

E.A.MƏMMƏDOVA

YERALTI SULARIN DİNAMİKASI

Dərslik

*Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin
07.01.2008-ci il tarixli 62 sayılı əmri ilə dərslik kimi
təsdiq olunmuşdur.*

Bakı – 2012

Elmi redaktor: Azərbaycan Hidrotexnika və Meliorasiya Elm-İstehsalat Birliyi «Meliorativ hidrogeologiya» laboratoriyasının müdiri prof. **Ə.K.ƏLİMOV**

Rəyçilər: dos. **A.Ə.MƏSİMOV**
(BDU «Hidrogeologiya və mühəndis geologiyası» kafedrasının müdiri)
dos. **B.A.ABADOV**
(BDU «Hidrogeologiya və mühəndis geologiyası» kafedrasının dosenti)

E.A.Məmmədova. Yeraltı suların dinamikası. Dərslik. Bakı: «Bakı Universiteti» nəşriyyatı, 2012. 206 s.

Dərslikdə yeraltı suların hərəkət nəzəriyyəsi:süzülmənin fiziki-riyazi əsasları, süzülmə ilə bağlı məsələlərin həlli üsulları, təcrübə-süzülmə işlərinin nəzəri əsasları və s. haqqında bəhs edilir. Əsas diqqət hidrogeoloji və mühəndisi-geoloji tədqiqatlarda yeraltı suların dinamikası üsullarının tətbiqi əhəmiyyətinə həsr olunmuş məsələlərə verilir.

GİRİŞ

YERALTI SULARIN DİNAMİKASININ MƏQSƏD VƏ MƏSƏLƏLƏRİ, ONUN İNKİŞAF TARİXİ

Yeraltı suların dinamikası kursu xüsusi hidrogeoloji elmin əsasını təşkil edir; o, hidrogeoloji proseslərin fiziki-riyazi mahiyyətini açır, onların öyrənilməsində riyazi üsulları daxil edir və eyni zamanda hidrogeologiyada bütün mühəndisi istiqamətlərin qiymətləndirilməsi üçün əsas verir. Yeraltı suların dinamikası geoloji elmlər seriyasından olmaqla, mütəxəssis-hidrogeoloqların kompleks geoloji və riyazi hazırlığı üçün zəruridir. Məhz «Yeraltı suların dinamikası» fənninin çətinliklə mənimsənilməsinin əsas səbəbi də bununla bağlıdır.

Yeraltı suların dinamikası yeraltı suların təbii və süni amillərin təsiri altında süxurlarda hərəkət qanunauyğunluqlarını öyrənir, o cümlədən bu hərəkətin kəmiyyətə qiymətləndirilməsi üsullarını işləyib hazırlayır.

«Yeraltı suların dinamikası» fənninin tədrisi zamanı ilk baxışdan tələbədə belə bir təsəvvür yaranır ki, ixtiyari hidrogeoloji məsələ iki: geoloji və riyazi hissələrdən ibarətdir və belə olan təqdirdə hidrogeoloqu geoloq və riyaziyyatçının birliyi əvəz edə bilməzmi? Bu sualı cavablandırmaq üçün hidrogeoloqun təcrübədə rastlaşdığı, konkret hidrogeoloji şəraiti kəmiyyətə qiymətləndirmək üçün yalnız öz mühəndisi bilik və bacarığından istifadə etməli olduğu əsas problemləri və bu problemlərlə bağlı xarakter məsələləri nəzərdən keçirək:

1) Yeraltı su yataqlarının (YSY) axtarışı, kəşfiyyatı və istismarı (təcrübə-sınaq işlərinin interpretasiyası, istismar ehtiyatının hesablanması, sugötürücünün istismar şəraitinin qiymətləndirilməsi);

2) Bərk faydalı qazıntı yataqlarının mənimsənilməsi zamanı hidrogeoloji-kəşfiyyat və rejim-müşahidə işləri (təcrübə-sınaq işləri və müşahidə məlumatlarının interpretasiyası);

3) Faydalı qazıntıların axtarışının hidrokimyəvi üsulları (yeraltı sulara komponentlərin miqراسiya şəraitinin qiymətləndirilməsi, hidrokimyəvi sınaq məlumatlarının interpretasiyası);

4) Bərk faydalı qazıntı yataqlarının işlənməsi ilə bağlı hidrogeoloji proqnozlar (dağ qazmalarına su axımlarının qiymətləndirilməsi, drenaj tədbirlərinin əsaslandırılması);

5) Neft hidrogeologiyasının məsələləri (neft yataqlarının flyuidodinamik rejiminin analizi və onun əsasında neft yığınlarının əmələgəlmə və saxlanma şəraitinin müəyyən edilməsi və s.);

6) Təbii və pozulmuş şəraitlərdə yeraltı suların hidrodinamik rejiminin regional analizi (sulu strukturların qidalanma və boşalma şəraitinin qiymətləndirilməsi, sulu komplekslərin regional qarşılıqlı əlaqəsinin analizi, zəlzələlərin hidrodinamik xəbərdarlıqlarının interpretasiyası);

7) Hidrotexniki, mülki və yol tikintisi zamanı hidrogeoloji tədqiqatlar (özül yeri üçün qazılmış çalaya su axımının qiymətləndirilməsi, su anbarlarından su itkisinin hesablanması, səviyyənin enmə hündürlüyünün hesablanması və s.);

8) Mühəndisi-geoloji istiqamətlərin hidrogeoloji tədqiqatları (sulanmış yamaqların dəyənətliliyinin qiymətləndirilməsi, sulu süxurların konsolidasiyasının (möhkəmlənməsinin) proqnozu, su səviyyəsinin böyük intervallarda aşağı salınmasında süxurların deformasiyasının öyrənilməsi, mühəndisi qurğuların bünövrəsində və yamaqlarında süxurların nəmlik rejiminin öyrənilməsi);

9) Sənaye çirkab sularının basdırılması (basdırma imkanlarının əsaslandırılması, çirkab suların komplekslərdə hərəkətinin proqnozu);

10) Yeraltı suların ehtiyatının süni doldurulması sxeminin əsaslandırılması;

11) Yeraltı suların mühafizəsi və səmərəli istifadəsi problemləri (antropogen çirkənmə proseslərinin proqnozu, duzlu dəniz sularının sahilləri basması şəraitinin analizi, sugötürücülərin sanitar-mühafizə zonasının əsaslandırılması);

12) Meliorativ hidrogeologiyanın məsələləri (meliorasiya rayonlarında yeraltı su rejiminin proqnozu, meliorativ sistemlərin analizi, qruntların şoranlaşma prosesinin intensivliyinin qiymətləndirilməsi).

Yeraltı suların dinamikası elminin yaranmasında və inkişafında ilkin addımlar A.Darsi, J.Düpi, N.Y.Jukovski, F.Forxheymerin adı ilə bağlıdır. Sonralar bu elmin inkişafında böyük nailiyyətlər hidrotexniki və mülki tikintilər, o cümlədən neft işləri ilə bağlıdır. Nəzəriyyənin riyazi əsaslandırılması sahəsində P.Y.Polubarinova-Koçina, V.İ. Aravin, S.N.Numerov, N.N.Veriginin işləri böyük rol oynamışdır.

«Yeraltı suların dinamikası» elminin geoloji elmlər seriyasında müstəqil elm kimi ayrılmasında Q.N.Kamenskinin işləri böyük əhəmiyyətə malikdir. Yeraltı suların dinamikasının sonrakı inkişafında F.M.Boçever, İ.K.Qaviç, N.K.Qirinskiy, İ.Y.Jernov, V.İ.Lyalko, V.M.Şestakov, Y.Ber, R.De Uist, C.Frid, M.Xantuş əsaslı rola malikdirlər.

Birinci fəsil

SÜXURLARDA YERALTI SULARIN HƏRƏKƏTİNİN NÖVLƏRİ VƏ SÜZÜLMƏNİN ƏSAS QANUNLARI

Süxurlar müxtəlif su növlərini özündə saxlayır ki, bu da onların su və fiziki-mexaniki keyfiyyətindən, sulu horizontların yatım şəraitindən, suların süxurlarla qarşılıqlı əlaqəsindən və digər amillərdən asılıdır. Süxurlarda bu və ya digər su növlərinin mövcudluğu yeraltı suların hərəkət şəraitini və qanunauyğunluqlarını şərtləndirir. Bununla əlaqədar olaraq, su ilə doymamış (aerasiya zonası) və su ilə doymuş (süzülmə və ya doyma zonası) süxurlarda suyun hərəkət şəraiti və qanunauyğunluqları, o cümlədən yeraltı suların süzülməsinin əsas diferensial tənlikləri nəzərdən keçirilir.

1.1. Aerasiya zonasında suyun hərəkət növləri

Məlum olduğu kimi, aerasiya zonasında hər biri müəyyən hərəkət qanunauyğunluqları ilə xarakterizə olunan müxtəlif yeraltı su növləri yayılmışdır. Əvvəllər hərəkət prosesi kifayət qədər öyrənilmiş qravitasiya (sərbəst) sularından əlavə, hiqroskopik, pərdəvarı, kapilyar və digər su növlərinin hərəkət qanunauyğunluqları nəzərdən keçirilmişdir.

Qravitasiya (sərbəst) sularının hərəkəti atmosfer çöküntülərinin, suvarma sularının və yerüstü suların aerasiya zonası süxurlarından süzülməsi nəticəsində baş verir və bu proses *infiltrasiya* adlanır.

1.2. Doyma zonasında yeraltı suların hərəkəti. Süzülmə qanunları

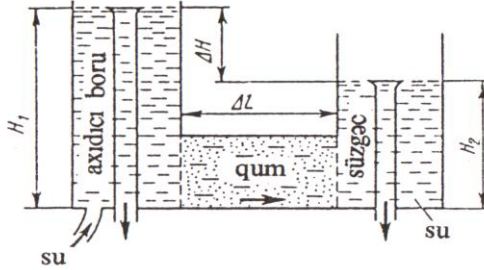
Doyma zonasında əvvəllər nəzərdən keçirilən bütün su növlərinə rast gəlinir. Lakin burada əsas tədqiqat obyektini qravitasiya və zəif əlaqəli (pərdəvarı) suların hərəkəti hesab olunur. Qravitasiya (sərbəst) suyu iki: laminar və turbulent, zəif əlaqəli su isə bir – özlü-plastik axım rejimi ilə xarakterizə olunur.

Yeraltı suların süxurlarda hərəkəti öz xarakterinə görə: laminar və turbulent ola bilər. *Laminar* hərəkət zamanı su şırnaqları bir-birinə qarışmadan kiçik sürətlə, paralel, bütövlüyü pozulmadan süzülür. *Turbulent* hərəkət zamanı isə su şırnaqları böyük sürətlə, paralelliyi pozulmaqla bir-birinə qarışaraq süzülür.

Qeyd etmək lazımdır ki, laminar axım turbulent axıma və ya əksinə birdən keçmir. Belə ki, axımın hər iki növünün – laminar və turbulent– mövcudluğunun mümkün olduğu keçid zonası vardır.

Axımın *özlü-plastik* rejimi zəif əlaqəli suyun hərəkətini xarakterizə edir. Sonuncunun hərəkəti üçün suyun süxurla qarşılıqlı əlaqəsi zamanı (narın dispers mühitdə) meydana çıxan molekulyar-cəzibə qüvvələrini dəf etmək zəruridir. Doyma zonasında qravitasiya və ya zəif əlaqəli suyun hərəkət prosesi *süzülmə (filtrasiya)* adlanır.

Axımın laminar rejimində süzülmə. Yeraltı suların süxurlarda laminar hərəkəti süzülmənin xətti qanununa tabe olur. Süxurlarda suyun əsas hərəkət qanunu–süzülmə qanunu ilk dəfə 1856-cı ildə fransız hidravliki Anri Darsi tərəfindən təcrübə yolu ilə tədqiq edilmişdir (şək.1).



Şəkil 1. Darsi təcrübəsinin sxemi.

Təcrübə yuxarı tərəfi açıq, diametri 35 sm olan şaquli silindrik boruya tökülmüş qum üzərində aparılmışdır. Təcrübə zamanı borunun yuxarı və aşağı hissələrindəki təzyiq sabit saxlanılmış və pyezometrələr vasitəsilə ölçülmüşdür. Silindrin aşağı hissəsində qruntu saxlamaqdan ötrü tor vardır və onun üst hissəsi ikiqat tənziflə örtülmüşdür (süni süzgəc yaradılmışdır). Boruya verilən suyun qruntu yuyub dağıtmaması üçün üst hissədə bir qat (2-3 sm) çəqil və ya çınqıl tökülmüşdür. Su qrunta hoparaq məsamələri doldurduqdan sonra qrunun alt hissəsində süzülmə başlayır. Müəyyən müddətdən sonra borunun üst hissəsinə verilən suyun miqdarı süzülən suyun miqdarına bərabər olur və qruntda su qərarlaşmış laminar hərəkət edir. Eyni zamanda pyezometrlərdəki suyun səviyyəsi müxtəlif yüksəkliklərdə olur (H_1 və H_2). Beləliklə, qruntda suyun hərəkəti zamanı təzyiq itkisi əmələ gəlir və bu səbəbdən də pyezometrlərdə su müxtəlif səviyyələrdə olur.

Aparılmış təcrübə əsasında Darsi belə bir nəticə əldə etmişdir: *eyni tərkibli qruntdan süzülən suyun sərfi süzgəcin en kəşik sahəsi və təzyiqlər fərqi ilə düz, süzülmə yolunun uzunluğu ilə tərs mütənəsbdir*. Riyazi olaraq:

$$Q = k \frac{H_1 - H_2}{L} F, \quad (1)$$

burada: Q – vahid zamanda en kəsik sahəsindən süzülən suyun miqdarı, m³/sut; k – süxurun süzülmə əmsalı, m/sut; L – süzülmə yolunun uzunluğu, m; H_1 və H_2 – uyğun olaraq, başlanğıc və son təzyiqlər, m; $\Delta H = H_1 - H_2$ (2) – təzyiqlər fərqi, m.

$$\frac{\Delta H}{L} = I \quad (3) \text{ olduğunu nəzərə alsaq, onda:}$$

$$Q = kIF, \quad (4)$$

burada: I – hidravlik maillik və ya təzyiq qradienti olub, süzülmə yolunda səviyyənin dəyişməsini göstərir. (4) düsturunda daha bir dəyişiklik aparsaq (düsturun

hər iki tərəfini F -ə bölsək): $\frac{Q}{F} = kI$ və nəzərə alsaq ki, sonuncu ifadənin sol tərəfi süzülmə sürətinin ifadəsidir:

$$\frac{Q}{F} = v \quad (5), \text{ onda:}$$

$$v = kI \quad (6)$$

alırıq.

Darsi qanununu ifadə edən (6) düsturu süzülmə sürətinin hidravlik qradientdən xətti asılı olduğunu göstərir və bu qanun aşağıdakı kimi ifadə olunur: *süzülən suyun sürəti təzyiq qradientinin birinci dərəcəsi ilə düz mütənasibdir.*

Məlum olduğu kimi, laminar hərəkətdə də sürət təzyiq qradientinin birinci dərəcəsi ilə düz mütənasibdir. Odur ki, Darsi qanununa tabe olan qrunut sularının hərəkəti laminar fərz edilir. Ona görə də bu qanunu əksər hallarda yeraltı suların hərəkətinin əsas qanunu ad-

landırır. Lakin Darsi qanununun tətbiqinin iki: yuxarı və aşağı həddi ayrılır.

Tədqiqatçıların əksəriyyəti Darsi qanununun tətbiqinin aşağı həddi haqda qeyd edirlər ki, kifayət həcmdə fiziki əlaqəli sulu, subkapilyar məsaməli zəif sukeçirici gilli horizontlarda süzülmə zamanı xətti qanunun pozulması müşahidə olunur və bu pozulma onunla izah olunur ki, təzyiq qradienti I mövcud olduqda gilli süxurlarda suyun süzülməsi müşahidə olunmur (belə ki, məsamələr kifayət qüvvələrlə saxlanılan fiziki əlaqəli su ilə dolmuşdur). Belə şəraitdə süzülmənin baş verməsi üçün təzyiq qradientini I_0 (süzülmənin başlanğıc qradientini) müəyyən həddə qədər artırmaq zəruridir. Qradientin $I_{kr} \approx \frac{4}{3} I_0$ həddə qədər artması ilə gilli süxurlarda suyun süzülməsi Darsi qanununa uyğun gəlməyə başlayır. Dənəli və çatlı süxurlarda və çox kiçik təzyiq qradientində Amerika hidrogeoloqu O.Meynsərə görə $3 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-5}$, V.N. Şelkaçov və İ.Y.Fomenkoya görə $n \cdot 10^{-3} - n \cdot 10^{-4}$ qiymətlərində Darsi qanunu doğrudur.

Qravitasiya sularının hərəkəti zamanı daxili sürünmə və ətalət qüvvələri meydana çıxır. Lakin bu qüvvələrin təsiri çox cüzi olduğu üçün təcrübi hesablamalarda onları nəzərə almamaq olar. Beləliklə, qravitasiya suları üçün Darsi qanununun tətbiqinin aşağı həddi praktiki olaraq yoxdur.

Darsi qanununun tətbiqinin yuxarı həddi süzülmənin kritik sürəti ilə əlaqədardır. N.N.Pavlovski süzülmənin kritik sürətini təyin etmək üçün hidravlikadan məlum olan Reynolds ədədindən (R_e) istifadə etməyi təklif edir:

$$R_e = \frac{vd}{\partial}, \quad (7)$$

burada: v – suyun orta axım sürəti, m/san; d – su keçən borunun diametri, sm; $\partial = \frac{\eta}{\rho}$ – mayenin kinematik özlülük əmsalı, $\text{san} \cdot \text{sm}$; ρ – mayenin sıxlığı, q/sm^3 ; η – mayenin dinamik özlülük əmsalı, $q \cdot \text{san}/\text{sm}^2$.

Özlülük dedikdə, mayenin xarici qüvvələrin təsiri altında onun axımına müqavimət göstərmək xüsusiyyəti başa düşülür. Adətən özlülük: dinamik və kinematik özlülük əmsalları ilə xarakterizə olunur. *Dinamik özlülük əmsalı* η vahidə bərabər sürət qradientində hərəkət edən iki maye layının toxunma səthinin vahidinə uyğun gəlir, $q \cdot \text{san}/\text{sm}^2$ ilə ölçülür. *Kinematik özlülük əmsalı* $\partial = \frac{\eta}{\rho}$ dinamik özlülük əmsalının mayenin sıxlığına olan nisbəti ilə ölçülür və vahidi $\text{san} \cdot \text{sm}$ -dir.

N.N.Pavlovski (7) düsturunda aşağıdakı kimi riyazi dəyişiklik etmişdir:

$$R_e = \frac{1}{0,75n + 0,23} \cdot \frac{vd_e}{\partial}, \quad (8)$$

burada: d_e – süxuru təşkil edən hissəciklərin effektiv diametri, mm; v – süzülmə sürəti, m/san; n – süxurun faizlə ifadə olunmuş məsaməliyidir.

(8) düsturu ilə aparılan hesablamaların və eksperimental tədqiqatların nəticələrinə əsaslanaraq, N.N.Pavlovski müəyyən etmişdir ki, süzülmənin xətti qanununun pozulması $R_e = 7,5 - 9$ qiymətlərində baş verir. Reynolds ədədinin bu qiymətinə kritik qiymət, bu qiymətə uyğun gələn sürətə isə kritik sürət (v_{kr}) deyilir. Süzülmənin kritik sürəti aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$v_{kr} = R_e^{kr} \frac{\partial}{d_e} (0,75n + 0,23) , \quad (9)$$

Q.N.Kamenskiyə görə, Darsi qanunu yeraltı suların hərəkətinin 1000 m/sut-ya çatan həqiqi sürətində də tətbiq edilə bilər. 1000 m/sut-dan böyük sürət nadir hallarda rast gəlinir və karstlaşmış, yüksək çatlı, iri qırıntı və çaqıl süxurları üçün xarakterlidir.

Axının turbulent rejimində süzülmə. Yeraltı suların turbulent hərəkətində süzülmanın qeyri-xətti Şezi-Krasnopolski qanunu öz əksini tapır. A.A.Krasnopolskiyə görə axının sürəti aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$v = k\sqrt{I} , \quad (10)$$

və: *turbulent rejimdə axının sürəti təzyiqliq qradientinin $\frac{1}{2}$ dərəcəsi ilə düz mütənəsidir.*

Qarışıq laminar-turbulent axında süzülmə. Çoxsaylı tədqiqatlar göstərmişdir ki, sulu horizontlarda bəzən elə hissələr qeydə alınır ki, burada süzülmə nə Darsi, nə də Krasnopolski qanunlarına deyil, bu iki qanun arasında aralıq mövqə tutan qanuna tabe olur. Bu halda süzülmə Proninin ikihədli düsturu ilə ifadə olunur:

$$I = av + bv^2 , \quad (11)$$

burada: a və b – məsaməli mühitin və süzülən mayenin keyfiyyətindən asılı olan və eksperiment yolu ilə təyin olunan parametrlərdir.

Süzülmə sürətinin kiçik qiymətlərində (11) düsturundakı ikinci həddi nəzərə almamaq olar, belə ki, bu halda:

$$I = av , \quad (12)$$

və ya:

$$v = \frac{1}{a} I \quad , \quad (13)$$

Əgər (13) düsturunda $\frac{1}{a} = k$ əvəzləməsi aparsaq, onda Darsi düsturunu alarıq: $v = kI$

Proni düsturunda (11) birinci həddi də nəzərə almamaq olar, yəni:

$$I = bv^2 \quad , \quad (14)$$

və ya:

$$v = \sqrt{\frac{1}{b}} \sqrt{I} \quad , \quad (15)$$

Əgər (15) düsturunda $\sqrt{\frac{1}{b}} = k$ əvəzləməsi aparsaq,

Proni düsturu A.A.Krasnopolskinin qeyri-xətti qanununa keçir: $v = k\sqrt{I}$

1.3. Yeraltı suların dinamikasında istifadə edilən əsas parametrlər

Yeraltı suların dinamikasında istifadə edilən əsas parametrləri nəzərdən keçirək:

Süzülmə əmsalının (k) qiyməti süxuru təşkil edən hissəciklər arasındakı məsamələrin ölçüsündən asılıdır, vahidi: sm/san, m/saat, m/sut-dır. (4) düsturundan görüldüyü kimi, süzülmə əmsalı vahid təzyiqliq qradiyentində vahid en kəsik sahəsindən keçən suyun miqdarı ilə ifadə edilir.

Sukeçiricilik əmsalı (T) sulu horizontun qalınlığı ilə süzülmə əmsalının hasilinə bərabərdir, vahidi: sm²/san, m²/saat, m²/sut-dır:

$$\text{- qrunut sulari üçün: } T = kh, \quad (16)$$

$$\text{- təzyiqli sular üçün: } T = km, \quad (17)$$

Sukeçiricilik əmsalı vahid təzyiq qradiyentində qalınlığı h (və ya m), eni vahid olan sulu horizontun vahid zamanda sü süzmə qabiliyyətidir.

Keçiricilik əmsalı (k_n) – məsaməli mühitin özündən maye və ya qazı keçirmək keyfiyyətidir. Bu əmsal ilə süzülmə əmsalı arasındakı asılılıq aşağıdakı bərabərliklə ifadə olunur: $k_n = k \frac{\partial}{g}$; burada: ∂ – kinematik özlülük əmsalı, g – sərbəstdüşmə təcildir.

Keçiricilik (nüfuzetmə) əmsalının (k_n) vahidi – sahə vahidi, m^2 ; fiziki sistemdə – darsi (D) və ya sm^2 ($1D=1,02 \times 10^{-8} sm^2$).

Yeraltı suların qərarlaşmış və qərarlaşmamış hərəkəti. Bu və ya digər sulu horizontun qidalanma və boşalma şəraiti zaman etibarilə daimdirsə, bu halda yeraltı suların hərəkəti *qərarlaşmış* adlanır. Qərarlaşmış hərəkətdə zaman etibarilə yeraltı su axınının bütün hidrodinamik elementləri (sərf, sürət, maillik, istiqamət və s.) dəyişməz qalır.

Qidalanma və boşalma şəraitinin zaman etibarilə dəyişməsi zamanı yeraltı su axınının bütün hidrodinamik elementləri dəyişir və belə hərəkət *qərarlaşmamış* adlanır.

Təbiətdə yeraltı sular əsasən qərarlaşmamış hərəkətə malik olur. Yalnız qidalanma və boşalma şəraitinin cüzi dəyişdiyi ayrı-ayrı zaman kəsirləri üçün təbii şəraiti sxemləşdirərək qərarlaşmış hərəkət barədə danışmaq olar.

Süzülmənin sərt və elastik rejimləri. Mayenin hərəkəti onun (suyun) ağırlıq qüvvəsi və təzyiqlə əlaqədardırsa, digər qüvvələrin təsiri (ətalət, elastiklik və s.) cüzidirsə və onları nəzərə almamaq mümkündürsə, süzül-

mənin belə rejimi *sərt rejim* adlanır. Bu rejim əsasən qrunut suları, o cümlədən az dərinlikdə yatan təzyiqli sular üçün xarakterikdir.

Kifayət qədər dərinlikdə yatan təzyiqli sular üçün süzülmənin *elastik rejimi* xarakterikdir, yəni bu rejim üçün horizont enerjisinin üstünlük təşkil edən forması horizontun və sıxılmış mayenin elastik deformatsiyası hesab edilir.

Artezian sularını quyular vasitəsilə açarkən horizontda təzyiqin aşağı düşməsi və suyun genişlənməsi baş verir. Bununla belə, horizontda təzyiqin aşağı düşməsi süxurun elastik genişlənməsinə və onun məsaməliliyinin azalmasına səbəb olur, bunun nəticəsində su sanki sıxışdırılıb çıxarılır və quyuya axır və beləliklə, elastik rejim yaranır ki, onun da nəzəriyyəsi V.N.Şelkaçov tərəfindən tam işlənilib hazırlanmışdır.

İkinci fəsil

YERALTI SU AXINININ HİDRODİNAMİK XÜSUSİYYƏTLƏRİ

2.1. Yeraltı su axınının əsas hidrodinamik elementləri və onların təyini

Yeraltı su axını dedikdə, yeraltı qravitasiya sularının fəzavi sərhədlənmiş axınları başa düşülür ki, bu sərhədlərin də daxilində təzyiqli qradientinin təsiri altında məsələli və ya çatlı mühitdə hərəkət baş verir.

Yeraltı su axınının əsas hidrodinamik elementlərini nəzərdən keçirək.

Axının qalınlığı (h və ya m) horizontun və ya süxur kompleksinin su ilə doymuş hissəsinin qalınlığıdır; qrunut suyu axınında (h) sərbəst su səthindən su keçirməyən horizontun tavanına qədər olan məsafə, təzyiqli su horizontunda isə sulu horizontun tavanı ilə dabanı arasındakı məsafədir (m) (şək. 2,3).

Axının eni (B) axın istiqamətində götürülmüş iki sərhəd arasındakı məsafədir. Axının eni sulu horizontun yayılma şəraitindən (geoloji strukturların ölçülərindən), onun qidalanma və boşalma rejimindən asılıdır.

Axının qalınlığı və eni onun müxtəlif sahələrində dəyişə bilər.

Axının təzyiqli (H) dedikdə pyezometrik təzyiqli nəzərdə tutulur və onun qiyməti qrunut sularında sərbəst su səviyyəsindən müqayisə müstəvisinə qədər olan məsafə ilə, təzyiqli sulara isə təzyiqli səviyyəsindən müqayisə müstəvisinə qədər olan məsafə ilə ölçülür.

