

TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

N.Nurgeldiýew, G.Nurgeldiýewa

ÝERASTY SUWLARYŇ DINAMIKASY

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Aşgabat – 2010

**N.Nurgeldiýew, G.Nurgeldiýewa, Ýerasty suwlaryň
dinamikasy.**

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

Sözbaşy

Türkmenistanyň ykdysadyýeti Täze Galkynyşlar eýýamynda ynamly gadamlar bilen öňe hereket edýär. Hojalyk pudaklarynyň aglaba köpüsiniň ösmegine, günbe-gün işine ýerasty suwlar düýpli täsir edýär. Oba we şäher ilatyny ýokary hilli agyz suwy bilen üpjün etmekde, ýod-brom ýaly peýdaly elementleri özünde senagat möçberinde saklaýan suwlardan eksport üçin haryt öndürmekde, ilatyň saglygyna ýardam berýän şipa-melhem suwlaryny ulanmakda, ekin ýerleriniň zeýlemesiniň, şorlamasynyň önüni almakda ýerasty suwlaryň ähmiýeti örän uludyr. Ýerasty suwlar jaýlaryň taslamasy düzülende, gurlanda, ulanyş döwründe, nebit-gaz ýataklary gözlenende, barlananda, çykarylyp alnanda hem hasaba alynýar.

Ýerasty suwlar öwrenilende iň uly ünse mynasyp soragyň biri - olaryň hereket kanunylyklaryny bilmek, önünden hasaplamakdyr.

Ýerasty suwlaryň dinamikasy birnäçe ylymlaryň çatrygynda ýerleşýär. Çözüň meseleleri, tebigaty boýunça ol gidrogeologiýanyň bölümi, nazary düşüňjeleri boýunça ol takyk ylymlara daýanýar. Ýerasty suwlaryň hereketi esasan süzülme görnüşinde, ýagny öýjükleriň we jaýryklaryň üsti bilen bolup geçýänligi sebäpli ol takyk ylymlardan gidromehanika (gidrawlika) golaýdyr.

Hakykatdan-da ýerasty suwlaryň dinamikasynyň ýa-da başgaça gidrogeodinamikanyň binýadynyň gidrawlika we nazary mehanika boýunça düýpli işler geçiren hünärmenler we alymlar tarapyndan (A.Darsi, J.Dýupýui, J.Bussinesk, N.Ý.Žukowskiý, F.Forgeýmer) tutulandygyny bellemeli. Şol bir wagtda-da ýerasty suwlaryň süzülmesine garaýyşa gidrogeologik meseleleriň goýluşyna, süzdüriji gurşaw bolup hyzmat edýän dag jynslarynyň häsiýetlerine baglylykda bu ylmyň özboluşly aýratynlyklary bardyr.

Ýerasty suwlaryň dinamikasy ýerasty suwlaryň hereketini öwrenýär, süzülmä koeffisiýenti, täsir radiusy, suwberijilik ýaly wajyp gidrogeologik görkezijileri kesgitlemegiň ýollaryny görkezýär, dürli kysymly guýulara süzülip geljek suwlaryň harjyny öňünden çaklamaga mümkinçilik berýär.

Şu okuw kitaby gidrogeologiýa boýunça türkmen dilinde ýazylan ilkinji kitaplaryň biridir. Ol “Gidrogeologiýa we inžener geologiýasy” hünäriniň talyplary üçin niýetlenýär. Kitap ýazylanda awtorlaryň şu ders boýunça öňki ýyllarda toplanan tejribeleri, neşir edilen işleri [13, 14, 15], şeýle-de dürli ýyllarda öňki SSSR-de we Russiýa Federasiýasynda neşir edilen okuw kitaplary, okuw-usuly gollanmalary ulanyldy.

Kitabyň 1, 2, 6 ÷ 16-njy baplary N.Nurgeldiýew, 3, 4, 5, 17, 18, 19-njy baplary G.Nurgeldiýewa tarapyndan taýýarlandy.

Tablisalar 10, suratlar 31, edebiýatlar sanawy 21 sany.

1. ÝERASTY SUWLARYŇ DINAMIKASYNA GIRIŞ

1.1. Ylym pudagyňyň manysy, mazmuny, wezipeleri

Ýerasty suwlaryň dinamikasy-gidrogeologiýanyň esasy bölümidir.

Ol tebigy we tehnogen sebäpleriň täsiri bilen ýerasty suwlaryň hereketiniň kanunalaýyklygynyň, şol hereketi bahalamagy we bähbitli ulanmagy, dolandyrmagy öwrenýär.

Ýerasty suwlaryň dinamikasynyň ähmiýeti halk hojalyk meselelerini çözmekde örän giňdir we köp taraplydyr:

- 1) Ýerasty suwlary gözlemek, barlamak, olaryň gorlaryny hasaplamak;
- 2) Gurluşyk desgalaryna, hendeklerine geljek suwy önünden hasaplamak;
- 3) Suw desgalaryndaky ýitgileri hasaplamak;
- 4) Ýerasty suwlaryň gorlaryny amatly ulanmak, täzeden dikeltmek we ş.m.

Öwrenilýän ylmyň çözüýän meseleleri, zeýlemä garşy göreş çärelerini saýlamak hem degişlidir.

1.2. Ylym pudagynda ulanylýan usullar

Ýerasty suwlaryň dinamikasynda nazary we tejribe usullary ulanylýar.

1) Nazary usullar – deňlemeleri, esasan differensial deňlemeleri, ulanmakdyr, bu ýerde tebigy şertleri sadalaşdyrmaly, ýötemleşdirmeli bolýar. Bu usullar takmyny we takyk bolup bilerler. Takmyny usullara Darsiniň kanunyna esaslanan gidrawlik çözügütler girýär. Takyk gidromehanik çözügütlere çylşyrymly differensial deňlemeler degişlidirler (Laplas, Furýe, Bussinesk).

2) Tejribe barlaglary meýdanda we laboratoriyada geçirilýär.

Meýdanda geçirilýänlere režim guýularyndaky gözegçilikler, siňdiriş-sorduryş synag işleri, tejribe-ulanyş guýulary gurnamak degişlidirler. Bu işler takyk netijeleri berýärler.

Laboratoriýa şertlerinde tejribe köplenç kiçi möçberli we durky bozulan nusgalarda geçirilýär. Bu usul arzan, emma alynýan maglumatlar takmynydyr. Soňky wagtlar gidrogeologik modelirleme işleri üstünlikli ulanylýar (matematiki we fiziki modeller).

1.3. Ylym pudagynyň ösüş taryhy

Suwuklygyň hereket kanunlary L.Eýleriň, D.Bernulliniň işlerinde öwrenilen.

Ýerasty suwlaryň dinamikasy boýunça ilkinji işleri fransuz alymlary A.Darsi we J.Dýupýui geçirýärler. Darsi içi çägeli turbada geçirilen tejribesiniň esasynda süzülmäniň tekiz akymynyň kanunyny açdy (1856). Dýupýui şol kanuny tebigy ýerasty akymyň harjyny we guýa geljek suwuň mukdaryny hasaplamakda ulandy (1857).

XX asyryň dowamynda rus alymlarynyň geçiren işleri boýunça şulary bellemeli:

N.E.Žukowskiý Darsiniň kanuny esasynda dyňzawsyz ýerasty suwlaryň differensial deňlemesini çykardy (1899).

A.A.Krasnopolskiý jaýrykly jynslarda suwuň süzülme deňlemesini işläp çykarýar (1912).

N.N.Pawlowskiý ýerasty suwlaryň gidrotehniki desgalaryň aşagyndan süzülmesiniň nazaryýetini düzdi (1922).

Ýerasty suwlaryň dinamikasynyň özbaşdak ylmy pudak ornunda döremegi (1933) G.N.Kamenskiniň ady bilen bagly: onuň işleri ýerasty suwlaryň dürli düzümlü gatlaklaryndaky hereketleri, tükenikli tapawutlar usuly, ilkinji okuw kitaby.

Dyňzawsyz süzülmäniň meseleleriniň gidromehaniki usul çözümleri N.N.Pawlowskiý, W.W.Wedernikow,

P.Ý.Polubarinowa-Koçinanyň ýaly alymlaryň atlary bilen bagly.

Suwuň howaly zolakda siňiş kanunylyklary A.F.Lebedew tarapyndan öwrenildi.

Daşary ýurt alymlary Ç.Teýs, M.Masket ýerasty suwlaryň şöhlepisint hereketiniň nazaryýetini dörediler (1930-1940 ý.ý)

Türkmen alymlaryndan A.N.Mätiýew (N.K.Girinskiý bilen bilelikde) suwly gatlaklaryň özara täsir nazaryýetiniň esasyňy düzýär. Soňky ýyllarda nebit-gaz gidrogeologiyasynda ýerasty suwlaryň hereketlerine Ý.A.Hojagulyýewiň, A.A.Awanesowyň işlerinde seredildi.

1.4. Ylym pudagynyň gaýry ylymlar bilen baglanyşygy

Ýerasty suwlaryň dinamikasy (ÝSD) fizika, matematika, geografiýa-geologiyá ylymlarynyň pudaklary bilen bagly: struktura geologiyasy, dinamiki geologiyá, litologiyá, tektonika, geohimiýa, gidrologiyá, topraknama, inžener geologiyasy. Geologik gurluş, dag jynslarynyň düzümi, gurşawyň fiziki häsiýetleri, fiziki-geografik faktorlar ýerasty suwlaryň iýmitlenişine, harçlanyşyna, hiline we ş.m. täsir edýär. Inžener desgalar hem ÝSD-e täsir edýär (böwet, bent we ş.m.). Ýerasty suwlaryň hereketiniň kanunylygy differensial deňlemeleriň üsti bilen berilýär, şonuň üçin ÝSD matematika bilen bagly.

Ylmyň fizika bilen baglylygy – massa we ýylylyk göçme prosesleri, fiziki kybapdaşlyk (analogiyá) fizikanyň kanunlaryna esaslanan usullaryň ulanmagy bilen bagly.

2. GIDROGEODINAMIKA ULGAMLAÝYN GARAÝÝŞ

2.1. Gurşaw hakda düşünje

Soňky onýyllyklarda geologiýada, inžener geologiýasynda we beýleki ylmlarda bolşy ýaly gidrogeologiýa hem ulgamlaýyn garaýýş ornaşdyrylýar (Gawiç J.K., 1988 ý. we başg.)

Ulgamlaýyn garaýýş **ulgam** (sistema) diýlen düşünjä esaslanýar. Bu adalganyň dürli kesgitlemeleriniň barlygyna garamazdan, olaryň hemmesinde ulgamdaky elementleriň (hakyky ýa-da kalby zatlaryň, maddalaryň) içki gurluşynyň, hereket edişiniň bitewiligi, tertipleşen toplумы emele getirýänligi tektarlanýar. Başgaça, islendik ulgamyň elementleri (düzümçeleri, ulgamçalary) öz aralarynda we daşky gurşaw bilen aralykda kesgitli gatnaşykda durýarlar.

Ýeriň gaty gabygy (litosfera) minerallardan, flýuidlerden (suw, nebit, gaz), janly maddalardan düzülýär. Agzalan düzümçeleriň her biriniň fiziki meýdany bar we olar özara gatnaşygy we täsirleşmäni saklaýarlar.

Şu nukdaýnazardan litosfera tutuşlygyna ýa-da onuň haýsy-da bolsa bir bölegi **geoulgam** (geologik ulgam) diýlip atlandyrylýär. Şeýle bolanda ýerasty suwlar geoulgamyň bir ulgamçasy bolup hyzmat edýär.

Emma geologiýada litosferany köplenç dar manyda – gaty mineral maddadan düzülen geologik giňişlik görnüşinde kabul edilýär. Başgaça oňa geologik jisim diýilýär.

Geologik jisim – geogurşawyň öz çäginde geologik görkezijilerini üznüksiz saklaýan bölegidir. Bu ýerde geologik görkezijiler hökmünde şol geologik jisimiň araçäklerini kesgitlemek üçin ulanylan görkezijilere düşünilýär.

Geologik araçäk diýlip iki geologik jisimiň kesişip, olaryň öňden gelyän alamatlarynyň üzülýän ýeri kabul edilýär.

Ýerasty suwlar, daşyny gurşap alýan dag jynslary bilen köplenç bir wagtda döremeýänligi sebäpli, özbaşdak gurşaw - **ýerasty gidrosfera** diýlip kabul edilýär.

Ýerasty suwlaryň dag jynslaryndan aýrylykda gidrogeologiýanyň obýekti bolup bilmeýänligini nazarda tutup **gidrolitosfera** diýlen adalgany ulanmagyň bähbitlidigini ündeýän alymlar hem bar [18]. Gidrolitosfera suwdan doýgun dag jynslary bilen hemişelik täsirleşmesini saklaýan Ýer gabygynyň ýokarky bölegidir.

Bu şertde **gidrogeologik jisim** gidrolitosferanyň öz çäginde gidrogeologik alamatlary üznüksiz saklaýan bölegidir.

Bu ýerde **gidrogeologik araçäkler** diýlip, alamatlary dürli gidrogeologik jisimleriň kesişýän ýerine aýdylýar.

Gidrogeologik ulgam – öz düzümleri we daşky gurşaw bilen özara gatnaşyklaryny saklaýan gidrogeologik jisimleriň birleşmesidir. Ulgamyň ulgamçalara bölünmegi goýlan maksada we ulanylýan alamatlara baglylykda geçirilýär. Ilki bilen gidrogeologik ulgam **tebigy** we **tebigy-tehniki** ulgamçalara bölünýär. Tebigy-tehniki ulgamça (obýekt) tebigydan tapawutlylykda düzüminde emeli obýektleri (inžener desgalaryny) ýa-da adamtarapyn düýpli özgerdilen tebigy obýektleri saklaýar.

2.2. Gidrogeologik ulgamçalar

Şol bir gidrogeologik ulgamy böleklere bölmek üçin dürli alamatlary ulanyp bolýar. Eger bijebaşy alamat hökmünde litosferanyň madda düzümi ulanylýan bolsa, onda gidrogeologik ulgamçalar derejesine baglylykda geologik formasiýa, dag jynslarynyň şejerediş toplumy ýa-da gaýry geologik jisimler görnüşinde bölünip bilner. Eger baş alamat dag jynslarynyň suwdan doýgunlygy ýa-da geçirijiligi bolsa, onda gidrogeologik jisimler suwly, şertleýin suwabent gatlaklar we zolaklar görnüşde bölünip çykarylýar. Eger gidrogeologik ulgam **gidrogeologik görkezijileriň toplumynyň** esasynda

birmeñzeş böleklere yzygiderli bölünse gidrogeologik basseýnler we ýaýlalar (massiwler), suwly toplumlar, gatlaklar ýaly dürli derejeli ulgamçalar bölünip çykarylýar.

Ýöriteleşdirilen edebiýatlarda [18, 31 we başg.] gidrogeologik ulgamyň kategoriýalary (elementar, ýerli, sebitleýin), görnüşleri, strukturasy giňişleýin häsiýetlendirilýär. Bu ýerde esasy gidrogeologik elementler bolan suwly, suwabent, şertleýin suwabent we bölüji gatlaklara kesgitnama bermek bilen çäklenilýär.

Suwly gatlak – bir bitewi pýezometrik üstli giň meýdany eýeleýän agyrylyk güýjüne boýun egýän erkin suwdan doýgun gatlak, birnäçe gatlak ýa-da jaýrykly zolak. Suwly gatlagyň çäginde süzülme we sygym görkezijileri birmeñzeş ýa-da dürli bolup bilýär. Emma suwly gatlagyň gidrawlik ulgamynyň iýmitleniş we harçlanyş zolaklarynyň ýerleşşi we özara gatnaşygy birmeñzeş bolmaly.

Suwabent gatlak – giň meýdany eýeleýän, düzüminde diňe fiziki bagly suwlary saklaýan olary şu termodinamiki şertlerde berip bilmeýän we suw geçirmeýän dykyz jynslardan düzülen gatlak (zolak).

Şertli suwabent (ýa-da gowşak geçiriji) gatlak – giň meýdany eýeleýän, özünde erkin we fiziki bagly suwlary saklaýan we belli termodinamiki şertlerde suwlary azda-kände üstünden geçirip we düzüminden berip bilýän gatlak. Bu gatlagyň suwsygymy we suwberijiligi pes bolýär.

Bölüji gatlak – iki suwly gatlagyň arasyny bölýän, emma olaryň ikisi bilen hem gidrawliki baglanyşygy saklaýan pes geçirijilikli gatlak.

Belli gidrosfera giňişliginde suwly, suwabent we şertli suwabent gatlaklaryň keşbine, möçberlerine we özara ýerleşişine **gidrogeologik struktura** diýilýär.

Gidrogeologik strukturalar düzümindäki suwly gatlaklaryň sanyna görä bölünip bilýärler. Eger bir suwly gatlagyň düýbi suwabent gatlak bilen çäklendirilen bolsa, oňa **birgatlý ulgam** diýilýär. Arasy şertli suwabent bilen bölünen iki suwly gatlağa

ikigat ulgam diýilýär. Muňa Köpetdagýaka düzlüginň çetwertik we neogen suwly gatlaklary mysal bolup biler.

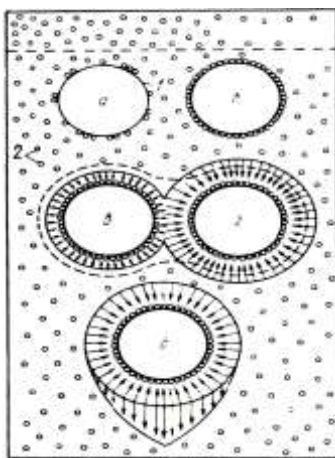
Birnäçe özbaşdak pýezometrik üstli, emma umumy gidrawlik baglanyşygy bolan gatlaklar toplumyna **köpgatly ulgam** diýilýär. Önümçilik hasabatlarynda, gidrogeologik kartalarda köpgatly ulgamlar **suwly toplum** (kompleks) diýlip hem atlandyrylýar.

3. DAG JYNSLARYNDAKY SUWLAR WE OLARYŇ HEREKETLERINIŇ GÖRNÜŞLERI

3.1. Dag jynslaryndaky suwlaryň görnüşleri

A.F.Lebedew dag jynslaryndan suwuň 7 görnüşini bölüp çykaran: 1) bug; 2) gigroskopik (ýapyşak); 3) ýorka; 4) agramyna akýan; 5) kapillýar; 6) himiki bagly; 7) buz görnüşli suw.

Bug. Howa bilen bilelikde suwsuz öýjükleri we jaýryklary doldurýarlar. Iň ýokarky guraýan gatlakdan başga hemme ýerde öýjükler bugdan doýgun ýagdaýyndadyr. Bug teýgumuň çyglylygynyň 0,001% çemesidir.



1-nji surat. Ýapyşak (gigroskopik) suwuň agramdan akýan suwa öwrülişi (A.F.Lebedew boýunça)

1 – dag jynsynyň bölejigi; 2 – suwuň bug görnüşli molekulalary; а – doly örtmedik ýapyşak suw; б – maksimal gigroskopik (aňrybaş ýapyşak) suw; в, г – örtük suwly zireler (suw galyň örtük ýorkasyndan ýuka örtüğe tarap herek edýär; üzňe çyzyklar bilen deň galyňlykly örtük suwly zireler görkezilýär); д – erkin (damja öwrülen) suwly zireler

Gigroskopik (ýapysak) suw dag jynslarynyň bölejikleriniň (zireleriniň) üstünde bug görnüşli suwuň suwuk görnüşe geçmegi we zireleriň üstüniň ýuka örtmegi netijesinde emele gelýär. Bu suwlar zireleriň üstünde molekulýar we elektrik güýçleriň täsiri bilen 1000 MPa-a ýetýän güýç bilen saklanýar we diňe 110°C-a çenli gyzdýrylanda aýrylýar. Bu suwlaryň mukdary (W_g) jynslaryň kysymyny görä 1%-den (çäge) 15-18%-e (käbir toýunlar) çenli üýtgeýär. Emma gigroskopik suwuň teýgumda barlygy-ýoklugy **göze ilmeýär**.

Örtük suwy (gowşak bagly, suw, diffuz gatlagyň suwy gigroskopik suw aňryçäk mukdaryndan geçenden soň emele gelýär.

Örtügiň in galyň ýagdaýyndaky çyglylygyna teýgumuň aňrybaş molekulýar suwsygymy diýilýär (AMS). Örtük suwunyň barlygy göze bildirýär, - teýgumyň reňki garalýar. Bu suwlar diňe galyň örtükden ýuka örtüğe tarap süýşýär, agyrylyk güýjüne boýun egmeýär, duzy oňly eredip bilmeýär, örän haýal hereket edýärler.

Örtük suwuň aňrybaş mukdary (AMS) çägede – 1-7%, gumbaýrakda – 9-13%, topurda – 15-23%, toýunda – 25-45%-a çenli AMS bolup bilýär.

Agramdan akýan suw - dag jynslarynyň bölejikleriniň dartýş güýjüne boýun egmeýän, gidrostatik basyşy geçirýän erkin suw. **Howaly zolaga** ýagyndan, akabalardan süzülip geçýär, ýa-da bug, örtük, kapillýar we buz görnüşli suwdan döreýär. Doýgun zolakda suwly gatlaklary döredýär.

Kapillýar suw. Kapillýar suwlar kapillýar boşluklarda ($d \approx 0,5 \div 0,0002$ mm) (öýjüklerde, jaýryklarda) 3 görnüşli bolýarlar: sallanan, galtaşan (öýjükleriň burçunda), gaýma görnüşde bolýarlar.

3.2. Howaly zolakda hereket edýän suwlaryň görnüşleri

Ýerasty suwlaryň ýerüsti suwlardan, ýagyndan iýmitlenişini öwrenilende, hapalanmakdan goramakda, ýerlerini zeýlenip şorlanma meseleleri çözülende howaly gatlagyň suw süzdürijiligini bilmek zerurdyr.

Bu zolakda suwlaryň agzalan görnüşleriniň hemmesi bardyr. Emma nem göçme prosesi esasy 4 hili suwlaryň hereketi bilen bagly: bug, örtük, kapillýar, agramdan akýan suwlar.

1) Bug aňrybaş gigroskopik çyglylyga çenli hereket edip bilýän ýeke-täk suwdur. Hereket ugry çygly ýerden çygсыз tarapa. Eger $W=W_0>W_g$ (AMS-a çenli) buguň maýyşgaklygy temperatura bagly, ýagny bug gyzan ýerden sowuk ýere hereket edýär: şol sebäpli toprakda buguň hereketi tomsuna ýokardan aşak, gysyna aşakdan ýokary bolup geçýär.

Teýgumdaky bug howadaky bilen elmydama bagly. Esasan nirede buguň maýyşgaklygy az bolsa şol tarapa suw herekete başlaýar.

2) Örtük suwy galyň ýorkadan ýuka ýorka tarap hereket edýär. Baslykdyrylýan ýerlerde örtük suwlaryň bir bölegi toýunlardan gysylyp çykarylyp erkin suwa goşulýar.

3.3. Kapillýar suwuň hereketi

Kapillýar suwlar kapillýar boşluklar bilen hereket edýär. Eger çägäniň öýjüklerindäki atmosfera basyşy P bilen, suwuň derejesinde turbada döreýän basyşy P_0 belleseň şonda $P = P_0 - H_k \cdot \gamma$, bu ýerde γ - suwuň udel agramy, H_k – kapillýar ýokary galys.

1-nji tablisa

**Çägeleriň we toýunsow jynslaryň kapillýar ýokary
galmasynyň (H_k) çäk bahalary**

Dag jynslary	Kapillýar ýokary galys (H_k), m
Iri çäge	0,02 – 0,04
Aram möçberli çäge	0,12 – 0,35
Ownuk çäge	0,35 – 1,2
Gumbaýrak	1,2 – 1,5
Topur	3,5 – 6,5
Toýun	3,5 – 12,0

Kapillýar ýokary galýan suwuň duzlulygy köpeldigiçe H_k ösýär.

4. HOWALY ZOLAKDA AGRAMYNA AKÝAN SUWUŇ HEREKETI

4.1. Siňmäniň görnüşleri

Agramyna akýan suwuň hereketi ygalyň ekin suwlarynyň, ýerüsti suwlaryň ýere siňmeginde duşýar. Suwuň howaly zolakdaky bu hereketine siňme (infiltrasiýa) diýilýär.

Onuň 2 görnüşi bar: erkin siňme, tutuş siňme.

Erkin siňmede suwuň hereketi biri-birinden üzňe akymjyklar (sepelenýän suw ýaly) görnüşde bolýar. Köplenç erkin siňiş iri öýjükler, köwekler boýunça bolup geçýär.

Eger aşak barýan akym hemme öýjükleri we jaýryklary dolduryp bir bitewi gidrawlik gurşawy döretse, onda siňme süzülmä (filtrasiýa) öwrülýär (ýagny hereket gidrostatik dyňzaw zerarly bolup geçýär).

Siňýän akymyň gury jynslar araçağında **kapillýar soruş güýçleri** (h_k) döreýär. Ol güýçler kapillýar ýokary galmanyň ýarysyna deň diýlip kabul edilýär ($h_k \approx 0,5 H_k$). şeýle herekete adaty (tutuş) siňme diýilýär (2-nji surat). Bu ýerde siňme akymynyň bilelikde jemlenen güýjüni I_w gradiýentiň üsti bilen aňladyp bolýar.

$$I_w = \frac{h_o + L + h_k}{L}, \quad (4.1)$$

bu ýerde

$(h_o + L + h_k)$ – täsir edýän dyňzaw;

L -siňme akymynyň uzynlygy (öl ýeten zolak).

(4.1.) formuladan görnüşi ýaly dyňzaw gradiýenti I_w tutuş siňmäniň dowamymda kem-kemden azalýar, emma elmydama birlikden ululygyna galýar. Bu hili hereket Darsiniň kanunyna boýun egýär, emma süzülmä koeffisiýentiniň (K) deregine bu ýerde nemgöçüş koeffisiýenti (K_w) ulanylýar. Bu

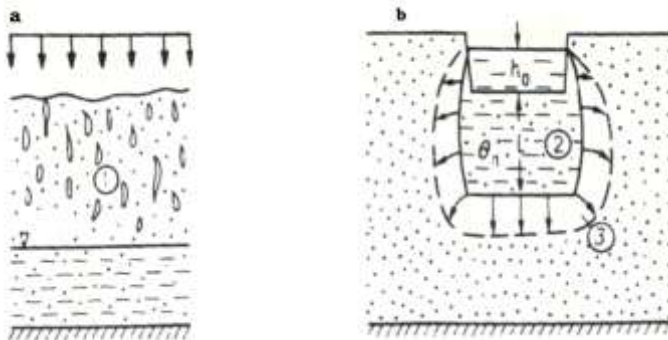
ululyk dag jynslarynyň çyglylyk derejesine bagly we şeýle formula bilen kesgitlenýär.

$$K_w = K(\theta_o)^{3,5} = K \left(\frac{\theta_o - \theta_{mm}}{\theta_d - \theta_{mm}} \right)^5, \quad (4.2)$$

bu ýerde

θ_{mm} we θ_d hersi öz gezeginde tebigy, maksimal molekulýar we doly suwsygym (şol bir wagtda $\theta_{mm} \leq \theta_o \leq \theta_d$ diýlip göz önünde tutulýar).

Howaly zolagyň köpjisimli gurşaw bolanlygy sebäpli bu ýerde suwuň we özara täsirleriň dürli görnüşleri duşýarlar. Gaty jisim bilen suwuň, howa bilen suwuň arasynda dürli häsiýeti we möçbere eýe bolýan güýçler döreýärler (kapillýar, sorbsiýa, osmos güýçleri we başgalar). Şol güýçler agyrylyk güýjünden agdyklyk edýändir. Eger nem suwunyň we onda erän maddalaryň ýylylyk, elektrik, magnit, grawitasiýa meýdanlarynyň konsentrasiýalarynyň gradiýentleriniň täsiriniň astynda saklaýanlygyny hasaba alsak, howaly zolakdaky nemiň (suwuň) hereketiniň nähili çylşyrymlydygyny göz önüne getirmek bolar.



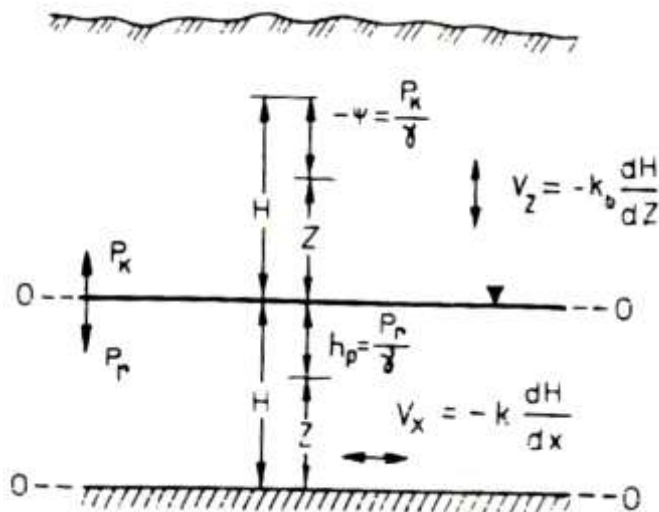
2-nji surat. Suwuň howaly zolakdaky siňmesiniň sudur şekili

a – erkin siňme; **b** – tutuş siňme; **1** – howaly zolakda suwuň erkin siňmesi; **2** – (tutuş) siňýän akymly zolak (çyglylygy θ_d); **3** – kapillýar sorujy güýçleriň täsir zolagy; h_0 – kanaldaky suwuň galyňlygy; L – doly yzgarlan zolak (çyglylygy θ_d)

4.2. Howaly gatlakda nemgöçüş

Howaly zolakda grawitasiýa molekulýar we kapillýar güýçleriň täsiri bilen erkin suwuň we molekulýar yzgaryň hereketini **nemgöçüş** diýip atlandyrylýar. Bu prosesin hemme görkezijileri (nemsoruş basyşy P_k , çygyň potensialy ψ) çyglylyga bagly.

Nemgöçüşin hereketdäki dyňzawyny (H) edil suwdan doýgun zolakdaky süzülme ýaly gidrostatiki basyşyň, dyňzawyň, dyňzaw gradiýentiniň üsti bilen berip bolýar (3-nji surat).



3-nji surat. Suwuň süzülmesiniň we nemgöçüşiň meňzeşligi

Kapillýar basyşy $P_k = \rho \cdot g \cdot h_k$, hereketdäki dyňzawy $H = \frac{P_k}{\gamma} + z$ bilen bellesek dik tekizlikdäki (z koordinataly) nemgöçüşiň dyňzawyny şeýle formulada aňladyp bolýar.

$$H = \frac{P_k}{\gamma} + z = -\psi + z, \quad (4.3)$$

bu ýerde:

$z - H$ dyňzawyň ölçelýän ýeriniň beýikligi (adatça ol ýerasty suwlaryň ýatan derejesinden ýokarysy diýlip alynýar);

$\gamma = \rho \cdot g$ – udel agram;

ψ – çygyň potensialy, ýa-da soruş beýikligi bu görkeziji molekulýar

we kapillýar güýçleriň P_k – kapillýar basyş (gidrostatik basyşyň analogy).

Çyg potensialy $-\psi = P_k / \rho \cdot g$; bu ýerde minus alamaty P_k ululygyň agyrlýk güýjüniň täsirine hereket edýänligini aňladýar.

