnan arabaglanyşyklary kollektorlaryň kesgitli görnüşini häsiýetlendirýän bir topara birleşdirilýär. Netijede öwrenilýän obýektiň dürli görnüşleri üçin, dürli  $n=\text{const}$  bolan  $P_d=f(K_s)$  grafikleriniň toplumy alynýar. Şeýle topar köplenç giň çäklerde kollektorlaryň dagynyk toýunlylygy üýgedýän terrigen çökündiler üçin häsiýetlidir (32-nji surat).  $P_d=f(K_s)$  grafikleriň belgisi (şifri) hasabynda toýunlylygy häsiýetlendirýän petrofiziki ( $\eta_t$ ,  $q_{dj}$ ) ýa-da geofiziki ( $\alpha_{TP}$ ) parametrleriň biri ulanylýar.



32-nji surat. Doýgunlyk parametri  $P_d = \rho_d / \rho_c$  bilen öýjük giňişliginiň  $K_s$  suw doýgunlyk koeffisientiniň arabaglanyşygy: a-kollektor üçin egriler: 1-gidrofili, 2,3-degişlikde gowşak gidrofob we gidrofob toýunly-çägedaş; 4-karbonat; b- toýunlylygyň dürli görkezijileri  $\alpha_{TP}$  (egrileriň belgisi) üçin egriler: 1- $P_{d, \text{max}} = f(K_{s, \text{max}})$ , 2- $P_d' = f(K_s')$ , 3- $P_{d, \text{av}} = f(K_{s, \text{av}})$ , 4- $P_d'' = f(K_s'')$ ; I-II-degişlikde birlazaly (nebit), ikifazly (suw bilen nebit) we birlazaly (suw) suwuklyklaryň akymlarynyň bölümleri.

Toýunsyz we gowşak toýunly kollektorlardan toýunlylara geçilende  $n$  bahasy köplenç azalýar.

2. Öwrenilýän kolleksiyanyň (görnüşleriň) her bir nusgasy üçin  $K_{gs}$  ýeke-täk bahasy we oňa degişli  $P_{d,pred}$  ululyk kesgitlenilýär. Sonra bolsa, blanka (ýörüte kagyza) dürli nusgalar üçin  $P_{d,pred}$ ,  $K_{gs}$  koordinatlary bolan nokatlar geçirilýär we bitewe geologiki obýekt üçin  $P_{d,pred}$  -  $K_{gs}$  statistiki arabaglanyşygy kiçi kwadratlar usulynda alynýar. Bu arabaglanyşyk dürli toýunlylygy bolan dag jynslary üçin  $P_d = f(K_s)$  toparyn daşany aýlaýjy ýa-da  $P_{d,pred}$ ,  $K_{gs}$  nokatlarynyň geometriki ýeri bolup durýar (32-nji surat).

Birinji görnüşli  $P_d$  arabagbaglanyşyklary uglewodorodlardan doly doýgunlaşmadyk nebit ýa-da gaz ýataklarynyň geçiş zolagynda  $P_d$  we  $K_s$  parametrleriniň arabaglanyşygyny häsiýetlendirýär,  $P_{d,pred} = f(K_{gs})$  arabaglanuşygy bolsa - uglewodorod ýataklarynyň predel doýgunlyk zolagyny häsiýetlendirýär.

Dürli görnüşli kollektorlar üçin “n” görkezijisiniň bahalaryna garap geçeliň:

1.  $3 < n < 1.6$  – toýunly terrigen kollektorlar;
2.  $8 < n < 2$  – gowy sementleşen pes toýunly karbonat we terrigen kollektorlar;
3.  $1 < n < 1.3$  – kawernaly dag jynslary;
4.  $n \gg 2$  – jaýrykly dag jynslary;
5.  $n \approx 2$  – jaýrykly- kawernaly dag jynslary;
6.  $n > 2$  – däneara öýjikli gidrofob kollektorlar, garjaşyk kollektolar.



## Edebiýatlar

1. Türkmenistanyň Konstitusiyasy. 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» gazetiniň, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. Виноградов В.Г., Дахнов А.В., Пацевич С.И. Практикум по петрофизике. М., Недра. 1990.
11. Гудок Н.С., Богданович Н.Н., Мартынов В.Г. Определение физических свойств нефтеводосодержащих пород. РГУ нефти и газа имени И.М.Губкина. М., Недра. 2007.
12. Добрынин В.М., Вендельштейн Б.Ю., Кожевников Д.А. Петрофизика. М., Недра. 1991, 2004.
13. Итенберг С.С., Дахгильгов Т.Д. Геофизические исследования в скважинах. М., Недра. 1989.

14. Кобранова В.Н. Петрофизика. М., Недра. 1986.
15. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых. Справочник, М., Недра. 1984.

## MAZMUNY

Giriş.....	7
<b>I. Dag jynslarynyň birmeňzeş dälligi .....</b>	<b>13</b>
1.1 Dag jynslarynyň maddy, gurluş we faza birmeňzeş dälligi.....	13
1.2 Dag jynslarynyň toýunlylygy.....	18
1.3 Udel üst. Kation çalyşmasynyň sygymy.....	24
1.4 Kation çalyşma sygymy.....	27
<b>II. Dag jynslarynyň öýjükliligi.....</b>	<b>30</b>
2.1. Öýjükleriň görnüşleri.....	30
2.2. Öýjük giňişliginiň gurluşy.....	37
2.3. Çökündi dag jynslarynyň öýjükliligi.....	39
2.4. Metamorfiki we magmatiki dag jynslarynyň öýjükliligi.....	50
<b>III. Dag jynslarynyň suw, nebit we gaz doýgunlygy.....</b>	<b>52</b>
3.1. Çyglylyk we çyglylyk sygymy.....	52
3.2. Dag jynslarynyň nebit we gaz doýgunlygy.....	63
<b>IV. Dag jynslarynyň dykyzlygy.....</b>	<b>65</b>
4.1 Dykyzlyk barada düşünje.....	65
4.2 Gazlaryň, suwuklyklaryň we minerallaryň dykyzlygy.....	68
4.3. Çökündi dag jynslarynyň dykyzlygy.....	73
4.4 Magmatik we metamorfik dag jynslarynyň dykyzlygy.....	80
<b>V. Dag jynslarynyň syzyjylygy.....</b>	<b>84</b>
5.1. Kesgitleme. Darsiniň deňlemesi.....	84
5.2. Absolýut syzyjylyk. Dänara öýjükliligi bolan dag jynslarynyň syzyjylygy.....	87
5.3 Jaýrykly dag jynslarynyň syzyjylygy.....	91
5.4 Dag jynslarynyň syzyjylygynyň ýerleşen çuňluguna baglylygy.....	93
5.5 Syzyjylygy boýunça çökündi dag jynslarynyň toparlara bölünmegi.....	96
<b>VI. Dag jynslarynyň elektrik häsiýetleri.....</b>	<b>98</b>
6.1. Dag jynslarynda elektrik hadysalarynyň nazaryýet esaslary.....	98

6.2. Minerallaryň, gatlak flýuidleriniň elektrik geçirijiligi (udel garsylygy) we dielektrik syzyjylygy.....	102
6.3. çökünci dag jynslarynyň udel garsylygy.....	110
6.4 Jaýryk we kawerna görnüşli öýjükli dag jynslarynyň udel elektrik garsylygy.....	122
6.5 Bölekleýin suwdan (nebit-gaz bilen) doýurylan dag jynslarynyň udel garsylygy.....	128
Edebiýatlar .....	132