Hidravlik maillik və ya təzyiqli qradienti (I) axının vahid uzunluğuna düşən təzyiqli azalması ilə ölçülür. Axının hidravlik qradienti qidalanma və boşalma mən-

bələrindəki təzyiqlər fərqinin ($H_q - H_b$) onlar arasındakı məsafəyə (L_{q-b}) olan nisbətində bərabərdir:

$$I = \frac{H_q - H_b}{L_{q-b}}, \quad (18)$$

Yeraltı axının iki kəsimi arasındakı təzyiqlər qradientinin qiyməti bu kəsimlərdəki təzyiqlər fərqinin ($H_1 - H_2$) onlar arasındakı məsafəyə (L_{1-2}) olan nisbətində bərabərdir:

$$I = \frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}}, \quad (19)$$

Axının sürəti (v) vahid en kəsik sahəsindən vahid zamanda keçən suyun miqdarı ilə ölçülür və (5), (6) düsturları ilə hesablanır.

Axının sərfi (Q) onun en kəsik sahəsi (F) ilə süzülmə sürətinin (v) hasilinə bərabərdir.

Qrunt suları üçün axının sərfi:

$$Q = vF = kIhB, \quad (20)$$

Təzyiqli sular üçün axının sərfi:

$$Q = vF = kIBm, \quad (21)$$

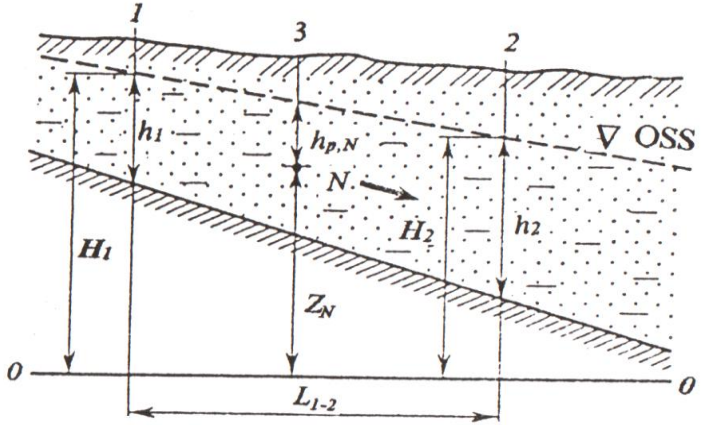
Hidrogeoloji hesablamalarda əksər hallarda **vahid sərf** (q) terminindən istifadə edilir. Axının vahid sərfi onun vahid eninə düşən sərfidir.

Qrunt suları üçün axının vahid sərfi:

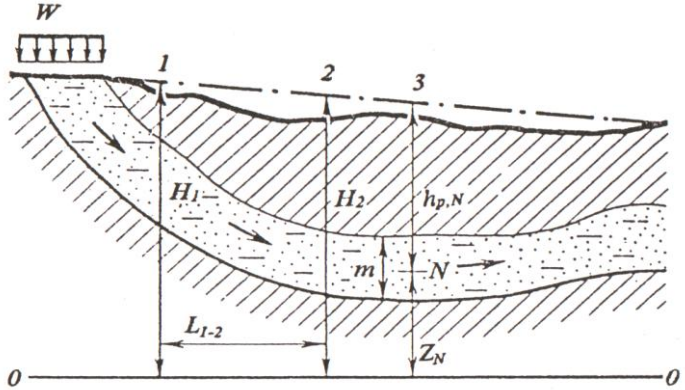
$$q = \frac{Q}{B} = kIh, \quad (22)$$

Təzyiqli sular üçün axının vahid sərfi:

$$q = \frac{Q}{B} = kI m, \quad (23)$$



Şəkil 2. Qrunt suyu axınının hidrodinamik elementlərini əks etdirən sxem.



Şəkil 3. Təzyiqli su axınının hidrodinamik elementlərini əks etdirən sxem.

Axının cərəyan xətləri. Yeraltı su axınında təzyiq qradienti yalnız axın istiqamətində təyin edilir, belə ki, axının eni həmişə onun istiqamətinə perpendikulyar olaraq təyin edilir. Axının hərəkət istiqaməti cərəyan xətləri ilə xarakterizə edilir. Cərəyan xətləri axını təşkil edən hissəciklərin trayektoriyasına uyğun gələn xətlərdir. Qərarlaşmış axında cərəyan xətləri biristiqamətli və paralel olduğu halda, qərarlaşmamış axında qarışıq və şəxəli olur.

Bərabər təzyiqlər xətti (və ya ekvipotensiallar) axının cərəyan xətlərinə perpendikulyar olur. Yeraltı su axınında bəzi hallarda «bərabər təzyiqlər səthi» anlayışından da istifadə edilir. Bərabər təzyiqlər səthinin bütün nöqtələrində pyezometrik təzyiq eyni qiymətə malik olur. Bərabər təzyiqlər xəttinin horizontal müstəvidəki proyeksiyası qrunt suları üçün hidroizogipsləri, təzyiqli sular üçün isə hidroizopyezləri ifadə edir.

Hidrodinamik şəbəkə – axının cərəyan xətləri ilə ekvipotensialların ortoqonal birləşməsi nəticəsində əmələ gələn damalar məcmusundan ibarətdir. Əgər sulu horizont eynicinsli süxurlardan təşkil tapmışdırsa, yeraltı suların qərarlaşmış hərəkətində bu damalar ya eyni formalı və eyni ölçülü kvadratlardan və ya düzbucaqlardan, əks halda isə müxtəlif formalı və ölçülü dördbucaqlardan ibarət olacaqdır.

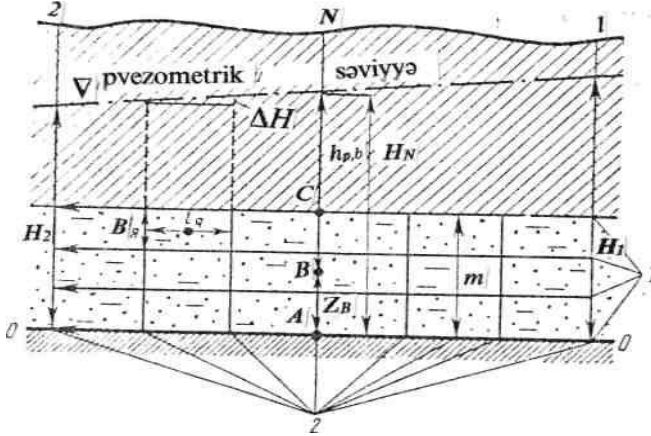
Hidrodinamik şəbəkənin qurulması (şək.4) zamanı aşağıdakılar mütləq nəzərə alınmalıdır:

1.Axının cərəyan xətləri ilə hidroizogipslər (və ya hidroizopyezlər) bir-birinə perpendikulyar olmalıdır;

2.Axının cərəyan xətləri ilə hidroizogipslərin sayı miqyasa uyğun olaraq, ixtiyari qəbul edilir, lakin əksər hallarda onların sayı bərabər götürülür;

3.Cərəyan zolağı boyu axının sərfi dəyişdiyinə görə bu zolaq hüdudunda (cərəyan zolağı – iki qonşu cərə-

yan xətti arasında yeraltı su axınının sahəsidir) yerləşən damaların oxşarlığına diqqət yetirilməlidir. Belə ki, götürülmüş cərəyan zolağı hüdudundakı bütün damalarda sərf eyni olacaqdır.



Şəkil 4. Daimi qalınlıqlı eynicinsli horizontda təzyiqli axının hidrodinamik şəbəkəsi:

1— axının cərəyan xətləri; 2— axının bərabər təzyiqlər xətti.

2.2. Yeraltı su axınının əsas hidrodinamik xüsusiyyətləri

Yeraltı su axınının hidrodinamik xüsusiyyətləri təbii və süni amillərin təsiri altında onun əsas hidrodinamik elementlərinin dəyişməsilə müəyyən olunur. Axının əsas hidrodinamik elementlərinin zaman və məkan etibarilə dəyişməsinin aydınlaşdırılması real təbii şəraitdən hesabi sxemə düzgün keçmək üçün zəruridir ki, bu da əsaslandırılmış hidrogeoloji hesablamaların aparılmasına imkan verir.

P.P.Klimentov və V.M.Kononova (1985) görə, axının hidrodinamik xüsusiyyətlərinin dəyişməsinə təsir göstərən

əsas amillər aşağıdakılardır: 1) süxurların sulanma dərəcəsi; 2) axının yatım şəraiti və hidravlik xarakteri; 3) qidalanma və boşalma şəraiti; 4) süxurların süzülmə xüsusiyyəti; 5) sərhədlərin forma və xarakteri.

Süxurların sulanma dərəcəsi. Süxurların sulanma dərəcəsinə görə: *aerasiya* (su ilə doymamış və ya qismən doymuş süxurlar) və *doyma* zonasını (süzülmə zonası) ayırırlar.

Axının yatım şəraiti və hidravlik xarakteri. Yatım şəraitinə görə axının əsas iki tipini ayırırlar: təzyiqsiz və təzyiqli.

«Təzyiqsiz axın» termini hərfi mənada qəbul edilməməlidir. İstənilən yeraltı su axını onun hidravlik xarakterindən asılı olmayaraq, təzyiqə malikdir. Yeraltı suların sərbəst səthinə malik olan *təzyiqsiz axınlar*, bir qayda olaraq, yer səthinə yaxın yatır və bilavasitə atmosferlə əlaqəsi olur.

Təzyiqli axınlar adətən qrunut suyu axınından aşağıda, sukeçirməyən horizontlarla atmosferdən və kəsilişdə digər sulu horizontlardan izole olunmuş sulu kompleksdə yerləşir. Onların pyezometrik səthi həmişə sulu horizontun tavanından yuxarıda yerləşir ki, bu səbəbdən də axının səthindəki təzyiq atmosfer təzyiqindən yüksək olur və horizontun tavanı üzərində artıq (ifrat) təzyiq yaranır.

Müəyyən təbii şəraitlərdə *təzyiqli-təzyiqsiz su axınlarına* rast gəlinir. Məsələn, təzyiqli axınları drenləşdirən yerüstü su hövzələri yaxınlığında pyezometrik səviyyə sulu horizontun tavanından aşağı düşür. Təzyiqli-təzyiqsiz axın şəraiti sugötürücü qurğuların yaxınlığında da müşahidə olunur.

Yeraltı suların qidalanma və boşalma şəraiti. Yeraltı suların qidalanma və boşalma şəraitinə görə axının üç tipi ayrılır: 1) mərkəzləşən; 2) dağılan; 3) qarışıq.

Axının *mərkəzləşən* tipində yeraltı suların qidalanması və boşalması ayrı-ayrı lokal sahələrdə və ya axının sərhədlərində mərkəzləşir. Bu tipin hidrodinamik xüsusiyyəti bütün hərəkət yolunda sərfin daimiliyi ilə müəyyən olunur. Axının *dağılan* tipində yeraltı suların qidalanması və boşalması onların yayıldığı kifayət sahələrdə baş verir. Qrunt suyu axınında dağılan qidalanma aerasiya zonasından atmosfer çöküntülərinin infiltrasiyası, boşalma – grunt suyu səthindən buxarlanma hesabına; təzyiqli sularda isə dağılan qidalanma və boşalma əsasən aralıq sulu horizontlarla hidravlik əlaqə zamanı axının tavanı və dabanı vasitəsilə baş verir.

Yeraltı axının *qarışıq* tipində hidrodinamik xüsusiyyətlər öyrənilən ərazidə və onun sərhədlərində, qidalanma və boşalma şəraitindən asılı olaraq, müxtəlif cür təzahür edir.

Süxurların süzülmə keyfiyyəti. Su saxlayan süxurlar süzülmə keyfiyyətinə görə *izotrop* (süzülmə keyfiyyəti bütün istiqamətlər üzrə eyni olan) və *anizotrop* (süzülmə keyfiyyəti istiqamətdən asılı olan) ola bilər. İzotrop süxurlara: qumlar, qumdaşı, əhəngdaşı; anizotrop süxurlara isə löss, lössvarı gilli qumlar, gillər aiddir.

Qeyd etmək lazımdır ki, «anizotropiya» ilə «qeyri-bircinslilik» anlayışlarını eyniləşdirmək olmaz. *Anizotropiya* – süxurların struktur və tekstur xüsusiyyətləri ilə, *qeyri-bircinslilik* isə şaquli və horizontal istiqamətdə sulu horizontun litoloji tərkibinin müxtəlifliyi ilə xarakterizə olunur. Qeyri-bircinsli sulu horizontlara təbiətdə daha tez-tez rast gəlinir.

Sərhədlərin forma və xarakteri. Yeraltı su axınları: təbii və süni, daxili və xarici, keçirici və qeyri-keçirici sərhədlərə malik olur ki, bunlar da axınların hidrodinamik şəraitinə, onların tipinə, strukturuna və rejiminin xarakterinə kifayət qədər təsir göstərir.

Yeraltı axının *təbii sərhədləri* onları qidalandıran və drenləşdirən çayların, göllərin, dərələrin konturları, o cümlədən bataqlıq, müxtəlif sukeçiriciliyə malik süxurların təması, tektonik pozulmalar və s. ola bilər. *Süni sərhədlər* yeraltı su axınına bu və ya digər dərəcədə təsir göstərən mühəndisi qurğuların (quyular, qalereyalar və s.) konturları hesab edilir. Mühəndisi qurğular (süni sərhədlər) süzülmə zonasının *daxili sərhədləri*, təbii sərhədlər isə – *xarici sərhədləri* kimi qəbul edilir.

Axınların sərhəd formaları çox müxtəlif (düzxətli, sınıan, əyrixətli, dairəvi və s.) ola bilər.

Cərəyan xətlərinin formasından asılı olaraq, axınları: *səthi* və *radial* növlərə ayırırlar. Əgər cərəyan xətləri səthi olmaqla paraleldirsə, axın–*səthi* adlanır.

Radial axında cərəyan xətləri bir nöqtədə toplanan və ya dağılan düz xətlərin məcmusu, bərabər təzyiqlər xətləri isə cərəyan xətlərinə perpendikulyar olan çevrələr məcmusundan ibarətdir. Radial axın *toplanan* (suçəkmə zamanı quyuya su axımı) və ya *dağılan* (quyuya təzyiq və ya suvurma zamanı), *radial-simmetrik* (təzyiq xətləri – koaksial çevrələr) və ya *plan-radial* (simmetriya yoxdur) ola bilər.

Əgər iş şəraitində mühəndisi qurğular axının yan sərhədlərinə onlardan kifayət məsafədə yerləşməsi səbəbindən təsir etmirsə, onda axın *qeyri-məhdud* adlanır. Mühəndisi qurğuların axının bir sərhədinə təsiri varsa, axın – *yarımməhdud*, bir neçə sərhədinə təsiri varsa – *məhdud* adlanır.

Üçüncü fəsil

YERALTI SULARIN QƏRARLAŞMIŞ HƏRƏKƏTİ. YERALTI SULARIN EYNİCİNSLİ SÜXURLARDA QƏRARLAŞMIŞ HƏRƏKƏTİ

Yeraltı suların eynicinsli süxurlarda qərarlaşmış hərəkətində həm qrunut suları, həm də təzyiqli sular üçün axının sərfi və depressiya əyrisinin vəziyyəti (ordinatı) təyin edilir.

Qrunut suyu axınında sukeçirməyən əsas horizontal və maili yatıma malik ola bilər. Hər iki halı nəzərdən keçirək.

3.1. Horizontal əsaslı qrunut suyu axını

Əvvəlki fəsildə qeyd edildiyi kimi, horizontal əsaslı qrunut suyu axınının sərfi Darsinin xətti qanununa əsasən (4) və (22) düsturları ilə hesablanır:

$$Q = kIF \quad , \quad (4)$$

$$q = \frac{Q}{B} = kIh, \quad (22)$$

(22) düsturu diferensial şəkildə aşağıdakı kimi yazılır:

$$q = -k \frac{dh}{dx} h \quad , \quad (24)$$

(24) düsturunu 1-2 kəsəmləri arasında inteqrallaqla və inteqralı həll etməklə, iki kəsəmlər arasında axının vahid sərfinin düsturunu alırıq:

$$\frac{q}{k} \int_0^{L_{1-2}} dx = - \int_{h_2}^{h_1} h dh \Rightarrow \frac{q}{k} L_{1-2} = \frac{h_1^2 - h_2^2}{2} \Rightarrow$$

$$q = k \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L_{1-2}} , \quad (25)$$

Depressiya əyrisinin vəziyyətini (ordinatını) təyin etmək üçün 1 kəsimindən x məsafədə olan h_x qalınlığını tapmaq məqsədilə axın boyu vahid enə düşən sərfin sabitliyini nəzərə alsaq:

$$q = k \frac{h_1^2 - h_x^2}{2x} , \quad (26)$$

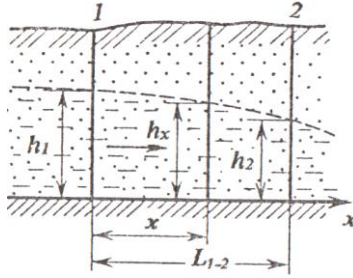
(25) və (26) düsturlarının sol tərəflərinin bərabərliyindən sağ tərəflərinin də bərabərliyi alınır:

$$\frac{h_1^2 - h_2^2}{L_{1-2}} = \frac{h_1^2 - h_x^2}{x} , \quad (27)$$

(27) düsturunu h_x -ə görə həll etsək, depressiya əyrisinin vəziyyət tənliyini alarıq:

$$h_x = \sqrt{h_1^2 - \frac{x}{L_{1-2}} (h_1^2 - h_2^2)} , \quad (28)$$

x -ə müxtəlif qiymətlər verməklə, 1-2 kəsimpləri arasında istənilən kəsimdə axının qalınlığını hesablamaq olar (şəkl.5).



Şəkil 5. Qrunt suyu axınının depressiya əyrisinin sxemi.

3.2. Maili əsaslı qrunut suyu axını

Q.N.Kamenskiyə görə maili əsaslı qrunut suyu axınında vahid enə düşən sərf ($q = khI$) diferensial şəkildə aşağıdakı kimi yazılır:

$$q = -kh \frac{dH}{dx}, \quad (29)$$

(29) düsturunu 1-2 kəsimpləri arasında inteqrallaqla və inteqralı həll etməklə, iki kəsim arasında axının vahid sərfinin düsturunu alarıq:

$$\frac{q}{k} \int_0^{L_{1-2}} dx = -h \int_{H_2}^{H_1} dH \Rightarrow q = k \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot \frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}}, \quad (30)$$

Depressiya əyrisinin vəziyyətini (orditnatını) təyin etmək üçün 1 kəsimindən x məsafədə olan H_x qalınlığını (şək.6) tapmaq məqsədilə axın boyu vahid enə düşən sərfin sabitliyini nəzərə alsaq:

$$q_x = k \frac{h_1 + h_x}{2} \cdot \frac{H_1 - H_x}{x}, \quad (31)$$

(30) və (31) düsturlarının sol tərəflərinin bərabərliyindən sağ tərəflərinin də bərabərliyini almaqla zəruri ixtisarlara aparsaq:

$$(h_1 + h_2) \frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}} = (h_1 + h_x) \frac{H_1 - H_x}{x} , \quad (32)$$

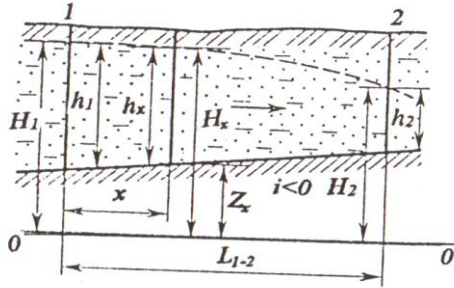
(6) sxeminə uyğun olaraq (32) düsturunda aşağıdakı kimi əvəzləmə apararaq: $h_x = H_x - Z_x$

$$\begin{aligned} (h_1 + h_2) \frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}} &= (h_1 + H_x - Z_x) \frac{(H_1 - H_x)}{x} \\ \frac{x}{L_{1-2}} (h_1 + h_2)(H_1 - H_2) &= h_1 H_1 + H_1 H_x - H_1 Z_x - \\ &- H_x h_1 - H_x^2 + H_x Z_x \\ H_x^2 - H_x Z_x + H_x h_1 - H_x H_1 + H_1 Z_x - h_1 H_1 + \\ &+ \frac{x}{L_{1-2}} (h_1 + h_2)(H_1 - H_2) = 0 \\ H_x^2 - H_x (Z_x - h_1 + H_1) + H_1 Z_x - h_1 H_1 + \\ &+ \frac{x}{L_{1-2}} (h_1 + h_2)(H_1 - H_2) = 0 \end{aligned}$$

Əgər sonuncu tənlikdə aşağıdakı kimi əvəzləmə apararsaq:

$$\begin{aligned} Z_x - h_1 + H_1 = a ; \quad H_1 Z_x - h_1 H_1 + \frac{x}{L} (h_1 + h_2)(H_1 - H_2) = b \\ H_x^2 - a H_x + b = 0 , \quad (32a) \end{aligned}$$

(32a) kvadrat tənliyini həll etməklə istənilən kəsimdə depressiya əyrisinin ordinatını (H_x) hesablamaq olar.



Şəkil 6. Maili əsaslı qrunut suyu axınının depressiya əyrisinin sxemi.

Qeyd etmək lazımdır ki, sukeçirməyən əsasın mailliyinin iki növü vardır: düz maillik (şək. 7a,b,c) və əks maillik (şək. 7ç).

Düz maillikdə əsasın mailliyi yeraltı su axını istiqamətində, əks maillikdə isə axının əksi istiqamətində olur.

Düz maillikdə axın istiqamətində onun (axının) qalınlığı sabit qalır ($i = I$, $h = \text{const}$, şək. 7a), azalır ($i < I$, h – azalır, şək. 7b) və artır ($i > I$, h – artır, şək. 7c).

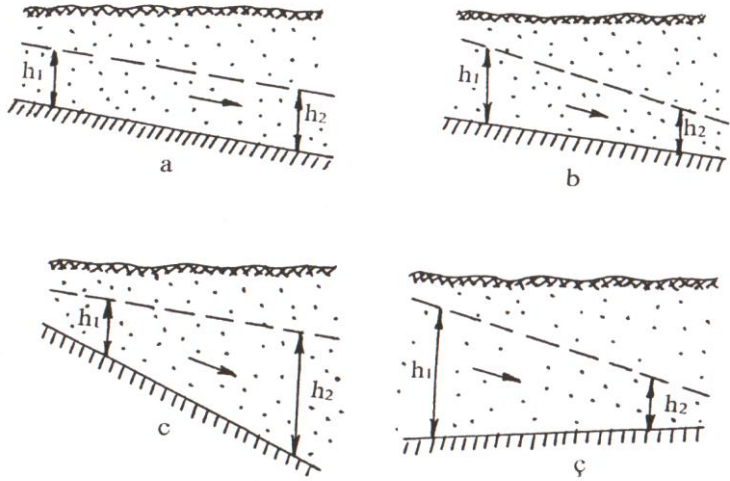
Əks maillikdə axının qalınlığı axın istiqamətində həmişə azalır.

Qeyd etmək lazımdır ki, N.N.Pavlovskiyə görə sukeçirməyən əsasın əks mailliyində axının gətirilmiş qalınlığı:

$$h_0' = \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot \frac{I}{i} , \quad (33)$$

axının vahid sərfi isə aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$q = kih_0' , \quad (33a)$$



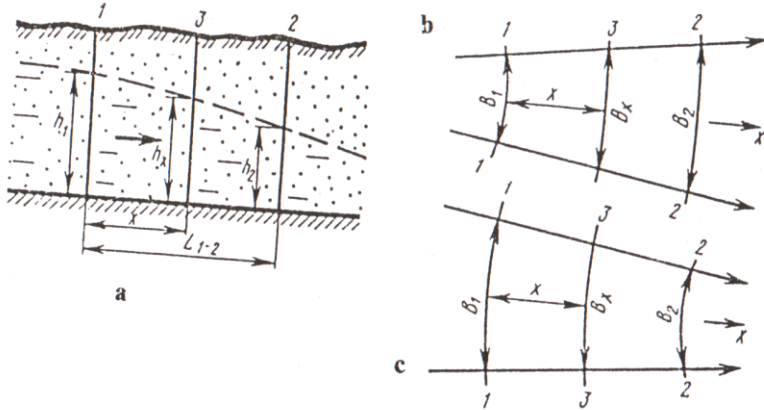
Şəkil 7. Maili əsaslı qırt suyu axımında əsasın mailliyinin növlərini göstərən sxem.

3.3. Radial qırt suyu axımı

Radial qırt suyu axımında (şək.8a): toplanan (8b) və dağılan (8c) kimi iki növ ayrılır.

Qırt suyu axımının ixtiyari kəsimində onun eni (B) aşağıdakı asılılığın köməyiylə təyin edilir:

$$B = B_1 + \frac{B_2 - B_1}{L_{1-2}} x \quad , \quad (34)$$



Şəkil 8. Radial qıunt suyu axımının sxemi: a – kəsiliş; b, c – plan.

Bu halda axımın tam sərfini (20) diferensial şəkildə yazıb, (34) ifadəsini nəzərə alsaq:

$$Q = kIhB, \quad (20)$$

$$Q = -khB \frac{dh}{dx}$$

$$Q = -\left(B_1 + \frac{B_2 - B_1}{L_{1-2}}x\right)kh \frac{dh}{dx}, \quad (35)$$

(35) ifadəsində dəyişənləri qruplaşdırıb, 1-2 kəsilmələri arasında inteqrallasaq:

$$Q = k \frac{B_2 - B_1}{\ln B_2 - \ln B_1} \cdot \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L_{1-2}}, \quad (36)$$

x kəsimi üçün axımın tam sərfinin düsturu aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$Q_x = k \frac{B_x - B_1}{\ln B_x - \ln B_1} \cdot \frac{h_1^2 - h_x^2}{2x}, \quad (37)$$

Axım boyu tam sərfin sabitliyini nəzərə alıb, (36) və (37) bərabərliklərini həll etməklə radial axın üçün depressiya əyrisinin vəziyyət düsturunu alırıq:

$$h_x = \sqrt{h_1^2 - \frac{x}{L}(h_1^2 - h_2^2) \cdot \frac{B_2 - B_1}{\ln B_2 - \ln B_1} \cdot \frac{\ln B_x - \ln B_1}{B_x - B_1}}, \quad (38)$$

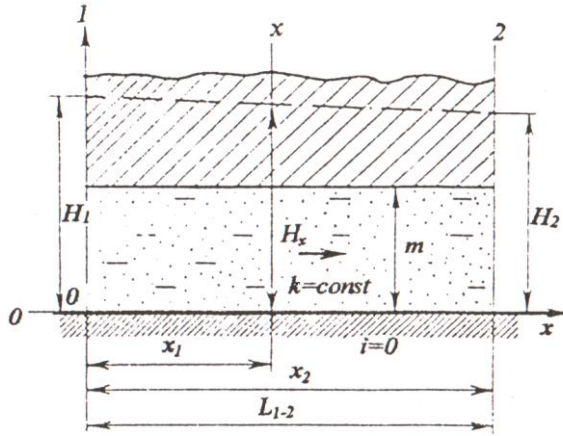
Məli əsaslı radial qrunut suyu axını üçün tam sərf aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$Q = k \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot \frac{B_2 - B_1}{\ln B_2 - \ln B_1} \cdot \frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}}, \quad (39)$$

3.4. Sabit qalınlıqlı horizontda təzyiqli su axını

Təzyiqli su horizontunun qalınlığı (m) sabit olarsa (şək. 9), bu halda vahid enə düşən sərf ($q = kmI$ (23)) diferensial şəkildə aşağıdakı kimi yazılır:

$$q = -km \frac{dH}{dx}, \quad (40)$$



Şəkil 9. Sabit qalınlıqlı horizontda təzyiqli su axınının sxemi.