Nemgöçüşiň tizligini V_z Darsiniň – Klýutyň kanuny görnüşinde berip bolýar.

$$V_Z = -K_B \frac{dH}{dz} = K_B \frac{d\psi}{dz} - K_w = K_w \left(\frac{d\psi}{dz} - 1 \right)$$

(bu ýerde (4.3) formula görä $H = -\psi + z$ diýilip alynýar). (4.4.) aňlatma **nemgöçüşiň esasy formulasy** diýlip

atlandyrylýar, onda $K_B \frac{d\psi}{dz}$ agza sorbsiýa (molekulýar we kapillýar) güýçleriň, K_B - grawitasiýa güýçleriň täsirini hasaba alýar. Suwuň fiziki-himiki täsirleşmesi nemgöçüşde hasaba alynmaýar.

(4.4.) formuladan görnüp durşy ýaly $\frac{d\psi}{dz} > 1$ bolsa nemgöçüşiň tizligi položitel, ýagny howaly zolakdaky akym aşakdan ýokary (**bugarma**) bolup geçýär

$\frac{d\psi}{dz} < 1$ bolsa $V_z < 0$, ýagny akym ýok. Bu ýagdaý çygyň howaly zolakda deňölçegli ýaýran şertinde bolup biler (ýagny $\psi = z$ bolanda).

Nemgöçüş bilen bagly meseleler çözülende köplenç şeýle differensial deňleme ulanylýar:

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{d}{dz} \left(D_B \frac{d\theta}{dz} \right) - \frac{dK_w}{dz} \quad (4.5)$$

Meseläniň takyk çözüdi analog we san bahaly hasaplaýjy maşynlar ulanylyp tapylýar.

4.3. Nemgöçüşiň Türkmenistanda ähmiýeti

Türkmenistanda nemgöçüş prosesleriniň duzly suwly gatlaklaryň üstünde süýji suw ýataklarynyň emele gelmeginde, ýerleriň zeýläp-şorlamasy öwrenilende ähmiýeti örän ulydyr.

W.N.Çubarowyň barlaglaryna görä bugarma Türkmenistanda 5 m çuňlukdan başlap 1,2 m çuňlukda iň uly derejä ýetýär. Bugarmanyň netijesinde münlerçe gektar ýer zeýlän ýagdaýa geçip hasyllylygyny peseldýär, iýijilik ukybyny artdyrýar, şorluga öwrülýär.

Ösümlikler ýerasty suwlary 30 m çuňluga çenli aralykdan alýarlar we olaryň 99,8%-ni bugarma harçlaýarlar we diňe 0,2%-ni özleriniň ösüşine harçlaýarlar.

5. SUWUŇ WE SUWLY GATLAGYŇ KÄBIR HÄSIÝETLERI

5.1. Suwuň gysylmak ukyby

Suwuň gysylmak ukybyny hemişelik tempetarurada Gukuň kanunynyň esasynda ýazyp bolýar:

$$\varepsilon_v = \frac{\Delta V}{V_o}$$
$$P = E\varepsilon_v,$$

bu ýerde

V_o - suwuň başlangyç göwrümi;

ΔV - göwrümiň absolýut kiçelmesi;

ε_v - göwrümiň deňşdirme ýarsmasy;

E -maýyşgaklyk (Ýunguň) moduly.

Suwda basyş ulalsa göwrüm maýyşgak kiçelýär. Gazsyz süýji suwda Ýunguň moduly=2000 MPa, onda suwuň göwrüm giňelme koeffisiýenti:

$$\beta = \frac{1}{2000} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ MPa}^{-1} \quad (5.1)$$

Erän garda we temperatura artanda β köpeliýär.

5.2. Suwuň dykzlygy we şepbeşikligi

Suwuň dykzlygy edil teýgumlaryňky ýaly $\rho = \frac{P}{V}$; $\rho = 1\text{g/sm}^3$ deň diýlip alynýar (süýji suw we $t=+4^\circ\text{C}$ bolanda). Emma goraba üçin $\rho=1,2-1,3 \text{ g/sm}^3$ suwuň duzlulygy

$M = 300-500 \text{ g/dm}^3$ bolan şertde köplenç dykzlykdan başga udel agram γ ulanylýar

$$\gamma = \rho \cdot g, \text{ kN/m}^3 \quad (5.2)$$

Şepbeşiklik – suwuň daşky täsir zerarly akmagyna garşylyk görkezme ukybydyr. Şepbeşiklik temperatura (t°), duzlulyga, erän gazlaryň düzümine bagly. Süýji we şorumtyk suwlarda şepbeşikligi temperatura baglylykda şeýle bahalap bolýar:

$$0^\circ\text{C} = 1,78 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$20^\circ\text{C} = 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$90^\circ\text{C} = 0,3 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s} \text{ diýip alyp bolýar}$$

Duzlulyk köpelse (80 g/sm^3 -e çenli) şepbeşiklik hem artýar. Şepbeşiklik akymyň tizligini peseldýär.

5.3. Hidrostatik basyş

Hereketsiz suwuklykda basyş (mysal üçin atmosfera basyşy), Paskalyň kanunyna görä, suwuklygyň göwrüminiň hemme ýerine deň ýaýraýar. Eger goşmaça (daşky) güýç bolmasa şol suwuklygyň göwrüminiň islendik nokadynda gidrostatik basyş (P) (atmosfera basyşa goşmaça) ýokarda duran suwuklygyň agramy bilen kesgitlenýär:

$$P = \gamma \cdot h_p = \rho \cdot g \cdot h_p \quad (5.3)$$

Eger-de h_p çuňluga çenli suwuklygyň dykzlygyny üýtgeýän bolsa, onda üýtgeýän dykzlyk şeýle formula bilen kesgitlenýär:

$$P = g \int_0^{h_p} \rho(z) dz, \quad (5.4)$$

bu ýerde

z - çuňlugyň koordinaty ýa-da deňeşdirme tekizligiň beýikligi.

Gidrostatik basyşyň deňagramlylygy şol çuňluga salnan jisimi ρ güýç bilen iterip çykarmaga ymtylýar.

5.4. Gidrostatik dyňzaw (napor)

Gymyldaman duran suwuklygyň belli göwrüminiň mehaniki energiýasy onuň potensial düzüljelerine deňdir we 2 güýji ýeňmek üçin harçlanýan işe deňdir: 1) agyrlýk güýji (şol suwuklyk göwrümini deňeşdirme tekizlikden z beýiklige galdyrmak işi); 2) suwuň şol göwrümindäki gidrostatik basyş.

Agzalan potensial energiýanyň görkezijisi diýip bu ýerde metrde ölçelýän gidrostatik dyňzaw (napor) H ulanylýar.

$$H = h_p + z = \frac{P}{\rho \cdot g} + z, \quad (5.5)$$

bu ýerde

h_p – pýezometrik beýiklik (potensial) energiýanyň gidrostatik basyş

bilen bagly z -seredilýän göwrümiň deňeşdirme tekizlikden beýikligi.

Suwabent gatlagyň kese we eňňit ýatan ýerlerinde gidrostatik basyş (H) dürli görnüşde hasaplanýar:

Kese suwabent Eňňitli suwabent gatlak üçin gatlakda

$$H = h = h_p + z \quad H = h_p + z \neq h$$

5.5. Gidrodinamik dyňzaw

Hereket eden suwuklykda öňki seredilen potensial energiýadan başga **kinetik** energiýa bar. Ideal suwuklyk (gysylmaýan) şepbeşiksiz we inwersiýasyz bolsa, onuň doly energiýasy Bernulliniň deňlemesi bilen ölçelýär:

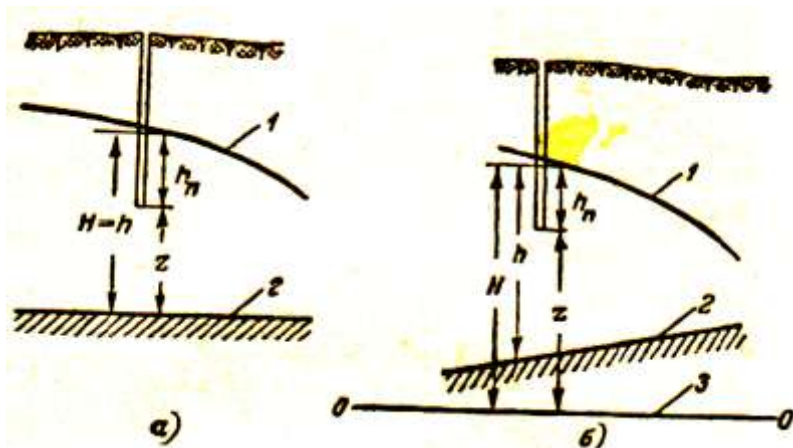
$$Hu = \frac{P}{\rho \cdot g} + z + \frac{u^2}{2g} = \text{const},$$

(5.6)

bu ýerde:

Hu - gidrodinamik dyňzaw;

$\frac{u^2}{2g}$ - tizlik dyňzawy, ýa-da tizlik beýikligi.



4-nji surat. Suwabent düşegi kese (a) we ýapgyt (b) ýatan teýgum suwlarynyň pýezometrik dyňzawynyň $H_p = h_p + z$ şekilleri

1 – teýgum suwlarynyň derejesi; 2 – suwabent düşek;

3 – dyňzawlary deňşdirmek üçin alnan kese tekizlik

Haýal hereketde, haçan K 1000 m/g-g-den geçmese $u^2/2g$ ululygy hasaba almasaň hem bolýar, sebäbi

$$\frac{(1000)^2}{2 \cdot 9,8 \text{ m/sec}^2 \cdot 86400 \text{ sek}^2} \approx 0,01 \text{ mm},$$

Adaty şertlerde gidrostatiki basyş hereket edýän suwuň doly energiýasyny häsiýetlendirýär.

$$H \approx Hu$$

5.6. Öýjüklilik

Dag jynslarynyň suw saklamak we bermek ukyby köp şertlere, şol sanda zire düzümine, öýjüklilige we jaýryklylyga bagly.

Eger dag jynslarynyň öz içindäki dürli keşpli we dürli möçberli boşluklarynda, yslarynda suw saklanyp we hereket edip bilýän bolsa, şol öýjüklere, jaýryklara **gowalçlyk** (skwažnost) diýilýär. Ýagny gowalçlyk diýlen düşüňjä dürli görnüşli öýjükler, jaýryklar, köwekler, gowaklar degişli. Mukdar taýdan gowalçlyk we öýjüklilik boşluklaryň göwrüminiň (V_b) umumy göwrüme (V) bolan gatnaşygydyr. Ony n bilen belleýärler:

$$n = \frac{V_b}{V} \quad (5.7)$$

bu ýerde öýjüklilik (birligiň ülüşlerinde).

Öýjükliligiň we jaýryklylygyň aşakdaky görnüşleri bardyr: umumy, açyk, dinamiki, işjeň (aktiw) kapillýardan uly, kapillýar we kapillýardan kiçi.

Umumy öýjüklilik – dag jynslarynyň içindäki hemme öýjük-jäýryklary öz içine alýar (şol sanda biri-biri bilen gatnaşmaýan ýapyk öýjükleri).

Açyk öýjüklilik – biri-birileri bilen bagly, arasy üzülmeyän öýjükleriň we jäýryklaryň toplumydyr.

Dinamiki ýa-da aktiw (işjeň) – öýjüklilik diýlip – diňe içinden erkin suw hereket edip bilýän boşluklara (öýjüklere, jäýryklara) düşünilýär. Bu şertde umumy öýjüklükden ýapyk öýjükler we fiziki bagly suwdan doly öýjükler aýrylmalydyr.

Möçberi boýunça öýjükler we jäýryklar kapillýar däl, kapillýar we subkapillýar öýjüklere bölünýärler.

Kapillýar däl (kapillýardan uly) öýjükleriň we jäýryklaryň diametri ýa-da ini $> 0,5$ mm (öýjükler üçin) we $> 0,25$ mm (jäýryklar üçin)

Bu boşluklarda ýerasty suwlaryň diňe **erkin görnüşleri** agramyň we dyňzawyň täsiri bilen hereket edýär.

Kapillýar boşluklaryň möçberi şeýle $0,5-0,0002$ mm (öýjükler üçin); $0,25-0,0001$ mm (jäýryklar üçin). Bu boşluklarda suwuň hereketi esasan kapillýar güýçleriň täsiri bilen bolup geçýär.

Subkapillýarda ($<0,0002$ mm (öýjükler) we $<0,0001$ mm (jäýryklar)) hemme suwlar fiziki bagly suwlardyr we iş ýüzünde hereketsizdir.

Ýerasty suwlaryň dinamikasynda in uly ähmiýete işjeň (aktiw) öýjüklilik eýedir (n_a). Onuň mukdar bahasyny umumy öýjüklükden aňrybaş molekulýar suwsygymyň **göwrümleýin** mukdaryny aýryp kesgitläp bolar.

Işjeň öýjüklilik iri çägede umumy öýjüklilige deňdir. Topurda, toýunda $n_a=1-5\%$ -den ýokary geçmeýär (ol hem gatlakda azda-kände duşýan çäge gyýaklary, kesimleri bilen bagly). Onuň sebäbi toýunda umumy üst meýdany (üst energiýasy) uly – olar kiçi boşluklary döredip gymyldamaýan suwlary saklaýarlar.

1 sm^3 toýunda ululy-kiçili zireleriň hemmesiniň jemi üst meýdany $10 \text{ m}^2=100\,000 \text{ sm}^2$ bolup bilýär.

6. SUWDAN DOÝGUN GATLAKDA ÝERASTY SUWLARYŇ HEREKETI

6.1. Süzülmäniň tebigaty

Suwdan doýgun zolakda hem suwlaryň hemme agzalan görnüşleri bolup bilýär. Emma hereket edýän suw ol ýerde diňe 2 sany: agramdan akýan suw we gowşak bagly örtük suwy.

Agram güýjüne boýun egýän (grawitasia) suwy gönüçyzykly ýa-da köwlümli hereket edip bilýär. Örtük suwunyň hereketi örän haýal şepbeşik-süýgeşik hilde bolýar. Bu suwlar hereket etmek üçin suw bilen gaty (külke) jisimiň arasyndaky molekulýar dartýş güýjüni ýeňip geçmeli bolýar.

Suwdan doýgun zolakdaky suwlaryň hereketine **süzülme** diýilýär. Başgara süzülmä suwly gatlakda agramdan akýan we gowşak baglanyşykly ýerasty suwlaryň hereketidir.

6.2. Laminar (çylgymlaýyn) we turbulent (köwlümli) hereket

Ýerasty suwlar 2 düzgünde hereket edýär: laminar we turbulent.

Laminar hereketde suw köwlenmän biri-birine parallel we haýal hereket edýär (toýunda, topurda, gumbaýrakda, çägede, çagyl-jyglymdaşlaryň köpüsinde)

Turbulent (köwlümleýin) hereketde – gaty akýan suw, hereketde köwlenme, pulsirleme (sorkuldama), garyşma bar. Bu hili hereket diňe uly möçberli jaýryklarda we uly gradiýentde (eňňitlikde) bolup biler.

Gidrawlikada suwuň hereketiniň görnüşini biljek bolnanda Reýnoldsyň sany (*Re*) ulanylýar:

$$Re = \frac{u \cdot d}{\nu}, \text{ sm/s sm} \quad (6.1)$$

bu ýerde

u – orta tizlik;
 d – turbanyň diametri;
 v – şepbeşikligiň kinematik koeffisiýenti

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad (6.2)$$

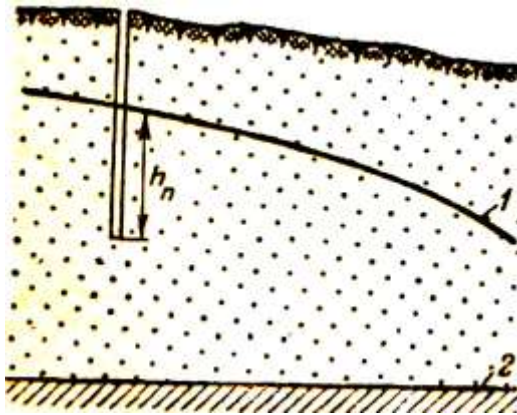
bu ýerde

μ – suwberijilik;
 ρ – suwuň dykzlygy.

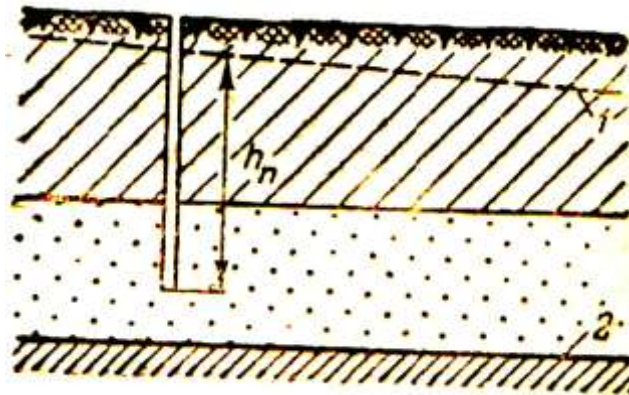
6.3. Dyňzaw gradiýenti

Dag jynslarynyň boşluklarynyň içinden suw hereket edende dyňzawyň bir bölegi sürtülmä harçlanýar. Şol sebäpli ýerasty suwlaryň hereket edýän ugrunda eňňitlik emele gelýär.

Erkin üstli teýgum suwlarynda eňňitlik iýmitleniş zolagyndan harçlanyş zolaga tarap peselýär. Ol peselişe peseliş egrisi diýilýär (5-nji surat). Dyňzawly suwly gatlakda peseliş egrisi pýezometrik egri diýlip atlandyrylýar (6-njy surat).



**5-nji surat. Teýgum suwlarynyň skwažinadaky
pýezometrik beýikliginiň (h_p) sudur şekili**
1 – teýgum suwlarynyň derejesi; 2 – suwabent düşek



**6-njy surat. Skwažinadaky dyňzawly suwlaryň pýezometrik
beýikliginiň (h_p) sudur şekili**
1 – pýezometrik üst; 2 – suwabent düşek

2 kesimiň arasyndaky eňňitlige basyşsyz teýgum suwlarynda **peseliş egrisi** (депрессионная кривая), basyşly suwda bolsa oňa pýezometrik egrisi diýilýär. Şol kesimleriň arasyndaky **ortaça eňňitlige dyňzaw eňňitligi** (gidrawlik gradiýenti) diýilýär:

$$I = \frac{H_1 - H_2}{x} = \frac{\Delta H}{x}; \quad (6.3)$$

bu ýerde

I – gidrawlik gradiýent;

H_1 we H_2 - 1 we 2 kesimlerde ýerasty suwlaryň derejeleriniň beýikligi;

x – şol kesimleriň aradaşlygy.

Eňňitligiň hakyky bahasy şol bir nokatda tapylýan çäkdir

$$I = \lim \left(\frac{H}{\Delta x} \right)_{x \rightarrow 0} = \frac{-dH}{dx}, \quad (6.4)$$

Öňündäki minus (-) alamatynyň goýulýandygynyň sebäbi suwuň hereket edýän ugryna x artýar H bolsa kemelýänligidir.

Eger suwabent gatlak göni ýatanda öňki ýazylan formulany

$$H = h \quad \text{we} \quad I = -\frac{\Delta h}{x} = \frac{-dh}{dx} \quad (6.5)$$

görnüşde ýazyp bolýar

6.4. Akym çyzyklary we deň dyňzawly çyzyklar

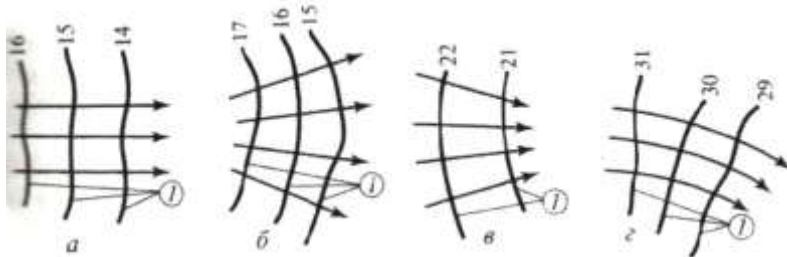
Suwly gatlagyň haýsy-da bolsa bir nokadynda suwuň şol wagtky ugrunyň we tizliginiň wektoryny gurýarys we şol wektoryň üstünde hut şol pursatda aralykdaky wektorlary gurýarys we ş. m. Netijede biz burçly çyzyk alýarys. Şol burçly çyzygyň üstünden $\Delta x \rightarrow 0$ diýilip saldamly (burçsyz) egrî çyzygy geçirýäris. Şol egrä **akym çyzygy** diýilýär (линия тока).

Şol çyzyklara dikan perpendikulýar (\perp) geçýän çyzyklara deňdyňzawly **gidroirogips çyzyklary** diýilýär. Şol çyzyklaryň bilelikde emele getirýän şekiline **gidrodinamik tor** diýilýär.

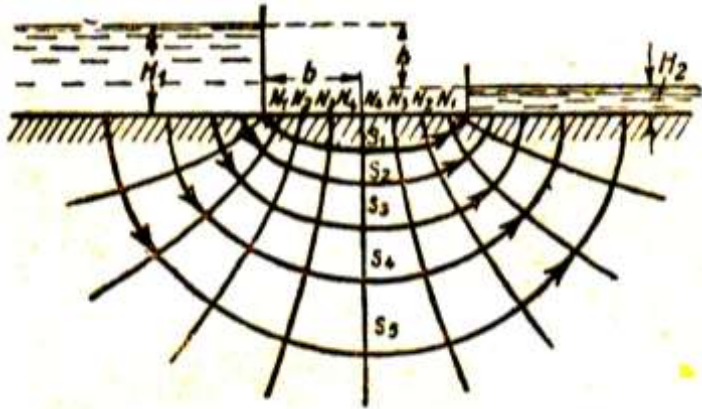
Gidrodinamiki toruň we akym çyzyklaryň şekiline görä akymlar şertleýin tekiz (плоский) we radial görnüşlere bölünýärler (7-nji surat)

Suw bendiniň aşagynda döreýän gidrodinamik tor gidrodinamiki torlaryň nusgawy görnüşine degişlidir (8-nji surat).

Hakykatda (işde, tebigatda) suwuň hereketi çylşyrymlydyr. Mysallar juda sadalaşdyrylan görnüşde berilýär.



7-nji surat. Teýgum suwlarynyň akymynyň görnüşleri:
a) tekiz; **б)** ýaýraýan radius şekilli; **в)** birikýän radius şekilli;
г) egrem-bugram; **1** – gidroizogipsler (deňdyňzawly çyzyklar).



8-nji surat. Teýgum suwlaryň bendiň aşagyndan süzülip geçmeginiň gidrodinamiki tory

H_1 – ýokarky býefdäki suwuň dyňzawy; H_2 – aşaky býefdäki suwuň dyňzawy; H – ýokarky we aşaky býeflerdäki suwuň dyňzawlarynyň tapawudy; b – bendiň flýutbetiniň deň ýarysy;

N_1, N_2, N_3, N_4 – ekwipotensiallar (deňdyňzawly çyzyklar);

S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 – akym çyzyklary

Peýkamjyklar bilen akymyň ugry görkezilýär.

7. DARSINIŇ KANUNY WE ONUŇ ULANYŞ ÇÄKLERI

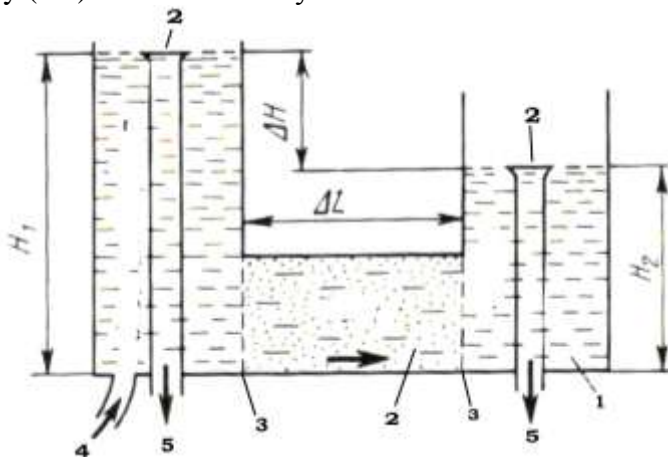
7.1. Darsiniň kanuny

A.Darsi 1856-njy ýylda Fransiýanyň Dižon şäheriniň suw üpjünçiligi üçin çägelerde geçiren süzülme synaglarynyň netijesinde häzirki günlere çenli dünýäde Darsiniň kanuny (başgaça süzülmäniň gönüçyzykly kanuny) diýlip atlandyrylýan kanuny tapdy.

Ol kanunyň söz bilen ýazylyşy şeýle:

Suwly gatlakdan süzülip geçýän suwuň mukdary, harjy (Q , $\text{m}^3\text{-g-g}$) garalýan kesimleriň arasyndaky dyňzaw gradiýentine (I), kese kesigiň meýdanyna (F) we süzülme koeffisiýentine göni proporsionaldyr.

Darsiniň geçiren tejribesiniň shemasy 9-njy suratda, kanuny (7.1) formulada berilýär.



9-njy surat. Darsiniň tejribesiniň shemasy

1 – çäge; 2 – artykmaç suwlary aýyrýan turbalar; 3 – çäge bilen suwuň arasynda goýlan tor (süzgüç); 4 we 5 – suwuň girýän we artykmaç suwuň akyp çykýan ýerleri.

1856 ý. A.Darsi köpsanly synaglardan soň şeýle kanuny tapýar:

$$Q = K \cdot \frac{H_1 - H_2}{\Delta l} \cdot F = K \cdot \frac{\Delta H}{\Delta l} \cdot F \quad (7.1)$$

$$V = K \cdot I$$

bu ýerde: K – süzülme koeffisiýenti, m³/g-g;

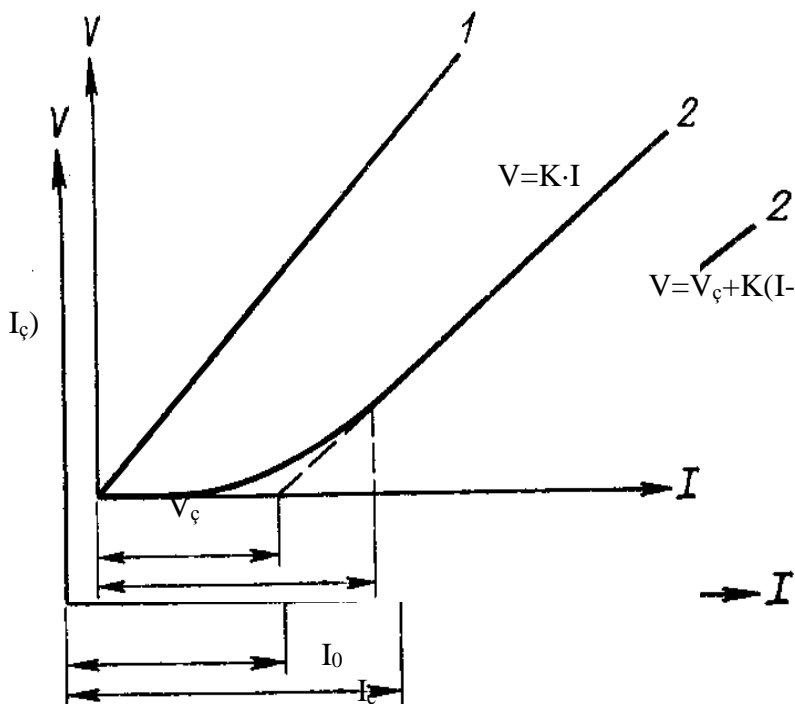
Q – harç, m³/g-g;

$$\frac{\Delta H}{\Delta l} = I \text{ – gidrawlik gradiýent.}$$

V bilen I arasynda gönüçyzykly gatnaşyk bolany üçin bu kanuna süzilmäniň gönüçyzykly kanuny hem diýilýär. $I=1$ bolan şertdede $V=K$ – süzülme koeffisiýenti 1 m/g-g-e 1 deň bolandaky tizlikdir.

7.2. Toýunsow jynslarda suwuň süzülmesi

Toýunsow jynslaryň öýjükleri esasan bagly suwlardan doly. Ol suwlaryň herekete gelmegi üçin başlangyç gradiýentden başga goşmaça dyňzaw gradiýentiniň bolmagy zerur.



10-njy surat. Ýerasty suwlaryň tizliginiň çägelerde (1) we toýunda (2) suwuň gidrawlik gradiýente baglylygy

Toýunsow jynslarda başlangyç gradiýent I_0 bolsa, aňrybaş çäkli gradiýent I_ϕ bolsa Darsiniň kanunyny şeýle ýazyp bolýar:

$$V = K(I - I_\phi) = K\left(I - \frac{4}{3}I_0\right) \quad (7.2)$$

Umuman I_0 -yň bahasy dürli toýunsow jynslarda birligiň ülüşlerinden birnäçe birlige, onluga çenli bolup biler.

7.3. Ýerasty suwlaryň hakyky tizligi

Süzülmäniň tizligi (V) suwuň öýjüklerdäki hakyky tizligine (U) deň. Eger Q – mukdar, F -kesimiň meýdany, n – işjeň öýjüklilik bolsa $Q=F \cdot V$, ýa-da $Q=F \cdot n \cdot U$

bu ýerden

$$F \cdot V = F n \cdot U \quad V = n \cdot U \quad (7.3)$$

$n < 1$ bolany sebäpli mydama $V < U$. G.N.Kamenskiniň maglumatlaryna görä U bilen I arasynda gönüçyzykly gatnaşyk $K \approx 1000$ m/g.g.-e çenli bolýar, şondan soň laminar süzüliş turbulent hereket bilen çalyşýar. Bu ýagdaýda (örän jaýrykly, ýa-da gowaklaşan gatlaklarda) göni çyzykly däl kanun ulanylýar, V bilen Q Krasnopolskiniň formulasy bilen kesgitlenilýär $V = K_s \cdot \sqrt{I}$; $Q = K_s \cdot F \cdot \sqrt{I}$

Türkmenistanda ýerasty suwlaryň hereket tizligi 1000 m/g-g-den has azdyr. Şonuň üçin hemme ýerde diýen ýaly Darsiniň kanuny ulanylýar

7.4. Süzülme we syzdyryjylyk

Süzülme koeffisiýenti m/g-g-de, sm/s-de ölçelýär we ölçeg birligi hökminde adaty şertler (süýji, şorumtyk we duzly suwlar) üçin ulanylýar.

Süzülme koeffisiýentiniň üýtgew gerimi dürli jynslar üçin şeýle (2-nji tablisa).

2-nji tablisa

Dürli dag jynslarynyň süzülme koeffisiýentleriniň çäk bahalary (m/g-g)

Dag jynslary	Süzülme koeffisiýentiniň (K) çäk bahalary (m/g-g)
Toýun	0,001-0,0001
Topur	0,01-0,1
Gumbaýrak	0,1-0,5
Kirşenli çäge	0,5-1,0
Ownuk çäge	1-5
Aram möçberli çäge	5-15
Iri çäge	15-50
Daşly çäge	50-100
Çagyl, jyglym, doldurgyjyna baglylykda	10-200

Süzülme koeffisiýenti suwuklygyň häsiýetine baglydyr. Ol (K) suwuklygyň dykzlygyna (ρ) göni we şepbeşikligine (μ) ters proporsionaldyr.

$$K = K_s \cdot \frac{\rho \cdot g}{\mu} \quad (7.4)$$

bu ýerde

μ – şepbeşiklik;

K – süzülme koeffisiýenti; proporsionallyk koeffisiýenti bolup hyzmat edýän K_s – syzdyryjylyk koeffisiýenti (проницаемость) diýlip atlandyrylýar.

Onuň ölçeg birligi m^2 , sm^2 , mkm^2 . Süýji suw $20^\circ C$ -da süzülende $K_s=1mkm^2$ şertde $K=0,86$ m/g-g= $0,001$ sm/sek-e deňdir. K_s görkeziji uly çuňlukdaky gatlaklar, nebit, gaz ýataklarynyň gidrogeologíýasy öwrenilende ulanylýar.

Çuňlukda ýatan ýerasty suwlaryň sebitleýin hereketini öwrenilende suwuň derejesine basyşdan başga şol suwlaryň dikligine we keseligine dyklyzlygynyň üýtgewini täsiri nazarda tutmaly. Bu ýerde akymyň her nokadyndaky energetik derejäni bilmek üçin **getirilen basyş** diýilýän adalga ulanylýar.

Getirilen basyş ($P_{\bar{o}}$) suwly gatlagyň belli nokadyndaky gatlak basyşyndan (P_i) we şol nokatdan deňeşdirilýän tekizlige çenli suw sütüniň basyşyndan düzülendir.

$$P_{\bar{o}} = P_i + \int_{z_o}^{z_i} \gamma(z) dz = P_i + \int_{z_o}^{z_i} \rho \cdot g \cdot (z) dz \quad (7.5)$$

bu ýerde

z_o, z_i suw sütüniň dikligine örkleri (koordinatalary);

ρ, γ – suwuň dyklyzlygy we udel agramy;

g – erkin gaçyş tizlenmesi.

$$P_{\bar{o}} = P_i + \int_{z_o}^{z_i} \gamma(z) dz \quad (7.6)$$

8. SUWLY GATLAGY HÄSIÝETLENDIRÝÄN ESASY GÖZKEZIJILER

8.1. Suwly gatlakdaky dartgynlyklar

Dag jynslaryna täsir edýän güýçleri täsirleri boýunça daşky we içki güýçlere bölüp bolýar.

Daşky güýçleri üstki we göwrümleýin güýçlere bölüp bolýar. Üstki güýçlere desganyň, jynslaryň agramy, enjamlaryň agramy we başgalar degişli. Göwrümleýin basyşa, agram (grawitasiýa) we seýsmiki güýçler degişli.

Daşky güýçler içki güýçlere garşy durýar. Meýdan birligindäki içki güýçler statikada daşky güýçlere deňdir.

ρ dykyzlygy we z_0 beýikligi bilen dag jynslarynyň sütüniniň döredýän umumy basyşy δ_z şeýle hasaplanýar.

$$\sigma_z = \sum_0^{z_0} \rho(z) dz, \quad (8.1)$$

σ_z basyş jynslaryň süňni we öýjük nemleriniň gidrostatik basyşy bilen deňagramly ýagdaýda bolýar, ýagny

$$\sigma_z = \sigma_{ef} + \sigma_n, \quad (8.2)$$

bu ýerde:

σ_{ef} – dag jynsynyň mineral süňnüniň öz üstünden alýan **effektiv (işjeň) dartgynlygy**.

σ_n – doýgun zolakdaky suwuň gidrosfatik basyşynyň döredýän **neýtral dartgynlygy**.

Işjeň dartgynlyk artdygyça dykyzlyk we berklik artýar.

Ol çuňluga baglydyr:

$$\sigma_z = \rho_u \cdot z, \quad (8.3)$$

bu ýerde:

$$\rho_u = (\rho_s - \rho_w) \cdot (1 - n) - \text{suwasty dykzlyk};$$

ρ_s, ρ_w – gaty bölejikleriň we suwuň dykzlygy.

σ_n – dartgynlygy öýjükdäki suwlarda dyňzaw döredýär.

Ol her nokat üçin $\sigma_n = \rho_n \cdot h_p$ formula boýunça kesgitlenýär. (bu ýerde h_p garalýan nokat bilen suwly gatlagyň depesine çenli aralyk).

Neýtral (bitarap) dartgynlyk σ_n gidrostatik basyşdan artsa oňa **öýjük basyşy** diýilýär.

Eger formulada ýokarda ýatan gatlaklaryň üýtgew täsiri hasaba alynmasa.

$$d\sigma_{ef} = -d\sigma_n, \quad (8.4)$$

ýagny ýerasty suwlaryň **dyňzawynyň peselmegi** işjeň dartgynlygyň artmagyna getirýär, mineral gaty bölejikler dykzlaşýar, gatlagyň suwy çekilen böleginiň **süňňi gysylýar**.

Hereketdäki suwda grawitasiýa güýçlerinden başga gidrodinamiki basyş (D) hem döredýär. Ol şeýle kesgitlenýär:

$$D = \rho_w \cdot g \cdot I, \quad (8.5)$$

Gidrodinamiki basyş in uly täsiri gowşak geçirijilikli toýunsow jynslaryň dartgynlygyna bildirýär, sebäbi şolarda in uly gidrawlik gradiýent I duşýar. Çägesow jynslarda gidrodinamiki basyş **süzülme ýarsmalaryny** – hokurdanlaşmany (suffoziýa) döredip bilýär.

8.2. Ýerasty akymyň gidrodinamiki görkezijileri

Süzülme akymynyň gidrodinamiki elementlerine: suwly gatlagyň galyňlygy, ini, dyňzawy, dyňzaw gradiýenti, deňdyňzawly çyzyklary, akym çyzyklary, süzülme tizligi, akymyň harjy degişli.

Akymyň galyňlygy – suwly gatlagyň galyňlygyna deň. Teýgum suwlarynda h – suwuň erkin üstünden (derejesinden) aşakda ýatan suwabent gatлага çenli aralyk. Dyňzawly suwlarda m - suw geçirmeýän iki gatlagyň arasyndaky suwdan doýgun gatlagyň galyňlygy.

Akymyň ini (B) – herekete dikan kesikde kesgitlenýär. Ol suwly gatlagyň ýaýrawyna bagly.

Akymyň dyňzawy – ýerasty suwlaryň erkin ýa-da pýezometrik üstüniň deňeşdirme tekizlige görä ýerleşşi bilen kesgitlenýär. Ol garalýan nokadyň deňeşdirme tekizlikden beýikligine we şol nokatdan ýokardaky suw üstüniň beýikligine deňdir.

Dyňzaw gradiýenti ýa-da gidrawliki-eňaşaklyk (I) dyňzawyň peselmegini häsiýetlendirýär. Ýerasty suwlaryň tebigy akymlyary üçin dyňzaw gradiýenti uly däldir we ortaça 0,01-0,0001 aralykda üýtgeýär.

Süzülme tizligi (V) - gatlakda hereket edýän suwuň çaltlygy. Ol süzülme akymynyň harjyny kesgitleýär.

Akymyň harjy Q - gatlakdan wagt birliginde akym geçýän suwuň mukdary ($m^3/g-g$). Süzülme şertlerini öwenmek üçin köplenç akymyň birlik harjy q kesgitlenýär, ol ini (B) 1 metre deň akymyň harjydyr $q=Q/B$.

Akym çyzyklary – akymyň ugruny görkezýän çyzyklar. Şol çyzyklara dikan (perpendikulýar) geçýän çyzyklara **deňdyňzawly çyzyklar** ýa-da **ekwipotensiallar** diýilýär (8-nji surat).

Bu iki biri-birine dikan geçýän çyzyklar toplумы **gidrodinamiki tory** emele getirýär. Gidrodinamiki torlar ýerasty suwlaryň akymyna hil we mukdar taýdan baha

kesmäge mümkinçilik berýär we süzülme şertlerine modelirlemekde giňden ulanylýar.

Deňdyňzawly çyzyklaryň kese tekizlige göçürimine (proýeksiýasyna) teýgum suwlarynda **gidroizogipsler** (suwuň deňdereje çyzyklary) we dyňzawly suwlarda **gidroizopýezler** diýilýär.

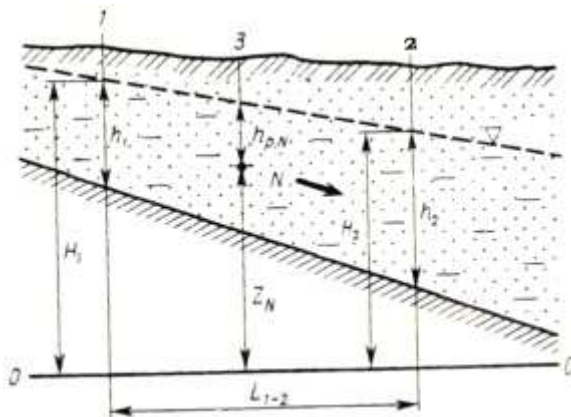
8.3. Dag jynslarynyň sygym görkezijileri

Dag jynslarynyň suwy özüne siňdirip we saklamak ukybyna **suwsygym** diýilýär.

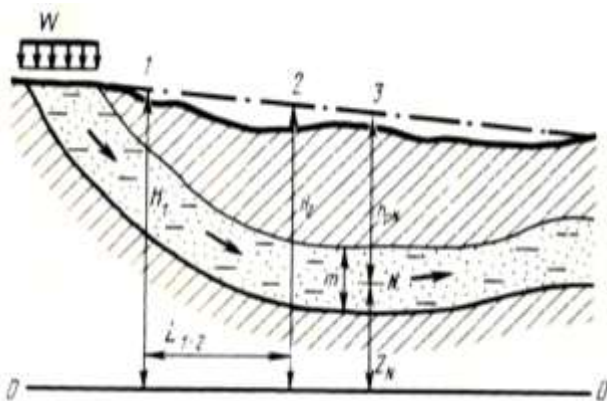
Dürli jynslar ýokary suwsygymly (gemre, toýun, topur), aram suwsygymly (hek, gumbaýrak) we suwsygymsyz bolup bilýär (çägeler, çagyllar).

Siňme we saklanma ukybyna görä suwsygymyň ýapyşak, molekulýar, kapillýar we doly görnüşleri bolýar.

A



B



11-nji surat. Pýezometrik dyňzawyň kesgitlenişiniň şekilleri

A-teýgum akymynda; B-dyňzawly akymda
 H_1 we H_2 teýgum akymynyň (gatlagara suwlaryň dyňzawynyň) 1 we 2 kesikde deňeşdirme tekizlikden beýikligi, m; h_1 we h_2 – teýgum akymynyň 1 we 2 kesikdäki galyňlygy, m; L_{1-2} – iki kesigiň aralygy, m; Z_N we $h_p N$ (bilelikde) – pýezometrik dyňzaw; m – dyňzawly suwly gatlagyň galyňlygy

Doly suwsygym – doýgun ýagdaýa ýetirilen jynslaryň suwy siňdirip özünde saklamak ukyby. Doly suwsygym zire düzüme baglydyr. Çägelerde ol öýjüklilige deň bolup, toýunlarda ol öýjüklilikden ýokary suwda çişme çyglylyga deň bolup bilýär. Doly suwsygy my siňdirmе usuly bilen kesgitläp we suwberijilik, doýgunlyk ýetmezi hasaplananda ulanyр bolýar.

Kapillýar suwsygym (W_k) – kapillýar boşluklarda saklanyp galýan suwlaryň mukdarydyr. Bu suwsygy my howaly zolakda ýerasty suwlaryň derejesine çenli geçirilen barlag guýusynda tebigy çyglylygyň dikligine üýtgewi boýunça takyk kesgitläp bolýar. Laboratoriýada dury turbajyga guýulan çägäniň aşagyny suwa batyryp takmyny kesgitläp bolýar. Ýerleriň zeýlemegi, şorlamagy hasaplananda W_k uly ähmiýete eýe bolýar.

Maksimal (aňrybaş) molekulýar suwsygym (W_{mm}) molekulýar güýçler bilen saklanyp bilýän suwlar (örtük suwlary). Toýunsow jynslar molekulýar suwdan başga kapillýar güýçler bilen saklanýan suwlary hem saklaýarlar. Toprak öwrenişde dag jynslarynda hereketsiz asyl-asyл bolup duran suwlara (olaryň molekulýar ýa-da kapillýar güýçler tarapyndan saklanýanlygyna garamazdan) iň kiçi ýa-da **meýdan suwsygy my (W_{ms})** diýilýär.

W_{mm} we W_{ms} bilelikde beýik sütünler usuly bilen (köplenç çägelерде), pyрlap аýyrma usuly (toýunsow jynslarda) kesgitlenýär.

W_{mm} we W_{ms} bagly suwlara degişli hasaplanyp suwberijilik hasaplananda ulanylýar (suwberijilik=doly suwsygym – W_{mm} (ýa-da W_{ms})). Umuman W_{mm} we W_{ms} dag jynslaryň külkelik derejesine bagly bolup şol bir dag jynsy üçin hemişelik ululykdyr.

Ýapyşak (gigroskopik) suwsygym – dag jynslarynyň 94% çyglylykly howada özüne dartyp saklap bilýän buglarynyň çyglylygydyr. Bu görkezijini adатça derňew alnan nusganyň sap agramy kesgitlenende ulanylýar.

Suwberijilik (μ) – suwdan doýgun jynslaryň ýerasty suwlaryň derejesi (ýa-da basyşy) peselende berip bilmek ukybydyr.

Grawitasiýa suw berijiligi μ – dag jynsynyň göwrüm birliginiň suw erkin akyp çykanda berip biljek suwunyň mukdarydyr.

$$\mu = V_s / (F \cdot \Delta H), \quad (8.6)$$

bu ýerde

V_s – akyp çykýan erkin suwuň mukdary.

F – kese kesigiň meýdany;

ΔH – suwuň derejesiniň peselişi, m.

Dagynyk teýgumlaryň suwberijiligi 0,3-0,2-den (iri çägeler) 0,01-0,1 (topurlar) aralykda üýtgeýär. Ýarymbitewidaşlaryň suwberijiligi 0,01 çemesidir.

Suw süzdürijilik (водопроницаемость) – dag jynslarynyň suwdan doýgun ýagdaýda dyňzaw gradiýenti peselmegi zerarly öýjükleriň we jaýryklaryň üsti bilen suw geçirijiligi. Suw süzdürijiliginiň ölçegi – süzülme koeffisiýenti, (K) ölçeg birligi m/g-g, sm/sek.

Suw geçirijilik (T) (водопроводимость) – **suwly gatlagyň** suwdan doýgun ýagdaýynda öz içinden suw geçirmek ukyby. Ol suwly gatlagyň galyňlygynyň (m) süzülme koeffisiýentine (K) köpeltmek hasabyna deňdir:

$$T = K \cdot m, \quad \text{m}^2/\text{g-g}. \quad (8.7)$$

bu ýerde:

m – suwly gatlagyň galyňlygy.

Dereje we pýezogeçirijilik – dag jynslarynyň gatlagynyň özünde döredilen pýezometrik derejäni ýa-da basyşy geçirip bilmek ukyby. Eger gatlakda teýgum suwlarynyň derejesi üýtgeýän bolsa muňa derejegeçirijilik (a_λ) diýilýär.

$$a_d = T/\mu, \text{ m}^2/\text{g-g.} \quad (8.8)$$

Eger gatlakda gatlak basyşynyň üýtgewi ýaýran bolsa, onda muňa **pýezogeçirijilik** diýilýär.

$$a_d^* = T/\mu^*, \text{ m}^2/\text{g-g.} \quad (8.9)$$

bu ýerde

μ^* - maýyşgak suwberijiligiň koeffisiýenti şeýle kesgitlenýär.

$$\eta = \gamma_w [n/E_w + (1-n) a]; \mu^* = \eta \times m \quad (8.10)$$

bu ýerde

γ_w – suwuň udel agramy;

n we a – dag jynsynyň öýjükliligi we gysylma koeffisiýenti;

E_w – Ýunguň göwrümleýin moduly.

9. ÝERASTY SUWLARYŇ GATLAKDAKY HEREKETI. DURNUKLY HEREKET

9.1. Ýerasty suwlaryň ýatys çuňlugynyň işde täsiri

Ýerasty suwlaryň ýatýan çuňlugynyň, derejesiniň üýtgewi, şäher hojalygyna, oba hojalyga, gurluşyga uly täsir edýär. Muňa mysallar: **şäherde:** ýerzeminleri, gurluşyk howdanlaryny suw almagy, ýer titremäniň desgalara täsiriniň üýtgewi; **oba hojalykda:** ýerleriň zeýlemegi, şorlaşmasy, ekinleriň hasylylygynyň peselmegi.

Ýerasty suwlaryň ýatys çuňlugynyň üýtgewi köp zada bagly. Ol gatlagyň hut öz görkezijilerine we daşky täsirlere bagly bölüp bolýar.

Gatlagyň görkezijilerine gatlagyň galyňlygy, suw süzdürijiligi, bu görkezijileriň giňişlikde üýtgewi degişli;

Daşky täsirlere: ýerasty suwlaryň iýmitlenişi we harçlanyşy (ýagyn suwlaryň, suwaryş suwlarynyň ýere siňmegi, suw ýokary galanda bugaryp harçlanmagy, ýerasty gelip-gidýän akym, zeýkeşler degişli).

9.2. Ýerasty suwlaryň gatlakdaky hereketiniň görnüşleri

Umuman suwlaryň dag jynslarda hereketleriniň 2 görnüşiniň bardygy ön belenilipdi:

- 1) – agram güýjüniň täsiri boýunça;
- 2) – agramyň täsirinden daşgary hereket.

2-nji herekete kapillýar suwlaryň we fiziki bagly suwlaryň hereketleri degişli. Bu suwlaryň hereketi haýal bolsa-da, olaryň çyglylygynyň ýaýramagynda ähmiýeti uludyr.

1) Agyrlygynyň täsiri bilen hereketlenýän suwlary 2 topara bölünýär:

1.1. **Siňme** – howaly zolakda aýry (стрья) akym ugry ýa-da damja görnüşli bolýar.

1.2. Ýerasty suwlaryň derejesinden aşakda suwuň hereketi tutuş, bitewi akym görnüşde bolýar. Oňa **süzülme** diýilýär.

Süzülme 2 hili bolýar: durnukly we durnuksyz.

Durnukly hereketde akymyň görkezijileri: galyňlygy, dyňzaw gradiýenti (eňňitligi) we harjy islendik kesimde wagtyň dowamynda üýtgemeyär.

Durnuksyz hereketde agzalan görkezijiler wagtyň dowamynda (we giňişlikde) üýtgeýärler.

Durnukly hereket diňe ýapgyt suwabentli gatlakda we deňgalyňlykly gatlakda dyňzawly suw hereket edende bolýar. Başga wagtlar (hemme wagtda diýen ýaly), suwuň hereketi durnuksyzdyr.

Emma eger iýmitleniş, harçlanyş şertleri az üýtgeýän bolsa, gidrogeologik hasaplamalary sadalaşdyrmak üçin hereket şertleýin durnukly diýlip alynýar.

9.3. Durnukly we durnuksyz hereket hakda düşünje

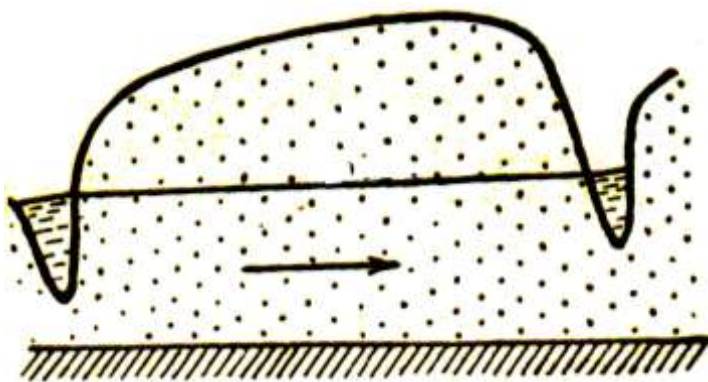
Ýerasty suwlaryň öýjükli we jaýrykly gurşawda hereketi durnukly we durnuksyz görnüşde bolýar. Has dogrusy takyk aýdylanda ýerasty suwlaryň hereketi elmydama durnuksyzdyr, ýagny wagtyň dowamynda üýtgeýändir. Durnuksyzlygyň esasy görnüşi ýerasty suwlaryň ýatýan çuňlugynyň üýtgewidir. Bu bolsa dyňzaw gradiýentiniň, süzülmäniň tizliginiň, harçlanyşyň (rashodyň) üýtgemegine getirýär. Üýtgewleriň sebäbi tebigy ýa-da emeli täsirlere bagly: iýmitleniş, hereketiň, harçlanyşyň üýtgemegi. Esasy täsirlər: relýef, ýagynyň ýagmagy, siňmegi, akabalaryň suwunyň mesemegi, peselmegi, ýerleriň suwarylmagy, zeýleşleriň işleýşi, ýerasty suwlaryň çykarylyp alnyşy we ş.m.

Ýerasty suwlaryň iýmitleniş, harçlanyşy az üýtgeýän ýerlerinde, ýerasty suwlaryň **hereketini durnukly** diýip hasap edip bolýar. Durnukly hereketde ýerasty suwlaryň derejesi we tizligi şol bir nokatda wagtyň dowamynda üýtgemeyär.

Durnukly hereketiň 2 hili ýagdaýda bolmagy mümkin: 1) dyňzawly (artezian) suw akymyň birmeňzeş galyňlykdaky gatlakda hereket edende; 2) teýgum (dyňzawsyz) suw akymy ýapgyt suwabendiň üstünde hereket edende teýgum suwlarynyň durnukly hereketi (12-nji surat).

Başga hili şertlerde akymyň galyňlygy (h) üýtgeýär (peseliş egrisiniň bolmagy mümkin).

Şonuň üçin suwuň hereketi adatça durnuksyz. Durnuksyz hereketde diňe suwabent gatlagyň üstünde akym suwabende parallel bolýar. Ýokarda ol egrelýär, iň uly egrilik suwuň erkin üstündedir.



12-nji surat. Ýapgyt suwabent düşekde teýgum suwlarynyň deňölçegli hereketi

9.4. Kese ýatan birmeňzeş gatlakda durnukly akymyň harjy (Dýupýuiniň formulasy)

Işde duşýan hasaplary sadalaşdyrmak üçin köplenç ýerasty suwlaryň hereketi şertleýin durnukly diýlip atlandyrylýar (stasionar hereket).

Durnukly hereketde akymyň esasy görkezijileri: dyňzaw gradiýenti, gatlagyň kese kesiginiň meýdany, akymyň tizligi wagtyň we giňişligiň dowamynda hemişelik bolmalydyr.

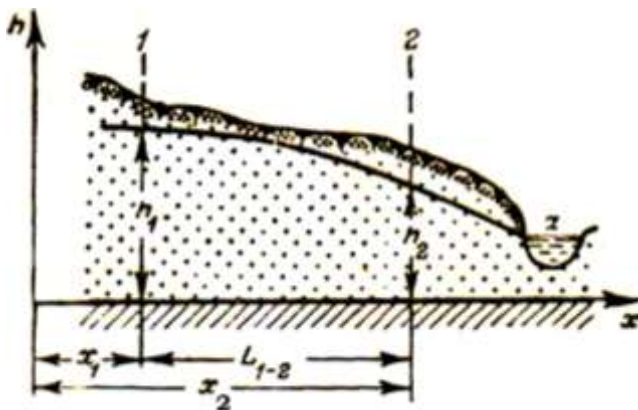
Ýerasty suwlaryň kesimden geçýän harjy (Q) umumy görnüşde

$$Q = F \cdot V = B \cdot h \cdot K \cdot I$$

Bu ýerde deňlemäniň iki tarapyny hem kese kesigiň inine (B) bölsek birlik harjy (q), ýa-da ini 1 m-e deň bolan akymyň harjyny alýarsyň:

$$q = \frac{Q}{B} = h \cdot K \cdot I \quad (9.1)$$

bu usula gidrodinamikada “tekiz mesele” diýilýär. Bu usul göwrümleýin meseläniň çözgüdini ýenledýär.



13-nji surat. Tekiz suwabentli gatlakda duşýan şertleýin durnukly hereketi

h_1 we h_2 – suwly gatlagyň 1 we 2 kesikdäki galyňlygy;
 x_1 we x_2 – 1 we 2 kesikleriň örkler okunyň başlanýan ýerinden aradaşlygy; L_{1-2} – 1 we 2 kesikleriň aradaşlygy

Tekiz suwabent üçin suwuň dereje eňňitligi (gradiýenti)

$$I = -\frac{dh}{dx}.$$

Onda:

$$q = -h \cdot K \frac{dh}{dx} = -K \cdot h \frac{dh}{dx} \quad (9.2)$$

Akymyň harjy hemişelik ýa-da üýtgeýän bolup bilýär. Siňiş köp bolsa güberçek üst, bugaryş agdyklyk etse oýuk üst emele gelýär çykymy başga sebäpden hem üýtgäp bilýär.

Gatlak aşakdaky dyňzawly suwlardan iýmitlense çykym artýar, suwabent gatlagyň böwşeňliginden siňse – azalýar.

Akymyň harjy hemişelik ýa-da üýtgeýän bolup bilýär. Siňiş bugarmadan köp bolsa güberçek üst, bugaryş agdyklyk etse oýuk üst emele gelýär. Akymyň harjy başga sebäpden hem üýtgäp bilýär. Eger gatlak aşakda ýatan dyňzawly suwlardan iýmitlense harç (çykym) artýar, eger akymdaky suwuň bir bölegi suwabent düşegin böwşeňliginden syzyp gitse akymyň harjy peselýär.

Darsiniň kanunynyň esasynda Dýupýuiniň formulasy şeýle çykarylýar:

(9.2) formulanyň 2 tarapyny hem $\frac{dx}{K}$ köpeldip alýarys

$$\frac{q}{K} \cdot dx = -h dh \quad (9.3)$$

Üýtgeýän ululyklary kesigiň araçäklerine görä integrirläp alýarys:

$$\frac{q}{K} \int_{x_1}^{x_2} dx = - \int_{h_1}^{h_2} h dh \quad (9.4)$$

Integralyň tablisa bahalaryny ulanyp alýarys:

$$\frac{q}{K} (x_2 - x_1) = \frac{h_1^2 - h_2^2}{2} \quad (9.5)$$

Bu ýerden birlik harç bolan q -yň bahasyny kesgitleýäris:

$$q = \frac{K(h_1^2 - h_2^2)}{2(x_2 - x_1)} \quad (9.6)$$

(9.6) formula Dýupýuiniň formulasy diýen at bilen belli. Ýerasty akymyň durnukly hereketiniň hasaplamalarynda şu formula giňden ulanylýar.

10. DÝUPÝUINIŇ FORMULASYNYŇ IŞDE ULANYLYŞY

10.1. Peseliş egrisini gurmak

Ýerasty teýgum akymy hereket ýolunda öňünde ýatan ýerasty suwlaryň garşylygyna sezewar bolýanlygy sebäpli dyňzawyny peseldýär. Iki kesigiň arasynda dyňzaw peselişi göni çyzyk boýunça däl-de egrişyzykly bolup geçýär. Şol peselişiň iki belli nokatlaryň arasyndaky üýtgew düzgünini Dýupýuiniň formulasynyň üsti bilen hasaplap bolýar.

Birlik harç üçin Dýupýuiniň formulasy şeýle ýazylýar:

$$q = \frac{K(h_1^2 - h_2^2)}{2(x_2 - x_1)} \quad (10.1)$$

Eger x_1 we x_2 kesikleriň arasyndaky L_{1-2} bilen bellense formula şu görnüşini alýar:

$$q_{1-2} = \frac{K(h_1^2 - h_2^2)}{2L_{1-2}}; \quad (10.2)$$

Onda 1-x kesikde ($x_1=0$ bolan şertde) birlik harç bolýar:

$$q_{1-x} = \frac{K(h_1^2 - h_x^2)}{2x} \quad (10.3)$$

(10.2) we (10.3) deňlemeleriň sag tarapyny biri-birine deňläp alýarys:

$$\frac{K(h_1^2 - h_2^2)}{2L_{1-2}} = \frac{K(h_1^2 - h_x^2)}{2x}$$

Täze deňlemäniň iki tarapyny hem $2/K$ -e köpeldip alýarys:

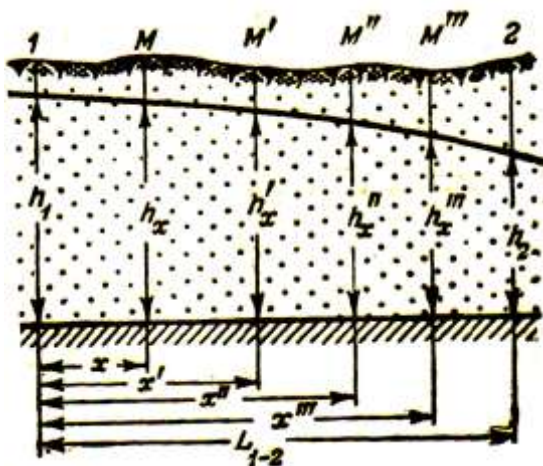
$$\frac{(h_1^2 - h_2^2)}{L_{1-2}} = \frac{(h_1^2 - h_x^2)}{x}$$

Bu ýerden alýarys:

$$hx = h_1^2 - \frac{h_1^2 - h_2^2}{L_{1-2}} \cdot x$$

$$hx = \sqrt{h_1^2 - \frac{h_1^2 - h_2^2}{L_{1-2}} \cdot x} \quad (10.4)$$

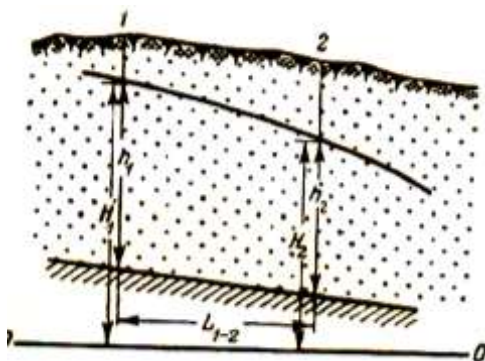
(10.4) formula peseliş egrisini hasaplamakda giňden ulanylýar. Deňlemäniň manysy şeýle: Eger biz 2 sany gözegçilik (ýa-da barlag) skwažinasynda ýerasty suwlaryň ýatys çuňlugyny (ýa-da absolýut belligini) bilýän bolsak ol aralykdaky çuňluklary (peseliş egrisini) X -a dürli baha berip kesgitläp bolýar. Bu ýerde şeýle hasap üçin akymyň harjyny (q) we suwly gatlagyň süzülme koeffisiýentini bilmek zerurlygy ýokdur.



14-nji surat. Teýgum suwlarynyň 1-M-M^I-M^{II}-M^{III}-2 kesikleriniň arasynda peseliş egrisini gurmak üçin kömekçi çyzgy

10.2. Ýapgyt suwabentli akymyň harjyny kesgitlemek

Bu sorag Kamenskiý we Pawlowskiý tarapyndan öwrenilen.



15-nji surat. Ýapgyt suwabentli teýgum suwlarynyň akymynyň hasaby üçin kömekçi çyzgy

Eňňitli suwabent gatlakdaky dyňzawsyz suwuň birlik harjy şeýle formula bilen aňladylýar:

$$q = -Kh \frac{dH}{dx}, \quad (10.5)$$

bu ýerde: H – ýol boýy üýtgeýän pýezometrik dyňzaw;
 h – suwly gatlagyň üýtgeýän galyňlygy;
 (10.5) formulany üýtgedýäris we integral alýarys:

$$q \cdot dx = -Kh dH$$

$$\frac{q}{Kh} dx = -dH, \quad \text{onda}$$

$$\int_{x_1}^{x_2} \frac{q}{Kh} dx = - \int_{H_1}^{H_2} dH$$

Bu ýerde üýtgeýän ululyk bolan h -yň deregine şetrleýin

$$\bar{h} = \frac{h_1 + h_2}{2} \text{ alsak:}$$

$$\frac{q}{Kh}(x_2 - x_1) = -(H_2 - H_1) \quad x_2 - x_1 = L_{1-2}$$

Bu ýerde $x_2 - x_1 = L_{1-2}$ we $\frac{h_1 + h_2}{2} = \bar{h}$
nazarda tutup alýarys

$$q = K \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot \frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}} \quad (10.6)$$

bu ýerde:

h_1 we h_2 suwly gatlagyň 1 we 2 kesimdäki galyňlygy;

H_1 we H_2 – şol kesimdäki pýezometrik dyňzaw.