(40) ifadəsini 1-2 kəsirləri arasında inteqrallasaq və vahid sərfə (q) görə həll etsək:

$$q \int_0^{L_{1-2}} dx = -km \int_{H_2}^{H_1} dH \quad \Rightarrow \quad qL_{1-2} = km(H_1 - H_2) \quad \Rightarrow$$

$$q = km \frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}}, \quad (41)$$

İxtiyari x kəsimi üçün vahid enə düşən sərf:

$$q_x = km \frac{H_1 - H_x}{x}, \quad (42)$$

(41) və (42) ifadələrinin sol tərəflərinin bərabərliyinə əsaslanaraq, təzyiqli sular üçün depressiya əyrisinin vəziyyət düsturunu almaq olar:

$$\frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}} = \frac{H_1 - H_x}{x}$$

$$H_x = H_1 - \frac{x}{L_{1-2}}(H_1 - H_2), \quad (43)$$

3.5. Dəyişən qalınlıqlı horizontda təzyiqli su axını

Dəyişən qalınlıqlı horizontda təzyiqli sular üçün (şək.10) vahid enə düşən sərf Q.N.Kamenskinin təklif etdiyi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$q = k \frac{m_1 + m_2}{2} \cdot \frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}}, \quad (44)$$

İxtiyari x kəsimi üçün vahid enə düşən sərf:

$$q_x = k \frac{m_1 + m_x}{2} \cdot \frac{H_1 - H_x}{x}, \quad (45)$$

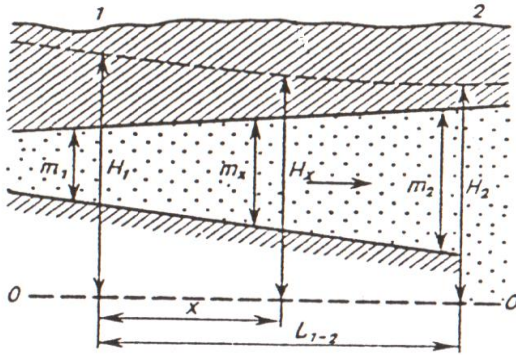
(44) və (45) ifadələrini bərabərləşdirib, zəruri ixtisarlara etsək :

$$(m_1 + m_2) \cdot \frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}} = (m_1 + m_x) \cdot \frac{H_1 - H_x}{x}, \quad (46)$$

(46) düsturuna əsaslanaraq təzyiqli sular üçün depressiya əyrisinin vəziyyət düsturunu almaq olar:

$$H_x = H_1 - \frac{x}{L_{1-2}} (H_1 - H_2) \cdot \frac{m_1 + m_2}{m_1 + m_x} \quad , \quad (46a)$$

Burada:
$$m_x = m_1 + \frac{m_2 - m_1}{L_{1-2}} \cdot x \quad , \quad (47)$$



Şəkil 10. Dəyişən qalınlıqlı horizontda təzyiqli su axınının sxemi.

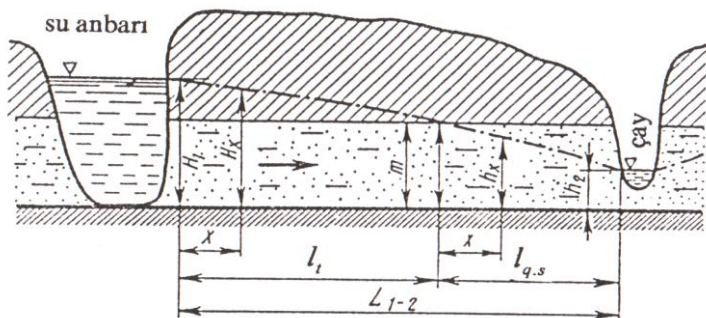
3.6. Yeraltı suların təzyiqli-təzyiqsiz şəraitdə hərəkəti

Hidrogeoloji hesablamalarda təzyiqli yeraltı su axınından təzyiqsiz yeraltı su axınına keçid (şək.11) aşağıdakı asılılığın köməyi ilə aparılır:

$$mH = \frac{h^2}{2}, \quad (48)$$

Məsələn:

$$q = km \frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}} = k \frac{mH_1 - mH_2}{L_{1-2}} = k \frac{\frac{h_1^2}{2} - \frac{h_2^2}{2}}{L_{1-2}} = k \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L_{1-2}}$$



Şəkil 11. Çayarası sahədə təzyiqli-təzyiqsiz su axınının sxemi.

Vahid enə düşən sərf V.İ.Davidoviçin təklif etdiyi aşağıdakı düsturla təyin edilir (11 sxeminə görə):

$$q = k \frac{m(2H_1 - m) - h_2^2}{2L_{1-2}}, \quad (49)$$

Təzyiqli zona üçün vahid enə düşən sərf (q_1) (41) düsturuna görə:

$$q = km \frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}} \quad (41) \quad \Rightarrow \quad H_2 = m \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q_t = km \frac{H_1 - m}{L_t} , \quad (50)$$

$q = q_t$ olduğunu nəzərə alsaq, (49) və (50) ifadələrinin sağ tərəflərini bərabərləşdirib, L_t -yə görə həll etsək, təzyiqli zonanın uzunluğunu taparıq:

$$L_t = \frac{2L_{1-2}m(H_1 - m)}{m(2H_1 - m) - h_2^2} , \quad (51)$$

Depressiya əyrisinin vəziyyət düsturu hər zona üçün aşağıdakı kimi yazılır:

– təzyiqli zona üçün:

$$H_x = H_1 - \frac{x}{L_{1-2}}(H_1 - H_2) , \quad (43) \Rightarrow H_2 = m \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H_x = H_1 - \frac{x}{L_t}(H_1 - m) , \quad (52)$$

– qrunut suyu zonası üçün:

$$h_x = \sqrt{h_1^2 - \frac{x}{L_{1-2}}(h_1^2 - h_2^2)} , \quad (28) \Rightarrow h_1 = m \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_x = \sqrt{m^2 - \frac{x}{L_q}(m^2 - h_2^2)} , \quad (53)$$

ÜÇÜNCÜ FƏSİL ÜZRƏ BƏZİ MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLİNƏ DAİR METODİK GÖSTƏRİŞLƏR

Horizontal əsaslı qrunut suyu axını

Məsələ 1. Qrunut suları horizontal əsaslı sulu horizontda (orta dənəli eynicinsli qum horizontunda) yerləşir (5 sayılı şəklə uyğun olaraq). Birinci quyuda qrunut suyu səviyyəsinin mütləq qiyməti 32,5 m, həmin quyudan 1000 m məsafədə yerləşən ikinci quyuda isə 25,2 m qeyd olunur. Sukeçirməyən horizontun tavanı 12,0 m qiymətə malikdir. Qumların süzülmə əmsalı 7,5 m/sut-dır. Vahid sərfi və eni 150 m olan qrunut suyu axınının ümumi sərfini təyin etməli; depressiya əyrisini qurmali; hər 100 m-dən bir depressiya əyrisi səviyyəsinin qiymətini hesablamalı.

Həlli: Vahid enə düşən sərf (25) düsturu ilə hesablanır:

$$q = k \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L_{1-2}}, \quad (25)$$

Eni B olan qrunut suyu axınının ümumi sərfi:

$$Q = qB, \quad (22)$$

Depressiya əyrisinin ordinatı (h_x):

$$h_x = \sqrt{h_1^2 - \frac{x}{L_{1-2}}(h_1^2 - h_2^2)}, \quad (28)$$

Qeyd: Düsturlara daxil olan bütün kəmiyyətlərin izahı nəzəri hissədə verilir.

–Birinci quyuda sulu horizontun qalınlığı:

$$h_1 = 32,5 - 12,0 = 20,5 \text{ m}$$

–İkinci quyuda sulu horizontun qalınlığı:

$$h_2 = 25,2 - 12,0 = 13,2 \text{ m}$$

(25) düsturunda məlum qiymətləri nəzərə alsaq:

$$q = 7,5 \cdot \frac{20,5^2 - 13,2^2}{2 \cdot 100,0} = 0,922 \text{ m}^3/\text{sut}$$

(22) düsturuna görə, eni $B=150 \text{ m}$ olan qrunut suyu axınının ümumi sərfi:

$$Q = 0,922 \cdot 150,0 = 138,3 \text{ m}^3/\text{sut}$$

(28) düsturuna əsasən depressiya əyrisinin ordinatını h_x hesablamaq olar:

$$h_1 = \sqrt{13,2^2 - \frac{100,0}{1000,0} (20,5^2 - 13,2^2)} = 12,2 \text{ m}$$

Beləliklə, x -n qiymətini hər 100 m-dən bir dəyişməklə depressiya əyrisi səviyyəsinin qiymətlərini hesablamaq və əyrini qurmaq olar.

Maili əsəsh qrunut suyu axını

Məsələ 2. Q.N.Kamenski üsulundan istifadə edərək, 1-2 kəsəmləri arasındakı x kəsəmində axının vahid sərfini və qrunut suyu səviyyəsinin mütləq qiymətini təyin etməli.

Hesablama üçün aşağıdakı məlumatlar verilir (6 sayılı şəklə uyğun olaraq):

$$\begin{array}{lll} H_1 = 88,0m & Z_x = 40,0m & L_{1-x} = 140,0m \\ H_2 = 82,0m & Z_2 = 30,0m & L_{x-2} = 110,0m \\ Z_1 = 25,0m & k = 4,8m/sut & H_x = ? \end{array}$$

Həlli: Əvvəlcə, verilən kəsirlərdə sulu horizontun qalınlığını hesablayaq:

$$h_1 = H_1 - Z_1 = 88,0 - 25,0 = 63,0 \text{ m}$$

$$h_2 = H_2 - Z_2 = 82,0 - 30,0 = 52,0 \text{ m}$$

$$h_x = H_x - Z_x = H_x - 40,0 \text{ m}$$

1-x və x-2 kəsirləri üçün verilən qiymətləri (32) düsturunda yerinə yazsaq və həmin düsturu H_x -ə görə həll etsək:

$$\begin{aligned} (63,0 + H_x - 40,0) \cdot \frac{(88,0 - H_x)}{140,0} &= \\ = (H_x - 40,0 + 52,0) \cdot \frac{(H_x - 82,0)}{110,0} & \\ H_x = 84,8 \text{ m} & \end{aligned}$$

Buradan: $h_x = H_x - Z_x = H_x - 40,0 = 84,8 - 40,0 = 44,8 \text{ m}$

Onda (30) düsturuna əsasən:

$$q = 4,8 \cdot \frac{(63,0 - 44,8) \cdot (88,0 - 84,8)}{2 \cdot 140,0} = 5,92 \text{ m}^2 / \text{ sut}$$

Məsələ 3. Sulu horizont süzülmə əmsalı 3,8 m/sut olan xırda dənəli qumlardan təşkil tapmışdır. Birinci

quyuda suyun səviyyəsi 125,18 m, sukeçirməyən horizontun tavanı 110,48 m; ikinci quyuda suyun səviyyəsi 121,49 m, sukeçirməyən horizontun tavanı isə 111,77 m mütləq qiymətə malikdir. Quyular arasındakı məsafə 250 m-dir.

Maili əsaslı qrunut suyu axınının vahid sərfini təyin etməli.

Həlli: Qrunut suyu axınının gətirilmiş qalınlığını N.N.Pavlovski (33) düsturuna əsasən təyin etməliyik. Bu məqsədlə əvvəlcə axının və sukeçirməyən əsasın mailliyini aşağıdakı kimi hesablamaq lazımdır:

$$I = \frac{125,18 - 121,49}{250,0} = 0,01476$$

$$i = \frac{111,77 - 119,48}{250,0} = 0,00516$$

Sonra isə (33a) düsturuna əsasən axının vahid sərfini hesablamalıyıq:

$$q = 3,8 \cdot 0,00516 \cdot 34,92 = 0,685 \text{ m}^2 / \text{sut}$$

Sabit qalınlıqlı horizontda təzyiqli su axını

Məsələ 4. Sabit qalınlıqlı horizontda təzyiqli axının vahid sərfini təyin etməli (9 sayılı şəkllə uyğun olaraq). 15 m qalınlığa malik sulu horizont axın istiqamətində aralarındakı məsafə 200 m olan iki quyuyu ilə açılmışdır. Birinci quyuda suyun mütləq səviyyəsi 64,22 m, ikinci quyuda 63,44 m qiymətə malikdir. Sulu horizont süzülmə əmsalı 45 m/sut olan iridənəli qumlardan təşkil tapmışdır.

Həlli: Təzyiqli axının vahid sərfi (23) düsturu ilə hesablanır:

$$q = kI m, \quad (23)$$

Təzyiq qradiyentini (19) düsturu ilə hesablayaq:

$$I = \frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}}, \quad (19)$$

$$I = \frac{64,22 - 63,44}{200,0} = 0,0039$$

Qiymətləri (23) düsturunda nəzərə alsaq:

$$q = 45,0 \cdot 15,0 \cdot 0,0039 = 2,63 \text{ m}^2/\text{sut}$$

Dəyişən qalınlıqlı horizontda təzyiqli su axını

Məsələ 5. x kəsimində pyezometrik səviyyəni və vahid enə düşən sərfi təyin etməklə, $1-x$ və $x-2$ kəsimlərində təzyiq qradiyentlərini müqayisə etməli və onlar arasındakı fərqi səbəbini izah etməli (10 sayılı şəklə uyğun olaraq). Hesablama üçün lazım olan kəmiyyətlərin qiyməti aşağıda verilmişdir:

$$H_1 = 65,0 \text{ m} \quad m_1 = 20,0 \text{ m} \quad L_{1-x} = 140,0 \text{ m}$$

$$H_2 = 59,4 \text{ m} \quad m_x = 18,0 \text{ m} \quad L_{x-2} = 60,0 \text{ m}$$

$$H_x = ? \quad m_2 = 10,0 \text{ m}$$

Həlli: x kəsimində pyezometrik səviyyəni (46) düsturuna uyğun olaraq hesablamaq olar:

$$(m_1 + m_x) \cdot \frac{H_1 - H_x}{L_{1-x}} = (m_x + m_2) \cdot \frac{H_x - H_2}{L_{x-2}}$$

Yuxarıdakı düsturda verilən qiymətləri nəzərə alsaq: $H_x = 61,46 \text{ m}$

I_{1-x} və $x-2$ kəsimlərində təzyiq qradientlərini hesablayaq:

$$I_{1-x} = \frac{65,0 - 61,46}{140,0} = 0,0253$$

$$I_{x-2} = \frac{61,46 - 59,40}{60,0} = 0,0343$$

$x-2$ kəsimində təzyiq qradientinin qiymətinin artması həmin kəsimdə sulu horizontun qalınlığının azalması ilə izah olunur.

Yeraltı suların təzyiqli-təzyiqsiz şəraitdə hərəkəti

Məsələ 6. Ərazidə təzyiqli və təzyiqsiz sulu horizontları açan iki quyu qazılmışdır. Birinci quyuda sərbəst su səviyyəsi 32,5 m, ikinci quyuda isə 14,5 m-dir. Sukeçirməyən əsas horizontal yatıma malikdir. Hər iki sulu horizont süzülmə əmsalı 4,5 m/sut olan qumlardan təşkil tapmışdır. Təzyiqli su horizontunun qalınlığı 18,5 m, quyular arasındakı məsafə 300 m-dir. Axının vahid sərfini və təzyiqli zonanın uzunluğunu tapmalı.

Həlli: Vahid enə düşən sərf V.İ.Davidoviçin təklif etdiyi aşağıdakı düsturla (49) təyin edilir (11 sayılı şəklə uyğun olaraq):

$$q = k \frac{m(2H_1 - m) - h_2^2}{2L_{1-2}}, \quad (49)$$

(49) düsturunda məlum qiymətləri nəzərə alsaq:

$$q = 4,5 \cdot \frac{18,5 \cdot (2 \cdot 32,5 - 18,5) - 14,5^2}{2 \cdot 300,0} = 4,87 \text{ m}^2/\text{sut}$$

Təzyiqli zonanın uzunluğunu (51) düsturuna əsasən hesablayırıq:

$$L_t = \frac{2L_{1-2}m(H_1 - m)}{m(2H_1 - m) - h_2^2}, \quad (51)$$

(51) düsturunda məlum qiymətləri nəzərə alsaq:

$$L_t = \frac{2 \cdot 300,0 \cdot 18,5(32,5 - 18,5)}{18,5 \cdot (2 \cdot 32,5 - 18,5) - 14,5^2} = 239,6 \text{ m}$$

D ö r d ü n c ü f ə s i l

YERALTI SULARIN QƏRARLAŞMAMIŞ HƏRƏKƏTİ

Hidrogeoloji hesablamalarda yeraltı suların qərarlaşmış hərəketi üçün mövcud olan düsturlardan istifadə etdikdə təxmini nəticə alınır. Daha dəqiq nəticə əldə etmək üçün isə yeraltı suların qərarlaşmamış hərəket düsturlarından istifadə edilir.

Yeraltı suların qərarlaşmamış hərəketinə aid «Kənar hədlər fərqi üsulu»nu nəzərdən keçirək.

4.1. Kənar hədlər fərqi üsulu

Riyazi nöqteyi-nəzərdən təxmini olmasına baxmayaraq, bu üsul bir çox hidrogeoloji məsələlərin həllini tamamilə təmin edir.

«Kənar hədlər fərqi» düsturunu çıxarmaq üçün maili əsaslı qrunt suyu axımında üç kəsim götürülür (şək.12); 1-2 və 2-3 kəsirləri arasındakı məsafə iki bərabər hissəyə bölünür və uzunluğu $\frac{L_{1-2} + L_{2-3}}{2}$, eni isə vahid

olan axın elementi alınır. 1,2,3 kəsirlərində sulu horizontun qalınlığı, uyğun olaraq, $h_{1,S}$, $h_{2,S}$, $h_{3,S}$; təzyiqi isə: $H_{1,S}$, $H_{2,S}$, $H_{3,S}$; sulu horizontun süzülmə əmsali 1-2 kəsirləri arasında $-k_1$, 2-3 kəsirləri arasında isə k_2 ; atmosfer çöküntülərinin infiltrasiyası W ilə işarə edilir.

Axın elementinə M səthindən q_1 qədər su daxil olacaqdır, N səthindən isə q_2 qədər su xaric olacaqdır. Axın elementində Δt müddətində toplanan suyun həcmi ΔV qəbul etsək, onda su balansı düsturuna əsasən yazıla bilər:

$$\Delta V = (q_1 - q_2 + W \frac{L_{1-2} + L_{2-3}}{2}) \Delta t \quad , \quad (53)$$

Digər tərəfdən:

$$\Delta V = \mu \Delta H_2 \frac{L_{1-2} + L_{2-3}}{2} \quad , \quad (54)$$

(53) və (54) bərabərliklərinin sol tərəfləri bərabər olduğundan sağ tərəflərini də bərabərləşdirsək:

$$(q_1 - q_2 + W \frac{L_{1-2} + L_{2-3}}{2}) \Delta t = \mu \Delta H_2 \frac{L_{1-2} + L_{2-3}}{2} \quad , \quad (55)$$

12-ci sxemə görə: $\Delta H_2 = H_{2,S+1} - H_{2,S}$ olduğunu nəzərə alaraq, (55) bərabərliyini aşağıdakı kimi yazmaqla bilərərik:

$$\frac{q_1 - q_2 + W \frac{L_{1-2} + L_{2-3}}{2}}{\frac{L_{1-2} + L_{2-3}}{2}} = \mu \frac{H_{2,S+1} - H_{2,S}}{\Delta t} \quad , \quad (56)$$

(56) tənliyi yeraltı suların qararlaşmamış hərəkətinin kənar hədlər fərqi şəklində ümumi ifadəsidir.

Burada: $\frac{H_{2,S+1} - H_{2,S}}{\Delta t}$ – su səviyyəsinin dəyişmə sürətidir. q_1 və q_2 -ni Darsi qanununa əsasən aşağıdakı kimi də yazmaqla bilərərik:

$$\left. \begin{aligned} q_1 &= k_{1-2} \frac{h_{1,s} + h_{2,s}}{2} \frac{H_{1,s} - H_{2,s}}{L_{1-2}} \\ q_2 &= k_{2-3} \frac{h_{2,s} + h_{3,s}}{2} \frac{H_{2,s} - H_{3,s}}{L_{2-3}} \end{aligned} \right\} \quad (57)$$

(57) - ni (56) - da nəzərə alsaq:

$$\begin{aligned} \mu \frac{H_{2,s+1} - H_{2,s}}{\Delta t} &= \\ &= \frac{k_{1-2} \frac{h_{1,s} + h_{2,s}}{2} \frac{H_{1,s} - H_{2,s}}{L_{1-2}} - k_{2-3} \frac{h_{2,s} + h_{3,s}}{2} \frac{H_{2,s} - H_{3,s}}{L_{2-3}}}{\frac{L_{1-2} + L_{2-3}}{2}} + \\ &+ \frac{W \frac{L_{1-2} + L_{2-3}}{2}}{\frac{L_{1-2} + L_{2-3}}{2}} \end{aligned}$$

və kəsrin məxrəcindəki 2-i ixtisar edib, vuruğu mötərizə xaricinə çıxarsaq:

$$\begin{aligned} \mu \frac{H_{2,s+1} - H_{2,s}}{\Delta t} &= \frac{1}{L_{1-2} + L_{2-3}} [k_{1-2}(h_{1,s} + h_{2,s}) \frac{H_{1,s} - H_{2,s}}{L_{1-2}} - \\ &- k_{2-3}(h_{2,s} + h_{3,s}) \frac{H_{2,s} - H_{3,s}}{L_{2-3}}] + W \end{aligned} \quad (58)$$

(58) tənliyi maili əsaslı qeyri-bircinsli süxurlarda qərarlaşmamış qrunut suyu axınının «kənar hədlər fərqi» şəklində ifadəsidir.

Əgər əsasın mailliyi $i = 0$ olarsa, onda $H_{1,S} = h_{1,S}$, $H_{2,S} = h_{2,S}$, $H_{3,S} = h_{3,S}$ olar və (58) tənliyi aşağıdakı kimi yazılar:

$$\mu \frac{h_{2,S+1} - h_{2,S}}{\Delta t} = \frac{1}{L_{1-2} + L_{2-3}} \left(k_{1-2} \frac{h_{1,S}^2 - h_{2,S}^2}{L_{1-2}} - k_{2-3} \frac{h_{2,S}^2 - h_{3,S}^2}{L_{2-3}} \right) + W \quad (59)$$

Əgər: $L_{1-2} = L_{2-3} = \Delta x$ qəbul etsək, kəsri ortağ məxrəcə gətirib, vuruğu mötərizə xaricinə çıxarsaq:

$$\mu \frac{h_{2,S+1} - h_{2,S}}{\Delta t} = \frac{1}{2\Delta x^2} \left[k_{1-2} (h_{1,S}^2 - h_{2,S}^2) - k_{2-3} (h_{2,S}^2 - h_{3,S}^2) \right] + W, \quad (60)$$

(60) tənliyini daha da sadələşdirmək üçün:

$$k_{1-2} = k_{2-3} = k_{or} = const; \quad \frac{h_{1,S} + h_{2,S}}{2} = \frac{h_{2,S} + h_{3,S}}{2} = h_{or}$$

qəbul etsək, onda aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$H_{2,S+1} - H_{2,S} = \frac{2\Delta t k_{or} h_{or}}{\mu \Delta x^2} \left[\frac{H_{1,S} + H_{3,S}}{2} - H_{2,S} \right] + \frac{W\Delta t}{\mu}, \quad (61)$$

Horizontal əsaslı qrunnt suyu axını üçün uyğun olaraq:

$$h_{2,S+1} - h_{2,S} = \frac{2\Delta tk_{or}h_{or}}{\mu\Delta x^2} \left[\frac{h_{1,S} + h_{3,S}}{2} - h_{2,S} \right] + \frac{W\Delta t}{\mu}, \quad (62)$$

(61) və (62) ifadələrini uyğun olaraq, $H_{2,S+1}$ və $h_{2,S+1}$ -ə görə həll etsək:

$$H_{2,S+1} = \frac{2\Delta tk_{or}h_{or}}{\mu\Delta x^2} \left[\frac{H_{1,S} + H_{3,S}}{2} - H_{2,S} \right] + \frac{W\Delta t}{\mu} + H_{2,S}, \quad (63)$$

$$h_{2,S+1} = \frac{2\Delta tk_{or}h_{or}}{\mu\Delta x^2} \left[\frac{h_{1,S} + h_{3,S}}{2} - h_{2,S} \right] + \frac{W\Delta t}{\mu} + h_{2,S}, \quad (64)$$

Hidrogeoloji hesablamalarda (63) və (64) bərabərlikləri daha da sadələşdirilir. Bu məqsədlə, bərabərliklərin sağ tərəfində olan ölçüsüz modul vahidə bərabər götürülür: $\frac{2\Delta tk_{or}h_{or}}{\mu\Delta x^2} = 1$. Modula 2 dəyişən: Δx və Δt da-

xildir. Bu dəyişənlərdən birinə (adətən Δt -yə) qiymət verməklə və modulu vahidə bərabərləşdirməklə ikinci dəyişən olan Δx tapılır:

$$\Delta x = \sqrt{\frac{2k_{or}h_{or}\Delta t}{\mu}}, \quad (65)$$

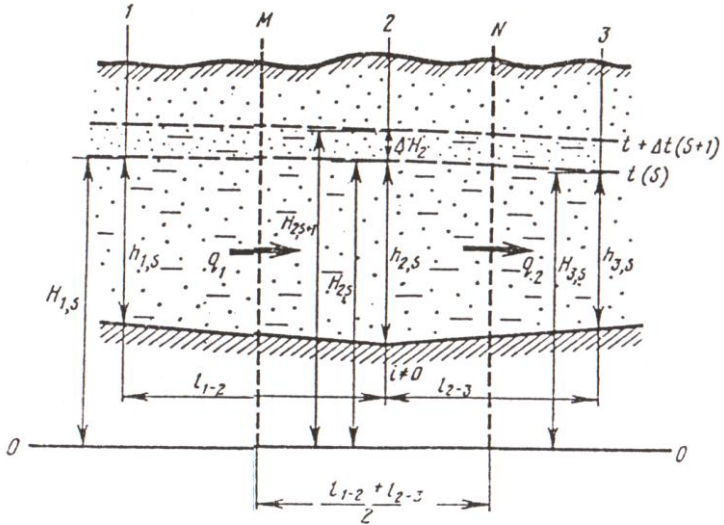
Modulun qiyməti vahidə bərabər olduqda (63) və (64) ifadələri aşağıdakı kimi yazılır:

$$H_{2,S+1} = \left[\frac{H_{1,S} + H_{3,S}}{2} \right] + \frac{W\Delta t}{\mu} \quad , \quad (66)$$

$$h_{2,S+1} = \left[\frac{h_{1,S} + h_{3,S}}{2} \right] + \frac{W\Delta t}{\mu} \quad , \quad (67)$$

(66) və (67) ifadələrindən istifadə etmək üçün aşağıdakı ardıcılığı gözləmək lazımdır: götürülmüş kəsmlərin arasında Δt müddətinin sonunda su səviyyəsini təyin etdikdə, həmin kəsmlərin kənar hədlərinin Δt müddətinin başlanğıcındakı qiymətlərini toplayıb yarıya bölmək lazımdır.