Kamenskiň bu formulasy takmyny bolsa-da praktiki işde ýeterlik takyklygy berýär, şol sebäpli giňden ulanylýar.

11. BİRMEŇZEŞ BOLMADYK GATLAKLAR TOPLUMYNDÄ DURNUKLY HEREKET

11.1. Suwly gatlaklaryň dürlüliginiň görnüşleri

Gatlagy düzyän dag jynslary bir kysyma, bir görnüşe degişli bolsalar olara birmeňzeş gatlaklar diýilýär. Birmeňzeşlik (однородность) dag jynslarynyň teksturasyna bagly bolup bilýär. Gatlagyň çäginde suw süzdürijilik gyrađen (izotrop) we ugurlaýyn (anizotrop) bolup bilýär. Mysallar: Garagum çölüniň ürgün çägeleri tygasyz, şol sebäpli häsiýeti – izotrop, lýoslar (süzülme koeffisiýenti dikligine ýokary), zolakly toýunlar (gatlagyň ugruna – ýokary süzdürijilikli) – anizotrop bolup bilýärler.

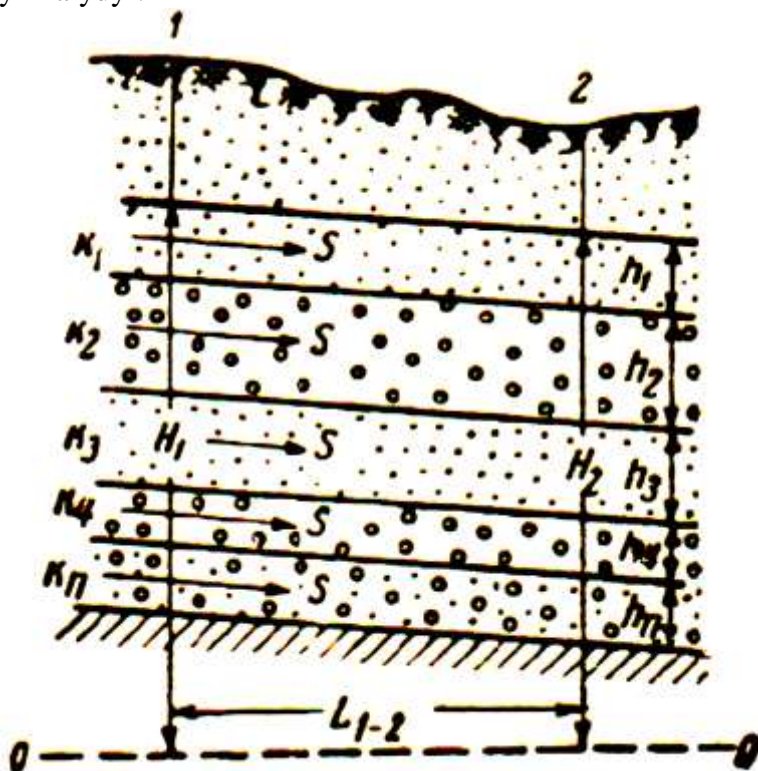
Gyrađen we ugurlaýyn diýen düşüňjeleri çägeleriň zire düzüminiň birmeňzeşligi we dürlüligi $\left(Cu = \frac{d_{60}}{d_{10}} \right)$ bilen garyşdyrmaly däl. Sebäbi suwly gatlak dürli görnüşlere degişli jynslardan düzülip biler. Tebigatda şulara kybapdaş gatlaklar köp duşýarlar:

- 1) suwly gatlak dürli geçirijilikli gatlaklardan düzülen;
- 2) ikigat gatlaklar; köplenç ýokarky gatlak aşakydan az geçirijji. Bu hili gatlaklar düzlük derýalarynyň boýunda köp duşýar, aşagy derýanyň hanasynyň iri çägeleri, ýokarsy joşgun suwunyň getirýän kirşenli çägeleri.
- 3) keseligine suw süzdürijiligini gaty üýtgedýän gatlaklar.

11.2. Gatlaklara ugurdaş hereketde suwuň harjynyň kesgitlenişi (Kamenskiniň usuly)

Eger suwly gatlak dürli galyňlykly (h_i) we dürli süzülme koeffisiýentli (K_i) gatlardan düzülen bolsa onda gatlakdan süzülip geçýän suwuň harjynyň hasaby çylşyrymlaşýar. Bu

ýerde ilkinji nobatda gatlagugra we gatlaklary dik kesýän ugurlarda akymyň dürli bolup geçýänliginden ugur alynmalydyr.



16-njy surat. Teýgum suwlarynyň gatlaklaryň ýatýş ugrunyň hereketi

K_1, K_2, K_3, K_4, K_n – gatlaklaryň süzülme koeffisiýentleri; h_1, h_2, h_3, h_4, h_n – gatlaklaryň galyňlygy; S – akym ugurlary; H_1 we H_2 – teýgum suwlarynyň 1 we 2 kesiklerdäki pýezometrik dyňzawlary; L_{1-2} – 1 we 2 kesikleriň aradaşlygy

Dürli galyňlykly (h_1, h_2, h_3) we dürli süzdürijilikli suwly gatlakda ýerasty suwlaryň gatlagugra harjy Darsiniň kanuny boýunça şeýle bolýar:

$$\begin{aligned}
 1) \quad q_1 &= K_1 \cdot h_1 \cdot I \\
 2) \quad q_2 &= K_2 \cdot h_2 \cdot I \\
 3) \quad q_3 &= K_3 \cdot h_3 \cdot I \\
 &\quad (11.1)
 \end{aligned}$$

bu ýerde: K_1, K_2, \dots, K_n , 1-nji, 2-nji, \dots n -nji gatlaklaryň süzülme koeffisiýentleri; h_1, h_2, \dots, h_n – şol gatlaklaryň galyňlygy, I – dyňzaw gradiýenti (hemme gatlar üçin deň) (suwabent - ýapgyt).

Goşup alýarys:

$$q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = (K_1 \cdot h_1 + K_2 \cdot h_2 + \dots + K_n \cdot h_n) \cdot I$$

Alnan deňlemäniň sag tarapyyny $(h_1 + h_2 + \dots + h_n)$ aňlatma hem köpeldip, hem-de bölüp alýarys:

$$q = \frac{(K_1 \cdot h_1 + K_2 \cdot h_2 + \dots + K_n \cdot h_n)(h_1 + h_2 + \dots + h_n) \cdot I}{h_1 + h_2 + \dots + h_n}$$

indi iki tarapy hem $(h_1 + h_2 + \dots + h_n)$ aňlatma bölüp alýarys:

$$\frac{q}{(h_1 + h_2 + \dots + h_n) \cdot I} \cdot \overline{K} = \frac{K_1 \cdot h_1 + K_2 \cdot h_2 + \dots + K_n \cdot h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n};$$

$$\text{Onda bizde } q_K = \overline{K}_k \sum_{i=1}^{i=n} h_i \cdot I$$

bu ýerde: \overline{K}_k - gatlaklaryň ugruna gatlaklaryň süzülme koeffisiýentiniň orta bahasy, m/g-g.

q_k – gatlak ugra keseligine birlik harç, m²/g-g.

11.3. Gatlaklary dikan kesýän kesikde suwuň hereketi

Edil öňki usul boýunça formulany çykaryp bolýar. Bu ýerde ortaça $\overline{K_d}$ şeýle tapylýar:

$$\overline{K_d} = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{\frac{h_1}{K_1} + \frac{h_2}{K_2} + \dots + \frac{h_n}{K_n}}; \text{ bu ýerde hemme belgiler}$$

öňki ýaly

$$\text{Onda: } q_d = \overline{K_d} \sum h_i \cdot I$$

bu ýerde:

$\overline{K_d}$ - gatlaklary dik kesýän ugurda süzülme koeffisiýentiniň orta bahasy, m/g-g;

q_d – gatlaklary dik kesýän ugurda birlik harç, m²/g-g.

11.4. Çylşyrymly geologik şertlerde derýa ýakasynda ýerasty suwlaryň hereketi

Öňki bölümlerde bellenişi ýaly tebigatda absolýut suw geçirmeýän suwabent gatlaklar duşmaýar, takyk aýdanynda suwabentler şertli bolup, olar azda-kände suw geçirýärler. Bu sorag A.F.Lebedew, N.M.Gersewanow, N.K.Girinskiý tarapyndan öwrenilen. Şu soraga uly goşant goşanyň biri A.N.Mätiýewdir. onuň işleriniň netijesinde suwabent gatlaklarda süzülme akymalaryň bolýanlygy anyklandy.

Şu ýörelgeden ugur alyp A.N.Mätiýew suwabent bilen arasy üzülen suwly gatlaklary arasynda gidrawlik baglanyşyk saklanýan **suwly toplum** diýlip hasaplanyp boljakdygyny belleýär.

A.N.Mätiýew suwly gatlaklaryň (akymlaryň) 2 görnüşini bölüp çykarýar (16-njy surat):

1) **Iýmitlenýän** sebitdäki suwly gatlaklar (derýaara zolak, alaňlar, belentlikler, daglar)

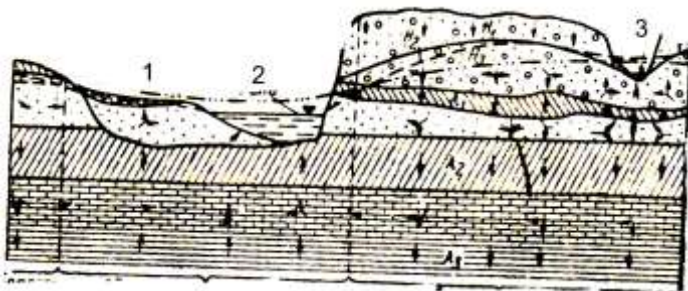
2) Ýerasty suwlaryň tebigy **harçlanýan** sebitleri (ýerleri) – “syzylyp çykýan” (зона высачивания) ýerleri (derýa jülgeleri, oýlar, çöketlikler, gollar).

Iýmitlenýän ýerinde suwly gatlagyň pýezometrik egrisi **güberçek** bolýar, guýy näçe çuňaldylsa, şonça dyňzaw azalýar, guýulardaky suwlar çalt siňýär (azalýar), suwabent gatlakda aşaklygyna ugrukdyrylan akymlar bar.

Ýerasty suwlaryň **harçlanýan** (syzyp çykýan) ýerlerinde hemme zat tersine bolýar:

- pýezometrik egrisi – oýuk;
- guýynyň çuňaldygyça dyňzaw artýar (hatda suw guýynyň agzyndan çykýança);
- guýular bol suwly bolýar;
- suwabent gatlaklarda akym çyzyklary aşakdan ýokary bolýarlar.

Belli türkmen gidrogeology A.N.Mätiýewiň bu anykdan netijeleriniň wajyp nazary ähmiýeti bardyr we işde, önümçilikde hasaba alynmalydyr.



17-nji surat. Derýaaralyk ýaýlasynada teýgum suwlarynyň hereketiniň çyzygysy (A.N.Mätiýew boýunça)

1 – derýanyň arnasyndaky batgalyk; 2 – derýa; 3 – derýajyk

Aşakda ýatan ýerasty suwlar ýeriň ýüzündäki pes-oýlara tarap hereketde bolýarlar. Ýokarky suwabendiň (λ_1) üstünde ýatan teýgum suwlary derýajygyň hanasyna siňýärler. Aşaky (λ_2) we (λ_3) suwbentleriň arasyndaky suwly gatlagyň suwlary uly derýanyň çuň jülgesine hereket edip harçlanýarlar.

Suratda görkezilişi ýaly “harçlanma” zolagynda suwabent gatlakda akym ýokarlygyna, iýmitlenýän zolakda akym suwabentden aşak tarapa.

Sagdaky bölekde ýerasty suwlar kiçi derýajyga goşulýarlar – bu ýerde gradiýent uly däl. Ikinji uly derýa tarap akýan akymyň gradiýenti uly hem bolup biljek, emma onuň ösmegine toýunsow gatlak päsgelçilik döredýär.

Şeýlelik bilen bu ýerde 3 sany suwly gatlak bar. l_1 – kiçi derýa (3) harçlanýar, l_3 – uly derýa harçlanýar, bu derýa tarap bu ýerde harçlanma we derýanyň iýmitlenmesi aşakdaky suwabentden gelýän suwlaryň hasabyna hem bolup geçýär.

l_2 - de harçlanma uly derýa (2) tarap we batgalykda bolup geçýär.

Agzalan ýagdaý ýeriň ýüzüne golaý ýatýan suwly gatlaklarda we ýerasty suwlaryň oýlara, gollara tarap çykyp siňip harçlanýan ýerlerine mahsusdyr.

12. ÝERASTY SUWLARYŇ DURNUKSYZ HEREKETI

12.1. Umumy düşüňjeler

Durnuksyz hereket – teýgum suwlarynyň derejesiniň üýtgemegi bilen bagly. Bu bolsa dyňzaw gradiýentiniň (I), hereket tizliginiň (V), akymyň harjynyň (q) üýtgemegine getirýär.

Gidrogeologiýada köplenç hasaplamalar durnukly hereket boýunça geçirilýär. Emma hakykatda ýagynyň ýagmagy, ýerleriň suwarylmagy, akabalardan, suwgeçiriji turbalardan suwlaryň ýere siňmegi, bugarma, suwalgýç, zeýkeş guýularyň işledilmegi we ş.m. sebäplere görä ýerasty suwlaryň derejesi **wagtyň dowamynda** üýtgäp durýar. Bu täsirler ýeterlik öwrenilip degişli netijeler çykarylsa gidrogeologik hasaplamalaryň, çaklamalaryň takyklygyny artdyryp bolýar.

12.2. Suwberiş (водоотдача) we doýgunlyk ýetmezi (недостаток насыщения).

Durnuksyz hereket öwrenilende suwberiş (μ_b) we doýgunlyk ýetmezi (μ_H) ulanylaýr.

$$\mu_b = n_a - W_{gh} - W_{ss} \quad (12.1.)$$

$$\mu_H = n_a - W_{gh} - W_o$$

bu ýerde: n_a - işjeň öýjüklilik;

W_{gh} - gapjalan howa (göwrümleýin)

W_{ss} - sepsuwy (стыковая капиллярная влага)

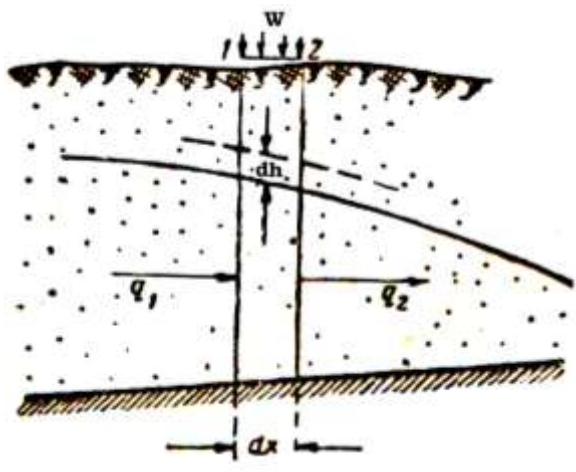
W_o - tebigy çyglylyk (göwrümleýin).

Amaly hasaplamalarda $\mu_H = \mu_b = \mu$ diýlip alynýar, bu şertde μ (“mi” ýa-da “mýu”) – suwberijilik diýlip düşünilýär.

12.3. Bussineskiň deňlemesi (birölçegli mesele).

Bernulliniň deňlemesini ulanyp berlen dyňzawyň üsti bilen Bussineskiň deňlemesi şeýle çykarylýar:

$$H = h = \frac{P}{\rho g} + z = \frac{P}{\gamma} \cdot \frac{kN/m^2}{kN/m^3} m + m$$



18-nji surat. Bussineskiň deňlemesini çykarmak üçin kömekçi çyzgy

1 we 2 – arasy ýeterlik derejede golaý alnan iki sany kesim;

dx – kese suwabentli suwly gatlagyň elementi; dh – şol elementiň çäginde ýerasty suwlaryň derejesiniň üýtgewi;

q_1 we q_2 – suwly gatlagyň agzalan elementine girýan (q_1) we çykýan (q_2) akym

Goý dx inli kesige t wagt aralygynda gelýän suw q , dt , şol kesikde ýagyn ýa-da bugarma $W \cdot dt \cdot dx$ çykýan suw $q_2 \cdot dt$ bolsun. Onda şol kesikdäki suwuň göwrümi:

$$dV = (q_1 + Wdx - q_2)dt \quad (12.2)$$

Suwuň gysylmaýanlygyny nazarda tutup bu formulany şeýle hem ýazyp bolýar:

$$dV = dh \cdot x \cdot \mu \quad (12.3)$$

bu ýerde

μ - kapillýar gaýmadan ýokardaky çägäniň doýgunlyk ýetmezi (μ_H). (1) we (2) alýarys:

$$(q_1 + W \cdot dx - q_2)dt = \mu \cdot dh \cdot dx.$$

Deňlemäniň 2 tarapyny hem dt ululyga paýlap we käbir sadalaşdyрма girizip alýarys:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{q_1 + W \cdot dx - q_2}{\mu \cdot dx}; \quad (12.4)$$

Dýurýui boýunça $q_1 = -Kh \frac{\partial H}{\partial x}$, şeýle-de

$q_2 = q_1 + dq_1$, bu ýerde $dq_1 = dt$ wagtdaky harç.

Doly differensialy şahsy önümiň (частная производная) üsti bilen berip bolýar. $dq_1 = \frac{\partial q_1}{\partial x} \cdot dx$, onda

$$dq_1 = \frac{\partial}{\partial x}(-Kh \frac{\partial H}{\partial x}) \cdot dx = -K \frac{\partial}{\partial x}(h \frac{\partial H}{\partial x})dx,$$

onda

$$q_2 = q_1 + dq_1 = -Kh \frac{\partial H}{\partial x} - K \frac{\partial}{\partial x}(h \frac{\partial H}{\partial x})dx,$$

onda (3) boýunça:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{-Kh \frac{\partial H}{\partial x} - K \frac{\partial}{\partial x}(h \frac{\partial H}{\partial x})dx}{\mu \partial x} \quad (6)$$

Sadalaşdyryp alýarys:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{dx(W + K \frac{\partial}{\partial x}(h \frac{\partial H}{\partial x}))}{\mu \cdot dx} = \frac{W}{\mu} + \frac{K}{\mu} \cdot \frac{\partial}{\partial x}(h \frac{\partial H}{\partial x})$$

Şu formula **Bussineskiň formulasy** diýilýär (suwabent gatlak ýapgyt bolanda). Eger suwabent kese bolsa formulany başgaça ýazyp bolar:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{K}{\mu} \cdot \frac{\partial}{\partial x}(h \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{W}{\mu} \quad (12.5)$$

bu ýerde

h – suwly gatlagyň galyňlygynyň üsti bilen berlen dyňzaw.

Bussineskiň deňlemesi durnuksyz hereketde suwuň derejesiniň üýtgemegi süzülme koeffisiýentine (K) we gatlagyň

galyňlygyna göni proporsional, şol sanda W hem göni proporsional, doýgunlyk ýetmezligine (ýa-da suwberişe) weli ters proporsionallygy görkezýär.

Başgaça Bissineskiň deňlemesiniň manysy şeýledir: Durnuksyz hereketde teýgum suwlarynyň derejesiniň **üýtgemegi**: süzülme koeffisiýentine (K), süzdürýän gatlagyň galyňlygyna (h), ýokardan siňýän suwlara (W_{\downarrow}) göni baglydyr, doýgunlyk ýetmezine (μ) ters proporsionaldyr.

12.4. Bussineskiň deňlemesiniň çözgütleri

Bussineskiň deňlemesi ýapgyt (1) we kese ýatan (2) suwabentli gatlaklar üçin şeýle görnüşleri alýar:

$$\begin{aligned} 1) \quad \frac{dh}{dt} &= \frac{K}{\mu} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left(H \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{W}{\mu} \quad \text{ýa-da, eger } H = h \\ 2) \quad \frac{dh}{dt} &= \frac{K}{\mu} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left(h \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{W}{\mu}; \end{aligned}$$

Bu deňleme boýunça aşakdakylary aýdyp bolýar:

- durnuksyz hereketli ýerasty suwuň derejesiniň üýtgewi: suw süzdürililige, suwly gatlagyň galyňlygyna, siňiş-bugaryşa göni proporsional, doýgunlyk ýetmezine we suwberişe-de ters proporsionaldyr.

Bu deňleme egri çyzykly (inedördül - kwadrat) differensial deňleme bolanlygy sebäpli onuň anyk çözgüdi ýokdur. P.Ý. Polubarinowa-Koçina howdan derhal doldurylan şertde gorizonta suwabentli gatlak üçin bu deňlemäni çözüpdir. Emma agzalan şert diňe hyýaly şertdir. Beýleki çözgütleriň bary deňlemäniň ýöntemleşdirilmegi (linearizasiýa) bilen baglydyr. Bu usullarda **“akymyň orta galyňlygy”** diýen düşünje girizilýär.

Bussineskiň usuly. (1-nji kysymly ýöntemleşdirme).

Deňlemäniň ýaý içinde h üýtgeýän ululyk bar. Ony \bar{h} bilen çalşyryars. $\bar{h} = \frac{hx_1 + hx_2}{2}$; ýagny üýtgeýän ululygy

hemişelik san bilen çalyşyars. Onda, eger $\frac{K \cdot h}{\mu} = a^2$

diýip bellesek

$$\frac{dh}{dt} = a^2 \cdot \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{W}{\mu} \quad (12.6)$$

Bu deňleme $W=0$ ýagdaýda Furýeniň deňlemesine öwrülýär. Ol deňlemäniň bolsa ýylylyk geçirijilik nazarýetinde belli çäkler boýunça birnäçe çözümleri bardyr.

Bagrowyň we Weriginiň usuly. (2-nji kysymly ýöntemleşdirme). Bu usul suwabent gatlagyň kese (gorizontal) ýatan şerti üçin niýetlenen:

Bu usulda deňlemäniň 2 tarapyny hem (h) koeffisiýente köpeldýäris

$$h \frac{dh}{dt} = \frac{h \cdot K}{\mu} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left(h \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{Wh}{\mu}$$

Soňra (h) differensialyň belgisiniň aşagyna salynýar:

$$\frac{d\left(\frac{h^2}{2}\right)}{dt} = \frac{hK}{\mu} \cdot \frac{\partial^2 \left(\frac{h^2}{2}\right)}{\partial x^2} + \frac{Wh}{\mu}.$$

Alýarys

$$\frac{h^2}{2} = u; \quad \frac{Kh}{\mu} = a^2; \quad \frac{Wh}{\mu} = b$$

$$\frac{du}{dt} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = b$$

Soňra a^2 we b üsti bilen aňladylýan h deregine suwly gatlagyň ortalasdyrylan galyňlygyny \bar{h} -y alýarys we ýöntemleşmeden soňra alýarys

$$\frac{h^2}{2} = -\frac{W}{2K} x^2 + Cx + D, \quad (12.7)$$

C we D hemişelik sanlary kesgitleýäris.

Bu formulany birnäçe ýerde sadalaşdyryp 1943-1944 ý.ý. Garagum derýasynyň Günorta-Gündogar Garagumda geçmeli ýolunyň taslamasy üçin kanalyň ýitgileri hasaplananda A.T.Morozow tarapyndan giňden ulanylan tükenikli tapawutlar usulynyň (ýa-da Kamenskiniň usulynyň) formulasyny alýarys ((13.6) formula).

13. ÝERASTY SUWLARYŇ DEREJESINIŇ BEÝGELMEGI (ПОДДИОР) WE PESELMEGI (СРАБОТКА)

13.1. Meseläniň goýluşy

Tebigy şertlerde ýerasty suwlaryň hereketi sadalaşdyrylyp durnukly diýlip hasaplanýar. Hakykatda ýerasty suwlaryň ýatýan çuňlугy, derejesi wagtyň dowamynda durnuksyzdyr.

Ýerasty suwlaryň durnuksyz hereketini öwrenmek zerurlygy şu ýagdaýlarda çykýar:

1) Kanalyň, akabanyň ýakalarynda ýerasty suwlaryň derejesiniň üýtgewi hasaplananda;

2) suwarymly ýerlerde ýerasty suwlaryň üýtgewi hasaplananda;

3) ýerleriň zeýlemegi öňünden çaklananda;

4) kanaldan, suw howdanyndan ýitgiler hasaplananda;

5) dowamly suw peseldiş desgalarynyň gurluşygy taslananda;

6) suwberijilik, ýagynlaryň ýere siňýän mukdary, bugaryş, teýgum suwlarynyň umumy balansy hasaplananda.

13.2. Ýerasty suwlaryň derejesiniň üýtgemegine esasy täsirler

Ýerasty suwlaryň derejesiniň üýtgewleri köp sanly sebäplere baglydyr. Ýagynlaryň ýagmagy, ýerleriň suwarylmagy, ýaplara suw gelmegi, ýerüsti suwlaryň derejesiniň ýokary galmagy (mesemegi) ýerasty suwlaryň derejesiniň ýokary galmagyna getirýär (подпор). Ýagynsyz pasylyň başlamagy, yssy düşüp bugaryşyň artmagy, ýaplardaky suwlaryň kesilmegi, ekinleriň suwarylmagynyň bes edilmesi ýerasty suwlaryň derejesiniň öňki beýgelen ýerleriniň töwerege ýaýrap peselmesine getirýär (сработка).

Medeni zolakda ýerasty suwlaryň derejesiniň üýtgemegi köplenç emeli-tehniki sebäpler bilen baglydyr: 1) tebigy ýerasty akymyň önünde gurlan kanal, ýap akymyň hereketini bökdäp, gowşadyp derejäniň beýgelmegine getirýär (подпор). Şeýle ýagdaý suw geçiriji desgalardan ýere siňýän ýitgiler, zeý aýryjy guýularyň işiniň wagtlaýyn togtamasy zerarly hem döräp bilýär.

Türkmenistanda ýagynlaryň pasyllaýyn ýagmagy, ekinleriň pasyllaýyn suwarylmagy we başgalar ýerasty suwlaryň derejesiniň pasyllaýyn üýtgemegine getirýär.

Ýerasty suwlaryň derejesiniň üýtgewiniň ýerüsti suwlaryň derejesiniň aşak-ýokary galyp-düşmesinden ep-esli gijä galýanlygyny bellemeli. Bu säginme howaly zolakdaky gatlaklaryň galyňlygyna, doýgunlyk ýetmezine, suw geçirijiligine, suwberijiligine baglydyr. Türkmenistanyň çäklerinde ýerasty suwlaryň derejesiniň iň beýik wagty aprel-maý aýlaryna – ýuwuş, ekiş suwaryşlardan soňky döwre, iň pes ýagdaýy – noýabr-dekabr aýlaryna – ýaplaryň suwlary kesilenden, suwaryş işleri tamamlanandan soňky döwre gabat gelýär.

Obalaryň, şäherleriň, ekerançylyk zolaklaryň çäklerinde ýerasty suwlaryň derejesiniň ýylyň dowamynda üýtgew gerimi 0,2 – 0,5 m-den 2 – 3 m-e çenli ýetýär.

Ýerasty suwlaryň ýatýş çuňlugynyň gurluşyga, şäher hojalygyna, suwarymly ekerançylyga uly täsiriniň barlygy sebäpli dereje beýgelmäniň önünden hasaplanmasyna uly üns berilýär

Şeýle hasaplamalara mysallar hökmünde Garagum derýasynyň 1-nji nobatynyň taslamasyny düzmekde üstünlikli ulanylan tükenikli tapawutlar usulyny (A.T.Morozow, 1944), Aşgabat şäheriniň zeýlemesine garşy göreş çärelerini kesgitlemekde ulanylan matematiki modelirlmeleri (W.S.Zilberg, 1988, 1989; A.B.Sitnikow, 2002; M.N.Klimentow, 2003) getirip bolar.

Agzalan işlerde giňden ulanylan tükenikli tapawutlar usulyna (Kamenskiý, 1940) geçilmezden öň derýanyň mesemegi bilen ýerasty suwlaryň derejesiniň üýtgemegine gidrogeologik görkezijileriň täsirine garamak peýdaly bolar.

13.3. Dereje beýgelmä gidrogeologik görkezijileriň täsiriniň hasaba alnyşy

Öňden gelýän akymyň ýolunda päsgelçilik dörese akymyň gradiýenti, tizligi peselýär, suw çişip, ýokary galyp ugraýar. Bu ýerde akym bilen gelýän suw 2 taraplaýyn harçlanýar:

1) Dereje beýgelýän ýerdäki gatlaklary doýgun hala ýetirmäge (aşakdan akyp gelýän ýa-da ýokardan siňýän suwlaryň hasabyna);

2) Derejesi beýgelýän akymyň böwediň önünde toplanmagyna.

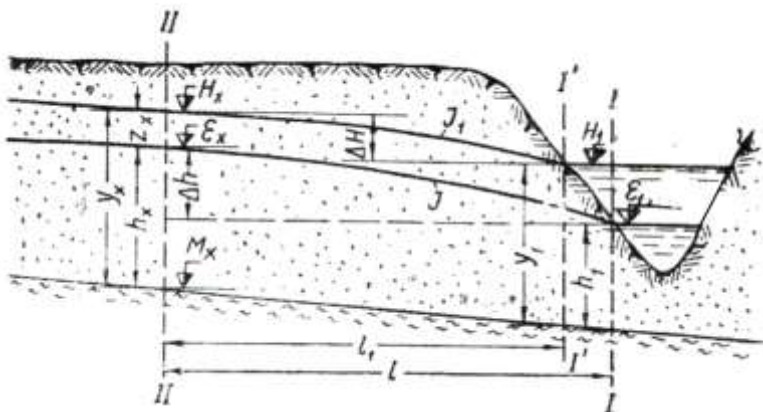
Ýerasty suwlaryň derejesiniň üýtgemegi (beýgelmegi) birnäçe şertlere baglydyr:

suwabent gatlagyň kese ýatanlygyna (ýa-da ýapgytlygyna); ($h_i = H_i$ ýa-da $h_i \neq H_i$);

suwly gatlagyň we suwuň derejesiniň beýgelýän ýerindäki howaly zolakdaky dag jynslarynyň süzülme koeffisiýentiniň deňligine ($K=K_1$) ýa-da deň däldigine ($K \neq K_1$)

derýadaky suwuň derejesi üýtgände iki kesimiň arasyndaky aralygyň üýtgemeýänligine. ($l_1 = l$) ýa-da üýtgeýänligine ($l_1 \neq l$)

Agzalan 3 şertiň bilelikdäki ýa-da aýry-aýrylykdaky üýtgemegine baglylykda kesgitlenýän kesimde suwuň derejesiniň üýtgewi 4 hili formula bilen kesgitläp bolýar (19-njy surat).



19-njy surat. Suwabent düşegi ýapgyt şertde derýadaky suwuň derejesiniň üýtgewi zerarly teýgum suwlarynyň derejesiniň yzygiderli üýtgewiniň shemasy

l – iki kesimiň aralygy, m; l_1 – şol aralyk derýanyň suwy ýokary galandan (mesänden) soň, m; h_1 we h_x – suwly gatlagyň 1 we 2 kesimdäki deslapky galyňlygy, m; y_1 we y_x – şol galyňlyk suw mesänden soň, m; \bar{K} we K_1 – suw mesemäke we mesänden soň suwly galagyň ortaça süzülme koeffisiýenti, m/g-g.

Derýadaky suw mesänden soň 1 kesikden (derýanyň gyrasyndan) l aralykda ýerleşen 2 kesikde suwly gatlagyň galyňlygy y_x şeýle hasaplanýar:

1) Eger $K_1 \neq K$ we $l_1 \neq l$ bolsa

$$y_x = \sqrt{y_1^2 + \frac{K}{K_1} l_1 \cdot I(h_1 + h_x)}$$

(13.1)

2) Eger $K_1 \neq K$ we $l_1 = l$ bolsa

$$y_x = \sqrt{y_1^2 + \frac{K}{K_1} \cdot \Delta h(h_1 + h_x)}$$

(13.2)

3) Eger $K_1 = K$ we $l_1 \neq l$ bolsa

$$y_x = \sqrt{y_1^2 + l_1 \cdot I(h_1 + h_x)}$$

(13.3)

4) Eger $K_1 = K$ we $l_1 = l$ bolsa

$$y_x = \sqrt{y_1^2 + \Delta h(h_1 + h_x)} \quad (13.4)$$

13.4. Tükenikli tapawutlar usuly

13.4.1. Meseläniň goýlusy

- Eger ýerasty suwlaryň hereket edýän ugrunyň önünde päsgelçilik dörese ýa-da iýmitleniş çeşmesi güýjese, ýerasty suwlaryň derejesi **ýokary galýar**, beýgelýär (kanalyň, derýanyň suwunyň mesemegi, suw howdanynyň doldurylmagy, ýerleriň suwarylmasy we ş.m.) (подпор);

- Eger kanaldaky suw kesilse, ýerler suwarylmasa, howdan boşasa ýerasty suwlaryň **derejesi peseler** (сработка);

- Eger howdanda, kanalda suw uzak wagtlap bir derejede saklansa, ýerasty suwlaryň derejesi kem-kemden beýgelip,

artykmajy bir tarapa syzyp we bugaryp harçlansa we ýerasty suwlar durnukly herekete geçer.

Ýerüsti suwlaryň täsiri bilen ýerasty suwlaryň derejesiniň **haçan** durnukly görnüşe barjagy, **näçe ýokary galjagy** uly ähmiýete eýedir. Şonuň üçin beýgelmäniň önünden hasaplanýş usullary köp alymlar tarapyndan öwrenilendir (G.N.Kamenskiý, N.N.Pawłowskiý, I.A.Skaballanowıç, A.T.Morozow we başgalar). Bu meseläniň çözgüdi 1940 ý. G.N.Kamenskiý tarapyndan işlenip düzülen tükenikli tapawutlar usulyna esaslanýar.

Köplenç derýalardaky, kanallardaky suwlaryň derejesi wagtyň dowamynda üýtgäp durýar. Türkmenistanda köp ýaplaryň suwunyň gyşyna kesilýän wagtly hem seýrek bolmaýar.

Ýerüsti suwlaryň derejesiniň üýtgemesi şol akabalaryň täsir zolagyndaky ýerlerde ýerasty suwlaryň derejesini nähili (näçe beýiklige, näçe aralyga, nähili depgin bilen) üýtgeder?

Şu soragyň çözülmegine agzalan alymlaryň işleri mümkinçilik döredýär. Çözgüt üçin gyzyklanma bildirýän akabanyň ugrunda ýörite gurnalan gözegçilik guýularyň keseligine ýerleşdirilen hatarynyň (поперечник режимных скважин) bolmagy zerur. Türkmenistanda şeýle guýular hatarlary (hersi 5-15 guýudan ybarat) boýunça uzak ýyllaryň dowamynda yzygiderli gözegçilik geçirilýär (Amyderýanyň, Garagumderýanyň, Murgap, Tejen derýalarynyň, suw howdanlarynyň, akabaly iri ene ýaplaryň ugrunda).

13.4.2. Meseläniň çözgüdi. Tükenikli tapawutlar usuly hakynda düşünje

Tükenikli tapawutlar deňlemesi umumy görnüşde şeýle ýazylýar:

$$H_2^{II} = H_2^I + \frac{\Delta t}{2\mu \cdot \Delta x^2} [(h_1 \cdot K_1 + h_2 \cdot K_2)(H_1 - H_2) - (h_2 \cdot K_2 + h_3 K_3)(H_2 - H_3)] + \frac{W}{\mu} \cdot \Delta t \quad (13.5)$$

bu ýerde:

$H_2^{II} (h_2^{II})$ – ýerasty suwlaryň hasaplanýan kesimde Δt wagt geçenden soňky derejesi (galyňlygy);

$H_2^I (h_2^I)$ – şol dereje (galyňlyk) Δt wagtyň başynda;

Δt – hasaplama geçirilýän wagt aralygynyň dowamlylygy;

μ – suwberijilik ýa-da doýgunlyk ýetmezi;

Δx – kesimiň aralygy ($\Delta x = \text{const}$);

K_1, K_2, K_3 – 1, 2, 3 kesimlerdäki gatlaklaryň süzülme koeffisiýentleri;

h_1, h_2, h_3 – suwly gatlagyň galyňlygy, Δt wagt aralygynda;

H_1, H_2, H_3 – şol galyňlyk absolýut ölçegde;

W – ýagynlaryň 1m^2 meýdanda ýere siňmegi.

Eger suwabent kese tekiz bolsa, ýagny $h_1=H_1$; $h_2=H_2$; $h_3=H_3$ we suwly gatlak birmeňzeş bolsa, ýagny $K_1=K_2=K_3=K$ bolsa, onda ýokardaky formula şeýle görnüşe gelýär:

$$\begin{aligned} h_2^{II} &= h_2^I + \frac{\Delta t \cdot K}{2\mu \cdot \Delta x^2} [(h_1 + h_2)(h_1 - h_2) - (h_2 + h_3)(h_2 - h_3)] + \frac{W}{\mu} \cdot \Delta t = \\ &= h_2^I + \frac{\Delta t \cdot K}{2\mu \cdot \Delta x^2} (h_1^2 + h_3^2 - 2h_2^2) + \frac{W}{\mu} \cdot \Delta t; \end{aligned}$$

Tükenikli tapawutlar usulynyň manysy şeýledir:
 Ýerasty suwlaryň başlangyç derejesi (we absolýut beýikligi) belli bolsa we öwrenilýän ýerde režim guýularynyň hatary bar bolsa, şol sanda derýadaky suwuň derejesiniň üýtgewi belli bolsa, onda islendik döwür üçin ýerasty suwlaryň derejesiniň üýtgewini öňünden hasaplap bolýar.

Eger suwly gatlak giňişlikde birmeňzeş bolsa, suwabent kese bolsa, kesimleriň aralary deň bolsa gözlenýän beýgelme h_2^{II} şeýle tapylýar (20-nji surat)

$$h_2^{\text{II}} = h_2^{\text{I}} + \frac{K \cdot \Delta t}{2\mu \cdot \Delta x^2} (h_1^2 + h_3^2 - 2h_2^2) + \frac{W}{\mu} \cdot \Delta t$$

(13.6)

bu ýerde:

Δt – dereje üýtgewi kesgitlenýän wagt aralygy, g-g;

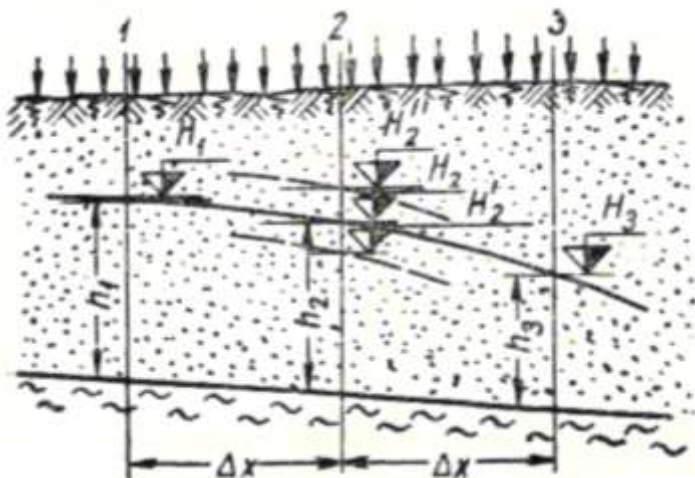
μ – erkin (boş) öýjüklilik (doýgunlyk ýetmezi)

Δx – kesimleriň aralygy

h_1, h_2, h_3 – suwly gatlagyň 1, 2, 3 kesimlerde Δt wagtyň orta arasyndaky galyňlygy, m;

h_2^{II} we h_2^{I} – ikinji kesimde suwly gatlagyň Δt wagtyň soňundaky we başyndaky galyňlygy, m;

W – 1 m^2 ýerde siňme (bugarma), m/g-g.



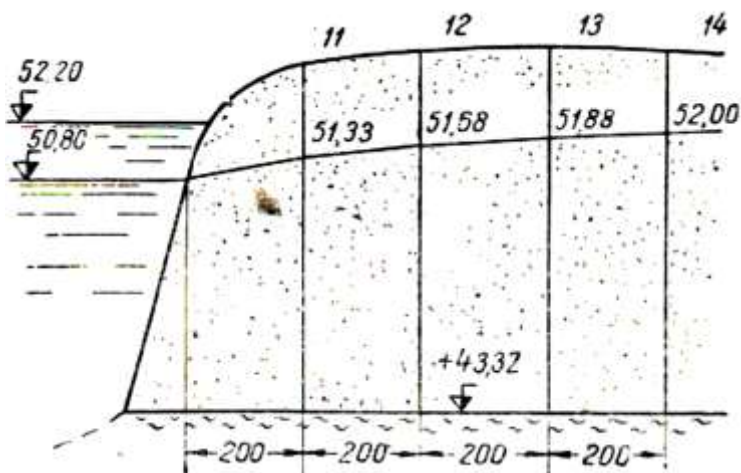
20-nji surat. Tükenikli tapawutlar usulynyň çözgüdine kömekçi çyzgy

Ýapgyt suwabent düşegiň üstünde teýgum suwlarynyň durnuksyz hereketi: 1 we 2, 2 we 3 deň aralykda ýerleşen guýular (hasap kesikleri); peýkamjyklar ygalyň siňmesiniň (ýa-da bugarmanyň) hasaba alynýanlygyny aňladýar.

13.4.3. Çözüde mysal

Tükenikli tapawutlar usulyny berkitmek üçin mysala ýüzleneliň. **Belli şertler:**

- 1) Ýerasty suwlaryň derejesi derýa mesemezden öň (3-nji tablisa);
- 2) Mesemäniň çak edilýän ösüşi (4-nji tablisa);
- 3) Kenar çägeden düzülen $K = 11$ m/g; $W = 0,0005$ m/g-g; suwberijilik $\mu = 0,20$. Suwabent kese ýatyr. $\Delta x = 200$ m. (21-nji surat).



21-nji surat. Tükenikli tapawutlar usuly boýunça derýa mesände ýerasty suwlaryň derejesiniň üýtgewiniň önünden hasaplanyşyna degişli mysal üçin kömekçi çyzgy
11; 12; 13; 14 – gözegçilik guýulary

3-nji tablisa
Derýa joşmazyndan öň gözegçilik guýularynda ýerasty suwlaryň derejesi

Guýulary ň №№	Derýadan aralyk, m	Suwuň derejesiniň absolýut belgisi, m		Suwabentden hasaplanyňda suwly gatlagyň galyňlygy, m	
		1/IV	6/IV	1/IV	6/IV
Derýa	0	50,75	50,80	7,43	7,48
11	200	51,29	51,30	7,97	7,98
12	400	51,66	51,67	8,34	8,35
13	600	51,87	51,88	8,55	8,56
14	800	51,99	52,00	8,67	8,68

4-nji tablisa

Derýadaky suwuň joşmagynyň (mesemeginiň) garaşylýan derejeleri

Sene	Suwuň mesäp başlandan soň geçen wagt, g-g.	Derýadaky suwuň absolýut belgisi	Derýanyň ýakasynda suwly gatlagyň galyňlygy (derýadaky suwuň tygasyndan), m.
6/IV	5	50,80	7,48
11/IV	15	51,08	7,76
26/IV	25	51,50	8,18
6/V	35	52,20	8,99
16/V	45	52,07	8,75
26/V	55	51,85	8,53
6/VI	65	51,55	8,23

Çözgüt (mysal)

Wagt aralygynda $\Delta t = 10$ g/g diýip alýarys. Onda öňki formula girýän hemişelik sany hasaplap bolýar:

$$\frac{W}{\mu} \cdot \Delta t = \frac{0,0005}{0,20} \cdot 10 \cong 0,02$$

$$\Delta x = 200 \text{ m}, K = 11 \text{ m/g-g}$$

$$\text{Onda: } \frac{K \cdot \Delta t}{2\mu \cdot \Delta x^2} = \frac{11 \cdot 10}{2 \cdot 0,20 \cdot 200^2} \cong 0,007$$

1) **11-nji guýy**

11/IV, ýagny suwuň mesäp başlandan soňky 10 gün geçenden soň 11-nji guýudaky suwly gatlagyň galyňlygyny hasaplaýarys

$$h_{11}^{\text{II}} = h_{11}^{\text{I}} + 0,007 \cdot (h_{\text{derya}}^2 + h_{12}^2 - 2h_{11}^2) + 0,02 = \\ = 7,97 + 0,007(7,48^2 + 8,35^2 - 2 \cdot 7,98^2) + 0,02 = 7,98m$$

2) 12-nji guýy

$$h_{12}^{\text{II}} = h_{21}^{\text{I}} + 0,007 \cdot (h_{11}^2 + h_{13}^2 - 2h_{12}^2) + 0,02 = \\ = h_{12}^{\text{I}} + 0,007 \cdot (7,98^2 + 8,56^2 - 2 \cdot 8,35^2) + 0,02 = 8,35m$$

3) 13 we 14 guýularda hem suw 0,01 metre beýgeler, ýagny,

$$h_{13}^{\text{II}} = 8,856 \text{ m}; h_{14}^{\text{II}} = 8,68 \text{ m}$$

4) Indi ýerasty suwlaryň (21/IV), ýagny suw mesänden soň 20 gün geçendäki derejäni tapýarys. Munuň üçin derýanyň derejesini **aralyk wagt** üçin (16/IV) alýarys, №№ 11, 12, 13 we 14 guýularyň derejesini başlangyç wagt üçin alýarys, sebäbi bizde başga hili maglumat ýok.

11-nji guýy (21/IV)

$$h_{11}^{\text{II}} = h_{11}^{\text{I}} + 0,007 \cdot (h_{\text{derya}}^2 + h_{12}^2 - 2h_{11}^2) + 0,02 = \\ = 7,98 + 0,007(7,76^2 + 8,35^2 - 2 \cdot 7,98^2) + 0,02 = 8,02m$$

Beýleki guýularyň (№№ 12, 13 we 14) 21/IV senedäki derejesini, şeýle-de hemme guýularda 1/V, 11/V, 21/V, 1/VI senelerdäki derejeleri okyjylara özbaşdak hasaplamak maslahat berilýär.

5-nji tablisa

Hasaplamasy hödürlenýän gidrogeologik görkezijileriň jogaplary

Hasap kesim-leri	1/IV teýgum suwly gatlak akymynyň galyňlygy, m	Şol teýgum suwlar akymynyň derýa joşup başlan döwründäki galyňlygy					
		11/IV 10 günden soň	21/IV 20 günden soň	1/V 30 günden soň	11/V 40 günden soň	21/V 50 günden soň	1/VI 60 günden soň
Derýa	7,43	7,76	8,18	8,88	8,75	8,53	8,23
№11 guýy	7,97	7,98	8,02	8,10	8,24	8,34	8,39
12	8,34	8,35	8,35	8,36	8,38	8,41	8,45
13	8,55	8,55	8,57	8,58	8,59	8,60	8,61
14	8,67	8,68	8,69	8,70	8,71	8,72	8,73

13.4.4. Tükenikli tapawutlar usulyny gidrogeologik görkezijileri kesgitlemek üçin ulanmak

Eger gidrogeologik we režim maglumatlary bar bolsa, onda tükenikli tapawutlar deňlemesiniň üsti bilen näbelli μ we W (bugarma, siňme) görkezijileri kesgitlep bolýar.

Suwberijiligiň (μ) hasaby

$$1) \quad \mu = \frac{K \cdot \Delta t}{2\Delta x^2 (h_2'' - h_2')} (h_1^2 + h_3^2 - 2h_2^2) \quad (13.7)$$

bu formula şeýle şertlerde ulanylýar:

- suwly gatlak birmeňzeş, suwabent kese, $\Delta x = \text{const}$

2)

$$\mu = \frac{K \cdot \Delta t}{(h_2'' - h_2') \cdot (l_{1,2} + l_{2,3})} \cdot \left(\frac{h_1^2 + h_2^2}{l_{1,2}} \cdot \frac{h_2^2 - h_3^2}{l_{2,3}} \right) \quad (13.8)$$

bu formula suwly gatlak birmeňzeş, suwabent kese, $\Delta h \neq \text{const}$ bolan şertde ulanylýar.

(13.7) we (13.8) deňlemeler diňe garalýan wagt aralygynda $W=0$ (ýagyn, suwaryş bolmadyk, düýpli bugarma bolmadyk) şertlerde ulanylyp bilner.

14. ÝERASTY SUWLARYŇ SUWALGYÇ DESGALARA TARAP HEREKETI

14.1. Suwalgyçlaryň görnüşleri

Ýerasty suwlar dik we kese suwalgyçlaryň kömegi bilen alnyp bilner. Dik suwalgyçlara buraw skwažinalary, guýular, keselere-kärizler, ýapyk zeýkeşler, ganawlar mysaldyr.

Dik suwalgyçlar teýgum suwlaryndan suw alýan bolsa – olara **teýgum guýulary** diýilýär. Eger olar dyňzawly suwlardan iýmitlenýän bolsalar – olara **artezian guýulary** diýilýär.

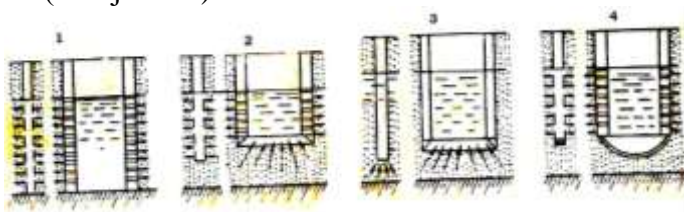
Bu guýularyň iki kysymy bolýar:

- **kämil guýular** – eger guýularyň düýbi suwabent gatlaklara degip duran bolsa;

- **kämil däl guýular** – eger guýularyň düýbi suwabent gatlakdan ýokarda bolsa.

Türkmenistanda köplenç kämil däl guýular ulanylýar, sebäbi suwabent gatlaklar örän çuňda ýerleşýärler.

Kämil däl guýularyň diwarlary syzdyrman, diňe düýbi syzdyrýan, ýa-da düýbi ýapykda – diwarlary syzdyrýan, ýa-da hem diwarlary syzdyrýan, hem-de düýbi syzdyrýan bolmagy mümkin (22-nji surat).



**22-nji surat. Teýgum suwlaryny çykaryp almak üçin
ulanylýan guýularyň kysymlary (G.N.Kamenskiý boýunça)**

а – kämil guýy; **б** – diwarlaryndan we düýbünden iýmitlenýän
kämil däl

guýy; **в** – diwary ýapyk düýbi syzdyryjy kämil däl guýy; **г** –
düýbi ýapyk diwarlary syzdyryjy kämil däl guýy

Agzalan dik we kese suwalgyçlardan başga **utgaşyk** (kombinirlenen) suwalgyçlar hem bolýar. Aşgabat şäherinde gurlan zeý-akabaly aragatnaşyk tonneliniň zeýtoplaýjy şahtalary (çuňlugy 12 m, giňligi 4 m-e çenli) 5 sany kese şöhlepisint guýulardan (uzynlygy 75-100m) we bir dik guýulardan (çuňlugy 60m) ybarat. Şol şahtalar utgaşyk zeýkeşlere (suwalgyçlara) degişli.

14.2. Artezian kämil guýa geljek suwuň harjy

Artezian guýular diýlip gatlagara dyňzawly ýerasty suwlardan suw çykarýan guýulara aýdylýar. Şeýle guýular Türkmenistanda uly çuňluklardan derman, mineral suwlaryny çykarmak üçin ulanylýar. Kämil artezian guýusy iki sany suwgeçirmeyän gatlagyň arasynda ýatan suwly gatlagy doly geçýär (23-nji surat).

Eger örkler okuny guýynyň merkezinde aşaky suwabent gatlagyň üstünde ýerleşdirsek we guýynyň süzgüjiniň suwly gatlak bilen gatlaşýan meýdanyny $F=2\pi \cdot M$ diýip alsak Darsiniň kanunyny şeýle ýazyp bolýar:

$$Q = 2\pi \times K \frac{dy}{dx} \quad (14.1)$$

Bu ýerden tapýarys:

$$dy = \frac{dx}{x} \cdot \frac{Q}{2\pi K \cdot M}$$

Deňlemäniň 2 tarapyny 1-nji we 2-nji kesimiň arasynda integrirläp alýarys:

$$\int_{y_1}^{y_2} dy = \frac{Q}{2\pi KM} \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{x}$$

$$y_2 - y_1 = \frac{Q}{2\pi K \cdot M} (\ln x_2 - \ln x_1) \quad (14.2)$$

Eger peseliş egrisiniň koordinatalaryny aşakdaky ýaly alsak: $x_1 = r$; $x_2 = R$ we $y_1 = h$; $y_2 = H$ alýarys:

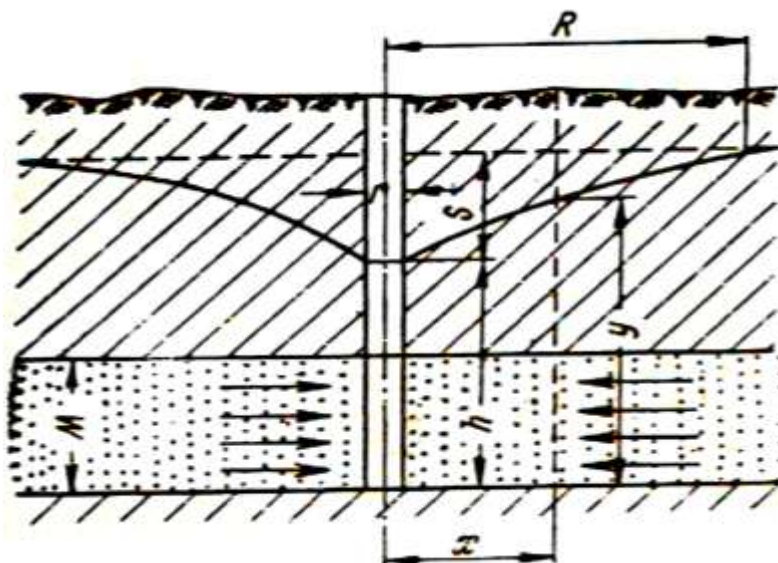
$$H - h = \frac{Q}{2\pi KM} \ln \frac{R}{r}$$

Bu ýerden:

$$Q = 2\pi K \cdot M \frac{H - h}{\ln R - \ln r}$$

Eger natural logarifmden onluk logarifme geçsek we $H - h = S$ bolýanlygyny göz önünde tutsak:

$$Q = 2,73KM \frac{S}{\lg R - \lg r} \quad (14.3)$$



23-nji surat. Dyňzawly kämil guýa syzylyp geljek suwuň hasaby üçin kömekçi çyzgy

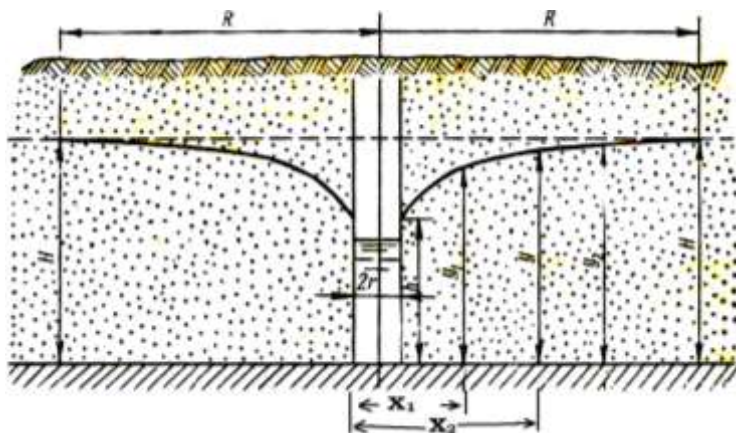
M – dyňzawly suwly gatlagyň galyňlygy; r – guýynyň radiusy;
 R – täsir radiusy; s – guýudaky peseliş; H – dyňzaw; y –
 guýudan x aralykdaky peseliş

Artezian kämil guýa geljek suw süzülme koeffisiýentine (K) gatlagyň galyňlygyna we peselişe göni proporsionaldyr.

Täsir radiusy we guýynyň radiusy bu ýerde uly orun eýelemeýär.

14.3. Dyňzawsyz kämil guýulara geljek suwuň hasaby

Dyňzawsyz kämil guýulara geljek suwlaryň harjy Darsiniň kanunynyň esasynda aňsat çykarylyp bilinýär.



24-nji surat. Dyňzawsyz kämil guýa syzylyp geljek suwuň hasaby üçin kömekçi çyzgy

H – suwly gatlagyň galyňlygy; h – guýudaky suwuň galyňlygy; R – täsir radiusy; r – guýynyň radiusy; y_1 we y_2 – x_1 we x_2 aralykda suwly gatlagyň peselen galyňlygy

1. Darsiniň kanuny boýunça alýarys:

$$Q = F \cdot K \cdot I = F \cdot K \frac{dy}{dx}$$

2. Biziň mysalymyzda F radiusy r -e we beýikligi y -e deň bolan silindriň gapdal üstüne deňdir, ýagny $F = 2\pi xy$

3. Onda $Q = K \cdot 2\pi xy \frac{dy}{dx}$; ýa-da

$$y dy = \frac{Q}{2\pi K} \cdot \frac{dx}{x} \quad (14.4)$$

4. Deňlemäniň iki tarapyny hem integrirläp alýarys

$$\int y dy = \frac{Q}{2\pi K} \int \frac{dx}{x};$$

$$\frac{y^2}{2} = \frac{Q}{2\pi K} \cdot \ln x + C$$

bu ýerden

$$y^2 = \frac{Q}{\pi K} \ln x + C \quad (14.5)$$

5. Eger biz depression çukuryň (x_1, y_1) we (x_2, y_2) kesimleri üçin (5) deňlemäni ýazsak şeýle bolýar:

$$y_1^2 = \frac{Q}{\pi K} \ln x_1 + C \quad (14.6)$$

$$y_2^2 = \frac{Q}{\pi K} \ln x_2 + C \quad (14.7)$$

6. Eger-de biz (14.7) deňlemeden (14.6) deňlemäni aýýrsak alarys:

$$y_2^2 - y_1^2 = \frac{Q}{\pi K} (\ln x_2 - \ln x_1) \quad (14.8)$$

Şeýlelik bilen biz aýlanyp-dolanyp Dýupýuiniň deňlemesine geldik.

7. Deňlemäni sadalaşdyryp bolýar:

$$\text{goý} \quad x_1 = r; \quad x_2 = R; \quad y_2 = H; \quad y_1 = h; \quad (24\text{-nji surat})$$

Onda:

$$H^2 - h^2 = \frac{Q}{\pi K} \ln \frac{R}{r} \quad (14.9)$$

Bu ýerden

$$Q = \pi \cdot K \frac{H^2 - h^2}{\ln R / r} \quad (14.10)$$

Şu görnüşde deňlemäni guýa geljek suwy hasaplamak üçin ulanyp bolýar. Şol bir wagtda bu formulany oňkaçkanyň (suw sorduryş tejribesiniň) netijesini kesgitlemek üçin hem ulanyp bolýar:

$$K = \frac{Q(\ln R - \ln r)}{\pi(H^2 - h^2)} \quad (14.11)$$

(14.10) formulada (π) sanyň bahasyny goýup we $\ln \rightarrow \lg$ geçirip alýarys

$$Q = 1,366 K \frac{H^2 - h^2}{\lg R - \lg r} \quad (14.12)$$

Dyňzawsyz kämil guýa geljek suwuň harjy suwly gatlagyň kwadratynyň we guýudaky suw sütüniň galyňlygynyň kwadratynyň tapawudyna we süzülme koeffisiýentine göni proporsionaldyr.

14.4. Kämil däl guýulara gelyän suwlaryň harjyny hasaplamak

Türkmenistanda şu hili guýular örän köp duşýar. Şeýle guýudan suwy çekip, ýa-da sorduryp alanyňda guýynyň täsiri suwly gatlagyň doly galyňlygyna ýetmeýär-de, diňe gatlagyň aktiw (işjeň) bölegine täsir edýär, ondan aşakdaky suwlar gozganman saklanýar.

Kämil guýulara gelyän suwlaryň harjy.

$$Q = 1,366K \frac{H^2 - h^2}{lg R - lg r}$$

$$Q = 1,366K \frac{(2H - S) \cdot S}{lg R - lg r}$$

(14.13)

formulalaryň haýsy-da bolsa biri bilen hasaplanýar.

Kämil däl guýularda bu hasap çylşyrymlaşýar.

Bu ýerde 3 hili ýagdaý bolmagy mümkin:

- 1) Suw guýa diňe gapdaldan gelýär (düýbi ýapyk)
- 2) Suw guýa diňe düýpden gelýär (gapdaly ýapyk)
- 3) Suw guýa hem gapdaldan hem düýpden gelýär.

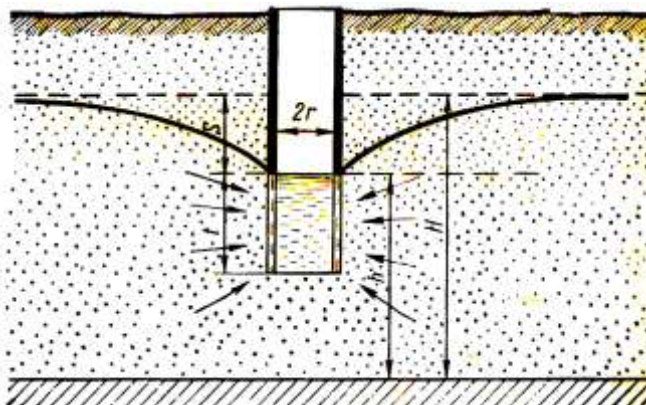
Biz şu ýagdaýlaryň 1-njisi boýunça harjyň hasaplanyşyna garap geçeliň, ýagny guýa (skwažina) suw gapdaldan gelyän ýagdaýda Forhgeýmeriň formulasy ulanylýar:

$$Q_{k/d} = Q_{käm} \sqrt{\frac{l}{h}} \cdot \sqrt[4]{\frac{2h-l}{h}}, \quad (14.14)$$

bu ýerde: $Q_{käm}$ – kämil guýa gelyän suwuň harjy, $m^3/g-g$;
 l – guýynyň süzdürýän böleginiň galyňlygy (ýa-da süzgüjiň uzynlygy), m;

h – suwly gatlagyň guýudaky suwuň derejesinden hasaplanylndaky galyňlygy, m;

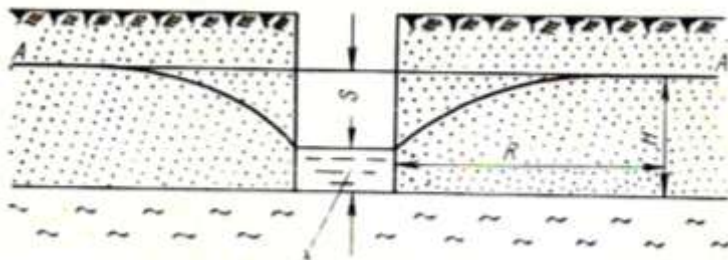
$Q_{k/d}$ – kämil däl guýa gelýän suwuň harjy, $m^3/g\cdot g$.