Kənar hədlər fərqi üsulu ilə infiltrasiyanın (W) həcmi təyin etmək üçün (66) və (67) ifadələrini W -yə görə həll etmək lazımdır.



Şəkil 12. «Kənar hədlər fərqi üsulu»nda qrunut sularının qararlaşmamış hərəkətinin sxemi.

DÖRDÜNCÜ FƏSİL ÜZRƏ BƏZİ MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLİNƏ DAİR METODİK GÖSTƏRİŞLƏR

Qrunt suyu səviyyəsinin dəyişməsinin Q.N.Kamenskinin «Kənar hədlər fərqi üsulu» ilə hesablanması

Məsələ 1. Su anbarının fəaliyyət göstərdiyi iyun, iyul aylarında 1, 2, 3 sayılı quyularda qrunut suyu səviyyəsinin dəyişməsinə Q.N.Kamenskinin «Kənar hədlər fərqi üsulu» ilə hesablamalı (12 sayılı şəklə uyğun olaraq). Hesablama üçün zəruri məlumatlar 1 sayılı cədvəldə verilir.

Cədvəl 1

Hesablama üçün məlumatlar

Kəsirlər	Çaydan olan məsafə, m	Sulu kompleksin qalınlığı, m
Çay	-	9,44
Quyul 1	160	11,10
Quyul 2	450	13,49
Quyul 3	950	15,29

Qrunut sularının rejimi üzərində müşahidə əsasında su səviyyəsinin qalxmasına qədərki dövrdə yay aylarında infiltrasiyanı $W \approx 0,1 \text{ mm/sut}$, nəmlik çatışmazlığını $\mu = 0,06$ qəbul etmək olar. Bu halda: $\Delta t = 10 \text{ sut}$ və $\Delta x = 80 \text{ m}$.

Qumların süzülmə əmsalı $k = 1,5 \text{ m/sut}$, horizontal yatıma malik sulu kompleksin orta qalınlığı $h = 13 \text{ m}$ -dir.

Hesablamanı sadələşdirmək üçün həmin kəsimdə sulu kompleksin qalınlığını sabit qəbul etmək olar.

Həlli: Hesablama üçün (63) düsturundan istifadə edilir:

$$H_{2,S+1} = \frac{2\Delta t k_{or} h_{or}}{\mu \Delta x^2} \cdot \left[\frac{H_{1,S} + H_{3,S}}{2} - H_{2,S} \right] + \frac{W\Delta t}{\mu} + H_{2,S}, \quad (63)$$

burada: $H_{2,S+1} - \Delta t$ müddətinin sonunda orta hesabi kəsimdə (ikinci kəsimdə) qrunut suyunun mütləq səviyyəsi, m; h – sulu kompleksin orta qalınlığı, m; $H_{1,S}$, $H_{2,S}$ və $H_{3,S} - \Delta t$ müddətinin başlanğıcında 1, 2, 3 kəsimlərində qrunut suyu səviyyəsinin qalxması; μ – qrunut suyu səviyyəsinin dəyişmə zonasında qumların suvericilik (səviyyənin enməsi zamanı) və ya nəmlik çatışmazlığı (səviyyənin qalxması zamanı) əmsalı; Δx – hesabi kəsirlər arasındakı məsafədir.

Nəmlik çatışmazlığı əmsalı μ aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\mu = n - W_{max}$$

Burada: n – qumların məsaməliliyi; W_{max} – qumların maksimal molekulyar nəmlik tutumudur.

Hesablamanı sadələşdirmək üçün:

$$\frac{2\Delta t k_{or} h_{or}}{\mu \Delta x^2} = 1$$

$\Delta t = 10 \text{ sut}$ qəbul edərək, Δx i tapırıq:

$$\Delta x = \sqrt{\frac{2k_{or} h_{or} \Delta t}{\mu}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,5 \cdot 13 \cdot 10}{0,06}} = 80,6 \text{ m} \approx 80 \text{ m}$$

Buna uyğun olaraq, hesabi kəsımə, başlanğıc səviyələri depressiya əyrisinin tənliyinə görə tapılan geoloji kəsiliş qururuq.

(63) düsturunda $\Delta t = 10 \text{ sut}$ və $\Delta x = 80 \text{ m}$ qiymətlərini nəzərə alsaq, həmin düstur aşağıdakı sadə şəkli alar:

$$H_{2,S+1} = \left[\frac{H_{1,S} + H_{3,S}}{2} \right] + \frac{W\Delta t}{\mu} \quad , \quad (66)$$

(66) düsturunda məlum qiymətləri nəzərə alaraq, qrunıt suyu səthinin qalxma hündürlüyünü hesablamaq olar.

Beşinci fəsil

YERALTI SULARIN QEYRİ-BİRCİNSLİ SÜXURLARDA HƏRƏKƏTİ

5.1. Qeyri-bircinsli sulu komplekslərin əsas növləri

Q.N.Kamenski qeyri-bircinsli sulu komplekslərin daha geniş yayılmış üç növünü ayırır:

1) iki horizontdan ibarət sulu kompleks – bu halda daha geniş yayılmış quruluş ondan ibarətdir ki, üstdəki horizont altdakı horizonta nisbətən daha zəif sukeçiriciliyə və daha kiçik qalınlığa malikdir;

2) müxtəlif sukeçiriciliyə malik horizontların növbələşməsindən ibarət sulu kompleks;

3) horizontal istiqamətdə sukeçiriciliyi birdən və tədricən dəyişən sulu horizontlar.

5.2. Qeyri-bircinsli horizontlarda suyun süzülmə qanunauyğunluqları

Yeraltı suların eynicinsli süxurlarda laminar hərəkəti süzülmənin xətti qanununa tabe olur:

$$v = -k \frac{dH}{dx} , \quad (68)$$

Belə hərəkətdə cərəyan xətləri və ekvipotensiallar istiqamətini dəyişmədən eynicinsli sulu kompleksdən keçir.

Qeyri-bircinsli horizontlarda yeraltı suların hərəkəti laminar ola bilər, lakin su şırnaqları müxtəlif sukeçiriciliyə malik süxurların sərhədindən keçərkən sınır (şək.13).

Cərəyan xətlərinin sınması aşağıdakı kimi ifadə olunur:

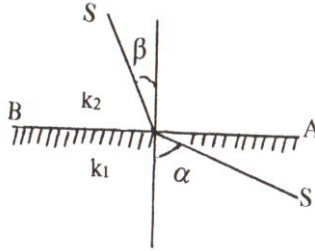
$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{k_1}{k_2}, \quad (69)$$

burada: α – horizontların ayrılma sərhədinə endirilmiş perpendikulyar ilə k_1 süzülmə əmsalına malik horizontda cərəyan xətti arasındakı bucaq; β – horizontların ayrılma sərhədinə endirilmiş perpendikulyar ilə k_2 süzülmə əmsalına malik horizontda cərəyan xətti arasındakı bucaqdır.

Analoji olaraq, ekvipotensialların da sınması baş verir.

Yalnız iki halda qeyri-bircinsli horizontlarda suyun süzülməsi zamanı su şırnağının sınması baş vermir: horizontlara paralel və normal (perpendikulyar) istiqamətdə süzülmə zamanı.

Süzülmə horizontlara paralel istiqamətdə olduqda süxurların süzülmə əmsalı bütün süzülmə yolunda daimi olur, yəni $k_1 = k_2$. Ona görə də $\alpha = \beta$ olur, bu isə onu göstərir ki, horizontlara paralel istiqamətdə süzülmədə cərəyan xətlərinin sınması baş vermir. Horizontlara normal (perpendikulyar) istiqamətdə süzülmədə $\alpha = 0$ və uyğun olaraq, $\operatorname{tg} \alpha = 0$ olur. (69)-dan görüldüyü kimi, bu halda: $\operatorname{tg} \beta = 0$ və deməli: $\beta = 0$ olur. Beləliklə, bu halda da cərəyan xətlərinin sınması baş vermir.



Şəkil 13. Müxtəlif sukeçiriciliyə malik iki horizontun sərhədində cərəyan xətlərinin sınımasını göstərən sxem:

AB – müxtəlif sukeçiriciliyə malik iki horizontun ayrılma sərhədi; k_1 – birinci horizontun süzülmə əmsalı; k_2 – ikinci horizontun süzülmə əmsalı; *S* – axının cərəyan xətti.

5.3. İki horizontdan ibarət sulu kompleksdə yeraltı suların hərəkəti

Horizontlara paralel istiqamətdə yeraltı suların süzülməsi zamanı suyun hərəkəti hər bir horizontda müxtəlif sürətlə horizontun süzülmə əmsalına və təzyiqlə qradientinə mütənasib olaraq baş verir.

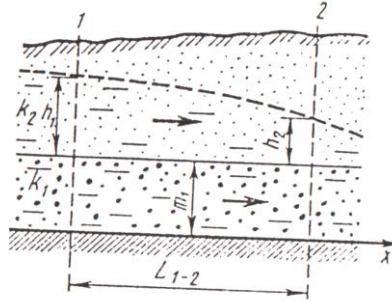
Əgər sulu kompleks horizontal yatıma malik iki horizontdan ibarətdirsə və üstdəki horizont altdakı horizonta nisbətən daha kiçik sukeçiriciliyə malikdirsə, bu halda yeraltı su axımını şərti olaraq iki hissəyə ayıra bilərik: sərbəst səthə malik qrunut suları yerləşən üst horizont və təzyiqli sular yerləşən alt horizont (şək. 14). Bu halda axının sərfi altda və üstdə yatan horizontların sərfələrinin cəmi kimi aşağıdakı düsturla hesablanı bilər:

$$q = k_1 m I + k_2 h I \quad , \quad (70)$$

(70) düsturu diferensial şəkildə aşağıdakı kimi yazılır:

$$q = -k_1 m \frac{dh}{dx} - k_2 h \frac{dh}{dx} , \quad (71)$$

(71) bərabərliyinin sağ tərəfindəki birinci ifadə sabit m qalınlıqlı və k_1 süzülmə əmsalına malik alt horizontdakı təzyiqli axının sərfi, ikinci ifadə isə dəyişən qalınlıqlı və k_2 süzülmə əmsalına malik üst horizontdakı qrunnt suyu axınının sərfidir.



Şəkil 14. İki horizontdan ibarət sulu kompleksdə yeraltı suların hərəkəti:

$1, 2$ – hesabi kəsirlər; h_1 və h_2 – uyğun olaraq, 1 və 2 kəsirlərində üstdəki horizontun qalınlığı; k_1 və k_2 – uyğun olaraq, altdakı və üstdəki horizontların süzülmə əmsalı; m_1 – altdakı horizontun qalınlığı; L_{1-2} – $1-2$ kəsirləri arasındakı məsafə (vektorla axının istiqaməti göstərilmişdir).

(71) ifadəsinin hər iki tərəfini dx -ə vursaq və 1-2 kəsimləri arasında inteqrallayaraq həll etsək, axının vahid sərfinin düsturunu alarıq:

$$q \int_0^{L_{1-2}} dx = -k_1 m \int_{h_2}^{h_1} dh - k_2 h \int_{h_2}^{h_1} dh$$

$$qL_{1-2} = k_1 m (h_1 - h_2) + k_2 \frac{h_1^2 - h_2^2}{2}$$

$$q = k_1 m \frac{h_1 - h_2}{L_{1-2}} + k_2 \frac{h_1 + h_2}{2} \frac{h_1 - h_2}{L}, \quad (72)$$

5.4. Bir neçə horizontdan ibarət sulu kompleksdə yeraltı suların horizontlara paralel və normal hərəkəti

1. Yeraltı suların horizontlara paralel hərəkəti. Müxtəlif (bir-birindən çox fərqlənməyən) sukeçiriciliyə malik horizontların növbələşməsindən ibarət sulu kompleksdə axının ümumi sərfi orta süzülmə əmsalına malik sulu qatda olan axının sərfinə bərabər götürülür (şək. 15a).

Qrunt sularının horizontlara paralel hərəkətində orta süzülmə əmsalı Q.N.Kamenskiyə görə aşağıdakı kimi hesablanır.

Sulu kompleksin hər bir horizontunda bərabər hərəkətdə qrunt suyu axınının vahid sərfi:

$$\left. \begin{aligned} q_1 &= k_1 h_1 I \\ q_2 &= k_2 h_2 I \\ \dots\dots\dots \\ q_n &= k_n h_n I \end{aligned} \right\}, \quad (73)$$

(73) sistemindəki bərabərlikləri toplayıb axının ümumi sərfini tapırıq:

$$\begin{aligned} q &= q_1 + q_2 + \dots + q_n = k_1 h_1 I + k_2 h_2 I + \dots + k_n h_n I \\ q &= I(k_1 h_1 + k_2 h_2 + \dots + k_n h_n) \quad , \end{aligned} \quad (74)$$

Vahid sərfi aşağıdakı düsturla da hesablamaq olar:

$$q = k_{or} h I \quad , \quad (75)$$

burada: k_{or} – bütün sulu kompleksin orta süzülmə əmsalı, h – bütün sulu kompleksin qalınlığıdır.

(74) və (75) tənliklərinin sağ tərəflərini bərabərləşdirsək:

$$\begin{aligned} I(k_1 h_1 + k_2 h_2 + \dots + k_n h_n) &= k_{or} h I \\ k_{or} &= \frac{k_1 h_1 + k_2 h_2 + \dots + k_n h_n}{h} \quad , \end{aligned} \quad (76)$$

Bütün sulu kompleksin qalınlığı ayrı-ayrı sulu horizontların qalınlıqlarının cəminə bərabərdir, yəni:

$$h = h_1 + h_2 + \dots + h_n \quad , \quad (77)$$

(77) - ni (76) bərabərliyində nəzərə alsaq:

$$k_{or} = \frac{k_1 h_1 + k_2 h_2 + \dots + k_n h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n} \quad , \quad (78)$$

(78) ilə horizontlara paralel istiqamətdə süzülmə şəraitində sulu kompleksin orta süzülmə əmsalını təyin etməyə imkan verir.

Q.N.Kamenski üsulu ilə orta süzülmə əmsalının təyini bərabər hərəkət üçün çıxarılmışdır. Lakin bunu qeyri-bərabər hərəkət üçün də tətbiq etmək olar.

Məlum olduğu kimi, yeraltı suların hərəkəti zamanı təzyiqli qradienti:

$$I = \frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}}, \quad (19)$$

(19) və (78) - i (75) - də nəzərə alsaq:

$$q = \frac{k_1 h_1 + k_2 h_2 + \dots + k_n h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n} \cdot h \cdot \frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}}, \quad (79)$$

Əgər (79) – da :

$$h = h_1 + h_2 + \dots + h_n, \quad (77)$$

olduğunu nəzərə alsaq:

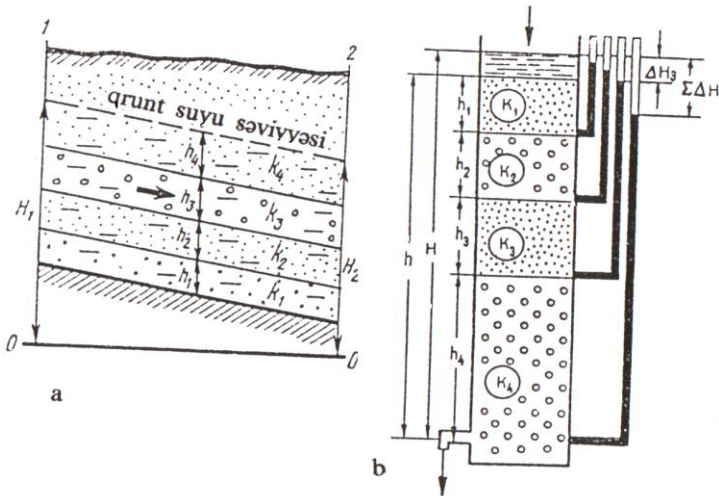
$$q = (k_1 h_1 + k_2 h_2 + \dots + k_n h_n) \cdot \frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}}, \quad (80)$$

(80) düsturu yeraltı suların (qrunt və təzyiqli suların) çoxhorizontlu sulu kompleksdə süzülmənin horizontlara paralel olduğu haldakı sərfini hesablamaq üçün istifadə edilir.

2. Yeraltı suların horizontlara normal (perpendikulyar) hərəkəti. Horizontlara normal istiqamətdə süzülmədə axının sərfi:

$$q = k_{or} h I, \quad (75)$$

Bu halda orta süzülmə əmsalı Q.N.Kamenskiyə görə aşağıdakı kimi hesablanır:



Şəkil 15. Bir neçə horizontdan ibarət sulu kompleksdə yeraltı suların horizontlara paralel (a) və normal (b) hərəkəti:

H_1 və H_2 – 1 və 2 kəsimplərində pyezometrik təzyiqlər (vektor – cərəyan xətlərini göstərir); h_1, h_2, h_3, h_4 – uyğun olaraq, horizontların qalınlığı; h – sulu kompleksin ümumi qalınlığı; H – pyezometrik təzyiq; k_1, k_2, k_3, k_4 – uyğun olaraq, horizontların süzülmə əmsali.

$$k_{or} = \frac{h}{\frac{h_1}{k_1} + \dots + \frac{h_n}{k_n}}, \quad (81)$$

Süzülmənin horizontlara paralel istiqamətdə olduğu haldakı orta süzülmə əmsali (78) düsturu ilə horizontlara normal haldakı orta süzülmə əmsali (81) düsturunu müqayisə etsək görərik ki, birinci ifadə – maksimal (k_{\max}), ikinci ifadə isə minimal (k_{\min}) hesab edilir.

Əgər sulu kompleks iki horizontdan ibarətdirsə, onda orta süzülmə əmsalı aşağıdakı kimi hesablanır:

$$k_{\max} = \frac{k_1 h_1 + k_2 h_2}{h} \quad , \quad (82) \quad k_{\min} = \frac{h}{\frac{h_1}{k_1} + \frac{h_2}{k_2}} \quad , \quad (83)$$

Əgər: $h_1 = h_2 = 1$ – qəbul etsək:

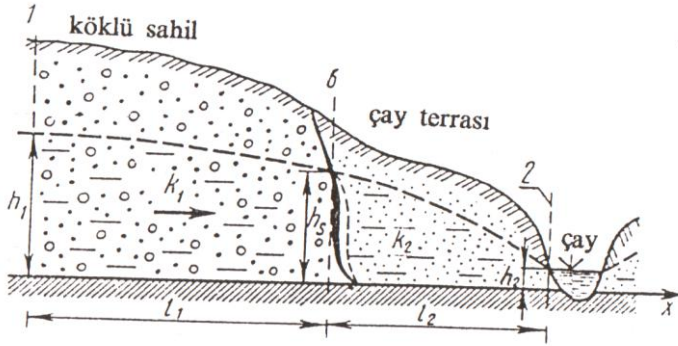
$$k_{\max} = \frac{k_1 + k_2}{2} \quad , \quad (84) \quad k_{\min} = \frac{h}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}} \quad , \quad (85)$$

Əgər suyun hərəkəti horizontların yatımına bucaq altındakı istiqamətdə baş verirsə, onda orta süzülmə əmsalı minimum və maksimum qiymətlər arasındakı orta qiymət qəbul edilir (şək.15b).

5.5. Sukeçiriciliyi horizontal istiqamətdə birdən dəyişən sulu kompleksdə yeraltı suların hərəkəti

Buna misal olaraq, yamaclarda süzülmə əmsalı k_2 olan allüvial çöküntülərlə örtülmüş, süzülmə əmsalı k_1 olan ana və qədim allüvial çöküntülərdən ibarət sulu kompleksdən süzülmə hesab edilir. 16-cı şəkildə göstəriləni kimi, $k_1 > k_2$.

Köklü süxur və allüvial terras üçün ayrı-ayrılıqda qrunnt sularının hərəkət tənliklərini yazaq:



Şəkil 16. Sukeçiriciliyi horizontal istiqamətdə birdən dəyişən sulu kompleksdə yeraltı suların hərəkətinin sxemi:

h_1 - dərənin köklü yamacı hüdudunda sulu kompleksin qalınlığı;
 h_s - süxurların litoloji tərkibinin dəyişmə sərhədində sulu kompleksin naməlum qalınlığı; h_2 - sulu kompleksin çaya çıxışında qalınlığı;
 L_1 və L_2 - kəsimlər arasındakı məsafə.

- ana süxurlardan ibarət sulu kompleksdə axının vahid sərfi:

$$q = k_1 \frac{h_1^2 - h_s^2}{2L_1}, \quad (86) \quad \Rightarrow \quad h_1^2 - h_s^2 = \frac{2qL_1}{k_1}, \quad (86a)$$

- allüvial terras üçün axının vahid sərfi:

$$q = k_2 \frac{h_s^2 - h_2^2}{2L_2}, \quad (87) \quad \Rightarrow \quad h_s^2 - h_2^2 = \frac{2qL_2}{k_2}, \quad (87b)$$

(87a) və (87b) tənliklərini toplasaq və zəruri ixtisarlara aparsaq:

$$h_1^2 - h_2^2 = 2q \left(\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} \right) \Rightarrow q = \frac{h_1^2 - h_2^2}{2 \left(\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} \right)}, \quad (88)$$

(88) düsturu sukeçiriciliyi horizontal istiqamətdə birdən dəyişən sulu kompleksdə yeraltı suların sərfini hesablamaq üçün istifadə edilir.

5.6. Sukeçiriciliyi horizontal istiqamətdə tədricən dəyişən sulu kompleksdə yeraltı suların hərəkəti

Əgər sulu kompleksin sukeçiriciliyi düz xətt qanunu üzrə tədricən dəyişərsə, onda:

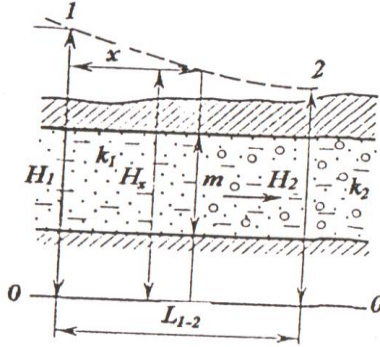
$$k = k_1 + \frac{k_2 - k_1}{L} \cdot x, \quad (89)$$

burada: k_1 – birinci kəsində süzülmə əmsalı; k_2 – ikinci kəsində süzülmə əmsalı; $k - 1$ və 2 kəsirləri arasında yerləşən MN kəsində süzülmə əmsalının orta qiyməti; $x - 1$ və MN kəsirləri arasındakı məsafə; $L_{1-2} - 1$ və 2 kəsirləri arasındakı məsafədir (şəkl.17).

Məlumdur ki, təzyiqli sular üçün axının vahid sərfinin Düpi düsturu aşağıdakı kimidir:

$$q = -km \frac{dH}{dx}, \quad (40)$$

burada: H – MN kəsində yeraltı suların təzyiqi; m – həmin kəsində sulu kompleksin qalınlığıdır.



Şəkil 17. Sukeçiriciliyi horizontal istiqamətdə tədricən dəyişən sulu kompleksdə yeraltı suların hərəkətinin sxemi:

k_1 – birinci kəsində süzülmə əmsalı; k_2 – ikinci kəsində süzülmə əmsalı; k – 1 və 2 kəsələri arasında yerləşən MN kəsində süzülmə əmsalının orta qiyməti; x – 1 və MN kəsələri arasındakı məsafə; L_{1-2} – 1 və 2 kəsələri arasındakı məsafə.

(89) ifadəsini (40) ifadəsində nəzərə alsaq:

$$q = -\left(k_1 + \frac{k_2 - k_1}{L} \cdot x\right) \cdot m \frac{dH}{dx} \quad \Rightarrow$$

$$dH = -\frac{q}{m} \cdot \frac{dx}{k_1 + \frac{k_2 - k_1}{L} \cdot x}, \quad (90)$$

(90) ifadəsini $x_1 = 0$ - dan $x_2 = L$ - ə kimi inteqrallasaq və həll etsək:

$$H_1 - H_2 = \frac{q}{m} \cdot \frac{L}{k_2 - k_1} (\ln k_2 - \ln k_1), \quad (91)$$

H_1 və H_2 – 1 və 2 kəsirlərində yeraltı suların təzyiqidir.

(91) düsturundan təzyiqli və qrunnt suları üçün axının vahid sərfinin düsturlarını alarıq:

– təzyiqli sular üçün:

$$q = m \frac{k_2 - k_1}{\ln k_2 - \ln k_1} \cdot \frac{H_1 - H_2}{L} , \quad (92)$$

– qrunnt suları üçün:

$$q = \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L} \cdot \frac{k_2 - k_1}{\ln k_2 - \ln k_1} , \quad (93)$$

Pyezometrik əyrinin ordinatlarını axının sərfini 1-2 və 1- x kəsirləri arasında müqayisə etməklə almaq olar. Bu tənliklər son halda aşağıdakı kimi yazılır:

– təzyiqli sular üçün:

$$H_x = H_1 - \frac{k_2 - k_1}{k_x - k_1} \cdot \frac{\ln k_x - \ln k_1}{\ln k_2 - \ln k_1} \cdot \frac{H_1 - H_2}{L_{1-2}} \cdot x , \quad (94)$$

– qrunnt suları üçün:

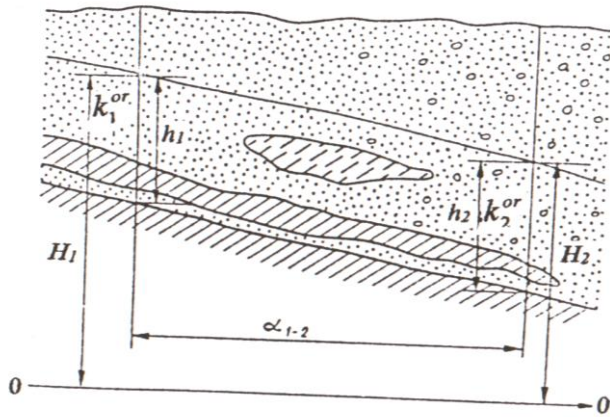
$$h_x = \sqrt{h_1^2 - \frac{k_2 - k_1}{k_x - k_1} \cdot \frac{\ln k_x - \ln k_1}{\ln k_2 - \ln k_1} \cdot \frac{h_1^2 - h_2^2}{L_{1-2}} \cdot x} , \quad (95)$$

5.7. Mürəkkəb quruluşlu qeyri - bircinsli sulu kompleksdə yeraltı suların hərəkəti

Sukeçiriciliyi həm horizontal, həm də şaquli istiqamətdə dəyişən mürəkkəb quruluşlu qeyri-bircinsli süxurlar (şək. 18) üçün axının vahid sərfi Q.N.Kamen-skinin aşağıdakı düsturu ilə hesablanır:

$$q = \frac{k_1^{or} h_1 + k_2^{or} h_2}{2} \cdot \frac{H_1 - H_2}{L}, \quad (96)$$

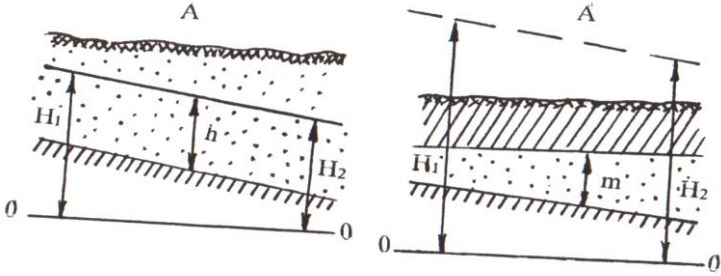
(96) düsturu təzyiqli sular üçün də tətbiq edilə bilər.