25-nji surat. Kämil däl guýa geljek suwlaryň hasaby üçin kömekçi çyzgy

H – suwly gatlagyň galyňlygy, m; h – şol galyňlyk suw sorduryş wagty; t – suw sorduryş wagty guýudaky suwuň galyňlygy, m; s – suw peselişi, m;

$2r$ – guýynyň diametri, mm.



26-njy surat. Kese suwalgyçlar bilen suw çykarylanda emele gelýän peseliş egrisi

Parkeriň pikirine görä kämil däl guýy üçin suwly gatlagyň işjeň böleginiň galyňlygy H_o guýudaky suwuň böleginiň $4/3$ bölegine deňdir, ýagny

$$H_0 = \frac{4}{3}E \approx 1,3E \approx 1,3(s + t) \quad (14.14a)$$

bu ýerde

E – guýudaky suwuň suw sorduryşdan öňki galyňlygy, m.

Ý.A.Zamarin dürli peseliş (S) we E üçin işjeň zolagy şeýle hasaplaýar

S	0,2 E	0,3 E	0,5 E	0,8 E
H_o	1,3 E	1,5 E	1,7 E	1,85 E

(14.12.) formuladaky H -yň deregine H_o -y (kämil däl guýynyň işjeň zolagynyň galyňlygy), h -yň deregine h_o -y (kämil däl guýudaky suwuň yrga derejesiniň işjeň zolagyň dabanyndan beýikligi) goýup alýarys:

$$Q = 1,366K \frac{H_o^2 - h_o^2}{lg R - lg r} \quad (14.15)$$

14.5. Düybünden we gapdalyndan suw alýan peseňräk guýynyň harjy

Türkmenistanyň şahsy hojalyklarynda şeýle guýular juda köp duşýarlar. Şolaryň harjyny şeýle takmyny formula boýunça hasaplap bolýar:

$$Q = \pi \cdot d \cdot S \cdot K, \quad \text{m}^3/\text{g-g} \quad (14.16)$$

bu ýerde

d – guýynyň diametri

14.6. Kese suwalgyçlara geljek suwuň harjynyň hasaby

Eger garym teýgum suwlaryň gatlagyny doly kesip geçýän bolsa oňa iki tarapdan akyp geljek suwuň harjy (Q) şeýle formula bilen kesgitlenýär (26-njy surat):

$$Q = \frac{K \cdot B(H^2 - h^2)}{R} \quad (14.17)$$

bu ýerde

B – garymyň uzynlygy; beýleki görkezijiler 25-nji surat boýunça düşnükli.

15. GURLUŞYK SUW PESELDIŞINIŇ HASABY ("ULY GUÝY" USULY)

15.1. Umumy kadalar

Düýpli gurluşyga degişli islendik desga ýa-da bina gurlanda, olaryň binýady ýeriň ýüzünden 0,5 – 4,0 m çuňlukda ýerleşdirilýär (käte ondan hem çuňrak).

Käbir ýerasty desgalar üçin binýadyň dabany onlarça metr aşakda, şol sanda ýerasty suwlaryň derejesinden aşakda bolup bilýär. Bu şertlerde gurluşyk başlanmazýndan ozal ýerasty suwlaryň derejesini peseltmeli bolýar. Peseldiş işini başlamazdan öň şol peseldişiň gidrogeologik hasabyny geçirmek zerurdyr.

Bu hasapda şu soraglar çözülmeli:

- 1) Meýdan boýunça suwuň derejesini zerur çuňluga çenli peseltmek üçin **näçe** guýy gazylmaly?
- 2) Ol guýularyň diametrleri we çuňluga nähili bolmaly?
- 3) Ol guýularda haýsy nasoslar oturdylmaly?
- 4) Suw sorduryşda çykarylýan suwuň umumy harjy näçe bolmaly?
- 5) Hemişelik harç bilen geçirilýän suw sorduryşda suwuň peselişiniň zerur çuňlugyna **näçe wagtdan ýeter?**
- 6) Suw zerur çuňluga näçe wagtda peseler?

Suw peseldişiň hasabynyň yzygiderliligi şeýle geçirilýär.

15.2. Getirilen radiusy (r_0) kesgitlemek (3 pursat üçin).

Köplenç gurluşyk hendekleri gönüburçly bolýarlar, ýa-da belli keşpsiz bolýarlar. Guýa gelýän suwuň mukdary bolsa Dýupýuiniň formulasy boýunça tegelek şekil üçin niýetlenýär. Şol sebäpli gurluşyk hendeginiň islendik şekili tegelek şekile getirmeli bolýar. Şol tegelegiň radiusyna **"getirilen radius"** diýilýär (r_0).

$$r_0 = \frac{A+B}{4} \cdot \eta; \quad \eta = f\left(\frac{B}{A}\right);$$

$$\frac{B}{A} = 0,73, \quad \text{Onda}$$

$$\eta = 1,18; \quad r_0 = 1,18 \frac{30+22}{4} = 15,3m$$

B, A – suwuň peseldilmeli ýeriniň ini, boýy, m.

η – gurluşyk hendeginiň ininiň boýuna gatnaşygyna bagly koeffisiýenti. Ol koeffisiýent ýörite tablisa boýunça kesgitlenýär. Biziň mysalymyzda $\eta = 1,18$

2. Sorduryş dowamlylygynda täsir radiusynyň üýtgeýän ululygyny kesgitlemek

$$R = \sqrt{r_o^2 + \frac{2 \cdot K \cdot t \cdot H_P}{\mu}}; \quad (15.1)$$

bu ýerde: R – täsir radiusy, m;

$\overline{K} = 0,69$ m/g-g K – süzülme koeffisiýenti, m/g-g;

t – wagt birligi, g-g;

$60-1,5 = 58,5$ m H_P – suwly gatlagyň galyňlygy, m;

μ – suwberijilik, b.ü.

S – hendegin ortasynda pese düşürilmeli çuňluk, (16,2m).

Suwberijiligi Betsinskiň formulasy boýunça kesgitleýäris: $\mu = 0,117\sqrt[3]{\overline{K}};$

$$\mu = 0,117\sqrt[3]{0,69} \approx 0,1 \text{ m/g-g.}$$

t = 10 g-g:

$$R_{10} = \sqrt{r_o^2 + \frac{2 \cdot K \cdot t \cdot H_p}{\mu}} = \sqrt{15,3^2 + \frac{2 \cdot 0,69 \cdot 10 \cdot 58,5}{0,1}} = 91m;$$

t = 15 g-g:

$$R_{15} = \sqrt{15,3^2 + \frac{2 \cdot 0,69 \cdot 15 \cdot 58,5}{0,1}} = 111m;$$

t = 20 g-g:

$$R_{20} = \sqrt{15,3^2 + \frac{2 \cdot 0,69 \cdot 20 \cdot 58,5}{0,1}} = 128m.$$

(2). 3 pursat üçin kesgitlenen R üçin Dýupýuiniň formulasy boýunça umumy harçlary (Q_t) hasaplaýarys:

$$Q = \frac{(2H - S) \cdot S \cdot \pi \cdot K_{\hat{o}}}{\ln R - \ln r} = \frac{1,36 \cdot K \cdot (2H - S) \cdot S}{\lg R / r}; \quad (15.2)$$

S – derejäniň pese düşürilmeli ýeriniň ortasynda; $R = 91$ m; $r = 15,3$ m.

$$\Delta t_1 = 10 \text{ g-g}; \quad \Delta t_2 = 15 \text{ g-g}; \quad \Delta t_3 = 20 \text{ g-g}$$

$$Q_{10} = \frac{1,36 \cdot 0,69 \cdot (2 \cdot 58,5 - 16,2) \cdot 16,2}{\lg 91 / 15,3} = \frac{0,9384 \cdot 100,8 \cdot 16,2}{\lg 5,9477} = \frac{1532,37}{0,7744} = 1978 \text{ m}^3/\text{g-g}$$

$$Q_{15} = \frac{1532,4}{\lg 111/15,3} = \frac{1532,4}{0,8607} = 1780 \text{ m}^3/\text{g-g.}$$

$$Q_{20} = \frac{1532,37}{\lg 128/15,3} = \frac{1532,4}{\lg 8,366} = \frac{1532,4}{0,9226} = 1661 \text{ m}^3/\text{g-g.}$$

Biz dürli wagt aralygy Δt üçin hendege geljek (gelmeli) suwuň harjyny tapdyk

15.3. Jemi çykarylmalý suwlaryň we her guýa geljek suwuň hasaby

Indi her guýa (skwažina) geljek suwy Dýupýuiniň formulasy (15.2) boýunça tapýarys:

$$q_t = \frac{1,36 \cdot K \cdot (2H - S_g) \cdot S_g}{\lg R / r},$$

(15.3)

bu ýerde: $H = 58,5 \text{ m}$;
 S_g – guýudaky peseliş = $25,5 \text{ m}$;
 R – peseliş radiusy, m;
 r_g – guýynyň radiusy $r_g = 0,5 \text{ m}$

$$q_{10} = \frac{1,36 \cdot 0,69 \cdot (2 \cdot 58,5 - 25,5) \cdot 25,5}{\lg 91/0,5} = \frac{0,9384 \cdot 2333,25}{\lg 182} = \frac{2189,52}{2,2601} = 969 \text{ m}^3/\text{g-g}$$

$$q_{15} = \frac{2189,5}{\lg 111/0,5} = \frac{2189,5}{\lg 222} = \frac{2189,5}{2,3464} = 933 \text{ m}^3/\text{g-g}$$

$$q_{20} = \frac{2189,5}{lg\,128/0,5} = \frac{2189,5}{2,4082} = 909 \text{ m}^3/\text{g-g}$$

15.4. Suwpeseldiş guýusynyň konstruksiýasyny kesgitlemek

Guýynyň diametri

$$D = D_f + 2t = 0,400 + 2 \cdot 0,300 = 1,0 \text{ m},$$

bu ýerde:

D_f - süzgüjiň diametri = 0,400 m;

t – sepilen çagylyň galyňlygy ≈ 300 mm (tejribe esasynda).

Guýynyň çuňlugy şeýle kesgитlenýär:

$$H_{skw} = h_{st} + S_c + B + H_{nac} + H_{omc} = 40m$$

(15.4)

bu ýerde

h_{st} – ýerasty suwlaryň tebigy ýatýan çuňlugy = 1,5 m;

S_c – guýudan peseliş = 25,5 m

B – nasosyň yrga derejesiniň aşak düşürilişi = 6,16 m

H_{nac} – nasosyň uzynlygy = 1,84 m

H_{omc} – durlagýç = 5,0 m

Süzgüjiň L_f uzynlygy şeýle kesgитlenýär:

$$L_f = \frac{2q_g}{65 \cdot \pi \cdot d \cdot \sqrt[3]{K}} = \frac{2 \cdot 484}{65 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot \sqrt[3]{0,69}} = 13,4m$$

(15.5)

bu ýerde

q_g – guýynyň çykymy ЭЦБ 8-25-70 nasos üçin $q_g = 484 \text{ m}^3/\text{g-g}$;

d – süzgüjiň diametri, $d = 0,4 \text{ m}$;

K – ortaça süzülme koeffisiýenti $\overline{K} = 0,69 \text{ m/g-g}$.

Her süzgüç $3,1 \text{ m}$ deň bolansoň **aňry ýany bilen** $L_f = 6$ seksiya $\cdot 3,1 = 18,6 \text{ m}$ diýip alýarys.

15.5. Suwpeseldiji guýularyň sanyny kesgitlemek

1 guýynyň çykymy $q_{10} = 969 \text{ m}^3/\text{g-g} = 40,3 \text{ m}^3/\text{sag}$. ЭЦБ 8-25-70 nasosyň öndürjiligi $25 \text{ m}^3/\text{sag}$. bolany sebäpli suw sordurylýan guýynyň sanyny 2 esse köpeldýäris, ýagny $q_{10} = 969 \text{ m}^3/\text{g-g} : 2 = 484 \text{ m}^3/\text{g-g} = 20,2 \text{ m}^3/\text{sag}$. bu bolsa nasosyň öndürjiligine gabat gelýär.

$$- \quad t = 10 \text{ g-g} - n_{sk} = \frac{Q_{10}}{q_{10}} = \frac{1978}{484} = 5 \text{ skw.}$$

$$- \quad t = 15\text{-nji g-g} - n_{sk} = \frac{Q_{15}}{q_{15}} = \frac{1780}{484} = 4 \text{ skw.}$$

$$- \quad t = 20\text{-nji g-g} - n_{sk} = \frac{Q_{20}}{q_{20}} = \frac{1661}{484} = 3,4 \text{ skw.}$$

Eger ýerasty desga (tonnel) gazylan wagty galkan toplumyny (щитовой комплекс) ulanmak arkaly geçirilýän bolsa şit ulgamyny çykarmak we girizmek üçin bu ýerde ýene guýularyň sanyny 2 esse köpeldýäris: iň köp sany $5 \cdot 2 = 10$ guýy diýip alýarys

15.6. Berlen nokatda suwuň derejesiniň peselişini kesgitlemek.

Peseldiş guýularynyň sanyny, öndürijiligini, ýerleşişini kesgitlenenden soň hasap nokadynda her i -nji guýynyň peselişi (jemi görnüşinde) barlap görýäris:

$$S = \sum S_i$$

Eger $\frac{r^2}{4at} \leq 0,05 - 0,1$ aralygynda bolsa [“Справ. пособ. гидрогеолога” (XI-22)], onda

$$S_i = \frac{q_s}{4 \cdot \pi \cdot K \cdot H} \ln \frac{2,25at}{r^2} \quad (15.6)$$

bu ýerde

S_i – guýudan r aradaşlyk nokatda peseliş;

a – dereje geçiriji koeffisiýent, $\text{m}^2/\text{g-g}$;

t – sorduryş başlandan soňky geçen wagt.

Goý hasap nokady henдеgiň gyrasynda ýerleşen N nokady bolsun. Onda 20 g-g-den soň: $r_1 = r_2 = 27 \text{ m}$; $r_2 = r_3 = 15 \text{ m}$; $r_5 = r_6 = 12 \text{ m}$ (degişli guýularyň şol nokatdan aradaşlygy).

a) Ilki bilen 1, 2 guýulary barlalyň $t = 20 \text{ g-g}$.

$$X_{1,2} = \frac{r^2}{4at} = \frac{27^2}{4 \cdot 403 \cdot 20} = 0,023 < 0,05, \quad \text{ýagny}$$

şerte laýyk

$$\text{bu ýerde } a = \frac{K \cdot H}{\mu} = \frac{0,69 \cdot 58,5}{0,1} = 403 \text{ m}^2/\text{g-g}.$$

$$S_{1,2} = \frac{q_c}{4\pi \cdot K \cdot H} \ln \frac{2,25at}{r^2} = \frac{484}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,69 \cdot 58,5} \ln \frac{2,25 \cdot 403 \cdot 20}{27^2} = 3,07 \text{ m.}$$

b) 3, 4 guýularyň täsiri bilen N nokatda

$$X_{3,4} = \frac{r^2}{4at} = \frac{15^2}{4 \cdot 403 \cdot 20} = 0,007 < 0,05, \quad \text{ýagny}$$

şerte laýyk

$$S_{3,4} = \frac{q_c}{4\pi \cdot K \cdot H} \ln \frac{2,25at}{r^2} = \frac{484}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,69 \cdot 58,5} \ln \frac{2,25 \cdot 403 \cdot 20}{15^2} = 4,19$$

m

c) 5, 6 guýularyň täsiri bilen N nokatda

$$S_{5,6} = \frac{q_c}{4\pi \cdot K \cdot H} \ln \frac{2,25at}{r^2} = \frac{484}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,69 \cdot 58,5} \ln \frac{2,25 \cdot 403 \cdot 20}{12^2} = 4,61 \text{ m}$$

Şeýlelik bilen N nokatda 6 gýynyň bir wagtda işlemegi bilen suwuň derejesi:

$$\sum S_N = 3,07 \cdot 2 + 4,19 \cdot 2 + 4,61 \cdot 2 = 23,7,$$

ýagny suwuň derejesiniň peselişi gereginde (16,2m) artýar. Bu bolsa hasabyň dogry geçirilendigine güwä geçýär.

Netije

Geçirilen hasaplamalar boýunça $19,77\text{m} \times 15,24\text{m}$ hendek (kotlowan) 16,2m çuňluga peseltmek üçin 10 sany çuňlugy 40m bolan we çykymy $q_c = 484 \text{ m}^3/\text{g-g}$ ($20,2 \text{ m}^3/\text{sag}$) bolan guýy (skw) ýeterlik.

Skwažinanyň diametri 1000 mm, süzgüç $d = 273 \text{ mm}$, nasos ЭЦВ 8-25-70 kysymly, 33,0 – 35,0 m çuňluk aralygynda oturdylan.

Gerek netije 10 sany skwažinanyň 20 g-g-läp durman işlemegi zerurdyr BCH-127-77 laýyklykda taslama boýunça 20%, ýagny 2 skwažina goşmaça ätiýaçlyk üçin burawlanyp gurnalyp goýulmalydyr.

16. SUWLY GATLAKLARYŇ GIDROGEOLOGIK GÖRKEZIJILERINI KESGITLEMEK

16.1. Gidrogeologik görkezijileriň kesgitleniş usullary

Gatlakdan süzülip geçjek suwuň guýa, skwažina, gurluşyk hendegine süzülip geljek suwuň harjyny kesgitlemek zerurlygy dörände islendik formula ulanylanda-da hasap üçin zerur gidrogeologik görkezijileri hökmünde gatlaklaryň (gatlaryň, gatlaklar toplumynyň) süzülme koeffisiýenti (K) we suw çykaryjy desganyň täsir radiusy (R) hyzmat edýärler. Şol sebäpli bu görkezijileriň köp dürli kesgitleniş usullary bardyr.

Süzülme koeffisiýentiniň takmyny bahasyny sebitleýin ýa-da ýerli düzülen tablisalardan käte çägeler üçin zire düzüminde agdyklyk edýän parçanyň diametrine esaslanan ýasama (empirik) formulalaryň üsti bilen kesgitlenýär. Tejribe usullary iki topara bölünýär: laboratoriya we meýdan usullary.

Laboratoriýa şertlerinde çägesow-toýunsow jynslaryň süzülme koeffisiýentlerini çalt, aňsat, arzan kesgitläp bolýar. Emma tejribe üçin alynýan nusganyň möçberiniň kiçiligi, nusga alnanda, daşalanda teýgumuň tebigy durkunyň belli derejede bozulýanlygy sebäpli takyklyk ýokary derejä ýetmeýär. Usulyň sadalygy bu kemçiligi ýeňip geçmek üçin tejribe synaglaryny öwran-öwran gaýtalap geçmäge mümkinçilik berýär. Bu bolsa säwlikleriň belli bölegini azaltmaga ýardan berýär.

Çägelerde laboratoriyada geçirilýän tejribeler durnukly geçirilýän bolsa Darsiniň synaglaryna çalymdaşdyr (27-nji surat). F kese kesikli çägäniň nusgasyndan süzülip geçýän suwuň dyňzawyny (ΔH) Π_1 we Π_2 turbajyklar arkaly gerek ululykda üýtgedip bolýar.

Gumbaýrakda, topurda süzülme synagyny süzülme-kompressiýa abzalynda, ýagny basyş astynda (28-nji surat) geçirilýär. Bu abzalda barlanýan nusganyň suw süzdürijiligine

baglylykda zerur dyňzaw gradiýentini sadaja turbajyklar we şlanga arkaly berip bolýar.

Emma suwly gatlagyň süzülme koeffisiýentini kesgitlemegiň iň ygtybarly we takyk usuly – suw sorduryş synaglarydyr. Ol synagyň beýany indiki bölümçede berler.

Dürli formulalara girýän täsir radiusy suw sorduryşda guýynyň töwereginde emele gelýän peseliş guýujynyň keşbiniň üsti bilen suwly gatlagyň süzülme koeffisiýentine baglydyr (29-njy surat). Gatlagyň süzülme koeffisiýenti, suwberijiligi uly bolsa peseliş (S) az bolýar, emma täsir radiusy uly bolýar. Emma täsir radiusyny ýokary takyklyk bilen kesgitlenilmeli bolsa suw çykarýan guýynyň gapdalyndan hatara düzülen birnäçe gözegçilik guýulary gazylýar (30-njy surat). Eger täsir radiusyny çäkli takyklyk bilen kesgitlemek ýeterlik bolsa, onda ol peselişiň (S), süzülme koeffisiýentiniň (K), suwly gatlagynyň üsti bilen Kusakiniň formulasy boýunça hasaplanyp bilner:

$$R = 2S\sqrt{H \cdot K}.$$

16.2. Suw sorduryşyň görnüşleri

Howaly zolakda süzülme koeffisiýentini (K) suw guýuş synaglary bilen kesgitlenilýänligi öň bellenipdi.

Süzülme koeffisiýentini suwly gatlakda kesgitlemegiň iň ygtybarly usuly – suw sorduryş synagydyr.

Dowamlylygy, şol sanda ygtybarlylygy boýunça suw sorduryş synaglary:

suwçalşyk (прокачки) suwsorduryşy

synag (пробные) suwsorduryşy

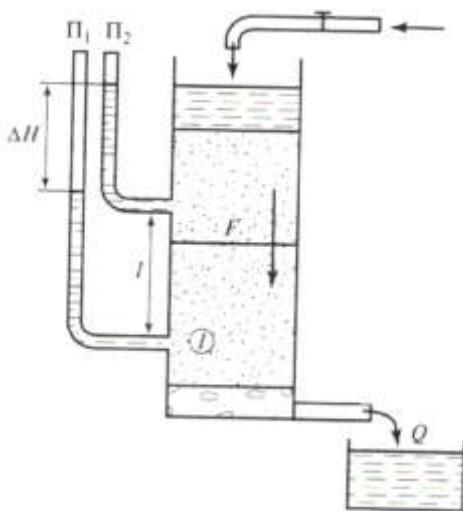
tejribe (опытные) suwsorduryşy görnüşinde bolup geçýär.

Suwçalşyk – barlag guýulary burawlanýan wagty guýynyň içinden buraw ergini bilen garyşyk suwy aýrylandan

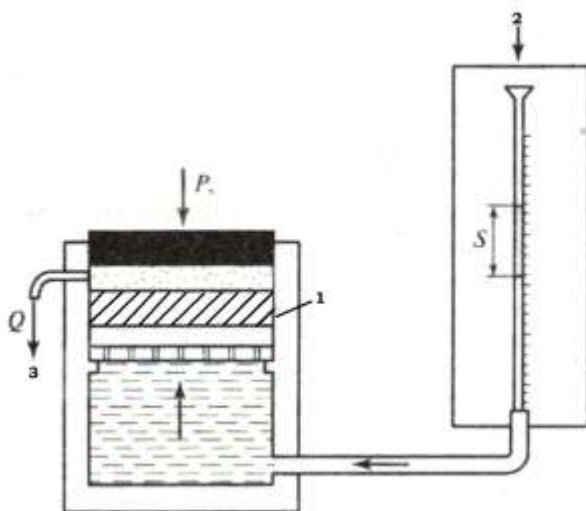
- 1) guya gelen täze tebigy suwdan nusga alyp bolýar;
- 2) suwuň tebigy derejesiniň dikelişi yzygiderli

ölçelip **K** – hakda takmyny maglumat alynýar. Bu maglumat guýynyň dik kesiminde haýsy çuňluk aralygynyň has ýokary suw süzdürijiliginiň barlygyny görkezýär.

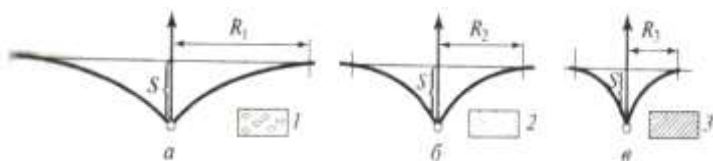
- ölçelip \mathbf{K} – hakda takmyny maglumat alynýar. Bu maglumat guýynyň dik kesiminde haýsy çuňluk aralygynyň has ýokary suw süzdürijiliginiň barlygyny görkezýär.



1 – synag geçirilýän çäge; **F** – nusganyň kese kesigi; **Π_1** we **Π_2** – suwdan doýgun çägede dyňzaw gradiýentini döredýän turbajyklar; **ΔH** – süzülýän suwuň giriş we çykyş nokatlarynyň arasyndaky dyňzaw tapawudy



28-nji surat. Gumbaýrakda we topurda süzülme koeffisiýentiniň basyş astynda kesgitlenişi
1 – topur; 2, 3 – suwuň girýän we çykýan ýerleri



29-njy surat. Birmeňzeş peselişde (S) dürli düzümlü dag jynslarynda täsir keýesiniň (radiusynyň) keşpleri:
1 – öwnuk çagyl; 2 – çäge; 3 – gumbaýrak; süzülme koeffisiýentiniň (K) we suwberijiligiň (μ) bahalarynyň kiçeldigiçe täsir radius azalýar we tersine

Synag suwsorduryşy süzülme koeffisiýentiniň bahasyny kesgitlemekde ulanylýar. Dowamlylyk 0,5 – 2 g-g.

Suw sorduryşyň iň takygy diýlip **tejribe** suw sorduryşlary hasaplanýar. Bu synaglar ýalňyz guýuda ýa-da guýular toplumynda ýörite ýasalan süzgüç sütüniniň daşyna çagyl-jyglym sepgisi guýlup geçirilýär. Peseliş 1-2 sany, dowamlylyk 2-12 g-g. Tejribe – ulanyş guýularynda suw sorduryş synagy 40 güne çenli dowam edip bilýär.

16.3 . Ýalňyz guýuda suw sorduryş synaglary

Synag guýusy ýörite ýasalan süzgüç (çöwlik) bilen üpjün edilýär. Süzgüç dürli görnüşde bolýar (torly, simsaralgy, sebetli we ş.m.). Süzgüç üçin ulanylan turbanyň deşikleriniň ini, sany, gürlügi, sepginiň zire düzümi ýörite kadalar boýunça kesgitlenýär (24-nji surat).

Suw sorduryş durnukly harja (Q) ýetilenden soňra süzülme koeffisiýenti (K) (16.1) formula boýunça hasaplanýar.

$$K = \frac{0,73 \cdot Q \cdot (\lg R - \lg r)}{(2H - S) \cdot S} \quad (16.1)$$

bu ýerde

R – suw sorduryşyň täsir radiusy, m;

r – skwažinanyň radiusy, m;

H – suwly gatlagyň galyňlygy, m;

S – peseliş, m.

Suw sorduryş synagy şol bir peselişde Q durnukly baha geçýänçä dowam edýär.

Täsir radiusyny (R) gözegçilik guýulary burawlanmadyk ýagdaýda Kusakiniň formulasy bilen hasaplap bolýar: $R = 2S\sqrt{H \cdot K}$

K näbelli şertde peseliş oýtumynyň, radiusynyň tablisa bahalaryny ulanyp bolýar. Peseliş egrisiniň radiusy çägyldan çägä, çägeden topura we ş.m. azalýar, ýagny $R_{\text{çagyl}} > R_{\text{çäge}} > R_{\text{topur}}$ we ş.m.

Eger $S = 5$ m bolsa R (täsir radiusy): ownuk çägede – 50 - 100m;

aram möçberli çägede – 100 - 200m;

iri çägede – 200 - 400m;

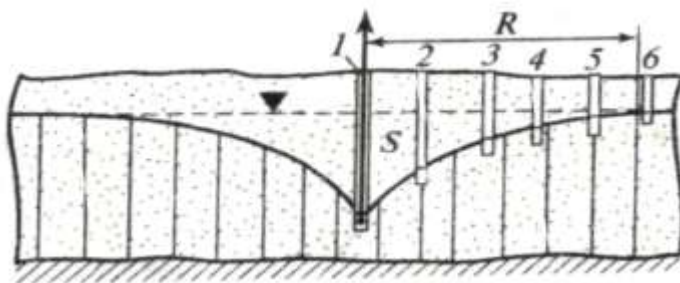
daşly çäge, çagyl, jyglym,

örän jaýryk jynslar ≥ 400 – 600m.

Emma täsir radiusyny (R) hasaplamak kyn we takmyny bolýar. Şonuň üçin täsir radiusyny we süzülme koeffisiýentini synag guýular toplumynda kesgitlemek amatly.

16.4. Toplumlaýyn suw sorduryş synaglary

Toplumlaýyn suw sorduryşda 1-guýy (merkezi) suw sordurmak üçin, birnäçe guýy – suwuň derejesiniň üýtgewine gözegçilik etmek üçin ulanylýar. Gözegçilik guýular birhatar, iki hatar, burçly we atanaklaýyn ýerleşdirilýär. Iň köp ulanylýany 1 merkezi we bir hatarda 2 gözegçilik guýusy, emma olaryň sany köp hem bolup bilýär (30-njy surat).



30-njy surat. Suw sorduryş synaglarda gözegçilik guýularynyň kömegi bilen täsir radiusynyň takyk kesgitlenilişi

1 – suw sordurylyp çykarylýan (merkezi) skwažina;

2-6 – gözegçilik skwažinalary

Bu usulda gözegçilik guýularynyň diametrleri kiçi, emma süzgüji merkezi guýynyň süzgüjiniň gabadynda gurnalýar ($D_M = 268\text{mm}$ $d_g = 108\text{mm}$ we ş.m.).

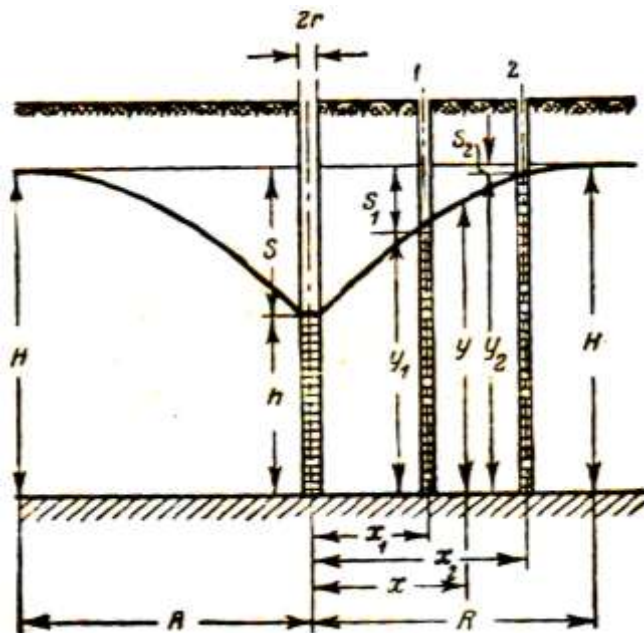
Süzülme koeffisiýenti (K) bu usulda şeýle formula boýunça hasaplanýar:

$$K = \frac{0,73 \cdot Q \cdot (\lg X_2 - \lg X_1)}{(2H - S_1 - S_2) \cdot (S_1 - S_2)}, \quad (16.2)$$

bu ýerde

X_1 we X_2 merkezi guýudan 1-nji we 2-nji gözegçilik guýulara çenli aralyk, m (31-nji surat);

S_1 we S_2 – 1-nji we 2-nji gözegçilik guýularynda ýerasty suwlaryň derejeleriniň peselişi, m.





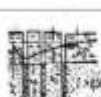
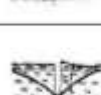


31-nji surat. Guýular toplumyndan suw sorduryş synagy
 h – merkezi guýuda suwuň galyňlygy; y_1 we y_2 – birinji we ikinji gözegçilik guýularynda suwuň galyňlygy; H – suwly gatlagyň galyňlygy; x_1 we x_2 – birinji we ikinji gözegçilik guýularynyň merkezi guýudan aradaşlygy; R – täsir radiusy








Dürli gidrogeologik we tehniki şertlerde geçirilen suw sorduryş synaglarynyň netijeleri boýunça suwly gatlagyň süzülmä koeffisiýentlerini kesgitlemek üçin hödürlenýän formulalar we ol şertleri düşündirýän shemalar 6-njy we 7-nji tablisalarda berilýär.

6-njy tablisa

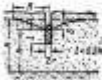


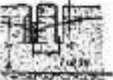




Dürli gidrogeologik we tehniki şertlerde geçirilen suw sorduryş synaglarynyň netijeleri boýunça suwly gatlagyň süzülme koeffisiýentini kesgitlemek üçin hödürlenýän formulalar [20]

Shema	Formula	Awtor	Goşmaça maglumatlar
1	2	3	4
1. Artezian guýularda (NN 1-15)			
	$s = \frac{QWQ}{4\pi} \ln \frac{R}{r}$	Girinskiý	Süzgüç (güňgüň) howabende ýerip hereketler
	$s = \frac{QWQ}{4\pi} \ln \frac{1.07}{r}$	Babuşkin	
	$s = \frac{QWQ}{\gamma(H_0 - H_0)} \left(\ln \frac{R}{r_0} - \ln \frac{r}{R_0} \right)$	Girinskiý	
	$s = \frac{QWQ}{\gamma(H_0 - H_0)} \left(2.3 \lg \frac{R}{r} - \ln \frac{r}{R_0} \right)$	Girinskiý	
	$s = \frac{QWQ}{\gamma H_0} \ln \frac{1}{R_0}$	Girinskiý	Gözegçilik guýasynyň süzgüç synag guýasynyň çöwkliginiň möhümdäki beýanaty
	$s = \frac{QWQ}{\gamma(H_0 - H_0)} \left[\ln \frac{1}{R_0} - \ln \frac{r}{R_0} - \frac{1}{H} \left(\ln \frac{H}{r_0} - \ln \frac{H}{R_0} \right) + 2.3 \lg \frac{R}{r} \right]$	Nasberg	
	$s = \frac{QWQ}{4\pi} \ln \frac{R}{r}$	Girinskiý we Babuşkin	Süzgüç sewli gatlagyň orta arasynda










6-njy tablisanyň dowamy

1	2	3	4
	$\lambda = \frac{0,8Q}{T(\lambda_1 - \lambda_2)} \left(\sinh \frac{l}{\lambda_1} - \sinh \frac{l}{\lambda_2} \right)$	Bolshukin we Girinskiy	$M \gg 1$ we $C < 1,5$
	$\lambda = \frac{0,8Q}{T(\lambda_1 - \lambda_2)} \left(4,3 \lg \frac{0,8Q}{r} - \sinh \frac{l}{\lambda_1} \right)$ $\lambda = \frac{0,8Q}{\lambda_1} \sinh \frac{l}{\lambda_1}$	Bolshukin we Girinskiy	$M \gg 1$ $C < 1,5$ stizgijärin merkezleri gabat
	$\lambda = \frac{0,8Q}{T(\lambda_1 - \lambda_2)} \left[\left(\sinh \frac{0,8Q}{\lambda_1} + \sinh \frac{0,8Q}{\lambda_2} \right) - \left(\sinh \frac{0,8Q}{\lambda_1} + \sinh \frac{0,8Q}{\lambda_2} \right) \right]$	Girinskiy	
	$\lambda = \frac{0,8Q}{T(\lambda_1 - \lambda_2)} \left[4,3 \lg \frac{0,8Q}{r} - \left(\sinh \frac{0,8Q}{\lambda_1} + \sinh \frac{0,8Q}{\lambda_2} \right) \right]$	Girinskiy	
	$\lambda = \frac{0,8Q}{T(\lambda_1 - \lambda_2)} \left[\left(\sinh \frac{0,8Q}{\lambda_1} + \sinh \frac{0,8Q}{\lambda_2} \right) - \left(\sinh \frac{0,8Q}{\lambda_1} + \sinh \frac{0,8Q}{\lambda_2} \right) \right]$	Bolshukin	Suzgijärin ýerleşäi dawa boýunça
	$\lambda = \frac{0,8Q}{2\lambda_1} \left(\sinh \frac{0,8Q}{\lambda_1} - \sinh \frac{0,8Q}{\lambda_2} \right)$	Bolshukin	gözegçilik peýzajyňyň stizgijärin ýolaryň aralygynyň deňg. dır
	$\lambda = \frac{0,8Q(0,8Q - 0,8Q)}{0,8Q} \sqrt{\frac{0,8Q}{r}} \sqrt{\frac{0,8Q}{0,8Q}}$	Zamarin- Forhgeýmer	Mi 7-njy tablis boýunça kugijärin









6-njy tablisanyň dowamy

Schema	Formula	Awtor	Goşmaça maglumatlar
1	2	3	4
Süzgüji teýgum suwly gatlagyna doly girizilmedik guýular			
	$s = \frac{8,75Q}{S} \left(\frac{1-s}{\frac{r}{R} + \frac{1}{0,001}} \right)$	Babuşkin	
	16		
	$s = \frac{8,16Q}{2(S_1 - S_2)} \left(\sinh \frac{r}{R_1} - \sinh \frac{r}{R_2} \right)$	Girinskiý	$r^* = 0,0,5(S_1 - S_2)$ we $X_1 = 0,3X_2$
	17		
	$s = \frac{8,16Q}{2(S_1 - S_2)} \left(2,303 \frac{1,82}{r} - \sinh \frac{r}{R_1} \right)$	Girinskiý	$r^* = 0,0,5(S_1 - S_2)$
	18		
	$s = \frac{0,16Q}{2S_1} \sinh \frac{r}{R_1}$	Babuşkin Girinskiý	$r^* = 0,0,5(S_1 - S_2)$
	19		
	$s = \frac{1,7Q \lg \frac{R}{r} \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}}{R_1^2 - R_2^2} \sqrt{\frac{R_2}{R_1} \frac{1}{S_2 - 1}}$	Zamatin Fotseget'ser	Hi 7-nji tablica boýunça kesgitleneli munasab H ₀ H ₁
	20		
	$s = \frac{0,73 \lg \frac{R}{r} \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}}{(R_1^2 - R_2^2) \sqrt{S_2 - 1}} \sqrt{\frac{R_2}{R_1} \frac{1}{S_2 - 1}}$	Zamatin Fotseget'ser	Hi 7-nji tablica boýunça kesgitleneli munasab H ₀ H ₁
	21		
	$s = \frac{7,35Q \lg \frac{R}{r} \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}}{H_0 S}$	Dobrowolskiý	
	22		
	$s = \frac{(0,002 \lg \frac{R}{r} \sqrt{\frac{R_2}{R_1}})}{(\frac{R_1}{S_1} - \frac{R_2}{S_2} - \frac{1}{S_1} - \frac{1}{S_2})}$	Dobrowolskiý	
	23		

6-njy tablisanyň dowamy

Shema	Formula	Awtor	Goşmaça maglumatlar
1	2	3	4
Süzgüç dynzawşyň suwly gatlagy dolý gürizilen			
	$s = \frac{Q \cdot \eta}{2 \pi (K - K_0) \left(\ln \frac{r}{r_0} - \ln \frac{r_0}{r_1} \right)}$	Gidraliý	Formula täkany $\eta = 0,5(1-92)$
24			
	$s = \frac{Q \cdot \eta}{2 \pi K} \ln \frac{r_0}{r_1}$	Babakin	Formula täkany
25			
	$s = \frac{Q \cdot \eta}{2 \pi (K - K_0) \left(\ln \frac{r}{r_0} - \ln \frac{r_0}{r_1} \right)}$	Babakin	Formula täkany
26			
	$s = \frac{Q \cdot \eta}{2 \pi (K - K_0) \left(\ln \frac{r}{r_0} - \ln \frac{r_0}{r_1} \right)}$	Babakin	Formula täkany
27			
	$s = \frac{Q \cdot \eta}{2 \pi K} \ln \frac{r_0}{r_1}$	Babakin	
28			
	$s = \frac{Q \cdot \eta \cdot K \cdot F - Q \cdot \eta}{2 \pi (K + K_0)}$	Dohnowskiý	Skalaňanowiciň düzedişi bilen
29			
	$s = \frac{Q \cdot \eta}{2 \pi K} \ln \frac{r_0}{r_1}$	Girinskiý we Babuşkin	Süzgüç suwly gatlagyň ortasynda
30			
	$s = \frac{Q \cdot \eta}{2 \pi (K - K_0) \left(\ln \frac{r}{r_0} - \ln \frac{r_0}{r_1} \right)}$	Girinskiý we Babuşkin	Süzgüç suwly gatlagyň ortasynda
31			
	$s = \frac{Q \cdot \eta}{2 \pi (K - K_0) \left(\ln \frac{r}{r_0} - \ln \frac{r_0}{r_1} \right)}$	Girinskiý we Babuşkin	Süzgüç suwly gatlagyň ortasynda
32			

6-njy tablisanyň dowamy

Shema	Formula	Awtor	Göşmaça maglumatlar
1	2	3	4
	$s = \frac{0.002}{F(1-2)} \left[\cos \frac{1.6r}{r} - \left(\cos \frac{0.6r}{h_1} + \sin \frac{0.6r}{h_1} \right) \right]$	Girinskiý	$r \approx 0.5(51-67)$
	$s = \frac{0.002}{F(h_1 - h_2)} \left[\cos \frac{0.6r}{h_1} + \sin \frac{1.6r}{h_1} \right] - \left[\cos \frac{0.6r}{h_2} + \sin \frac{1.6r}{h_2} \right]$	Girinskiý	$r \approx 0.5(31-32)$
	$s = \frac{0.002}{F(1-2)} \left[\cos \frac{r}{h_1} - \sin \frac{r}{h_1} - \left(\cos \frac{r}{h_2} - \sin \frac{r}{h_2} \right) - \frac{2.2r}{h_1} \ln \frac{h_1}{h_2} \right]$	Nashberg	Formula takmyny $r \approx 0.5(51-52)$
	$s = \frac{0.002}{(1-0.3)} (1.6r - \ln r)$	Skabellanowicz	
	$s = \frac{0.002}{(1-2)} \left[\ln \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2} \right]$	Skabellanowicz	
	$s = \frac{0.002}{(1-2)} \left[\ln \frac{h_1 + h_2}{h_1 - h_2} \right]$	Skabellanowicz	
	$s = \frac{0.002}{F} \left(\cos \frac{2.2}{h_1} - \sin \frac{2.2}{h_1} \right)$	Babuşkin	Formula takmyny, gözegçlik guýalarynyň süzgüji sowabendiniň üstünde.
	$s = \frac{0.002}{F} \ln \frac{1}{r}$	Babuşkin	Eger $C > \frac{1}{\ln \frac{1}{r}}$ bolsa $C < (2.0-3.0) \text{ m}$

Kämil däl guýynyň düýbi ýapyk, emma diwarlary süzdüriji bolan şertde Y.A.Zamarininiň (20) hödürleýän usuly boýunça suwly gatlagyň işjeň zolagynyň galyňlygyny (H_a) guýynyň diwarynyň süzdürýän böleginiň uzynlygynyň (L) we peselişiň (s) jemine bagly bolýar (7-nji tablisa).

7-nji tablisa

Kämil däl guýuda suw sorduryşda işjeň zolagyň galyňlygynyň (H_a) peselişe (S) baglylygy (Ý.A.Zamarin boýunça) [20]

Ýerasty suwlaryň derejesiniň peselmegi süzgüjiň uzynlygyna (L) we suw şorduryşdaky suw peselişe (s) baglylykda	Suwly gatlagyň işjeň bölegi (H_a) süzgüjiň uzynlygynyň (l) we suw peselişiň (s) jeminiň ($s+L$) üsti bilen
$S = 0,2 (s+L)$	$H_a = 1,3 (s+L)$
$S = 0,3 (s+L)$	$H_a = 1,5 (s+L)$
$S = 0,5 (s+L)$	$H_a = 1,7 (s+L)$
$S = 0,8 (s+L)$	$H_a = 1,85 (s+L)$
$S = 1,0 (s+L)$	$H_a = 2,00 (s+L)$

17. AKABALARDAN WE SUW OWDANLARYNDAN ÝITGILERIŇ HASABY

17.1. Umumy düşüňjeler

Kanallar we suw howdanlary gurulmazdan öň olarda bolup geçjek suwuň ýitgileri hasaplanýar. Türkmenistanda ýitgileriň belli bölegi, şol sanda ýerasty suwlaryň daş-töwerege zyýanly täsiri, suw howdanlary bilen baglydyr.

Derýa bilen gelýän suwuň artykmaç bölegini bir ýerde toplam, soň ulanmak üçin suw howdanlary gurulýar (Oguzhan, Köpetdag suw howdanlary we başg.). Şol howdanlaryň esasy desgalarynyň biri **bentdir**. Bendiň teýkaryndaky gatlaklaryň suw syzdýrmagy, suwuň ýitgilerine, daş-töweregiň zeýlemegine uly täsir edýär. Bu ýitgileriň mukdaryny öňünden hasaplamak, olary azaltmagyň amatly çärelerini tapmak gidrogeologlaryň wezipeleriniň biridir.

17.2. Howdandaky ýitgileriň hasaplanýş usullary

Eger bendiň düýbi tekiz bolsa, syzyp gitjek ýitgiler N.N.Pawlowskiniň formulasy bilen hasaplanýar:

$$Q = B \cdot K \cdot H \cdot q_N, \text{ m}^3/\text{g-g} \quad (17.1)$$

bu ýerde

B – bendasty ýitgileriň hasaplanylýan böleginiň uzynlygy, m;

K – bendasty jynslaryň süzülme koeffisiýentiniň orta bahasy, m/g-g;

H – dyňzaw (suwuň ýokarky we aşaky býefdäki suwuň derejeleriniň tapawudy);

q_N – getirilen harç, ýagny $H=1$ we $K=1$ bolan şertlerdäki harç (b.ü.),

bu ululyk binýadyň keşbine we teýkardaky suw süzdürýän gatlaklaryň galyňlygyna bagly.

(17.1) formulanyň goşmaça warianty hem bar: Eger teýkardaky suwly gatlagyň (gatlaklar toplumunyň) galyňlygy (L), taslanýan binýadyň ininden (T) köp bolmasa, onda ýitgileriň harjyny G.N.Kamenskiniň takmyny formulasy bilen kesgitläp bolýar:

$$Q = B \cdot K \cdot H \frac{T}{L + T}, \text{ m}^3/\text{g-g} \quad (17.2)$$

Eger bendiň binýady tekiz däl bolsa we teýkary 2 dürli ýa-da ondan hem köp süzdürijilikli jynslardan düzülen bolsa, onda ýitgileriň hasaplanyşy ep-esli çylşyrymlaşýar.

1) Eger bendiň binýadyndan aşakda ýatan teýkar iki gat bolsa we birinji gatlagyň süzülme koeffisiýenti (K_1) we ikinjiniň (K_2) tapawutlary 10 esseden az bolsa $\overline{K} = \frac{K_1 + K_2}{2}$ görnüşde hasaplanýar.

2) Eger K_1 we K_2 –niň tapawudy 10 esseden artsa (Türkmenistanda şeýle şert kân duşýar), hasaplama üçin K başgaça ortalaşdyrylýar:

$$\overline{K}_{\max} = \frac{K_1 \cdot h_1 + K_2 \cdot h_2 + \dots + K_n \cdot h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n}; \quad (17.3)$$

$$\overline{K}_{\min} = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{h_1 / K_1 + h_2 / K_2 + \dots + h_n / K_n}; \quad (17.4)$$

$$K_g = \sqrt{\overline{K}_{\max} \cdot \overline{K}_{\min}}; \quad (17.5)$$

bu ýerde

h_1, h_2, \dots, h_n – bendasty teýkary düzýän gatlaklaryň galyňlygy, m;

K_1, K_2, \dots, K_n – şol gatlaklaryň süzülme koeffisiýentleri;

\overline{K}_{\max} – gatlaklaryň arasynda tygalar bilen ugurdaş süzilmäniň ortaça koeffisiýenti, m/g-g;

\overline{K}_{\min} – gatlaklary dikligine kesýän ugurda ortaça süzülme koeffisiýenti, m/g-g;

K_g – umumy orta geometrik süzülme koeffisiýenti, m/g-g.

3) Getirilen harjy (q_r) tapmak üçin ýörite çyzgyt (grafik) ulanylýar. Ol grafik q_r harjyň T/L ululyga ýa-da T/L' ululyga baglylykda kesgitlenýär (T – bendiň ini, teýkardaky gatlaklaryň galyňlygy).

Eger gatlaklardaky goňşy gatlaklaryň süzülme koeffisiýentleriniň (K_1 we K_2) dürlüligi az bolsa ($K_1 \neq 10K_2$) onda grafik $q_r = f(T/L)$ boýunça alynýar.

Eger dürlülük uly bolsa ($K_1 > 10K_2$), onda grafik $q_r = f(T/L')$ boýunça alynýar, bu ýerde

$$L' = \frac{L}{a} \quad a = \sqrt{\frac{K_{\max}}{K_{\min}}}, \quad (17.6)$$

17.3. Kanaldan süzülip gidýän ýitgileriň hasaby

Süzülme tapgyrlary

Bu soragy ýörite öwrenen S.F.Awerýanow şeýle süzilmäniň 3 tapgyryny belleýär (32-nji surat).

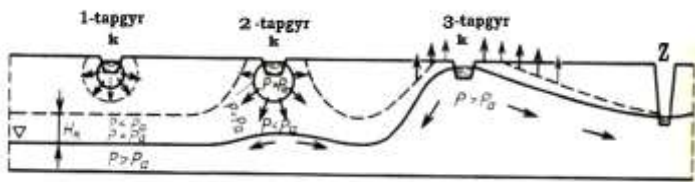
Çuň ýatan ýerasty suwlaryň üstünde gurlan kanaldan syzylma (süzülme) tapgyrlaýyn bolup geçýär.

Erkin süzülme we kapillýar teýgum akymy

1. Erkin süzülme – başgaça bu howaly zolakdaky siňme. Bu hereket 2 görnüşde bolup bilýär: syrygyp siňme we damjalaýyn siňme (“ýerasty ýagys”). Olaryň birinjisi köplenç çägelerde duşýar, ikinjisi topur gatlaklarda (mysal üçin ekinde ösüş suwy berlende).

2. Kapillýar-teýgum akymy

Bu tapgyrda damyp-syrygyp giden suwlar ýerasty suwlaryň derejesine ýetýärler, emma tutuş akym görnüşinde garpyşmaýarlar, ýerasty suwlaryň derejesi birneme ýokary galýar.



32-nji surat. Kanaldan suwuň süzülmesiniň tapgyrlary (S.F.Awerýanow boýunça)

1-birinji tapgyr – erkin siňme – suw öz agramyna we kapillýar güýçleriň täsiri bilen erkin siňýar;

2-ikinji tapgyr – kapillýar-teýgum akymy – teýgum suwlary erkin siňýän suwlaryň kapillýar gaýmasy bilen baglylykda;

3-üçünji tapgyr – bökdençli süzülme (подпертая фильтрация), kanaldan siňýän suwlaryň önünde töwerege akýan teýgum suwly gatlagy bar

Kanaldan suw wagtlaýyn akýan ýerlerinde we ýerasty suwlaryň derejesi çuň bolanda, suwuň derejesiniň ýokary galyşy **çalt** we **uly** bolýar. **Çalt** – 1-2 gün, **uly** kanaldaky suwuň galyňlygyndan 2-3 esse köp (suw 2 m bolsa suwa ýetme 5 m). kanaldaky suwuň ýerasty suwa ýetme wagty $t_1 = H_o \cdot \mu / K_B$, bu ýerde:

H_o – kanalyň düýbündäki suwa çenli aralyk;

$\mu = \theta_{II} - \theta_e \rightarrow$ doly suwsygyň bilen başlangyç çyglylygyň tapawudy;

K_B – nemgeçiş koeffisiýenti (çylşyrymly usulda kesgitlenýär)

Bu şertde 1m uzynlykda kanaldan ýere siňýän suwuň göwrümini (V_f) şeýle kesgitlenýär:

$$V_f = B_o \cdot H_o \cdot \mu \quad (17.7)$$

bu ýerde

B_o – suwuň gum bilen galtaşýan perimetri

μ, H_o – öňki.

Kanaldan aşak siňýän suwuň çalt hereketi dag jynslarynyň dikligine we keseligine ölçegleriniň üçünji derejä çenli (10^3) artýanlygy bilen bagly (Практикум по динамике подземных вод, МГУ, 1984)

8-nji tablisa

Dag jynslarynyň suw geçirijiligi boýunça toparlanyşy

Dag jynslarynyň toparynyň ady	K, m/g-g	
	Kese ugurda	Dik hereketde
Aşa geçiriji	> 100	> 1
Gowy geçirijilikli	100 – 10	0,1 – 0,001
Geçiriji	10 – 1	$10^{-3} - 10^{-5}$
Gowşak geçiriji	1 – 0,1	$10^{-5} - 10^{-7}$
Juda gowşak geçiriji	$10^{-1} - 10^{-3}$	$10^{-7} - 10^{-9}$
Suwabent gatlak	< 10^{-3}	< 10^{-9}

(1) we (2) jümlelerde setirlerde, 8-nji tablisa agzalan akym (siňme) uly möçberde, çalt we durnuksyz bolup geçýär

Ýerasty suwlar ýerüsti suwlar bilen bir bitewi gidrawlik ulgama baglanyşandan soňra akymyň ugrundaky suwlar garşylyk (bökenç) görkezýärler. Bu akym hem ilki **durnuksyz** bolýar, soňra süzülme bilen harçlanma deňagramlaşandan soň durnukly akyma öwrülýär.

3. Durnukly akym. Kanalyň täsiri **uzaga aralaşdygyça** akymyň eňsaklygy (eňňitlik gradiýenti) azalýar we belli wagtdan akym **durnukly** (stasionar) görnüşe geçýär. Bu tapgyrda akymyň harjy öňki tapgyrlardakydan onlarça esse az bolýar. Munuň sebäbi – seret 8-nji tablisa (ýagny akym dikligine däl-de, esasan keseligine bolup geçýär. Şol bir wagtda hem kanaldan uzaklaşdygyça ýerasty suwlaryň gidrawlik gradiýenti azalýar).

Kanalyň ýakasynda bökençli akymyň ini kiçi ýaplarda 20-50m, uly noburlarda 200-500 m-e çenli bolýar.

Türkmenistanda şu usul bilen (kanaldan suwlaryň siňmegi bilen) duzly suwlaryň üstünde süýjän suw linzalary döreýär. Ol linzalaryň ini, galyňlygy ýerasty suwlaryň ýatan çuňlugyna, tebigy zeykeş bolup biljek jarlaryň-källeriň barlygyna – ýoklugyna, suwuň duzlulyk tapawudyna, dag jynslarynyň süzdürijiligine, kanalyň möçberine we ş.m. bagly. Kanaldan syzyp gitjek harjy şol görkezijilere görä hasaplanýar.

Kanaldaky ýitgileriň Türkmenistanyň gurluşyk kadalary (TGK 2.06.04-2004) gurluşyk kadalary boýunça kesgitlemek

TGK 2.06.04-2004. Türkmenistanyň gurluşyk kadalary. Melioratiw ulgamlar we desgalar (Düzüjiler B.A.Ataýew, W.P.Krohmal, “Türkmendöwletsuwylymytaslama” instituty) boýunça kanaldan syzyp gitjek ýitgiler şeýle hasaplanýar:

I. Eger kanalyň kese şekili köpburçluk, ýa-da parabola ýaly bolsa:

$$Q_f = 0,0116 \cdot K(B + 2dc), \quad (17.8)$$

bu ýerde

Q – ýitgileriň harjy, $\text{m}^3/\text{g-g}$ (kanalyň her 1 km uzynlygynda);

K – kanalyň düýbündäki teýgumlaryň süzülme koeffisiýenti, m-g-g;

B – kanalyň suwunyň tygasy boýunça giňligi, m;

dc – kanaldaky suwuň çuňlugy;

II. Eger kanalyň kese kesimi trapesiýa görnüşde bolsa, onda ýitgiler başgaça hasaplanýar:

a) $Q = 0,0116 \cdot K \cdot \mu \cdot (B + 2dc);$

$$\frac{b}{dc} < 4 \text{ şertde}$$

b) $Q = Q = 0,0116 \cdot K \cdot (B + A dc);$

$$\frac{b}{dc} > 4 \text{ şertde}$$

goşmaça belgiler: b – kanalyň düýbünüň ini, m;
 μ we A , TKG 2.06.04-2004 1.1. boýunça kesgitlenýän koeffisiýentler.

Eger syzylma bökdençli (подпертый) düzgünde bolup geçýän bolsa, onda ýitgiler şeýle hasaplanýar:

$$Q_f = Q_f \cdot \alpha,$$

bu ýerde

Q_f – erkin süzülmedäki ýitgiler, $\text{m}^3/\text{g-g}$;

α – bökdenjiň ýitgilere ($\alpha < 1$) täsirini aňladýan (hasaba alýan) koeffisiýenti (9-nji tablisa boýunça kesgitlenýär).

9-njy tablisa

α – koeffisiýentiň bahalary

Kanalýň harjy, m ³ /g-g	Ýerasty suwlaryň ýatýan çuňlugy							
	3 m- e çenli	3	5	7,5	10	15	20	25
1	0,63	0,79	-	-	-	-	-	-
3	0,50	0,63	0,82	-	-	-	-	-
10	0,41	0,50	0,65	0,79	0,91	-	-	-
20	0,36	0,45	0,57	0,71	0,82	-	-	-
30	0,35	0,42	0,54	0,66	0,77	0,94	-	-
50	0,32	0,37	0,49	0,60	0,69	0,84	0,97	-
100	0,28	0,33	0,42	0,52	0,58	0,73	0,84	0,94

Kanaldan, akabalardan bolup geçýän ýitgiler zerarly ýerleri şorladýan zeýlemäniň döremegi suwarylýan ýerdäki toprak-teýgumlaryň zire düzümine, olarda bolup geçýän kapillýar ýokary galyşa, şeýle-de ýerasty suwlaryň duzlulygyna bagly. Takmyny hasaplamalar üçin ýerasty suwlaryň duzlulygy 5g/dm³-dan ýokary bolsa 2-2,5 metrden az çuňlukdaky teýgum suwlar howply hasaplanýar. Duzlulyk 5g/dm³-dan az bolsa howply çuňluk 1,8-2,2 metre çenli azaldylyp bilner.

18. SUWARYMLY ÝERLERDE ÝERASTY SUWLARYŇ HEREKETI

18.1. Umumy düşünjeler

Suwarýş – diýlip topragyň hasyllylygyny artdyrmak üçin onuň emeli yzgarladylmagyna aýdylýar. Ol Türkmenistanda meliorasiýanyň esasy görnüşi hökmünde örän giňden ulanylýar.

Suwarýş işleri ýörite gazylan noburlaryň, nowhanalaryň, ýaplaryň we salmalaryň kömegi bilen geçirilýär. Suwarýşyň birnäçe usullary bar: basdyrylyp, keşläp, sepeläp, damjaladyp we başgalar.

Suwarýş işleri nähili seresap geçirilse-de ol suwlaryň bir bölegi aşak sinýär ýerasty suwlara goşulýar, ýerasty suwlaryň derejesi, düzümi, iýmitlenişi, harjy üýtgeýär. Ýerasty suwlar derejesi kapillýar gaýmanyň galyňlygyna çenli ýokary galanda üznüksiz bugaryş başlaýar we ýerler şorlap sandan çykýar. Eger tebigy we emeli harçlar iýmitlenişden pes bolsalar ýerasty suwlaryň derejesi her ýylda 0,2 – 0,5 m-den 2 – 3 metre çenli ýokary galýar.

18.2. Suwarymly ýerlerde ýerasty suwlaryň hereketi

Bu hereketler aşakdaky şertlere baglydyr.

1. Esasy täsiri emeli şertler bilen bagly (suwarýş kadasy, ýaplardan, kanallardan syzyş, zeýkeşleriň işleýşi); belli orun tebigy şertlere-de degişli (ýerasty suwlaryň iýmitlenişi, harjy, režimi).

2. Ýerasty suwlaryň ýerler özleşdirilip başlanandan soňky ýokary galmasynyň depgini kem-kemden peselip, iýmitlenişiniň we harçlanma (akyp gitmek we bugarma) deňleşen wagty togtaýar.

3. Suwuň ýokary galmagynyň tizligi we absolýut ululygy: ýitgileriň mukdaryna, ýerasty suwlaryň deslapky çuňlugyna, howaly gatlagyň kapillýar häsiýetlerine, ekin we ýuwuş suwlarynyň we ekine berilýän suwlaryň mukdaryna baglydyr.

4. Suwarymly ýerlerdäki ýerasty suwlaryň režimi (üýtgew kadasy), aktiw (işjeň) gatlagyň yzgarlanyş režimine baglydyr. Olaryň üýtgewiniň çaklamasyny düzmegiň ýollary heniz doly öwrenilen däldir (yzygiderli barlaglar – balans meýdançalary gowy netije berýär).

5. Ýerasty suwlaryň balansyna (iýmitleniş-harçlanyşyna) çuňluk uly täsir edýär. Ol durgunly we durgunsyz bolýar. Durgunly ýatyşda **ortaça çuňluk üýtgemeyär**, diňe pasyllaýyn üýtgew bolýar. Durgunsyz ýagdaýda hem pasyllaýyn üýtgew, hem-de yzygiderli ýokary galys ýa-da peseliş bolýar.

6. Akabalardan siňiş olaryň teýindäki (düýbündäki) we gapdalyndaky dag jynslarynyň süzdürijiligine, kanallaryň iş režimine baglydyr.

18.3. Howaly gatlakda nemgöçüş

Howaly gatlakda suw dürli usul bilen hereket edýär. Olaryň esasy görnüşi – suwuk haldaky **nemgöçüşdir**. Bu hereket Darsiniň – Klýutyň kanuny boýunça bolup geçýär. Bu ýerde K_f deregine K_B – nemgöçüş koeffisiýenti ulanylýar.

Nemgöçiş tizligi (V_z) şeýle formula (Darsi-Klýut) bilen tapylýar:

$$V_z = -K_B \cdot \frac{\partial H}{\partial z} = K_w \left(\frac{\partial \psi}{\partial z} - 1 \right) \quad (18.1)$$

bu ýerde

ψ – soruş beýikligi.

$$K_W = K \cdot \overline{W}^n = K \left(\frac{W - W_{maks}}{W_{II} - W_{maks}} \right)^n \quad (18.2)$$

bu ýerde

W – tebigy çyglylyk;

W_{maks} – maksimal molekulýar suwsygym;

W_{II} – doly suwsygym.

Iş ýüzünde nemgöçüşi tapmak üçin meýdan tejribelerini geçirmeli we kompýuter hasaplamalaryny ulanmaly.

Nemgöçüş esasan ýerasty suwlaryň ýatys çuňlugyna baglydyr: eger olar 3-5 m-den az çuňlukda ýatsalar nemgöçüşden bugaryş agdyklyk edýär.