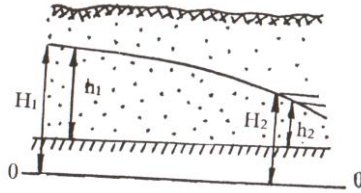
Şəkil 18. Mürəkkəb quruluşlu sulu kompleksdə yeraltı suların hərəkəti:

k_1^{or}, k_2^{or} – uyğun olaraq, 1 və 2 kəsirlərində süzülmə əmsalının orta qiymətləri.

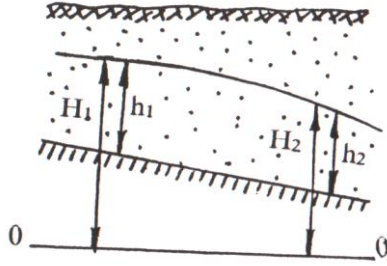
5.8. Eynicinsli və qeyri-bircinsli sulu horizontlar üçün depressiya əyriləri



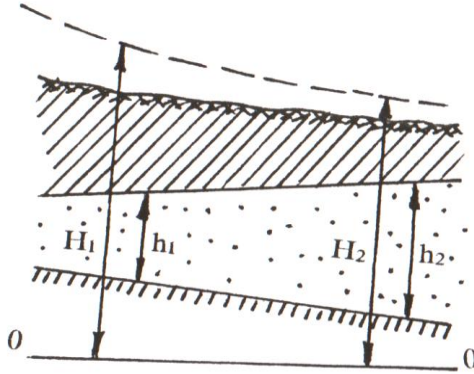
Şəkil 19. Sabit qalınlıqlı maili yatıma malik sulu kompleksdə qunt sularının, artesian kompleksində təzyiqli suların bərabər hərəkəti zamanı maillik suyun axımı istiqamətində (A və A').



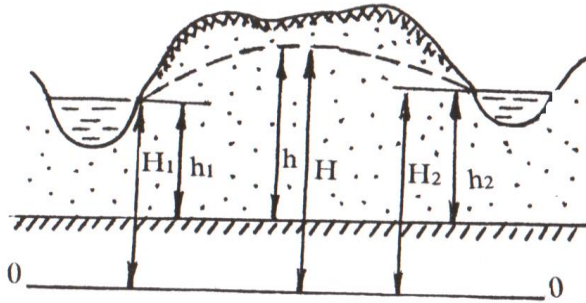
Şəkil 20. Qunt sularının horizontal yatıma malik sulu kompleksdə qeyri-bərabər hərəkəti zamanı – qabarıq parabolik əyri.



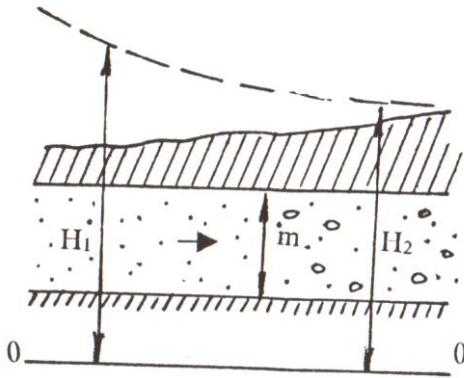
Şəkil 21. Maili yatıma malik sulu kompleksdə qrunut sularının qeyri-bərabər hərəkəti zamanı – sukeçirməyən horizontun düz mailliyində depressiya əyrisinin əyriliyi əvvəlki hala nisbətən az, əks maillikdə – çoxdur.



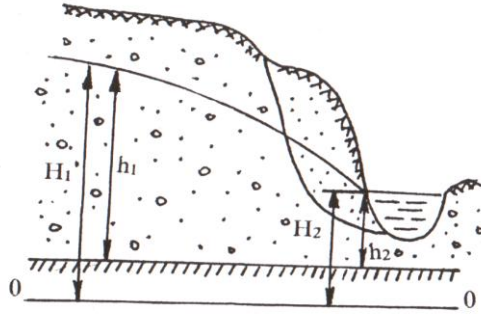
Şəkil 22. Təzyiqli suların dəyişən qalınlıqlı sulu kompleksdə hərəkəti zamanı – sulu kompleksin qalınlığı axın üzrə artırsa əyri – çökək, azalırsa – qabarıq olur.



Şəkil 23. Çayarası massivdə üstdən infiltrasiyanın olduğu halda qınt sularının hərəkəti – əyri ellips formasında olur.



Şəkil 24. Sukeçiriciliyi suyun axımı istiqamətində artan qeyri-bircinsli sulu kompleksdə təzyiqli suların hərəkəti zamanı – əyri çökək formada, əgər sukeçiricilik axım üzrə azalır, əyri qabarıq formada olur.



Şəkil 25. Sukeçiriciliyi horizontal istiqamətdə birdən dəyişən qeyri-bircinsli sulu kompleksdə yeraltı suların hərəkəti zamanı – zəif sukeçiriciliyə malik süxurlarda əyriliyin birdən artması ilə xarakterizə olunan depressiya əyrisi.

BƏŞİNCİ FƏSİL ÜZRƏ BƏZİ MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLİNƏ DAİR METODİK GÖSTƏRİŞLƏR

İki horizontdan ibarət sulu kompleksdə yeraltı suların hərəkəti

Məsələ 1. İki horizontdan ibarət sulu kompleksdə axının vahid sərfini təyin etməli (14 sayılı şəklə uyğun olaraq).

Aldakı horizont süzülmə əmsalı 16,2 m/sut olan iridənəli çınqıllı qumlardan, üstdəki horizont isə süzülmə əmsalı 2,2 m/sut olan xırdadənəli qumlardan təşkil tapmışdır. Sukeçirməyən horizontun tavanının mütləq qiyməti 45,2 m; birinci quyuda su səviyyəsinin mütləq qiyməti 78,6 m, ikinci quyuda isə 77,2 m-dir. Quyular arasındakı məsafə 400 m-dir.

Həlli: Qrunt suyu axınının vahid sərfi (72a) düsturuna əsasən hesablanır:

$$q = k_1 m \cdot \frac{h_1 - h_2}{L_{1-2}} + k_2 \cdot \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L}, \quad (72a)$$

burada: h_1 və h_2 – uyğun olaraq, birinci və ikinci quyularda üstdəki horizontun sulu hissəsinin qalınlığıdır.

Qazmanın məlumatlarına görə:

$$h_1 = 78,6 - 45,2 - 15,2 = 18,2 \text{ m}$$

$$h_2 = 77,2 - 45,2 - 15,2 = 16,8 \text{ m}$$

Qiymətləri (72a) düsturunda nəzərə alsaq:

$$q = 0,996 \text{ m}^2/\text{sut}$$

Sukeçiriciliyi horizontal istiqamətdə birdən dəyişən sulu kompleksdə yeraltı suların hərəkəti

Məsələ 2. Süzülmə əmsalı 37 m/sut olan iridənəli qumlu süxurlardan təşkil tapmış köklü sahilə xırdadənəli allüvial qumlardan ibarət (süzülmə əmsalı 1,78 m/sut), eni 70 m olan çay yamacı bitişikdir (16 saylı şəklə uyğun olaraq). Çay kəsimində sulu qumlardan ibarət horizontun qalınlığı 7,5 m, çaydan 250 m məsafədə yerləşən birinci quyuda isə 16,3 m-dir.

Çaya doğru istiqamətlənmiş qrunt suyu axınının vahid sərfini hesablamalı.

Həlli: Qrunt suyu axınının vahid sərfi Q.N.Kamenski (88) düsturu ilə hesablanır:

$$q = \frac{h_1^2 - h_2^2}{2 \left(\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} \right)}, \quad (88)$$

burada: h_1 – birinci quyuda sulu qumların qalınlığı, m; h_2 – çay kəsimində sulu qumların qalınlığı, m; k_1 – köklü sahilin qumlarının süzülmə əmsalı, m/sut; k_2 – çay yamacının qumlarının süzülmə əmsalı, m/sut; L_1 – birinci quyudan çay terrasına qədər olan məsafə, m; L_2 – çay yamacının enidir, m.

(88) düsturunda qiymətləri nəzərə alsaq:

$$q = \frac{16,3^2 - 7,5^2}{2 \left(\frac{250,0}{37,0} + \frac{70,0}{1,78} \right)} = 2,37 \text{ m}^2/\text{sut}$$

Sukeçiriciliyi horizontal istiqamətdə tədricən dəyişən sulu kompleksdə yeraltı suların hərəkəti

Məsələ 3. Təzyiqli su axınının vahid sərfini təyin etməli (17 sayılı şəklə uyğun olaraq). Sulu horizontun qalınlığı 12,2 m, birinci quyuda pyezometrik səviyyənin qiyməti 147,12 m; ikinci quyuda 144,52 m-dir. Qumların süzülmə əmsalı, uyğun olaraq, birinci quyuda 2,4 m/sut, ikinci quyuda 5,2 m/sut-dır. Quyular arasındakı məsafə 520 m-dir.

Həlli: Axının vahid sərfi (92) düsturuna əsasən təyin edilir:

$$q = m \frac{k_2 - k_1}{\ln k_2 - \ln k_1} \cdot \frac{H_1 - H_2}{L}, \quad (92)$$

(92) düsturunda qiymətləri nəzərə alıb hesablasaq:

$$q = 12,2 \cdot \frac{5,2 - 2,4}{\ln 5,2 - \ln 2,4} \cdot \frac{147,12 - 144,52}{520,0} = 0,222 \text{ m}^2/\text{sut}$$

Mürəkkəb quruluşlu qeyri-bircinsli sulu kompleksdə yeraltı suların hərəkəti

Məsələ 4. Qrunt suyu axını istiqamətində qeyri-bircinsli qumlarda 1 və 2 saylı kəşfiyyat quyuları yeraltı suları açmışdır. Birinci quyuda sulu qumların qalınlığı 13,1 m; ikinci quyuda 15,4 m-dir. Orta süzülmə əmsalı, uyğun olaraq: 3,7 və 4,9 m/sut-dır. Birinci quyuda qrunt suyu səviyyəsinin mütləq qiyməti 136,18 m; ikinci quyuda 134,46 m-dir. Quyular arasındakı məsafə 300 m-dir. Altda yatan gil horizontunun mailliyi qrunt suyu

axınının hərəkəti istiqamətindədir (18 sayılı şəklə uyğun olaraq).

Qrunt suyu axınının vahid sərfini təyin etməli.

Həlli: Mürəkkəb quruluşlu qeyri-bircinsli sulu kompleks üçün olan Q.N.Kamenski düsturu (96) ilə grunt suyu axınının vahid sərfini təyin etməliyik:

$$q = \frac{k_1^{or} h_1 + k_2^{or} h_2}{2} \cdot \frac{H_1 - H_2}{L} , \quad (96)$$

(96) düsturunda kəmiyyətlərin məlum qiymətlərini nəzərə alsaq:

$$q = \frac{3,7 \cdot 13,1 + 4,9 \cdot 15,4}{2} \cdot \frac{136,18 - 134,46}{300,0} = 0,355 \text{ m}^2/\text{sut}$$

Altıncı fəsil

QRUNT SUYU SƏTHİNİN QALXMASI

6.1. Qrunt suyu səthinin qalxmasının ümumi xarakteristikası

Yeraltı su səthinin qalxması dedikdə, təbii və süni amillərin təsiri altında onların (yeraltı suların) səviyyəsinin qalxması nəzərdə tutulur.

Qrunt suyu səthinin qalxması bəndlərin tikilməsi və ya su anbarlarının yaradılmasından sonra çaylarda su səviyyəsinin qalxması, intensiv suvarma, kanallardan su itkisi, o cümlədən çaylarda daşqın, dənizlərin sahili tutması zamanı, yəni həm təbii, həm də süni amillərin təsiri altında müşahidə olunur. Su səthinin qalxması zamanı yaşayış məntəqələrinin, sənaye müəssisələrinin, kənd təsərrüfatı sahələrinin subasmaya məruz qalması, arzuolunmaz fiziki-geoloji hadisələrin inkişafı və s. hadisələr baş verə bilər.

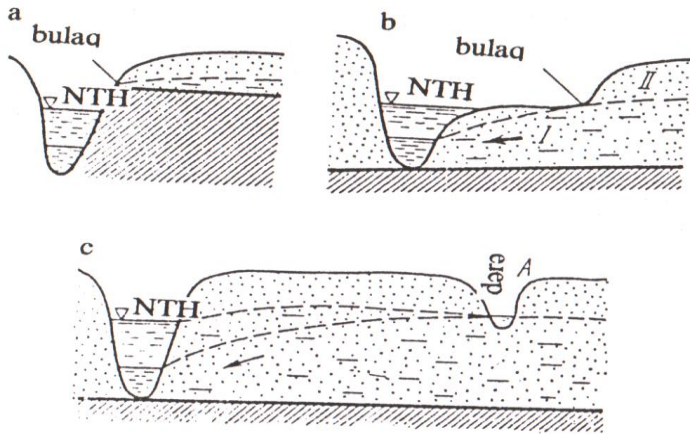
Yerüstü su hövzələrində su səviyyəsinin qalxması ilə qrunt suyu səthinin qalxması prosesini nəzərdən keçirək.

Su səthinin qalxmasının formalaşması müddətində su anbarına bitişik ərazidə, bəzən isə bütün çayarası sahədə qrunt suyu səthinin fasiləsiz qalxması baş verir. Səviyyənin qalxma sürəti zaman keçdikcə azalır. Bu zaman hüdud depressiya əyrisinin stasionar vəziyyəti hesab olunur ki, bu halda da səviyyənin dəyişməsi demək olar ki, kəsilir və qrunt suyu səthinin qalxması stasionar və ya qərarlaşmış xarakter alır. Qrunt suyu səthinin stasionar qalxması qrunt suyu axınının sərfinin zaman etibarilə daimiliyi ilə xarakterizə olunur. Qrunt

suyu səthinin fasiləsiz artması baş verən müddətdə su səthinin qalxması qərarlaşmamış adlanır.

Su səthinin qalxması zamanı su hövzəsində maksimal səviyyə *normal təzyiqliq horizontu (NTH)* adlanır (şək.26).

Məlumdur ki, qrunut suyu səthinin qalxması su anbarında və ya çayda su səviyyəsinin qalxmasından artıq ola bilməz. Bu vəziyyət sahənin subasmaya məruz qalmaq təhlükəsinin olmamasının təsdiqi üçün istifadə edilə bilər.



Şəkil 26. Qrunut suyu səthinin qalxmasının inkişafını məhdudlaşdırən və ya bu prosesin qarşısını tamamilə alan halları göstərən sxem:

a – dərənin yamacı sukeçirməyən süxurlarla mürəkkəbləşmişdir;

b – dərənin yamacında bulağın yer səthinə çıxışı; c – su səthinin qalxmasının inkişafının dərə ilə məhdudlaşması; NTH – normal təzyiqliq horizontu; A – dərə.

6.2. Qərarlaşmış süzülmə şəraitində qrunut suyu səthinin qalxması

Qərarlaşmış süzülmə şəraitində qrunut suyu səthinin qalxması – stasionar adlanır. Aşağıdakı halları nəzərdən keçirək.

1. Horizontal əsaslı eynicinsli horizontlarda qrunut suyu səthinin stasionar qalxması. Daha ümumi hesab olunan aşağıdakı haldır: axının hər iki sərhədində qrunut suyu səthinin qalxması baş verir. Bu zaman qrunut suyu səthinin qalxmasından sonrakı hal üçün depressiya əyrisini qurmaq lazımdır (şək. 27). Üstdən infiltrasiyanın nəzərə alınması ilə çayarası massivdə depressiya əyrisinin vəziyyəti qrunut suyu səviyyəsinin qalxmasına qədərki dövr üçün aşağıdakı tənliklə təyin edilə bilər:

$$h_x^2 = h_1^2 - \frac{h_1^2 - h_2^2}{L_{1-2}} \cdot x + \frac{W}{k} (L_{1-2} - x) \cdot x \quad , \quad (97)$$

Analoji olaraq, A və B çaylarında depressiya əyrilərinin vəziyyət tənliklərini qrunut suyu səthinin qalxmasından sonrakı dövr üçün aşağıdakı kimi yazmaq olar:

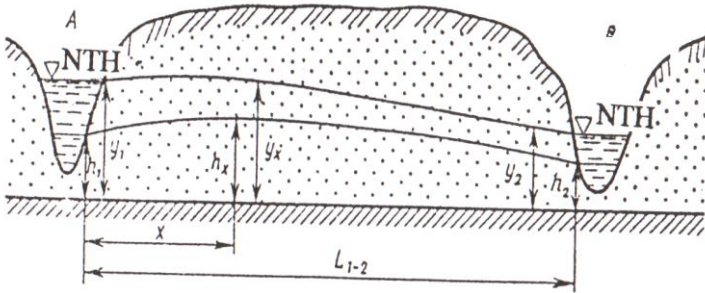
$$y_x^2 = y_1^2 - \frac{y_1^2 - y_2^2}{L_{1-2}} \cdot x + \frac{W}{k} \cdot (L_{1-2} - x) \cdot x \quad , \quad (98)$$

(98)-dən (97)-ni çıxıb, bəzi dəyişikliklər etsək aşağıdakı tənliyi alarıq:

$$y_x = \sqrt{h_x^2 + (y_1^2 - h_1^2) \cdot \frac{L_{1-2} - x}{L_{1-2}} + (y_2^2 - h_2^2) \cdot \frac{x}{L_{1-2}}} , \quad (99)$$

(99) tənliyi çayarası massivdə hər iki sərhəddə qrunıt suyu səthinin qalxması zamanı yaranan depressiya əyrisinin qurulması üçün istifadə edilir. Əgər qrunıt suyu səthinin qalxması yalnız bir çayda (məsələn A çayında) müşahidə olunarsa, onda (99) düsturu daha da sadələşər:

$$y_x = \sqrt{h_x^2 + (y_1^2 - h_1^2) \cdot \frac{L_{1-2} - x}{L_{1-2}}} , \quad (100)$$



Şəkil 27. Çayarası massivdə qrunıt suyu səthinin qalxmasının sxemi:

h_1, h_2, h_x – qrunıt suyu səthinin qalxmasına qədər sulu horizontun qalınlığı; y_1, y_2, y_x – qrunıt suyu səthinin qalxmasından sonra sulu horizontun qalınlığı; L_{1-2} – A və B çaylarının kəsəmləri arasındakı məsafə; x – A çayının kəsəmindən aralıq kəsəmə qədər olan məsafə.

Əgər çayarası massiv qrunt suyu səthinin qalxması müşahidə olunan zonaya nisbətən çox böyük uzunluğa malikdirsə, onda N.N.Bindemanın təklifinə görə $L_{1-2} > 10x$ şərti daxilində: $\frac{L_{1-2} - x}{L_{1-2}} = 1$ qəbul etmək olar.

Bu halda (100) tənliyi aşağıdakı kimi yazılar:

$$y_x = \sqrt{h_x^2 + y_1^2 - h_1^2} \quad , \quad (101)$$

x -ə müxtəlif qiymətlər verməklə (101) tənliyində y_x təyin edilir və qrunt suyu səthinin qalxmasından sonrakı hal üçün depressiya əyrisi qurulur.

2. Maili əsaslı eynicinsli horizontlarda qrunt suyu səthinin stasionar qalxması. Bu hal üçün kifayət qədər düsturlar mövcuddur. Q.N.Kamenskinin təxmini düsturlarını nəzərdən keçirək. Bu halda axının sərfi qrunt suyu səviyyəsinin qalxmasından əvvəl və sonra təyin edilir (şək. 28). Maili əsaslı qrunt suyu axınının vahid sərfi qrunt suyu səthinin qalxmasından əvvəlki hal üçün aşağıdakı kimi yazılır:

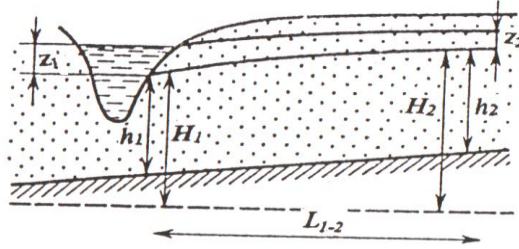
$$q = k \cdot \frac{h_2 + h_1}{2} \cdot \frac{H_2 - H_1}{L_{1-2}} \quad , \quad (102)$$

Analoji düstur qrunt suyu səthinin qalxmasından sonrakı hal üçün yazılır:

$$q = k \cdot \frac{(h_2 + z_2) + (h_1 + z_1)}{2} \cdot \frac{(H_2 + z_2) - (H_1 + z_1)}{L_{1-2}} \quad , \quad (103)$$

(102) və (103) tənliklərinin sağ tərəflərini bərabərləşdirsək və zəruri ixtisarları aparsaq:

$$(h_2 + h_1)(H_2 - H_1) = [(h_2 + z_2) + (h_1 + z_1)] \times \times [(H_2 + z_2) - (H_1 + z_1)] \quad , \quad (104)$$



Şəkil 28. Maili əsaslı eynicinsli horizontda qrunut suyu səthinin qalxmasının sxemi:

h_1, h_2 – sulu horizontun, uyğun olaraq, çay kəsimində və ondan L_{1-2} məsafədə olan kəsində qalınlığı; H_1, H_2 – çay kəsimində və seçilmiş kəsində təzyiqin hündürlüyü; z_1, z_2 – çayda və seçilmiş kəsində su səthinin qalxma hündürlüyü.

(104) düsturu ilə naməlum Z_2 kəsində qrunut suyu səthinin qalxma hündürlüyünü tapmaq olar. Əgər qrunut suyu səthinin qalxmasından sonra su anbarı kəsiminin yerdəyişməsi baş verərsə, onda hesablamə aşağıdakı düsturla aparılır:

$$\frac{(h_2 + h_1)(H_2 - H_1)}{L_{1-2}} = \frac{[(h_2 + z_2) + (h_1 + z_1)] \cdot [(H_2 + z_2) - (H_1 + z_1)]}{L} \quad , \quad (105)$$

burada: L_{1-2} – qrunut suyu səthinin qalxmasından əvvəl çayın kəsimi ilə hesabi kəsim arasındakı məsafə; L' – qrunut suyu səthinin qalxmasından sonra su anbarının kəsimi ilə hesabi kəsim arasındakı məsafədir.

3. Maili əsaslı çayarası massivdə qrunut suyu səthinin stasionar qalxması. Q.N.Kamenskiyə görə çayarası massivdə üstədən infiltrasiya nəzərə alınmaqla su səthinin qalxmasından əvvəl və sonra qrunut sularının hərəkət tənlikləri aşağıdakı kimi yazılır:

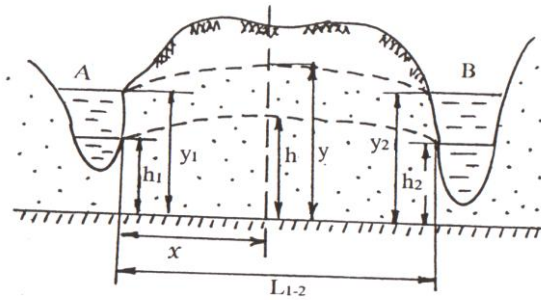
– su səthinin qalxmasından əvvəl:

$$h^2 = h_1^2 - 2 \frac{q_1}{k} \cdot x - \frac{W}{k} \cdot x^2, \quad (106)$$

– su səthinin qalxmasından sonra:

$$y^2 = y_1^2 - 2 \frac{q_2}{k} \cdot x - \frac{W}{k} \cdot x^2, \quad (107)$$

burada: h, y – uyğun olaraq, qrunut suyu səthinin qalxmasından əvvəl və sonra çaydan x məsafədə axının qalınlığı; h_1, y_1 – uyğun olaraq, qrunut suyu səthinin qalxmasından əvvəl və sonra çayda suyun səviyyəsi; q_1, q_2 – uyğun olaraq, qrunut suyu səthinin qalxmasından əvvəl və sonra çay kəsimində qrunut suyu axınının vahid sərfi; x – çay yatağından qrunut suyu səthinin qalxma hündürlüyü təyin olunan məntəqəyə qədər olan məsafə; W – infiltrasiyanın miqdarıdır.



Şəkil 29. Maili əsaslı çayarası massivdə qrunıt suyu səthinin stasionar qalxmasının sxemi (sxemdəki parametrlər əvvəlki sxemlərlə analojidir).

(107)-dən (106)-nı çıxsaq:

$$y^2 - h^2 = y_1^2 - h_1^2 + 2 \cdot \frac{x}{k} \cdot (q_1 - q_2) \quad , \quad (108)$$

burada: $q_1 - q_2$ – vahid sərfin dəyişməsini göstərir və:

$$q_1 - q_2 = k \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L} - k \frac{y_1^2 - y_2^2}{2L} \quad , \quad (109)$$

(109) - u (108) – də nəzərə alsaq və y^2 -ni tapsaq:

$$y^2 = h^2 + (y_1^2 - h_1^2) \frac{L-x}{L} + (y_2^2 - h_2^2) \frac{x}{L} \quad , \quad (110)$$

burada: L – çayarası massivin eni; h_2, y_2 – B çayında su səthinin qalxmasından əvvəl və sonra suyun səviyyəsidir.

Əgər B çayında suyun səviyyəsi dəyişməzsə (yəni $h_2 = y_2$ olarsa), onda (110) tənliyi aşağıdakı kimi yazılar:

$$y^2 = h^2 + (y_1^2 - h_1^2) \frac{L-x}{L}, \quad (111)$$

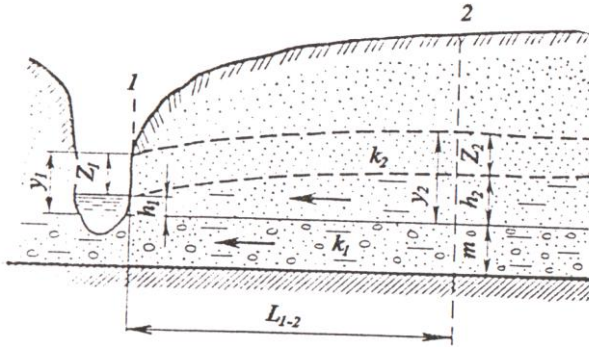
4. İki horizontdan ibarət horizontal sulu kompleksdə qrunut suyu səthinin stasionar qalxması. İki horizontdan ibarət horizontal sulu kompleksdə qrunut suyu səthinin stasionar qalxmasını təyin etmək üçün Q.N.Kamenski-nin təxmini üsulundan istifadə edilir. Bu halda altdakı horizontda suyun hərəkəti təzyiqli ($k_1 > k_2$ olduğu şərtində), üstdəki horizontda – təzyiqsiz qəbul edilir (şək.30).

Axının vahid sərfi altdakı və üstdəki horizontların vahid sərfələrinin cəminə bərabər olacaqdır:

$$q = k_1 m \cdot \frac{h_2 - h_1}{L_{1-2}} + k_2 \cdot \frac{h_2^2 - h_1^2}{2L_{1-2}}, \quad (112)$$

Əgər 1 və 2 kəsirlərində su səthinin qalxma hündürlüyünü, uyğun olaraq, z_1 və z_2 ilə işarə etsək, onda su səthinin qalxmasından sonra axının vahid sərfi aşağıdakı kimi hesablanır:

$$q = k_1 m \cdot \frac{(h_2 + z_2) - (h_1 + z_1)}{L_{1-2}} + k_2 \cdot \frac{(h_2 + z_2)^2 - (h_1 + z_1)^2}{2L_{1-2}}, \quad (113)$$



Şəkil 30. Horizontal yatıma malik iki horizontdan ibarət sulu kompleksdə qrunut suyu səthinin qalxmasının sxemi:

k_1, k_2 – uyğun olaraq, altdakı və üstdəki horizontların süzülmə əmsalları; h_1, h_2 – uyğun olaraq, 1 və 2 kəsirlərində üstdəki horizontun qalınlığı; m – altdakı horizontun qalınlığı; z_1, z_2 – uyğun olaraq, 1 və 2 kəsirlərində su səthinin qalxma hündürlüyü; y_1, y_2 – uyğun olaraq, 1 və 2 kəsirlərində su səthinin qalxmasından sonra üstdəki horizontun qalınlığı (vektorla axının hərəkət istiqaməti göstərilmişdir).

Su səthinin qalxmasından əvvəl və sonrakı vahid sərtləri bərabərləşdirsək:

$$2k_1m(h_2 - h_1) + k_2(h_2^2 - h_1^2) = 2k_1m[(h_2 + z_2) - (h_1 + z_1)] + k_2[(h_2 + z_2)^2 - (h_1 + z_1)^2] \quad (114)$$

(114) tənliyində $h_1 + z_1 = y_1$ və $h_2 + z_2 = y_2$ əvəz etsək:

$$2k_1m(h_2 - h_1) + k_2(h_2^2 - h_1^2) = 2k_1m(y_2 - y_1) + k_2(y_2^2 - y_1^2) \quad (115)$$

(114) və (115) tənliklərində z_2 və y_2 naməlumdur. Hər iki tənlikdə məlum hədləri yerinə yazıb alınan kvadrat tənlikləri həll etsək, z_2 və y_2 -nin qiymətlərini taparıq.

5. Sulu kompleksin ümumi qeyri-bircinsliliyində qrunut suyu səthinin stasionar qalxması. Q.N.Kamenskiyə görə horizontal əsaslı mürəkkəb quruluşlu sulu kompleksdə axının vahid sərfi (şək.31) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$q = \frac{k_2h_2 + k_1h_1}{2} \cdot \frac{h_2 - h_1}{L_{1-2}}, \quad (116)$$

Su səthinin qalxmasından sonra (116) düsturu aşağıdakı şəkildə yazılar:

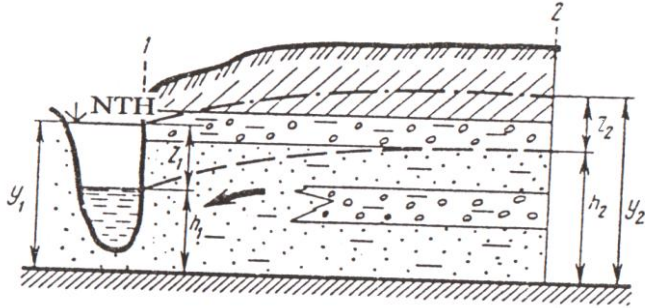
$$q = \frac{k_2'y_2 + k_1'y_1}{2} \cdot \frac{y_2 - y_1}{L_{1-2}}, \quad (117)$$

(116) və (117) düsturlarının sağ tərəflərini bərabərləşdirsək:

$$(k_2h_2 + k_1h_1)(h_2 - h_1) = (k_2'y_2 + k_1'y_1)(y_2 - y_1) \quad , \quad (118)$$

burada: düsturlardakı kəmiyyətlər, uyğun olaraq, su səthinin qalxmasından əvvəl və sonrakı halları əks etdirir.

(118) düsturu ilə 2-ci kəsimdə sulu horizontun su səthinin qalxmasından sonrakı qalınlığı ($y_2 = h_2 + z_2$) və su səthinin qalxma hündürlüyü ($z_2 = y_2 - h_2$) təyin olunur.



Şəkil 31. Sulu kompleksin ümumi qeyri-bircinsliliyi şəraitində qurult suyu səthinin qalxmasının sxemi.

6. Radial axında qurult suyu səthinin stasionar qalxması. Radial axında su səthinin qalxmasını hesablamaq üçün su səthinin qalxmasından əvvəl və sonrakı zamanlar üçün qurult sularının hidroizogips xəritəsi tərtib olunmalıdır. Su anbarına toxunan hər hansı bir sahənin belə bir xəritəsi olarsa su səthinin qalxması ilə əlaqədar radial axının eninin dəyişməsinə (daha doğrusu, axının elementlərini) təyin etmək olar.

Horizontal əsaslı radial axında sərfi hesablamaq üçün tətbiq edilən (36) düsturundan istifadə edərək iki düstur yazaq:

– su səthinin qalxmasından əvvəl:

$$Q = k \frac{B_1 - B_2}{\ln B_1 - \ln B_2} \cdot \frac{h_2^2 - h_1^2}{2L_{1-2}}, \quad (119)$$

– su səthinin qalxmasından sonra:

$$Q = k \frac{B'_1 - B'_2}{\ln B'_1 - \ln B'_2} \cdot \frac{y_2^2 - y_1^2}{2L_{1-2}} \quad , \quad (120)$$

Düsturlardakı kəmiyyətlər, uyğun olaraq, su səthinin qalxmasından əvvəl və sonrakı halları əks etdirir.

Əgər su səthinin qalxmasından əvvəl və sonrakı vahid səfləri bərabərləşdirsək:

$$\frac{B_1 - B_2}{\ln B_1 - \ln B_2} (h_2^2 - h_1^2) = \frac{B'_1 - B'_2}{\ln B'_1 - \ln B'_2} (y_2^2 - y_1^2) \quad , \quad (121)$$

(121) tənliyini y_2 -yə görə həll etsək, hesabi kəsimdə axının su səthinin qalxmasından sonrakı qalınlığını tapa bilərik:

$$y_2 = \sqrt{y_1^2 + \frac{B_1 - B_2}{B'_1 - B'_2} \cdot \frac{\ln B'_1 - \ln B'_2}{\ln B_1 - \ln B_2} \cdot (h_2^2 - h_1^2)} \quad , \quad (122)$$

6.3. Qərarlaşmamış süzülmə şəraitində qrunıt suyu səthinin qalxması

Bu halda qrunıt suyu səthinin qalxması prosesinin inkişafının proqnozu diferensial tənlikləri həll etməklə analitik üsullarla, ya da modelləşdirmə üsulları ilə həyata keçirilir. Qrunıt suyu səthinin qalxması prosesinin inkişafının proqnozunun analitik həlli üçün N.N.Veriqin və V.M.Şestakovun tənliklərini nəzərdən keçirək.

N.N.Veriqinə görə horizontal əsaslı eynicinsli axın üçün qrunıt suyu səthinin qərarlaşmamış qalxması sərhəddə su səviyyəsinin ani dəyişməsi zamanı aşağıdakı kimi təyin edilir:

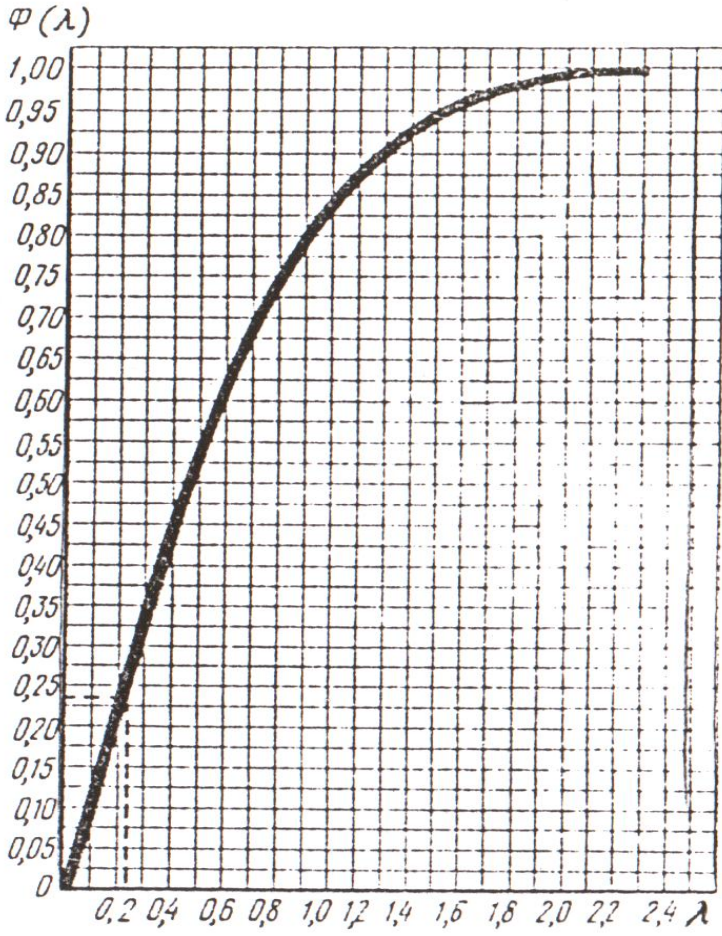
– yarımməhdud axında:

$$y_x = \sqrt{h_x^2 + (y_1^2 - h_1^2)[1 - \Phi(\lambda)]} \quad , \quad (123)$$

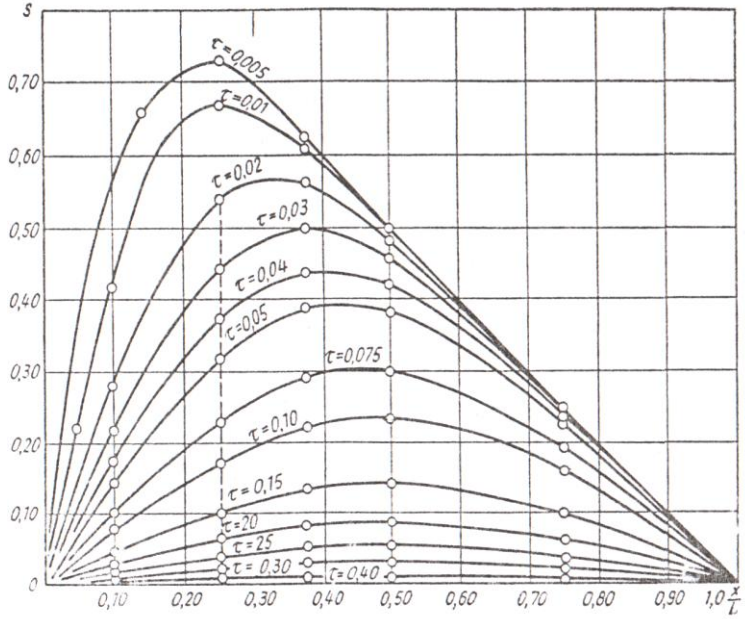
– məhdud axında:

$$y_x = \sqrt{h_x^2 + (y_1^2 - h_1^2) \cdot \left[\frac{L_{1-2} - x}{L_{1-2}} - S\left(\tau, \frac{x}{L_{1-2}}\right) \right]} \quad , \quad (124)$$

burada: y_x – su anbarının dolmağa başlamasından t müddəti keçəndən sonra onun (su anbarının) kəsimindən x məsafədə depressiya əyrisinin naməlum ordinatı; h_x – su səthinin qalxmasından əvvəl hesabi kəsimdə axının qalınlığı; y_1 – su səthinin qalxmasından sonra su anbarının kəsimində axının qalınlığı; h_1 – su səthinin qalxmasından əvvəl su anbarının kəsimində axının qalınlığı; $\Phi(\lambda)$ – qrafikə görə təyin olunan funksiya (şək.32); L_{1-2} – çayarası sahənin eni; $S\left(\tau, \frac{x}{L_{1-2}}\right)$ – qrafikə (şək.33) görə təyin olunan, $\frac{x}{L_{1-2}}$ və $\tau = \frac{kh_{or}t}{\mu L_{1-2}} = \frac{at}{L_{1-2}}$ nisbətlərindən asılı olan xüsusi funksiya; a – səviyyəkeçiricilik əmsəlidir.



Şəkil 32. $\Phi(\lambda)$ funksiyasının qrafiki.



Şəkil 33. $S\left(\tau, \frac{x}{L_{1-2}}\right)$ funksiyasının köməkçi qrafiki.

(123) - də göstərilən ölçüsüz arqument λ aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$\lambda = \frac{x}{2} \sqrt{at} \quad , \quad (125)$$

Sulu kompleksin orta qalınlığı h_{or} aşağıdakı düsturlarla hesablanır:

– yarımməhdud axın üçün:

$$h_{or} \approx \frac{(2y_1 + h_1)}{3}, \quad (126)$$

– məhdud axın üçün:

$$h_{or} \approx \frac{(y_1 + h_1 + h_p)}{3}, \quad (127)$$

burada: h_p – su səthinin qalxmasının praktiki olaraq sifra bərabər olduğu kəsində axının qalınlığıdır.

Maili əsaslı məhdud axında qrunnt suyu səthinin qərarlaşmamış qalxması V.M.Şestakovun düsturuna əsasən hesablanır:

$$y_x = \sqrt{h_x^2 + ix(h_x + 0,25ix) + (y_1^2 - h_1^2) \cdot F_0 \cdot \left(\tau, \frac{x}{L}\right) - 0,5ix}, \quad (128)$$

burada: i – su keçirməyən əsasın mailliyi (i -nin qiyməti su keçirməyən əsasın su anbarına doğru mailliyində – müsbət, əks istiqamətdə isə mənfidir); L – su anbarının kəsindən su səthinin qalxmasının praktiki olaraq sifra bərabər olduğu kəsime qədər olan məsafə; $F_0\left(\tau, \frac{x}{L}\right)$ –

qrafikə görə (şək. 34) təyin olunan funksiyadır. $\tau = \frac{kh_{or}t}{\mu L_{1-2}^2}$

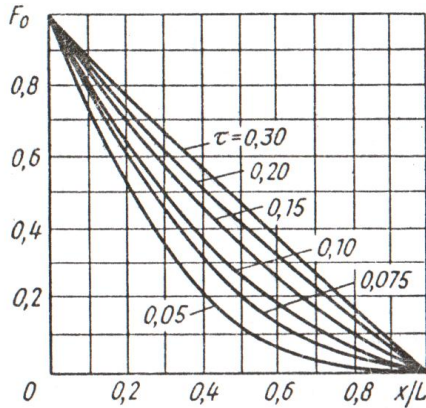
ifadəsindəki h_{or} (127) düsturuna əsasən təyin edilir.

(128) tənliyinin «su səthinin ani qalxması» zamanı

$i = \frac{2h_1}{L}$ olduqda istifadəsi tövsiyə edilir.

Baxılan analitik üsullar təxminidir. Müxtəlif hidrogeoloji şəraitlər üçün daha dəqiq analitik həll yeraltı suların qərarlaşmamış hərəkəti üçün «Kənar hədlər

fərqi üsulu» tənlikləri ilə alınır. Bu tənliklərdə Δt və Δx -n qiyməti nə qədər kiçik olarsa, aparılan hesablamalar bir o qədər dəqiq nəticələr verir. Su anbarının dolma sürətindən asılı olaraq, N.N.Bindeman Δt -ni bir neçə sutkadan bir neçə on sutkaya qədər, Δx -i isə bir neçə on metrədən bir neçə yüz metrə qədər qəbul etməyi təklif edir.



Şəkil 34. $F_0\left(\tau, \frac{x}{L}\right)$ funksiyasının qrafiki.

ALTINCI FƏSİL ÜZRƏ BƏZİ MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLİNƏ DAİR METODİK GÖSTƏRİŞLƏR

Horizontal əsaslı eynicinsli horizontlarda qrun suyu səthinin stasionar qalxması

Məsələ 1. Çayda su səviyyəsinin 124,0 m-ə qədər qalxdığı hal üçün orta dənəli allüvial qumlardan təşkil tapmış çay yamacında yerləşən birinci, ikinci və üçüncü quyularda qrun suyu səthinin qalxma hündürlü-yünü hesablamalı. Sukeçirməyən horizont horizontal yatıma malikdir (27 sayılı sxemə uyğun olaraq). Hesablama üçün digər məlumatlar 2 sayılı cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 2

Hesablama üçün məlumatlar

Kəsimlər	Çaydan olan məsafə, m	Sukeçirməyən horizontun tavanının mütləq qiyməti, m	Qrun suyu səthinin qalxmasına qədər su səviyyəsinin mütləq qiyməti, m
Çay	-	119,37	122,02
Quyu 1	23,0	119,37	122,87
Quyu 2	225,0	119,37	123,21
Quyu 3	367,0	119,37	125,72

Həlli: Birinci quyuda qrun suyu səthinin qalxması (101) tənliyinə uyğun olaraq, aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$Z_1 = \sqrt{h_1^2 - h_0^2 + (h_0 + Z_0)^2} - h_1, \quad (101a)$$

burada: Z_1 – birinci quyuda su səthinin qalxma hündürlüyü; h_1 – birinci quyuda su səthinin qalxmasına qədər axının qalınlığı; h_0 – su səthinin qalxmasına qədər çayda su layının qalınlığı; Z_0 – çayda su səthinin qalxma hündürlüyüdür.

Verilən qiymətləri (101a) düsturunda nəzərə alsaq:

– birinci quyuda su səthinin qalxma hündürlüyü:

$$Z_1 = \sqrt{3,50^2 - 2,65^2 + (2,65 + 1,98)^2} - 3,5 = 1,66m$$

– ikinci quyuda su səthinin qalxma hündürlüyü:

$$Z_2 = \sqrt{h_2^2 - h_1^2 + (h_1 + Z_1)^2} - h_2$$

$$Z_2 = \sqrt{3,84^2 - 3,50^2 + (3,50 + 1,66)^2} - 3,84 = 1,56m$$

– üçüncü quyuda su səthinin qalxma hündürlüyü:

$$Z_3 = \sqrt{h_3^2 - h_2^2 + (h_2 + Z_2)^2} - h_3$$

$$Z_3 = \sqrt{6,35^2 - 3,84^2 + (3,84 + 1,56)^2} - 6,35 = 1,05m$$

Su səthinin qalxmasından sonra quyularda su səviyələrinin mütləq qiyməti:

– birinci quyuda: $122,87 + 1,66 = 124,53 m$

– ikinci quyuda: $123,21 + 1,56 = 124,77 m$

– üçüncü quyuda: $125,72 + 1,05 = 126,77 m$

Maili əsaslı eynicinsli horizontlarda qrunut suyu səthinin stasionar qalxması

Məsələ 2. Qrunut suları maili əsaslı allüvial qum horizontunda yatır (28 sayılı şəklə uyğun olaraq).

3 saylı cədvəldəki məlumatlara görə çayda su səviyyəsinin 120 m mütləq qiymətə qədər qalxması zamanı birinci quyuda su səviyyəsini təyin etməli.

Cədvəl 3

Hesablama üçün məlumatlar

Kəsimlər	Çaydan olan məsafə, m	Sukeçirməyən horizontun tavanının mütləq qiyməti, m	Qrunt suyu səthinin qalxmasına qədər su səviyyəsinin mütləq qiyməti, m
Çay Quyu 1	- 60,0	108,0 112,0	114,0 117,0

Həlli: Birinci quyuda su səthinin qalxma hündürlüyünü Q.N.Kamenski (104) düsturuna uyğun olaraq aşağıdakı kimi hesablaya bilərik:

$$(h_1 + h_0)(H_1 - H_0) = (h_1 + Z_1 + h_0')(H_1 + Z_1 - H_0') \quad , \quad (101a)$$

burada: h_1 – hesabi kəsində su səthinin qalxmasına qədər sulu qumların qalınlığı, m ; H_1 – hesabi kəsində su səthinin qalxmasına qədər su səviyyəsinin mütləq qiyməti, m; h_0 və h_0' – su anbarının kəsində, uyğun olaraq, su səthinin qalxmasına qədər və sonra sulu qumların qalınlığı, m ; H_0 və H_0' – çayda, uyğun olaraq, su səthinin qalxmasına qədər və sonra su səviyyəsinin mütləq qiyməti, m; Z_1 – hesabi kəsində su səthinin qalxma hündürlüyü, m.

(101a) düsturunda qiymətləri nəzərə alsaq, birinci quyuda su səthinin qalxma hündürlüyünü hesablaya bilərik:

$$(5,0 + 6,0) \cdot (117,0 - 114,0) = (5,0 + Z_1 + 12,0) \cdot (117 + Z_1 - 120)$$

$$Z_1^2 + 14Z - 84,0 = 0$$

Kvadrat tənliyi həll etsək: $Z_1 = 4,53 \text{ m}$

Qrunt suyu səthinin qalxmasından sonra suyun mütləq səviyyəsi aşağıdakı qiyməti alar:

$$H_1 + Z_1 = 117,0 + 4,53 = 121,53 \text{ m}$$

Qeyri-bircinsli horizontlarda qrunt suyu səthinin stasionar qalxması

Məsələ 3. Su səthinin 138,0 m -ə qədər qalxması müşahidə olunacaq su anbarının layihələndirildiyi çayın sahilindən 500 m məsafədə yerləşən birinci quyuda su səthinin qalxmasından sonra qrunt suyu səviyyəsini təyin etməli (14 sayılı şəkklə uyğun olaraq).

Quyunun yerləşdiyi çay massivi ikihorizontlu quruluşa malik sulu kompleksdən ibarətdir və altdakı horizontun sukeçiriciliyi üstdəki horizontun sukeçirici-liyindən böyükdür. Su anbarında suyun ilkin səviyyəsi 131,0 m, birinci quyuda qrunt suyu səviyyəsi 132,4 m, altdakı horizontun tavanı 127,3 m, sukeçirməyən horizontun tavanı isə 116,0 m mütləq qiymətə malikdir. Altdakı horizontun süzülmə əmsalı 18,6 m/sut, üstdəki horizontun süzülmə əmsalı isə 1,6 m/sut-dır. Çay kəsimi ilə birinci quyuyu arasındakı məsafə 500 m-dir.

Həlli: (72) düsturuna uyğun olaraq, su səthinin qalxmasından əvvəl və sonrakı hallar üçün axının vahid sərfinin düsturlarını yazıb sağ tərəflərini bərabərləşdirərək zəruri ixtisarlara aparsaq, birinci quyudakı su səthinin qalxma hündürlüyünü təyin etmək üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$\begin{aligned}
& k_1 m \cdot (H_1 - H_0) + 0,5k_2(h_1 + h_0) \cdot (H_1 - H_0) = \\
& = k_1 m \cdot (H'_1 - H'_0) + 0,5k_2(h'_1 + h'_0) \cdot (H'_1 - H'_0) \quad , \quad (72a)
\end{aligned}$$

burada: m – altdakı horizontun qalınlığı, m ; k_1 və k_2 – uyğun olaraq, altdakı və üstdəki horizontların süzülmə əmsalları, m/sut; h_1 və h_0 – su səthinin qalxmasından əvvəl, uyğun olaraq, birinci quyuda üstdəki horizontun və çayda su layının qalınlığı, m ; H_1 və H_0 – su səthinin qalxmasından əvvəl, uyğun olaraq, birinci quyuda qrunut suyu səviyyəsinin və çayda su səviyyəsinin mütləq qiymətləri, m ; h'_1 və h'_0 – su səthinin qalxmasından sonra, uyğun olaraq, birinci quyuda üstdəki horizontun və çayda su layının qalınlığı, m; H'_1 və H'_0 – su səthinin qalxmasından sonra, uyğun olaraq, birinci quyuda qrunut suyu səviyyəsinin və çayda su səviyyəsinin mütləq qiymətləri, m.

Su səthinin qalxmasından əvvəl, uyğun olaraq, birinci quyuda üstdəki horizontun və çayda su layının qalınlığını təyin edək:

$$\begin{aligned}
h_1 &= 132,4 - 127,3 = 5,1 \text{ m} \\
h_0 &= 131,0 - 127,3 = 3,7 \text{ m}
\end{aligned}$$

Su səthinin qalxmasından sonra çayda su layının qalınlığı (h'_0) isə aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$h'_0 = 138,0 - 127,3 = 10,7 \text{ m}$$

Əgər nəzərə alsaq ki, $H'_1 = H_1 + Z_1$ və $h'_1 = h_1 + Z_1$ və çay sahəsində altdakı horizontun orta qalınlığı 11,3 m təşkil edir, məlum qiymətləri (72a) düsturunda nəzərə alsaq:

$$18,4 \cdot 11,3 \cdot (132,4 - 131,0) + 0,5 \cdot 1,6 \cdot (5,1 + 3,7) \cdot (132,4 - 131,0) =$$

$$18,4 \cdot 11,3 \cdot (132,4 + Z_1 - 138,0) + 0,5 \cdot 1,6 \cdot (5,1 + Z_1 + 10,7) \times$$

$$\times (132,4 + Z_1 - 138,0)$$

Bu bərabərliyi kvadrat tənlik kimi həll etsək:

$$Z_1 = 6,93 \text{ m}$$

Bu halda su səthinin qalxmasından sonra birinci quyuda su səviyyəsinin mütləq qiyməti :

$$H'_1 = H_1 + Z_1 = 132,4 + 6,93 = 139,33 \text{ m}$$

Yeddinci fəsil

HİDROTEKNİKİ QURĞULAR VƏ SU ANBARLARI TİKİLƏN SAHƏLƏRDƏ YERALTI SULARIN HƏRƏKƏTİ

Hidrotexniki qurğular (bəndlər, torpaq bəndlər, şlüzlər (çayda, kanalda suyu saxlamaq, lazımı hallarda buraxmaq üçün mütəhərrik qapı) və s.) axının qarşısını kəsməklə çayın yuxarı hissəsində (yuxarı byefdə) su səviyyəsinin qalxmasına və su anbarının yaranmasına xidmət edir.

Bu qurğular rayonunda süzülmə – «mürəkkəb fəzəvi süzülmə axımı» kimi özünü büruzə verir. Kəmiyyət xarakteristikası üçün bu axını üç hissəyə ayırırlar:

- 1) bəndin bünövrəsindən süzülmə;
- 2) bəndin çiyinlərindən – yuxarı byefdən aşağı byefə yan filtrasiya;
- 3) su anbarından süzülmə.

Bəndin əsas elementləri aşağıdakılardır:

- a) *bəndin gövdəsi* – sukeçirən və ya sukeçirməyən ola bilər (əsasən su keçirməyən);
- b) *ponur* – süzülmə yolunun uzadılmasına xidmət edən, yuxarı byefdə çayın dibinin su keçirməyən örtüyü;
- c) *şpunt və ya diş* (sal süxurlarda–səment və ya bitum örtük (pərdə)) – süzülmə yolunun uzadılması üçün nəzərdə tutulmuş və bəndin gövdəsinə toxunan şaquli su keçirməyən sədd;

ç) *flyütbet* – bəndin su keçirməyən əsası (bünövrəsi).

Bəndin bünövrəsindən və çiyinlərindən süzülmə axımı üçün: axının sərfi, hidrotexniki qurğunun altında ixtiyari nöqtədə axının təzyiqi, aşağı byefə çıxışında axının sürəti və təzyiq qradienti təyin olunur. Bu parametrlərin təyini (axının sərfindən başqa) bəndin dəyanətlili-

ynin qiymətləndirilməsi, o cümlədən müvafiq mühafizə tədbirlərinin həyata keçirilməsi üçün zəruridir. Axının sərfinin hesablanması su anbarından ümumi su itkisinin təyini üçün lazımdır.