18.4. Kanaldan suwlaryň syzyşy

Kanaldan suwsyzyş suwarymly ýerlerdäki ýerasty suwlarynyň režimine uly täsir edýär. Ölçegele, harçlara görä suwaryş üçin alynýan suwlaryň $\approx 50\%$ syzyşa harçlanýar (kanal, nobur, ýap, salmalardan). Garagum derýasyndan suwuň jemi syzyşy $70 \text{ m}^3/\text{s}$., ýa-da her km aralykda 100 litr/sekuntan geçmeýär. Bu san ortaçadyr: Günorta-Gündogar Garagumda syzyş 150-200 l/s bolsa Köpetdagýaka düzlüginde 25 l/sekuntadyr.

Kanaldan syzyşa garalanda 3 möwrüti bellemeli:

1) Gury jynslaryň öllenmegi (agyrylyk güýjüniň we kapillýar güýçleriň täsiri);

2) Kapillýar – gatlak akymy (ýerüsti suwlaryň kapillýar gaýma bilen sepleşenden soň);

3) Teýgum suwlarynyň tutuşlaýyn akymy (ýerasty we ýerüsti suwlar garpysandan soň, bökdenç-böwetlenen režime geçilenden soň) (32-nji surat).

Ilkinji iki möwriti (tapgyry) bir möwrite birikrilip ony **erkin süzüş möwriti** diýip atlandyrylýar.

Üçünji möwrit – erkin däl – **böwetlenen (bökdençli)** süzüliş (подпертая фильтрация), sebäbi bu ýerde kanaldan suwuň süzülişi, ýaýraýşy ep-esli peselýär, ýerasty suwuň “böwediniň” garşylygyny ýeňmeli bolýar.

18.5. Kese açyk zeýkeşiň hasaby

Eger zeýlän ýerde teýgum suwlary kese zeýkeşler bilen kesseň, onda zeýkeşe tarap suw akar. Teýgum suwlarynyň oba hojalyga zyýan ýetirmän ýatýan çuňlugyna çalykdyrma (осушение) normasy diýilýär (H). Ol teýgumlaryň suw süzdürijiligine, kapillýarlara baglydyr.

Goňşy ganawlaryň (zeýkeşleriň arasyňy) (L) sadaja usul bilen şeýle hasaplap bolar:

$$L = \frac{2(t - H - h)}{tg\beta} \quad (18.3)$$

bu ýerde

t – gazyljak ganawyň çuňlugy (çuňluk 1-3m);

H – çalykdyrma normasy (2-3m);

h – ganawdaky suwuň galyňlygy (ol köplenç 0,1-0,3m bolýar (ekin arasynda))

$tg\beta$ – A.A.Çerkasowyň hödürnamasyna laýyklykda alyp bolýar (10-njy tablisa).

10-njy tablisa

**Kese zeýkeşleriň zerur aralygyny kesgitlemek üçin
ulanylýan koeffisiýentler (tgβ)**

Dag jynslarynyň atlary	Koeffisiýent tgβ
Çägeler	0,005 – 0,025
Gumbaýrak	0,02 – 0,05
Topur	0,03 – 0,07
Toýun	0,05 – 0,10
Dykyz toýun	0,06 – 0,12

19. ÝERASTY SUWLARYŇ SÜZÜLMESINI MODELIRLEMEK

19.1. Modelirlemäniň görnüşleri we çözyän meseleleri

Ýerasty suwlaryň süzülmä proseslerini dürli modelleriň üsti bilen amala aşyrylmasynda **gidrogeologik modelirleme** diýilýär.

Modelirlemäniň gidrogeologiýada ulanylýan görnüşleri 2 sany: fiziki modelirleme we matematiki modelirleme.

Fiziki modelirleme – mehanizmi doly öwrenilmedik proseslerde ulanylýar. (nowajyklarda süzülmä we ş.m.).

Matematiki modelirleme – matematiki ýazgysy birmeňzeş proseslerde öwrenilýär. Fiziki manysy dürli bolan birnäçe prosesler birkysymly differensial deňlemeler bilen aňladylýar: suwuklygyň öýjükli gurşawd süzülmäsi, geçirijide elektrik togunyň hereketi gaty jisimde ýylylygyň ýaýramagy, suwuklygyň, gazyň diffuziýasy, magnit akymynyň ýaýrawy we ş.m. Agzalan prosesleriň hemmesi hem şol bir formulalaryň üsti bilen ýazylýar.

19.2. Modelirlemede ulanylýan abzallar we enjamlar.

Fiziki modelirlemede **süzdüriji nowa (SN)** we **yşly nowa** ulanylýar. **SN** – içi suwly çägelere oturdylan tirsekli turbajyklarda (pýezometrlerde) tejribe geçirilýär.

Matematiki modelirleme hem modelde gurnalýar (elektriki ýa-da gidrawliki)

Iň köp ýaýran emma häzirki wagt seýrek ulanylýan usul **tutus elektrik modeli (EGDA)** şeýle analoglara esaslanýar (11-nji tablisa):

11-nji tablisa

Modelirllemede süzülmäniň deregine elektrik togunyň görkezijileriniň ulanylyşy.

Süzülme akymy	Elektirik togy
1) Darsiniň kanuny $V = -K \frac{dH}{dx}$	Omuň kanuny $i = -\sigma \cdot \frac{dH}{dS}$
2) Pýezometrik dyňzaw H , m.	Elektrik potensial U , V
3) Süzülme ýolunyň uzynlygy x , m.	Geçiriji simiň uzynlygy S , sm.
4) Süzülme koeffisiýenti K , m/g-g	Elektrik geçirijilik koeffisiýenti, σ , $\text{Om}^{-1} \text{sm}^{-1}$
5) Dyňzaw gradiýenti $I = -\frac{dH}{dx}$	Elektriik meýdanynyň naprýaženeiýesi E , V/sm, $E = \frac{dU}{dS}$
6) Akymyň harjy Q , $\text{m}^3/\text{g-g}$ $Q = K \cdot I \cdot \frac{H_1 - H_2}{x}$	Elektrik togunyň güýji I , A. $I = \sigma \cdot \omega \frac{U_1 - U_2}{S}$
7) Akymyň kese kesiginiň meýdany F , m^2	Simiň kese kesiginiň meýdany ω , sm^2

Torly modellerde süzülme akymy dikan torda gidrawliki ýa-da elektriki garşylyk görnüşde modelirlenýär. Usulyň nazary esasy bolup tor usuly hyzmat edýär (tükenikli tapawutlar usuly). Bu usul boýunça süzülme akymy aýry-aýry bloklara bölünýär, her blokda ýerleşýän suw şol blogyň merkezinde ýerleşen diýip hasaplanýar.

Soňky döwürde tokly simli uly göwrümlü integratorlaryň (analog HM-leriň) deregine san bahaly modeller (численное моделирование) ulanylýar.

Modelirleme bilen çözülýän gidrogeologik meseleler 3 görnüşe deňişli: göni, tersin we utgaşan görnüşleri bolýar.

Göni meselede başlangyç we serhet şertleri berilýär we dürli wagt pursady üçin ýerasty suwlaryň derejesi, dyňzawy kesgitlenýär (şol sanda Aşgabat şäheri üçin ulanylan modellerde).

Tersin goýlan meselede eýýäm belli görkezijiler boýunça näbelli ýa-da nätakyk başlangyç şertler anyklanýar (mysal üçin ýagynyň, ýerüsti suwlaryň ýere siňip ýerasty suwlara goşulmasy, çykýan akym, girýän akym we başg.) režim gözegçilikleriň netijesi boýunça geçirilip bilinýär.

19.3. Aşgabat şäheriniň gidrogeologik şertleriniň modelirlenmesi

19.3.1. Umumy düşüňjeler

Gidrogeologik şertleriň (ýatyş çuňlugy, duzlulygy, dyňzawlar we ş.m.) wagtyň dowamynda üýtgewini önünden çaklamak üçin modelirleme usuly ulanylýar. Bu usulda bolup geýýän hadysa, proses – olaryň fiziki ýa-da matematiki modeli bilen çalşyrylýar (ýagny bu hem tejribe – eksperiment, juda uzakda, juda gyzgyn, juda uly basyşly ýerde giňden ulanylýar. Mysal üçin: Galileý erkin gaçyş kanunyny döredende tejribeden önürti oýlanma tejribesini ulanýar).

Gidrogeologik modelirlemede 1960-1985 ý.ý. analog modelirlenmesi (EGDA) ulanyldy. Soňra, kompýuterleriň giňden durmuşa aralaşmagy bilen, bu usul san modelirlenmesi bilen çalşyryldy. Soňky 20 ýylyň içinde Aşgabat ş. gidrogeologik şertlerini modelirlemek üçin 4 sany model düzüldi. Ol modellere: Zilbergiň (1988, Russiýa), Sitnikowyň (2002, Ukraina), Fedorenkonyň (2003, Russiýa), Tkaçenkonyň

(2003, Ukraina) modelleri degişlidirler. Şeýle modeller düzülende gidrogeologik şertleriň sadalaşdyrylmagyna üns berilýär.

19.3.2. Gidrogeologik şertleri sadalaşdyrmak

Sadalaşdyrmada şeýle ýörelgelerden ugur alynmalydyr:

- 1) Çäk (serhet) şertleriň dürli derejeleri kesgitlenmeli;
- 2) Gidrogeologik görkezijileriň san bahalary alynmaly (H – dyňzaw, K_ϕ , suwgeçirijilik, μ)
- 3) Giňişlik örkleri (umumy we bölünen meýdançalar boýunça) kesgitlenmeli
- 4) Hemme hasaplamalarda säwlikleriň garaşylýan netijeleri amatsyzlaşdyrjakdygy göz önünde tutulmaly.

Serhet şertleri

- 1) 1-nji derejeli serhet şertleri (dyňzawlar we derejeler wagtyň dowamynda hemişelik, emma giňişlikde üýtgeýär).
- 2) 2-nji derejeli serhet şertleri (şöhlepisint suwalgyçlaryň harjy wagtyň dowamynda hemişelik).

Aşgabat şäherinde modelirleme üçin alnan meýdan (14×16) km², serhet şertleri

Demirgazykda Garagum derýasy (200-nji gidroizogips)

Günortada Oguzhan (öňki Aýtakow) köçesi

Günbatarda – Köşiniň baýrynyň etekleri

Gündogarda – Gämi ýolundaky derweze

19.4. Aşgabat şäheriniň ýerasty suwlarynyň gidrogeologik modeli barada

Şäheriň ilkinji matematiki modeli W.S. Zilbergiň (Moskwa şäheri) ýolbaşçylygynda düzüldi (1988, 1989, 1992 ý.ý.). Model hasaplamalaryndan öň adaty taýýarlyk işleri:

gidrogeologik şertleriň ýöntemleşdirilme araçäk şertleri kesgitleme işleri geçirildi. Bu işleriň netijesinde şäherasty suwly toplумыň ikigatlygy, ýagny onuň aşaky çagylylygymly we ýokarky toýunsow gatlaklardan düzülyänligi anyklandy. Şeýle-de şäheriň zeýlemeginiň esasy sebäbiniň ýerasty akyma Garagum derýasynyň döredýän bökdençligi dældigi belli boldy.

Matematiki modelirlemäniň soňky ýyllardaky tapgyrlary (2002, 2003 ý.ý.) Aşgabatda gurulýan zeý-akabaly tonneliň hasap esaslary bilen bagly bolup Ukrainaly (professor A.B. Sitnikow) we Russiýaly (professor M.N. Klimentow) hünärmenler tarapyndan geçirildi. Modelleri gutarnykly kämilleşen görnüşe ýetirmek işine şu kitabyň awtorlary hem içgin gatnaşdylar.

Modelde şäheriň hasaba alnan meýdany tonneliň täsiriniň ýetjek ýeri bilen kesgitlenip 14×16 kwadrat kilometri düzýärler we Köşiniň baýyrlary, şäheriň öňki sil sowgudy we Garagum derýasy bilen çäklenýär. Modeliň içki araçäk şertlerini suwlaryň dyňzawy (napory) we harçlary düzýärler. Suwly gatlagyň galyňlygy 60 m-e deň diýlip alynýar.

Hasaplamalaryň deslapky mukdar maglumatlaryny gatlaklaryň giňşlikde ýerleşşi, süzülme koeffisiýenti, suw berijiligi, ýerasty suwlaryň girdeji (daşdan gelýän ýerasty akym, Garagum derýasyndan getirilip suwaryşda ulanylýan suwlaryň we ygalyň ýere siňmegi we başgalar), çykdaýy (gidýän ýerasty akym, dik zeýkeşleriň çykymy, bugaryş we başgalar) düzüмçeleri kesgitleýär. Suwlaryň girdeji we çykdaýy düzüмçeleri boýunça takyk ölçeg maglumatlaryň (suwgeçirijilerden syzylmalar, bugarma we başgalar) bolmanlygy sebäpli modelirlemäniň düzüminde käbir näbelli görkezijiler tersin goýlan meseleleriň üsti bilen anyklandy.

Şäheriň ýerasty suwlarynyň çaklama golaý hasaplanan balansynyň girdeji ($6794 \text{ dm}^3/\text{s}$) we çykdaýy ($5220 \text{ dm}^3/\text{s}$) düzüмçeleriniň tapawudynyň $1,57 \text{ m}^3/\text{s}$, ýa-da $49,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ýyl}$ bolýanlygy anyklandy.

Dürli modellerde şäheriň meýdanynyň 140 km^2 -den 260 km^2 -e çenli alynýanlygyny bellesek, ortaça meýdany 200 km^2 -e çenli tegelekläp alyp bolar. Onda şäheriň her 1 inedördül metrine düşýän artykmaç suw galyňlygy $49,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3 : 200 \cdot 10^6 \text{ m}^2 = 0,25 \text{ m}$ bolýar. Ýagny hasap boýunça şäheriň çäginde ýerasty suwlaryň ýokary galyş depgini ýylda ortaça $0,25 \text{ m}$ bolýar.

Modelirlämäniň soňky tapgyrynyň wajyp netijeleriniň biri şundan ybatat: ýerasty suwlaryň artykmaç bölegini aşakda ýatan çagylyly suw berijiligi ýokary gatlakdan (ortaça $15\text{-}20 \text{ m}$ -den aşakda) almak ýeterlik däl, suwuň agramly bölegini ýokarky pes geçirijilikli, emma suwuň esasy iýmitlenýän zolagyndan (ortaça $2\text{-}15 \text{ m}$ aralyklardan) almaly.

Aşgabatda gurulýan zeyakabaly tunnel üçin geçirilen modelirlmeler boýunça ýene-de aşakdakylary bellemeli.

Modelirlmeleri şertleýin iki derejä bölüp bolýar: çaklama (sebitleýin) we ýerli modelirleme.

Çaklama modelirlemesi tutuş Aşgabat şäheri üçin düzülen. Bu model boýunça şäheriň inžener goragyna, ýagny zeykeş desgalarynyň ulgamyna şeýle talaplar bildirilýär:

1) zeykeş ulgamy tonneliň daş-töwereginiň 1000 metr zolagynda ýerasty suwlaryň derejesini $4\text{-}6 \text{ m}$ çuňluga çenli aşak düşürmeli;

2) zeykeş ulgamy gurulýan we ulanylýan döwürde şäheriň öňden duran jaý-desgalaryna ýetiriljek zyýanly täsirler juda ujypsyz bolmaly;

3) desga gurlup, ulanylyp ýörülen döwründe öň synagdan geçirilende ýokary görkezijiler beren tehnika we tehnologiýalar ulanylmaly;

4) ulanyş ygtybarly bolmaly, remont işleriniň aralygy ýygý-ýygýdan bolmaly däl;

5) tonneliň ýeriň ýüzüne çykýan desgalarynyň tutýan meýdany uly bolmaly däl;

6) gurluşyga we ulanyşa çykýan çykdajylar juda köp bolmaly däl;

7) gurluşyk we ulanyş döwürlerinde teýgumuň ownuk parçalarynyň suw bilen çykarylýp äkidilmegi zerarly hokurdanlaşma (suffoziýa) prosesiniň döremeginiň önüni almary.

Agzalan talaplar umuman alanyňda dik zeýkeşler ulgamy bilen hem, kese zeýkeşler ulgamy bilen hem amala aşyrylyp bilinýär. Öň kese zeýkeşiň dik zeýkeşden esasy artykmaçlygy – süzgüjiň meýdanynyň düýpli artmagydygy agzalypdy. Bu ýerde dik zeýkeşiň ýene bir kemçiliklerini belleýäris:

- her bir dik zeýkeşiň üstünden penalyk jaýjagaz salmaly bolýar;

- köpsanly tejribeleriň netijesi boýunça her suw nasosynyň işleýiş ömrüniň 2000-3000 sagatdan (3-4 aýdan) geçmeýänligi sebäpli, her zeýkeş guýusynyň nasosyny ýylda 3-4 gezek çalyşmaly bolýar.

Şu sebäplere görä şäherde ýerasty suwlaryň derejesini peseltmegiň iň ygtybarly, ykdysady taýdan iň bähbitli usullarynyň biri akabaly zeýkeş ulgamy, hususan-da şöhlapisint kese zeýkeş ulgamy hasaplanýar.

Ýerli modelirlmede şäheriň ýerasty suwlarynyň derejesini peseltmegiň jikme-jik soraglaryny çözmek üçin zeýkeş nokatlarynyň sany we ýerleşiş kadasy kesgitlenýär. Bu ýerde şu şertleri berjaý etmek göz önünde tutulýar:

- zeý-akabaly tonneliň daş-töwerek zolagynda ýerasty suwlaryň derejesini 4-6 m çuňluga çenli peseltmek;

- zeý-akabaly tonneliň kameralarynyň ýerleşiş kadasyny, absolýut belgilerini kesgitlemek;

- zeý suwlarynyň öz akymyna akyp gitmegini (akabalylygyny) üpjün etmek;

- şahta guýularyna şöhlapisint kese zeýkeşlerden toplanan zeý suwlaryny tonnele tarap äkidiji turbalary gurnamagyň tehniki mümkinçiliklerini we amatly tehnologiýa çözümlerini kesgitlemek;

- gurluşyk meýdanlarynyň gidrogeologik we inženergeologik şertlerini hasaba almak;

- tonnel ulgamynyň çäginde ýeriň ýüzündäki bina-desgalaryň gürlüginini hasaba almak.

Aşgabat şäheriniň zeý-akabaly tonneliniň gurluşygynyň taslamasy düzülende, şol sanda şöhlepisint zeýkeşleriň ugurlary, uzynlyklary takyklandanda agzalan şertler göz önünde tutuldy.

19.5. Ýerasty suwlaryň derejesini şöhlepisint kese zeýkeşler we zeý-akabaly tonnel arkaly pese düşürmegiň taslanýan çözümleri

Şäheriň zeýlän ýerlerindäki ýerasty suwlaryň girdeji böleginiň emeli çeşmeleriniň (ýere siňýän ýerüsti suwlaryň we ş.m.) täsirini düýpli azaltmak üçin kese şöhlepisint zeýkeşler ulgamy ulanylmaly.

Şöhlepisint zeýkeşleri gurnamak üçin ilki bilen tonneliň iki tarapyndan 200-300 m aradaşlykda diametri 4 m-e we çuňlugy 12 m-e çenli bolan şahtalar (uly guýular) gazylýar. Ol guýularyň diwarlary demirbeton halkalar bilen berkidilýär. Guýynyň gurluşygy doly tamamlanandan soň onuň içine Russiýa Federasiýasynyň Belgorod şäherinde WIOGEM şereketi tarapyndan işlenip ýasalan ULB-130 kysymly buraw desgasy goýberilýär we onuň bilen guýynyň içinden uzynlygy 75-100 m-e, diametri 200 mm-e barabar kese skwažinalar burawlanýar. Skwažinalaryň içine ýörite ýasalan süzgüç oturdylandan soňra olar şöhlepisint zeýkeşlere öwrülýärler.

Her şahta (uly guýuda) agzalan şöhlepisint kese zeýkeşleriň 5 sanysy bolmaly. Ol kese zeýkeş skwažinalary şäheriň aşagyndaky suwly toplumyň suw berijiligi az böleginiň suwlaryny şahtanyň düýbünde toplaýar. Ol suwlaryň şahta kese zeýkeşler boýunça nasossyz öz akymyna barmalydygyny bellemeli.

Aşaky, suw berijiligi ýokary bolan çagylyly gatlagyň dyňzawyny peseltmek maksady bilen her şahtanyň düýbünden

çuňlугy 60 m bolan dik zeýkeş skwažinasy burawlanýar. Zeý-akabaly tonnel ulgamy doly tamamlanandan soň her şahta 5 sany şöhlepisint kese zeýkeşden we köp suw berijilikli aşaky gatlakdan syzyp gelýän suwlar tonneliň zeýakdyryjy bölümine turbageçiriji bilen öz akymyna gönükdirilmeli.

Şeýlelik bilen Aşgabat şäheriniň ýerasty suwlarynyň derejesini peseltmäge niýetlenen matematiki modelirlemäniň esasynda taslanan we belli bölegi gurlan zeý-akabaly tonnel boýunça garaşylýan netijeleri şeýle jemläp bolýar:

1. Dürli wariantly model gözleglerinden soň şäheriň zeýlän ýerlerindäki suwlaryň derejesini peseltmegiň inžener çözügüdiň şeýle usuly talaba laýyk diýlip kabul edildi. Ýerasty suwlar tonneliň iki tarapyndan ortaça 200-300 m aradaşlykda ýerleşdirilýän, çuňlугy 10-12 m bolan şahtalara uzynlygy 75-100 m-e deň şöhlepisint kese zeýkeşler arkaly (jemi her şahtada 5 sany) we aşadaky çagylyly gatlagyň dyňzawyny peseldýän 1 dik guýudan öz akymyna gelmeli. Soňra suwäkidiji turbalar bilen öz akymyna tonneliň zeýäkidiji bölümine çatylyp şäheriň çäginde daşyna çykarylmalý.

2. Modelirlemäniň esasynda düzülen taslamalar iş ýüzünde gyşarnyksyz berjaý edilse, hemme 72 şahta gurnalyp tonnele çatylandan soň, tonnel boýunça şäheriň daşyna her günde 134000 m^3 (bir ýylda $4,9 \cdot 10^7 \text{ m}^3$) zeý suwy çykarylmalý (dik zeýkeşler ulgamynyň öňki möçberde çykarylýanyndan başga). Netijede tonneliň ikiýan ýüzünde ini 1000 m zolakda ýerasty suwlaryň derejesi azyndan 4-6 m-e çenli pese düşer, ýer titremede seýsmiki tolkunlaryň jaýlara we desgalara yetirjek zyýanly täsiri ep-esli azalar diýlip garaşylýar.

EDEBIÝAT

1. Türkmenistanyň Konstitusiyasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan esereler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan esereler. 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 özgertmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry” Milli maksatnamasy. “Türkmenistan” gazetini, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. “Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy”. Aşgabat, 2006.
10. Gurbanguly Berdimuhamedow. Eserler ýygındysy. 1-nji tom. Aşgabat, 2007.
11. Gurbanguly Berdimuhamedow. Eserler ýygındysy. 2-nji tom. Aşgabat, 2009.

12. Babaýew D., Nurgeldiýew N. “Ýerasty suwlaryň dinamikasy” dersinden ýyllyk taslamasyny düzmek boýunça usuly gollanma. (neşirde), 2010.
13. Nurgeldiýew N., Nurgeldiýewa G. “Ýerasty suwlaryň dinamikasy” dersiniň tejribe işleri boýunça usuly gollanma. A., TBM. TPI, 2005.
14. Nurgeldiýew N., Orazdurdyýew D. “Gidrogeologiýa we inžener geologiýasy” hünärinde millileşdirilip ulanylyşa girizilen geologiýa we tehnika adalgalarynyň türkmençe we rusça sanawy. A., TBM. TPI, 2005.
15. Nurgeldiýew N., Orazdurdyýew D. Umumy inžener geologiýasy. TDNG, 2008.
16. Гавич И.К. Гидрогеодинамика. М., Недра, 1988.
17. Гордеев П.В., Шемелина В.А., Шулякова О.К. Гидрогеология. М., Высшая школа, 1990.
18. Климентов П.П., Кононов В.М. Динамика подземных вод. М., Высшая школа, 1985.
19. Силин-Бекчурин А.И. Динамика подземных вод. М., Изд., МГУ, 1958.
20. Скабалланович И.А. Гидрогеологические расчеты. М., ГНТИЛ по горному делу, 1960.
21. Шестаков В.М. Гидрогеодинамика. М., КДУ, 2009.

MAZMUNY

Sözbaşy	7
1. Ýerasty suwlaryň dinamikasyna giriş	9
1.1. Ylym pudagyňyň manysy, mazmuny, wezipeleri	9
1.2. Ylym pudagynda ulanylýan usullar	9
1.3. Ylym pudagyňyň ösüş taryhy	10
1.4. Ylym pudagyňyň gaýry ylymlar bilen baglanyşygy	11
2. Hidrogeodinamika ulgamlaýyn garaýyş	12
2.1. Gurşaw hakda düşünje	12
2.2. Hidrogeologik ulgamçalar	13
3. Dag jynslaryndaky suwlar we olaryň hereketleriniň görnüşleri	16
3.1. Dag jynslaryndaky suwlaryň görnüşleri	16
3.2. Howaly zolakda hereket edýän suwlaryň görnüşleri	18
3.3. Kapillýar suwuň hereketi	18
4. Howaly zolakda agramyna akýan suwuň hereketi	20
4.1. Siňmäniň görnüşleri	20
4.2. Howaly gatlakda nemgöçüş	22
4.3. Nemgöçüşniň Türkmenistanda ähmiýeti	25
5. Suwuň we suwly gatlagyň käbir häsiýetleri	26
5.1. Suwuň gysylmak ukyby	26
5.2. Suwuň dyklyzlygy we şepbeşikligi	26
5.3. Hidrostatik basyş	27
5.4. Hidrostatik dyňzaw	28

5.5. Hidrodinamik dyňzaw	29
5.6. Öýjüklilik	30
6. Suwdan doýgun gatlakda ýerasty suwlaryň hereketi	32
6.1. Süzülmäniň tebigaty	32
6.2. Laminar (çylgymlaýyn) we turbulent (köwlümli) hereket	32
6.3. Dyňzaw gradiýenti	33
6.4. Akym çyzyklary we deňdyňzawly çyzyklar	36
7. Darsiniň kanuny we onuň ulanylyş çäkleri	38
7.1. Darsiniň kanuny	38
7.2. Toýunsow jynslarda suwuň süzülmesi	39
7.3. Ýerasty suwlaryň hakyky tizligi	41
7.4. Süzülme we syzdyryjylyk	41
8. Suwly gatlagy häsiýetlendirýän esasy görkezijiler	44
8.1. Suwly gatlakdaky dartgynlylyklar	44
8.2. Ýerasty akymyň gidrodinamiki görkezijileri	46
8.3. Dag jynslarynyň sygym görkezijileri	47
9. Ýerasty suwlaryň gatlakdaky hereketi. Durnukly hereket	52
9.1. Ýerasty suwlaryň ýatış çuňlugynyň işde täsiri	52
9.2. Ýerasty suwlaryň gatlakdaky hereketiniň görnüşleri	52
9.3. Durnukly we durnuksyz hereket hakda düşünje	53
9.4. Kese ýatan birmeňzeş gatlakda akymyň harjy (Dýupýuiniň formulasy)	54

10.	Dýpýuiniň formulasynyň işde ulanylyşy	58
	10.1. Peseliş egrisini gurmak	58
	10.2. Ýapgyt suwabentli akymyň harjyny kesgitlemek	60
11.	Birmeňzeş bolmadyk gatlaklar toplumynda durnukly hereket	63
	11.1. Suwly gatlaklaryň dürlüliginiň görnüşleri	63
	11.2. Gatlaklara ugurdaş hereketde suwuň harjynyň kesgitlenilişi (Kamenskiniň usuly)	63
	11.3. Gatlaklary dikan kesýän kesikde suwuň hereketi	66
	11.4. Çylşyrymly geologik şertlerde derýa ýakasynda ýerasty suwlaryň hereketi	66
12.	Ýerasty suwlaryň durnuksyz hereketi	69
	12.1. Umumy düşüňjeler	69
	12.2. Suwberiş we doýgunlylyk ýetmezi	69
	12.3. Bussineskiň deňlemesi (birölçeqli mesele)	70
	12.4. Bussineskiň deňlemesiniň çözgütleri	73
13.	Ýerasty suwlaryň derejesiniň beýgelmegi we peselmegi	76
	13.1. Meseläniň goýluşy	76
	13.2. Ýerasty suwlaryň derejesiniň üýtgemegine esasy täsirler	76
	13.3. Dereje beýgelmä gidrogeologik görkezijileriň täsiriniň hasaba alnyşy	78
	13.4. Tükenikli tapawutlar usuly	80

14.	Ýerasty suwlaryň suwalgyç desgalara tarap hereketi	90
14.1.	Suwalgyçlaryň görnüşleri	90
14.2.	Artezian kämil guýa geljek suwuň harjy	91
14.3.	Dyňzawsyz kämil guýulara geljek suwuň harjy	93
14.4.	Kämil däl guýulara gelyän suwlaryň harjyny hasaplamak	97
14.5.	Düýbünden we gapdalyndan iýmitlenýän peseňräk guýynyň harjy	99
14.6.	Kese suwalgyçlara geljek suwuň harjynyň hasaby	100
15.	Gurluşyk suw peseldişiniň hasaby	101
15.1.	Umumy kadalar	101
15.2.	Getirilen radiusy kesgitlemek	101
15.3.	Jemi çykarylmalý suwlaryň we her guýa geljek suwuň harjy	104
15.4.	Suw peseldiş guýusynyň konstruksiýasyny kesgitlemek	105
15.5.	Suw peseldiji guýularyň sanyny kesgitlemek	106
15.6.	Berlen nokatda suwuň derejesiniň peselişini kesgitlemek	107
16.	Suwly gatlaklaryň gidrogeologik görkezijilerini kesgitlemek	110
16.1.	Gidrogeologik görkezijileriň kesgitleniş usullary	110
16.2.	Suw sorduryşyň görnüşleri	111
16.3.	Ýalňyz guýuda suw sorduryş synaglary	114
16.4.	Toplumlaýyn suw sorduryş synaglary	115
17.	Akabalardan we suw howdanlaryndan ýitgileriň hasaby	124

17.1. Umumy düşüňjeler	124
17.2. Howdandaky ýitgileriň hasaplanýş usullary	124
17.3. Kanaldan süzülip gidýän ýitgileriň hasaby	126
18. Suwarymly ýerlerde ýerasty suwlaryň hereketi	132
18.1. Umumy düşüňjeler	132
18.2. Suwarymly ýerlerde ýerasty suwlaryň hereketi	132
18.3. Howaly gatlakda nemgöçüş.....	133
18.4. Kanaldan suwlaryň syzyşy	134
18.5. Kese açyk zeykeşň hasaby	135
19. Ýerasty suwlaryň süzülmesini modelirlemek	137
19.1. Modelirlemäniň görnüşleri we çözyän meseleleri	137
19.2. Modelirlemede ulanylýan abzallar we enjamlar	137
19.3. Aşgabat şäheriniň gidrogeologik şertleriniň molerlenmesi	139
19.4. Aşgabat şäheriniň ýerasty suwlarynyň gidrogeologik modeli barada	140
19.5. Ýerasty suwlaryň derejesini şöhlepisint kese zeykeşler we zey-akabaly tonnel arkaly pese düşürmegiň taslanýan çözümleri	144
Edebiyat	146