Bəndin yerləşdiyi ərazilərdə süzülmə axımının təsiri zonasında aşağı byefdə qruntda dəliklərin yaranması ($I > I_{kritik}$), mexaniki suffoziya, kimyəvi suffoziya, sürüşmə, aşağı byefin kənarlarında suyun təsirindən qrunnun dağılması, sürüşməsi və s. bu kimi filtrasiya deformatsiyaları baş verə bilər.

7.1. Bəndin bünövrəsindən süzülmə

Bəndin bünövrəsindən suyun süzülməsi bəndə olan təzyiqdən (H), bəndin altındakı süxurların qalınlığından (m), onların eynicinslilik dərəcəsindən, o cümlədən bəndin flyütbetinin quruluşundan asılıdır. Bəndə olan təzyiq və su süzülən qatın qalınlığı nə qədər böyük olarsa, axının süzülmə sərfi və sürəti bir o qədər böyük olar.

Bəndin altındakı sukeçirici qat eynicinsli və qeyri-bircinsli ola bilər. Qeyri-bircinsliliyin iki sadə halını nəzərdən keçirək. Hər iki halın analitik həlli vardır.

Qeyd etmək lazımdır ki, bəndin flyütbeti səthi (yastı) və qeyri-səthi ola bilər. Qeyri-səthi flyütbetdə, səthi flyütbetdən fərqli olaraq, bəndin bünövrəsində şpunt və örtüklər vardır.

Eynicinsli sulu kompleksdə səthi (yastı) flyütbetli bəndin altından süzülmə. Bu hal üçün hesablama N.N. Pavlovski tərəfindən aparılmışdır.

Bəndin altından axının vahid sərfi N.N.Pavlovski düsturu ilə aşağıdakı kimi hesablanır (şək. 35):

$$q = kHq_r, \quad (129)$$

burada: k – süzülmə əmsalı; H – fəaliyyətdə olan təzyiq; q_r – gətirilmiş süzülmə sərfi; ($k=1, H=1$ olduqda sərf).

q_r -n qiyməti $q_r = f\left(\frac{b}{m}\right)$ qrafikinə görə təyin edilir,

burada: b – flyütbetin eninin yarısı; m – bəndin altındakı sulu qatın qalınlığıdır (şək. 36).

Bəndin altından tam su sərfi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$Q = Bq \quad , \quad (130)$$

burada: B – yuxarı byef hüdudunda bəndin uzunluğudur.

İxtiyari nöqtədə pyezometrik təzyiq :

$$H_x = h_r H + H_2 \quad , \quad (131)$$

burada: h_r – gətirilmiş təzyiqdir (fəaliyyətdə olan H təzyiqindən hesablanan) və qiyməti qrafikdən götürülür (şək.37).

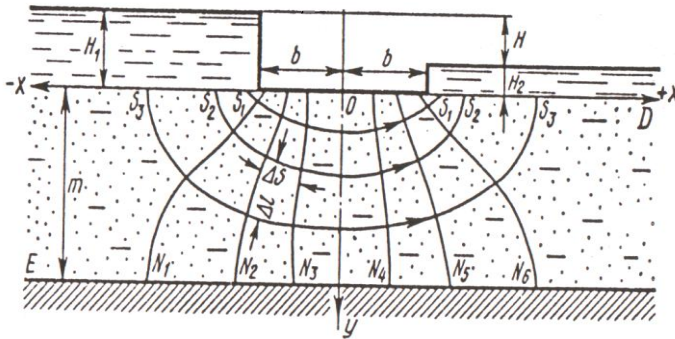
Axının aşağı byefə çıxışında təzyiq qradiyenti aşağıdakı kimi hesablanır:

$$I = \left(\frac{H}{m}\right) \cdot F_3 \quad , \quad (132)$$

burada: $F_3 = \frac{(x-b)}{m}$ və $\frac{b}{m}$ parametrlərindən asılı olaraq, 4 sayılı cədvəldən təyin olunan funksiyadır.

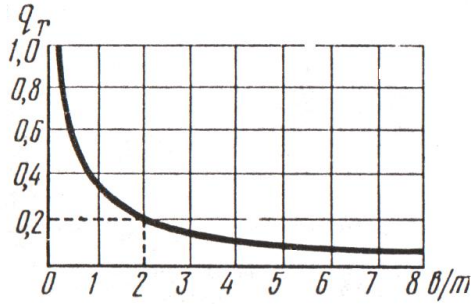
F_3 funksiyasının qiymətləri

$(x-b)$	b/m									
	m	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,1	1,81	1,36	1,17	1,01	0,91	0,59	0,44	0,35	0,29	
0,2	1,08	0,87	0,74	0,63	0,58	0,38	0,28	0,22	1,19	
0,5	0,468	0,39	0,34	0,31	0,28	0,18	0,13	0,11	0,09	
1,0	0,182	0,16	0,14	0,13	0,11	0,07	0,05	0,04	0,04	
2,0	0,038	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	

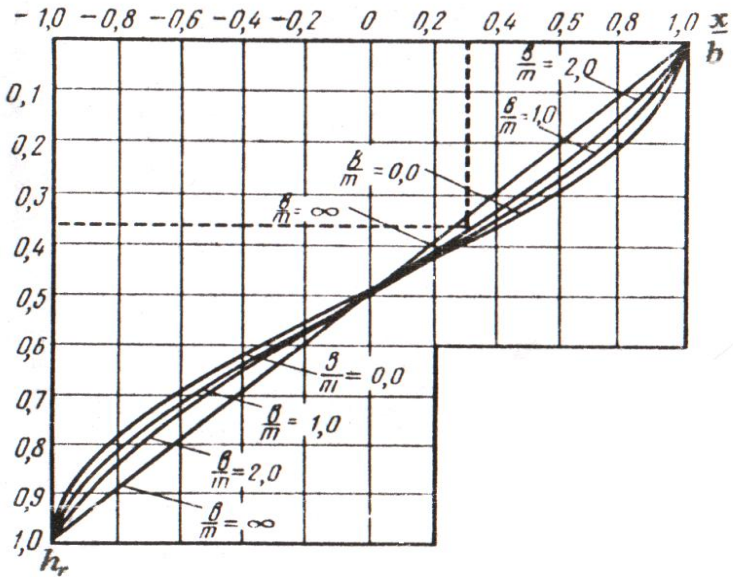


Şəkil 35. Səthi (yastı) flyütbetli bəndin altından süzülmənin hesablanması üçün sxem:

S_1, S_2, S_3 – axının cərəyan xətləri; N_1-N_6 – ekvipotensiallar; b – flyütbetin eninin yarısı; m – su süzülən qatın qalınlığı; H_1 və H_2 – uyğun olaraq, yuxarı və aşağı byeflərdə pyezometrik təzyiq; H – bənd üzrə təzyiq.



Şəkil 36. Gətirilmiş süzülmə sərfinin təyini üçün qrafik.



Şəkil 37. Köməkçi qrafik:

b – flyütbetin eninin yarıısı; m – bəndin altında suqeçirici qatın qalınlığı.

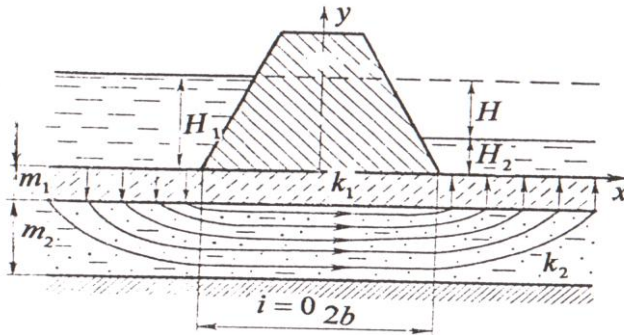
Bünövrənin iki horizontlu quruluşunda bənd altından süzülmə. İkihorizontlu sulu kompleksdə üstdəki horizontun altdakı horizonta nisbətən kiçik süzülmə əmsalına malik olduğu halı Q.N.Kamenski nəzərdən keçirmişdir.

Axının vahid süzülmə sərfi aşağıdakı düsturla hesablanır (şək.38):

$$q = \frac{H}{\frac{2b}{k_2 m_2} + 2\sqrt{\frac{m_1}{k_1 k_2 m_2}}} \quad , \quad (133)$$

Axının aşağı byefə çıxışında təzyiq qradienti isə:

$$I = \frac{H}{2m_1 + 2b\sqrt{\frac{k_1 m_1}{k_2 m_2}}} \quad , \quad (134)$$



Şəkil 38. Bünövrənin ikihorizontlu quruluşunda bənd altından yeraltı suların hərəkəti.

Bünövrənin çoxhorizontlu quruluşunda bənd altından süzülmə. Əgər bəndin altındakı süxur qatı müxtəlif qalınlığa və sukeçiriciliyə malik horizontal yatımlı horizontlardan təşkil tapmışdırsa, bu halda həmin qat eynicinsliliyə gətirilir. Bunun üçün əvvəlcə maksimal (horizontların yatımına paralel – düstur 82) və minimal (horizontların yatımına perpendikulyar – düstur 83) süzülmə əmsalları təyin edilir. Sonra isə aşağıdakı düsturla süzülmə əmsalının orta qiyməti hesablanır:

$$k_{or} = \sqrt{k_{\max} \cdot k_{\min}} \quad , \quad (135)$$

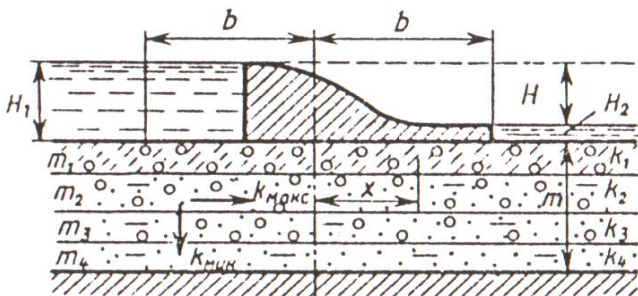
Sonra deformasiya əmsalı (a_D) təyin edilir (a_D – gələcək hesablamalar üçün bəndin enini nə qədər azaltmaq lazım olduğunu göstərən əmsaldır):

$$a_D = \sqrt{k_{\max} / k_{\min}} \quad , \quad (136)$$

Daha sonra bəndin hesabi eni tapılır:

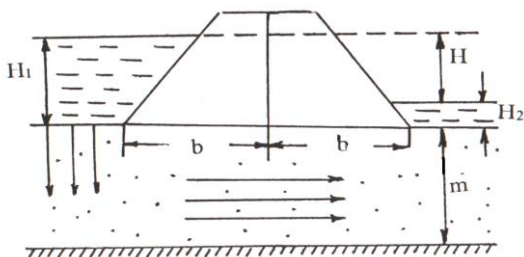
$$2b' = 2b / a_D \quad , \quad (137)$$

Sonradan məsələ bəndin altında eynicinsli süxurların yatdığı hal üçün olduğu kimi (129) – (132) düsturları ilə hesablanır, lakin bu zaman k -nin əvəzinə k_{or} , b -nin əvəzinə isə b' istifadə edilir (şək. 39).



Şəkil 39. Bünövrənin çoxhorizontlu quruluşunda səthi (yastı) flyüt-betli bəndin sxemi.

Bənd altından süzülmə itkisinin Q.N.Kamenski üsulu ilə hesablanması. Q.N.Kamenski bu halda bəndin altından baş verən süzülməni iki hissəyə ayırır: şaquli və horizontal (şək.40).



Şəkil 40. Bənd altından süzülmənin sxemi.

Şaquli süzülmə iki istiqamətdə müşahidə olunur: yuxarı byefdə – yuxarıdan aşağı, aşağı byefdə isə aşağıdan yuxarı. Süzülmə yolunun uzunluğu, orta hesabla, su keçirməyən əsasın yatım dərinliyinə (m) bərabər olur.

Horizontal süzülmə bilavasitə bəndin əsasında (altından) baş verir və süzülmə yolunun uzunluğu əsasın eninə ($2b$) bərabər olur. Beləliklə, ümumi süzülmə yolunun uzunluğu:

$$L = m + 2b \quad , \quad (138)$$

Qrunt suyu sərfinin təyini üçün Darsi düsturunu yazaq:

$$Q = kIF \quad , \quad (4)$$

$$\text{Baxılan halda: } F = m \cdot 1 \quad , \quad I = \frac{H}{2b + m} \quad , \quad (139)$$

burada: H – yuxarı beyfdəki təzyiqdır. Bu zaman axının sərfinin düsturu aşağıdakı kimi yazılar:

$$Q = kH \frac{m}{2b + m} \quad , \quad (140)$$

Kəsrin surət və məxrəcini b -yə bölsək:

$$Q = kH \frac{\frac{m}{b}}{2 + \frac{m}{b}} \quad , \quad (141)$$

$\frac{m}{b} = Z$ qəbul etsək, onda (141) aşağıdakı kimi yazılar:

$$Q = kH \frac{Z}{2 + Z} \quad , \quad (142)$$

(142) düsturu göstərir ki, bəndin altından qrunıt suyu axınının sərfi flyütbetin uzunluğundan və sulu kompleksin qalınlığından deyil, bu kəmiyyətlərin nisbətindən asılıdır. Q.N.Kamenski hesab edir ki, $Z \leq 2$ olduqda (142) düsturu ilə hesablama kifayət qədər dəqiq nəticə verir. $Z \leq 5$ olduqda (142) düsturu ilə aparılan hesablamada 12% xəyata yol verilir. Qrunıt suyu axınının böyük qalınlığında (142) düsturundan alınan sərfin qiymətini 10-20% artırmaq lazım gəlir.

7.2. Bəndin çiyinlərindən süzülmə

Dövrələmə süzülmə – planda yuxarı byefdən aşağı byefə mürəkkəb axındır. Bu hal üçün axının yayılma zonası aşağıdakı kimi sxemləşdirilir: kəsilişdə əyilmiş axın yuxarı byefdən aşağı byefə bir xətlə birləşdirilir, planda isə axın radiusları B_1 və r_0 (şək. 41) olan yarımdairə kimi qəbul edilir, burada: B_1 – bəndin çiyinlərindən dövrələmə süzülmə zonasının eni; r_0 – uzunluğu bəndin sahilə bitişən dövrələmə konturunun perimetrinə bərabər olan yarımdairənin radiusudur. Belə sxemləşdirmədə hesablamalar N.N.Veriqin düsturuna əsasən aparılır.

Süzülmənin sərfi aşağıdakı düsturla tapılır:

$$Q = \frac{kHm}{\pi} \ln \frac{B_1}{r_0} - kmI(B_1 - r_0) , \quad (143)$$

burada: H – yuxarı və aşağı byeflərdəki təzyiqlər fərqi; I – axının mailliyidir.

Dövrələmə süzülmə zonasının eni:

$$B_1 = \frac{H}{\pi l} , \quad (144)$$

Axının təzyiqi :

– yuxarı byefin sahəsi üçün:

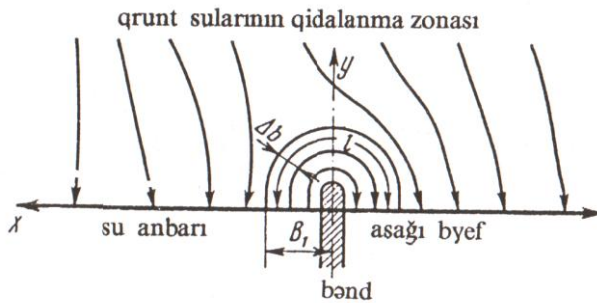
$$H_{x,y} = H \left(1 - \frac{1}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{y}{x} \right) + H_e , \quad (145)$$

– aşağı byefin sahəsi üçün:

$$H_{x,y} = \frac{H}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{y}{x} + H_e , \quad (146)$$

burada: $H_{x,y}$ – bəndin tikilməsindən sonra x, y koordinatlı nöqtədə təzyiq; H_e – su anbarının tikilməsindən əvvəl həmin nöqtədə təzyiqdir.

Axın üzrə yerləşən iki nöqtədə təzyiqləri bilməklə, asanlıqla təzyiq qradientini hesablamaq olar.



Şəkil 41. Bəndin çiyinlərindən süzülmənin sxemi:

l – cərəyan xətləri hüdudlarında süzülmə yolunun orta uzunluğu; Δb – cərəyan xəttinin eni.

7.3. Su anbarından süzülmə itkisi

N.N.Bindemannın təklifinə görə “süzülmə sərfi” və “süzülmə itkisi” anlayışlarını fərqləndirmək lazımdır.

Süzülmə sərfi – su anbarından vahid zamanda itən suyun həcmidir. Süzülmə itkisi isə su anbarının su balans elementini olub, onun (su anbarının) tikilməsindən əvvəl və sonra çayın qrunt suları ilə qidalanması arasındakı fərqlə xarakterizə olunur.

Süzülmə sərfi və süzülmə itkisi: *müvəqqəti* (su anbarının dibinin və sahillərinin islanması müddətində) və *daimi* (yeraltı suların depressiya və ya pyezometrik əyrisinin stabilləşməsindən sonra) ola bilər.

Su anbarının hidrogeoloji hesablamalarında *süzülmə sərfi* deyil, *süzülmə itkisi* nəzərə alınmalıdır, belə ki, süzülmə itkisi su anbarının su balansının əsas tərkib hissəsi hesab olunur.

Su anbarı sahilinin vahid uzunluğuna düşən süzülmə itkisi (q_i) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$q_i = q_1 - q_2 \quad , \quad (147)$$

burada: q_1 – çayın qrunt suları ilə su səthi qalxana qədərki qidalanması (qrunt suyu axınının vahid sərfi); q_2 – çayın qrunt suları ilə su səthi qalxandan sonrakı qidalanması (qrunt suyu axınının vahid sərfi).

Qeyd etmək lazımdır ki, q_1 və q_2 o zaman müsbət hesab olunur ki, axın çaya (su anbarına) doğru, o zaman mənfi hesab olunur ki, çaydan (su anbarından) əks istiqamətə yönəlmiş olsun.

Konkret misalları nəzərdən keçirək (şək. 42).

Misal 1. Tutaq ki, A çayında bəndin tikilməsindən sonra su anbarındakı NTH B çayındakı suyun

səviyyəsinə uyğun gəlir (şək. 42a). Baxılan halda su anbarından süzülmə baş vermir ($q_2=0$), lakin çay qrunt sularından su səthinin qalxmasına qədər aldığı qidalanmanı itirir ($q_1>0$). Deməli, $q_i = q_1 - 0 = q_1$.

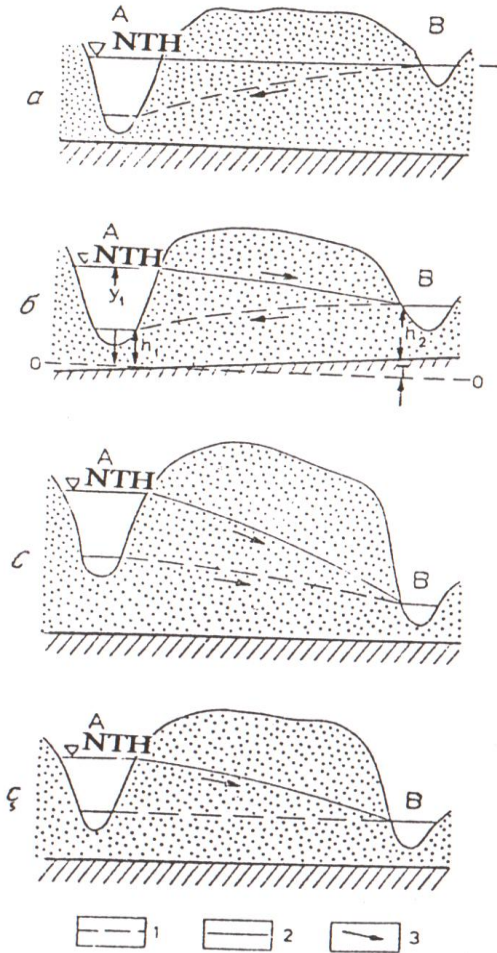
Misal 2. A çayında bəndin tikilməsindən sonra su anbarında NTH B çayındakı suyun səviyyəsindən yüksəkdir (şək. 42b) (su səthinin qalxmasından əvvəl A çayında suyun səviyyəsi B çayında suyun səviyyəsindən alçaq idi). Bəndin tikilməsindən sonra süzülmənin sərfi q_2 təşkil edir. Lakin süzülmə itkisinə yalnız bəndin tikilməsindən sonrakı vahid sərf deyil, eyni zamanda bəndin tikilməsinə qədərki sərf də daxil edilir (hansı ki, hazırda bu sərf çaya daxil olmur).

Süzülmə itkisi: $q_i = q_1 - (-q_2) = q_1 + q_2$, yəni $q_i > q_2$.

Misal 3. A çayındakı suyun səviyyəsi su səthinin qalxmasından əvvəl və sonra B çayındakı suyun səviyyəsindən yüksəkdir (şək. 42 c). Bu halda süzülmə itkisi su səthinin qalxmasından sonrakı süzülmə sərfindən az olacaqdır, yəni, $q_i = -q_1 - (-q_2) = q_2 - q_1$. Beləliklə, $q_i < q_2$.

Misal 4. Əgər bəndin tikilməsinə qədər A və B çaylarında su səviyyəsi eyni olarsa ($q=0$), onda su səthinin qalxmasından sonra A çayından B çayına doğru, sərfi süzülmə itkisinə bərabər olan süzülmə axını baş verəcəkdir (şək.42 ç), yəni $q_i = 0 - (-q_2) = q_2$.

Göstərilən misallardan aydın olur ki, su anbarının tikilməsindən sonra süzülmə itkisi süzülmə sərfinə bərabər, ondan kiçik və böyük ola bilər.



Şəkil 42. Su keçirməyən əsasın horizontal yatımında su anbarından baş verən daimi süzülmə itkisinin təyininin sxemi:

- 1— qrunut sularının su səthinin qalxmasından əvvəlki səviyyəsi;
 2— qrunut sularının su səthinin qalxmasından sonrakı səviyyəsi;
 3— axının istiqaməti.

7.4. Daimi süzülmə itkisi

Süzülmə itkisini 3 xarakter hal üçün təyin edək (şək. 42). Bu sxemlərdə su keçirməyən lay horizontal qəbul edilir.

1. Su səthinin qalxmasından əvvəl suyun səviyyəsi B çayında A çayına nisbətən yüksəkdir ($h_2 > h_1$). Su səthinin qalxmasından sonra (şək. 42b) su anbarından B çayına süzülmə baş verir ($y_1 > h_2$). Düpi düsturuna görə su səthinin qalxmasından əvvəlki və sonrakı vahid sərtlərin düsturlarını yazaq:

– su səthinin qalxmasından əvvəl:

$$q_1 = k \frac{h_2^2 - h_1^2}{2L}, \quad (148)$$

– su səthinin qalxmasından sonra:

$$q_2 = -k \frac{y_1^2 - h_2^2}{2L}. \quad (149)$$

Süzülmə itkisi aşağıdakı kimi hesablanır:

$$q_i = q_1 - q_2 = k \frac{h_2^2 - h_1^2}{2L} + k \frac{y_1^2 - h_2^2}{2L} = \frac{k}{2L} (y_1^2 - h_1^2), \quad (150)$$

2. A çayında suyun səviyyəsi su səthinin qalxmasından əvvəl və sonra B çayındakı suyun səviyyəsindən (şək.42c) yüksəkdir ($h_1 > h_2$ və $y_1 > h_2$). Süzülmə itkisi aşağıdakı kimi hesablanır:

$$q_i = q_1 - q_2 = -k \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L} + k \frac{y_1^2 - h_2^2}{2L} = \frac{k}{2L} (y_1^2 - h_1^2), \quad (151)$$

3. A və B çaylarında suyun səviyyəsi su səthinin qalxmasına qədər eynidir (şək. 42 ç): $h_1 = h_2$. Bu halda su səthinin qalxmasına qədər su sərfi sıfıra bərabərdir, süzülmə itkisi isə aşağıdakı kimi hesablanır:

$$q_i = q_1 - q_2 = 0 - (-q_2) = k \frac{y_1^2 - h_2^2}{2L} = \frac{k}{2L} (y_1^2 - h_1^2), \quad (152)$$

Beləliklə, hər üç halda süzülmə itkisi üçün eyni bir ifadə alındı ki, onun da miqdarı çay dərələrindəki su səviyyəsinin nisbətindən asılı deyildir.

Su keçirməyən horizontun maili yatımında süzülmə itkisi qonşu dərələrdəki su səviyyələrindən asılı deyildir və aşağıdakı tənliklə hesablanır (şək. 42b):

$$q_i = k \frac{y_1 - h_1}{2} \left(\frac{y_1 + h_1}{L} \pm i \right), \quad (153)$$

burada: i – su keçirməyən horizontun mailliyi; L – A və B çaylarının yataqlarının kəsilmələri arasındakı məsafədir.

Əgər su keçirməyən horizontun mailliyi su anbarına doğru olarsa, onda i -nin işarəsi – mənfi, əksinə olarsa, müsbət qəbul edilir.

(153) düsturunu təxmini olub, $T = y_1 + h_1$ olduqda istifadə edilir. Burada: T – A və B çay dərələrinin kəsilmələrində su keçirməyən horizontun tavanının mütləq qiymətləri arasındakı fərkdir.

Təzyiqli sular üçün daimi süzülmə itkisi:

$$q_i = k \cdot \frac{H_0 m}{L}, \quad (154)$$

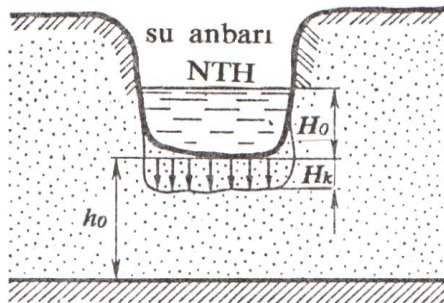
burada: H_0 – su anbarında NTH-nun su səthinin qalxmasından əvvəl çayın səviyyəsindən olan artımıdır; m – sulu horizontun qalınlığıdır.

7.5. Müvəqqəti süzülmə itkisi

Su anbarının doldurulması zamanı, bəzən isə onun istismarının ilk dövrlərində dibinin və sahillərinin (bəzən yalnız sahillərinin) islanmasına sərf olunan müvəqqəti süzülmə itkisi baş verir.

Çayın qrunut suları ilə qidalanmasının olmadığı halda süzülmə itkisi. Qrunut sularının dərin yatımında və ya qrunut suları rast gəlmədikdə su anbarının dibindəki süxurlar islanılır (şəkl.43). N.N.Bindemana görə süxurların islanmasına sərf olunan zaman kəsimi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$t = \frac{\mu}{k} \left[h_0 - (H_0 + H_k) \ln \frac{H_0 + H_k + h_0}{H_0 + H_k} \right], \quad (155)$$



Şəkil 43. Su anbarının dibindən filtrasiyanın sxemi.

burada: μ – su anbarının dibindəki süxurların nəmlik çatışmazlığı əmsalı; k – həmin süxurların süzülmə əmsalı; H_k – islanmış və quru süxurların sərhədində infiltrasiya zamanı inkişaf edən kapillyar təzyiqdir ki, onun da qiyməti təxminən kapillyar qalxma hündürlüyünün yarısına bərabərdir.

Su anbarının dibindəki süxurların islanmasına sərf olunan suyun həcmi su anbarının vahid uzunluğu üçün:

$$V_1 = \mu h_0 B \quad , \quad (156)$$

burada: B – su anbarının enidir.

Su anbarının dibindəki süxurların islanmasına vahid zamanda sərf olunan süzümə itkisi:

$$q_i = \frac{\mu h_0 B}{t} \quad , \quad (157)$$

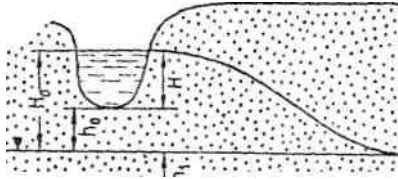
Çayın qrunut suları ilə qidalanmasının olmadığı halda su anbarının sahillərinin islanmasına sərf olunan müvəqqəti süzülmə itkisi. Su anbarının bir sahil vasitəsilə doldurulmasının başlanğıcından olan ixtiyari t zamanı müddətində müvəqqəti süzülmə itkisi (şək.44) N.N.Bin-demana görə:

$$q_i = \beta H_0 \sqrt{\frac{2\mu k H_0}{t}} \quad , \quad (158)$$

burada: β – əmsal olub, $\frac{h_1}{H_0}$ nisbətinə görə 5 saylı cədvəldən təyin edilir.

β -nın qiymətlərini göstərən cədvəl

$\frac{h_1}{H_0}$	0	1	2	3	4	5
β	0,67	1,07	1,37	1,61	1,81	2,00



Şəkil 44. Su anbarının sahilindən filtrasiyanın sxemi.

Çayın qrunt suları ilə qidalandığı halda müvəqqəti süzülmə itkisi. Çayın qrunt suları ilə qidalandığı halda su anbarının tikilməsindən əvvəl və sonra müvəqqəti süzülmə itkisi (şək. 45) N.N.Veriqin düsturuna əsasən hesablanı bilər. Bu halda sukeçirməyən əsas horizontal qəbul edilir.

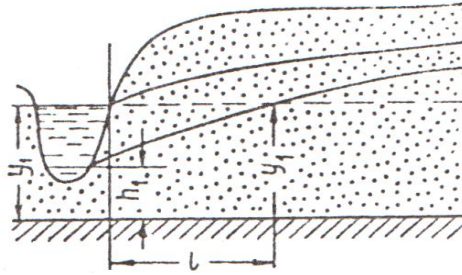
Su anbarından onun sahillərinin islanmasına sərf olunan süzülmə itkisinin baş verdiyi zaman müddəti:

$$t = \frac{3\mu l^2}{\pi k(2y_1 + h_1)} \quad , \quad (159)$$

burada: l – su anbarının kəsimindən qrunt suyu səviyyəsinin su səthinin qalxmasından əvvəl NTH-na uyğun gələn kəsime qədər olan məsafədir.

Sahilin vahid uzunluğunun islanmasına sərf olunan süzülmə itkisi bütün Δt müddətində su anbarından olan sərfin 2 mislinə q_{or} bərabər olacaqdır, belə ki, su anbarı nəinki sahilin islanmasına su itirmiş, həm də qrunut suları hesabına qidalanma da almamışdır:

$$q_i = 2q_{or} = k \frac{y_1^2 - h_1^2}{l}, \quad (160)$$



Şəkil 45. Çayın qrunut suları ilə qidalanmasının sxemi.

YEDDİNCİ FƏSİL ÜZRƏ BƏZİ MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLİNƏ DAİR METODİK GÖSTƏRİŞLƏR

Bəndin bünövrəsindən süzülmə

Məsələ 1. Bəndin əsasında süzülmə əmsalı 8,4 m/sut, qalınlığı 12 m olan orta dənəli qum horizontu yatır. Bəndə olan təzyiqlə 4,5 m, bəndin əsası üzrə eni (flyüt-betin eni) 28 m, uzunluğu 100 m-dir. Bəndin altından süzülən suyun sərfini təyin etməli.

Həlli: Bəndin altından süzülən suyun sərfini N.N.Pavlovski düsturuna (129 və 130) əsasən hesablayaq:

$$q = kHq_r , \quad (129)$$

$$Q = kHq_r B , \quad (130)$$

burada: H – bəndə olan təzyiqlin hündürlüyü, m; B – yuxarı byef hüdudunda bəndin uzunluğu, m ; q_r – b/m nisbətindən asılı olan «gətirilmiş sərf»dir (b – flyüt-betin eninin yarısı, yəni $28:2=14$ m; m – sukeçirməyən horizontun bəndin dabanından olan yatım dərinliyidir ki, bu da 36 sayılı şəkildə göstərilən qrafikə əsasən təyin edilir).

36 sayılı şəkildə göstərilən qrafikə əsasən:

$b/m = 14,0/12,0 = 1,16$, bu da $q_r=0,325$ qiymətinə uyğun gəlir.

(130) düsturunda qiymətləri nəzərə alsaq:

$$Q = 8,4 \cdot 4,5 \cdot 100,0 \cdot 0,325 = 1228,5 \text{ m}^3/\text{sut}$$

Məsələ 2. Bənd ikihorizontlu süxur qatında layihələndirilir (38 sayılı şəklə uyğun olaraq). Üstdəki horizont qalınlığı 2 m, süzülmə əmsalı 43,2 m/sut olan iridənəli qumlardan, altdakı horizont isə qalınlığı 10 m, süzülmə əmsalı 397 m/sut olan çaqıllardan ibarətdir. Çaqıllar gil horizontunun üzərində yatır. Bəndin əsası üzrə eni (flyütbetin eni) 70,0 m, yuxarı byef hüdudunda bəndin uzunluğu 170 m, yuxarı byefdə təzyiq –154,0 m, aşağı byefdə isə –137,0 m, sukeçirməyən əsasın tavanının mütləq yüksəkliyi 125,0 m, altdakı horizontun tavanının mütləq yüksəkliyi 135,0 m -dir.

Həlli: İkihorizontlu sulu kompleksdə üstdəki horizontun altdakı horizonta nisbətən kiçik süzülmə əmsalına malik olduğu halı Q.N.Kamenski nəzərdən keçirmişdir.

Axının vahid süzülmə sərfi (133) düsturu ilə hesablanır (şək.38):

$$q = \frac{H}{\frac{2b}{k_2 m_2} + 2 \sqrt{\frac{m_1}{k_1 k_2 m_2}}}, \quad (133)$$

Axının aşağı byefə çıxışında təzyiq qradienti isə :

$$I = \frac{H}{2m_1 + 2b \sqrt{\frac{k_1 m_1}{k_2 m_2}}}, \quad (134)$$

burada: $H=H_1-H_2$ – yuxarı və aşağı byeflərdə təzyiqlər fərqi, m; $2b$ – flyütbetin eni, m; m_1 və m_2 – uyğun olaraq, üstdəki və altdakı horizontların qalınlığı, m; k_1 və k_2 – uyğun olaraq, üstdəki və altdakı horizontların süzülmə əmsalları, m/sut.

(133) və (134) düsturlarında məlum qiymətləri nəzərə alsaq:

$$q = \frac{154,0 - 137,0}{\frac{70,0}{10,0 \cdot 397,0} + 2 \cdot \sqrt{\frac{2,0}{43,2 \cdot 397,0 \cdot 10,0}}} = 653,8 \text{ m}^2/\text{sut}$$

$$I = \frac{154,0 - 137,0}{2 \cdot 2,0 + 70,0 \cdot \sqrt{\frac{43,2}{397,0} \cdot \frac{2,0}{10,0}}} = 1,19.$$

Səkkizinci fəsil

YERALTI SULARIN SUGÖTÜRÜCÜ QURĞULARA HƏRƏKƏTİ

8.1. Sugötürücü qurğuların tipləri

Sugötürücü qurğular yeraltı suların toplanması və çıxarılması üçün nəzərdə tutulmuş mühəndisi qazmalarıdır. Bu qurğular müxtəlif məqsədlər üçün – su təchizatı, suvarma, su səviyyəsinin aşağı salınması, müalicə, sənaye, termal suların istifadəsi və s. üçün istifadə olunur.

Konstruktiv xüsusiyyətlərinə görə bütün sugötürücülər üç qrupa bölünür: şaquli (quyular, şaxta quyuları, şurflar), horizontal (kaptaj qalereyaları, tranşeylər, horizontal quyular) və kombinə olunmuş (şaquli və horizontal qazmaların kombinasiyasından ibarət, məsələn, şüavarı sugötürücülər – şaxta quyularından və horizontal quyulardan ibarət).

Qrunt sularını açan şaquli sugötürücülər – qrunt suyu sugötürücüləri, təzyiqli suları kaptaj edən sugötürücülər isə artezian sugötürücüləri adlanır.

Sulu horizontu açma xarakterinə görə sugötürücülər: tam və natamam kimi iki növə bölünür. *Tam sugötürücülər* elə qazmalardır ki (şaquli və horizontal), sulu horizontu onun bütün qalınlığı boyu açır və qazmaya su axınının sulu horizontun bütün qalınlığı üzrə daxil olmasını təmin edir. *Natamam sugötürücülər* sulu horizontu bütün qalınlığı boyu açmır, onlara su horizontun yalnız açılmış hissəsi hüdudunda, quyunun yan divarları (quyular), dibi (şaxta quyuları), yan divarlar və dibi (bəzi şaxta quyuları) vasitəsilə daxil olur.

Sugötürücü qurğuların yerləşməsindən asılı olaraq, onlar: tək və qarşılıqlı əlaqəli kimi növlərə ayrılır. *Tək*

sugötürücülərə istismar zamanı digər sugötürücülərin təsiri olmur. *Qarşılıqlı əlaqəli sugötürücülər* iş zamanı birbirinə təsir göstərir. Onlar yerləşmə sxeminə görə: ixtiyari, xətti, dairəvi, kvadrat və ya düzbucaqlı şəbəkə üzrə olur.

Şaquli sugötürücülərin işi zamanı onların ətrafında simmetrik və asimmetrik olan depressiya qıfı yaranır. Yeraltı su hövzəsində sulu süxurlar eynicinsli olarsa, depressiya qıfı – *simmetrik*, əks halda *asimmetrik* olur.

Depressiya qıfının ölçüsü *təsir radiusu (R)* ilə müəyyən olunur. Asimmetrik qıf üçün təsir radiusu müxtəlif istiqamətlər üzrə müxtəlif olur. Yeraltı suların qərarlaşmış hərəkətində təsir radiusunun ölçüsü zaman üzrə daimi, qərarlaşmamış hərəkətdə isə dəyişkən olur.

8.2. Tam quyulara yeraltı suların qərarlaşmış hərəkəti

Artezian quyularından suyun çıxarılması nəticəsində yeraltı suların yalnız pyezometrik təzyiqi aşağı düşür, sulu horizontun qalınlığı isə dəyişmir. Qrunt suyu quyusundan suyun çıxarılması axının qalınlığının azalması hesabına sulu horizontun qurumasına səbəb olur. Artezian və qrunt suyu quyularında yeraltı suların ilkin səviyyəsi – *statik*, suçəkmə nəticəsində aşağı düşən səviyyə isə *dinamik* adlanır.

Simmetrik qıf planda dairə formasına malik olur ki, onun daxilində də bərabər təzyiqlər xətti (pyezoizogips və hidroizogipslər) dairəvi formada, cərəyan xətləri düz xətlər şəklində özünü büruzə verir (şək. 46, 48).

Asimmetrik depressiya qıfının forması axın üzrə uzanmış oval formasında olur.

Əgər quyunun işi zamanı çıxarılan suyun yeri fasiləsiz dolursa, onda həmin quyuyu qərarlaşmış süzülmə şəraitində işləyir ki, bu da tək quyular üçün və ya yeraltı suların qidalanma konturuna yaxın yerləşən sugötürücülər üçün xarakterdir. Quyulara yeraltı suların hərəkətinə silindrik koordinat sistemində olduğu kimi baxılır və birölçülü radial süzülmə kimi qəbul edilir.

8.3. Artezian quyusuna su axınının hesablanması

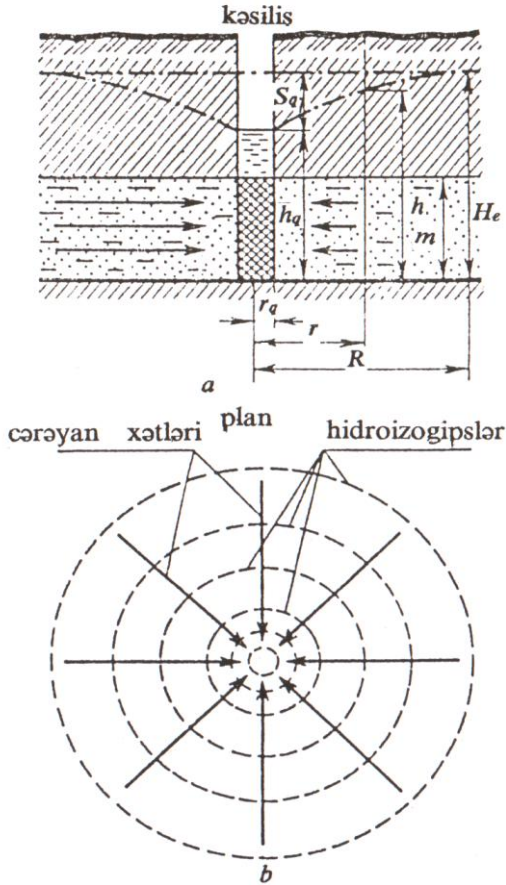
Artezian quyusuna su axınının hesablanması zamanı depressiya qıfı simmetrik, sulu süxurlar eynicinsli, sukeçirməyən horizontun yatımı horizontal, suyun hərəkət rejimi laminar, qərarlaşmış qəbul edilir.

Quyunun sərfi quyudan r məsafədə olan ixtiyari kəsim üçün tətbiq edilən Darsi düsturuna əsasən təyin edilir:

$$Q = FkI, \quad (4)$$

Baxılan hal üçün en kəsik sahəsi: radiusu r , hündürlüyü m , yəni: $F = 2\pi r m$, təzyiqlik qradienti: $I = dH / dr$ olan silindrin yan səthinin sahəsinə bərabərdir (şək. 46). Darsi düsturunda F və I -nin qiymətlərini nəzərə alsaq:

$$Q = 2\pi r m k (dH / dr) , \quad (161)$$



Şəkil 46. Tam artezian quyusuna suyun hərəkətinin sxemi: a – kəsilis; b – plan (konsentrik çevrələr qunt suları üçün hidroizogipsləri, təzyiqli sülər üçün isə hidroizopyezləri göstərir):

S_q – quyuda su səviyyəsinin enmə hündürlüyü; h_q – suçəkmə zamanı quyuda su sütununun hündürlüyü; m – sulu horizontun qalınlığı; r – quyunun oxundan suçəkmə zamanı pyezometrik təzyiq H_2 olan kəsimə qədər məsafə; r_q – quyunun radiusu; R – təsir radiusu; H_e – suçəkməyə qədər quyuda pyezometrik təzyiq.

Dəyişənləri qruplaşdırıb inteqrallasaq:

$$\int_{r_q}^R \frac{Q}{2\pi mk} \frac{dr}{r} = \int_{h_q}^{H_e} dH \quad , \quad (162)$$

(162)-də inteqralı açsaq:

$$Q = 2\pi km \frac{H_e - h_q}{\ln R - \ln r_q} \quad , \quad (163)$$

(163)-də $H_e - h_q = S_q$; $km = T$ əvəz etsək və onluq loqarifməyə keçsək ($\ln = 2,3 \lg$) :

$$Q = 2,73km \frac{S_q}{\lg \frac{R}{r_q}} = 2,73T \frac{S_q}{\lg \frac{R}{r_q}} \quad , \quad (164)$$

C.Düpi tərəfindən alınmış (164) tənliyi artezian quyularının sərfinin hesablanması üçün istifadə edilir. Tutaq ki, $R = const$. Bu halda (164) tənliyindəki $2,73T / (\lg R - \lg r_q) = const$ olacaqdır. $2,73T / (\lg R - \lg r_q)$ ifadəsini q ilə əvəz etsək, onda (164) tənliyi aşağıdakı şəkli alar:

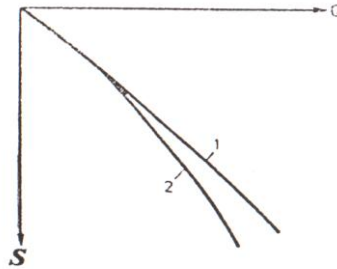
$$q = Q / S_q \quad , \quad (165)$$

burada: q – quyunun xüsusi sərfi olub, səviyyənin vahid enməsinə uyğun gəlir.

(165) tənliyi göstərir ki, quyunun sərfi ilə su səviyyəsinin enməsi arasında xətti asılılıq mövcuddur. Absiss oxunda quyunun sərfini, ordinat oxunda isə su səviyyəsinin enməsinin uyğun qiymətlərini qeyd etsək,

düz xətt alarıq (şək.47). Lakin quyuda su səviyyəsinin kifayət qədər enməsi zamanı xətti asılılıqdan xüsusi sərfin azalması istiqamətində meyl müşahidə olunur (düz xətt bəzən parabolik əyriyə keçir).

Bu və ya digər sulu horizontun (və ya kompleksin) sululuğunu qiymətləndirmək üçün suçəkmə prosesində sərfin su səviyyəsinin enməsindən faktiki asılılığının qrafikindən istifadə etmək lazımdır.



Şəkil 47. Artezian quyusunda sərfin səviyyəsinin enmə hündürlüyündən asılılıq əyriləri:

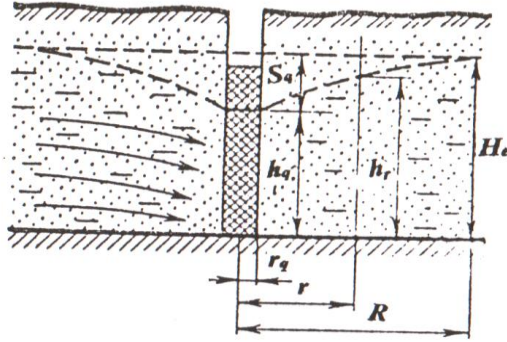
1 – nəzəri əyrə; 2 – faktiki materiallar əsasında qurulmuş əyrə.

8.4. Qrunt suyu quyusuna su axınının hesablanması

Düpi düsturu. Qrunt suyu quyusuna su axını artezian quyusunda olduğu kimi, silindrik kəsim üzrə daxil olur. Fərq yalnız ondan ibarətdir ki, artezian quyusunda silindrin səthi sulu horizontun m qalınlığına bərabər olan daimi hündürlüyə malikdir, qrunt sularında isə silindrin hündürlüyü H_e -dən h_q -ya qədər dəyişir (şək. 48).

Verilən halda silindrin yan səthinin sahəsi: $F = 2\pi h_r r$ -ə bərabərdir. Süzülmənin xətti qanununa uyğun olaraq, quyunun sərfi aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$Q = 2\pi h_r r k (dh_r / dr) \quad , \quad (166)$$



Şəkil 48. Tam qrunt suyu quyusuna suyun hərəkətinin sxemi:

S_q – quyuda su səviyyəsinin enmə hündürlüyü; h_q – suçəkmə zamanı quyuda su sütununun hündürlüyü; m – sulu horizontun qalınlığı; r – quyunun oxundan suçəkmə zamanı sulu horizontun qalınlığı h_r olan kəsimə qədər məsafə; r_q – quyunun radiusu; R – təsir radiusu; H_e – sulu horizontun qalınlığı.

Dəyişənləri qruplaşdırıb, r -i r_q -dan R -ə kimi, h_r -i isə h_q -dan H_e -ə qədər inteqrallasaq, alırıq:

$$\frac{Q}{2\pi k} \int_{r_q}^R \frac{dr}{r} = \int_{h_q}^{H_e} h_r dh_r \quad , \quad (167)$$

buradan:

$$Q = \pi k \frac{H_e^2 - h_q^2}{\ln R - \ln r_q} , \quad (168)$$

$H_e - S_q = h_q$ əvəz etsək:

$$\begin{aligned} H_e^2 - h_q^2 &= (H_e + h_q)(H_e - h_q) = \\ &= (H_e + H_e - S_q)S_q = (2H_e - S_q)S_q , \end{aligned} \quad (169)$$

(168) -də (169) -u nəzərə alsaq, onda qrunut suyu quyusuna su axımını hesablamaq üçün düsturun sonuncu forması aşağıdakı kimi yazılır:

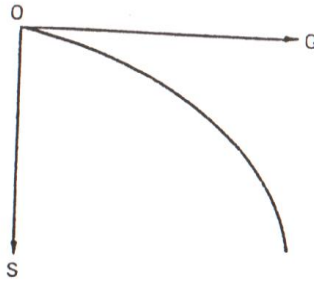
$$Q = \pi k \frac{(2H_e - S_q)S_q}{\ln R - \ln r_q} = 1,366k \frac{(2H_e - S_q)S_q}{\lg R - \lg r_q} , \quad (170)$$

F.Forxheymer düsturu. (170) düsturu planda qeyri-məhdud (məhdudlaşmamış) sulu kompleks üçün nəzərdə tutulmuşdur. Yarım-məhdud sulu kompleks üçün isə, yəni əgər qrunut suyu quyusu çayın yaxınlığında suçəkmə zamanı quyunun təsir radiusundan kiçik məsafədə yerləşərsə, onda F.Forxheymer düsturundan istifadə olunur:

$$Q = \pi k \frac{(2H_e - S_q)S_q}{\ln 2l - \ln r_q} = 1,366k \frac{(2H_e - S_q)S_q}{\lg 2l - \lg r_q} , \quad (171)$$

F.Forxheymer düsturu (171) Düpi düsturundan (170) yalnız onunla fərqlənir ki, (171)-də təsir radiusu (R) quyudan çaya qədər olan məsafənin 2 misli ilə ($2l$) əvəz olunmuşdur.

Qrunt suyu quyusu üçün sərfin aşağı düşmüş səviyyədən asılılıq əyrisi parabolikdir (şək. 49). Suçəkmənin nəticələrinə görə $Q = f(S)$ qrafikini quraraq, sərfə qiymətlər verməklə (və ya məsələni əksinə həll etməklə) quyuda su səviyyəsinin enmə hündürlüyünü təcrübə üçün kifayət dəqiqliklə təyin etmək olar (və ya məsələni əksinə həll etməklə).



Şəkil 49. Qrunt suyu quyusu üçün sərfin səviyyənin enmə hündürlüyündən asılılıq əyrisi.

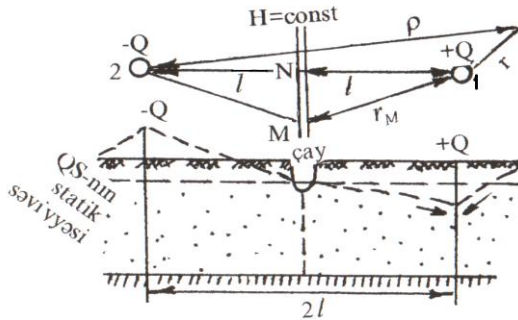
8.5. Qida mənbəyinə yaxın yerləşən quyulara yeraltı suların hərəkəti. «Güzdə əksetdirmə üsulu»

Yeraltı sularla çayların, göllərin və ya digər su hövzələrinin hidravlik əlaqədə olması quyuların işlədiyi müddətdə depressiya qıfının inkişafını məhdudlaşdırır və suyun hərəkət şəraitini tezliklə sabitləşdirir. Bu şəraitdə Düpi düsturunun tətbiqi mümkün olmur.

Aşağıdakı misalı nəzərdən keçirək (şək.50). M və N nöqtələri üçün 1 saylı quyudan olan səviyyənin enmə hündürlüyü Düpi düsturuna əsasən aşağıdakı kimi yazılır:

$$S_M = H_e - \sqrt{H_e^2 - \frac{Q}{\pi k} \ln \frac{R}{r_M}} \quad , \quad (172)$$

$$S_N = H_e - \sqrt{H_e^2 - \frac{Q}{\pi k} \ln \frac{R}{l}} \quad , \quad (173)$$



Şəkil 50. «Güzdə əksətdirmə üsulu»nun sxemi.

(172) və (173) ifadələrinin müqayisəsi göstərir ki, bu nöqtələrdə səviyyənin enmə hündürlüyü müxtəlif olmalıdır. Lakin yeraltı suları qidalandıran mənbədə su səviyyəsi həmişə sabit olduğu üçün ($H=const$) hər iki nöqtədə səviyyənin enməsi müşahidə olunmayacaqdır. Deməli, Düpi düsturu qida mənbəyinə yaxın yerləşən quyuların hesablanması üçün istifadə edilə bilməz.

Bu məsələnin həlli üçün F.Foxheymerin «Güzdə əksətdirmə üsulu»ndan istifadə edilir.

Bu üsulda suçəkmə gedən quyudan (həqiqi quyudan) çaya qədər olan məsafəni l qəbul edib, çaydan həmin məsafədə onun əks tərəfində «xəyali» su udan quyu təsəvvür edilir. Aydındır ki, suçəkmə aparılan və su

udan quyuların sərfələri əks işarəli olacaqdır (+ Q və - Q). Suudma ilə suçəkmənin miqdarını bir-birinə bərabər qəbul etsək, onda bu quyular arasındakı MN xəttində bir quyunun yaratdığı səviyyə enməsinə digər quyunun yaratdığı səviyyə qalxması əvəz edəcəkdir, yəni həmin xətt boyu səviyyə daim sabit qalacaqdır. Həqiqi quyuda su səviyyəsinin dəyişməsi, həm onun özünün işləməsindən, həm də xəyali quyunun təsirindən müəyyən bir vəziyyət alacaqdır.

Həqiqi quyunun işləməsindən yaranan səviyyə dəyişməsi:

$$H_e^2 - (h'_q)^2 = \frac{Q}{\pi k} \ln \frac{R}{r_q} \quad , \quad (174)$$

Xəyali quyunun işləməsindən yaranan səviyyə dəyişməsi:

$$H_e^2 - (h''_q)^2 = \frac{Q}{\pi k} \ln \frac{R}{2l} \quad , \quad (175)$$

Hər iki quyunun birgə təsirindən əmələ gəlmiş səviyyə dəyişməsi $H_e^2 - h_q^2$ ilə göstərilərsə, onda həmin ifadə (174) və (175) ifadələrinin cəminə bərabər olacaqdır:

$$\begin{aligned} H_e^2 - h_q^2 &= \frac{Q}{\pi k} \ln \frac{R}{r_q} - \\ - \frac{Q}{\pi k} \ln \frac{R}{2l} &= \frac{Q}{\pi k} (\ln R - \ln r_q - \ln R + \ln 2l) = \frac{Q}{\pi k} \ln \frac{2l}{r_q} \end{aligned} \quad (176)$$

Buradan:

$$Q = \pi k \frac{(H_e^2 - h_q^2)}{\ln \frac{2l}{r_q}} = \pi k \frac{(H_e - h_q)(H_e + h_q)}{\ln \frac{2l}{r_q}}$$

$$H_e - h_q = S_q \Rightarrow h_q = H_e - S_q \Rightarrow \quad , \quad (177)$$

$$Q = \pi k \frac{S_q(H_e + H_e - S_q)}{\ln \frac{2l}{r_q}} = \pi k \frac{S_q(2H_e - S_q)}{\ln \frac{2l}{r_q}}$$

(177) düsturunda \ln -nı \lg ilə əvəz etsək, qrunut suyu quyusu üçün sərfin düsturunu alarıq:

$$Q = 1,366k \frac{S_q(2H_e - S_q)}{\lg \frac{2l}{r_q}} \quad , \quad (178)$$

Həmin qayda ilə tam artezian quyusu üçün sərfin düsturunu yazı bilərik:

$$Q = 2,73km \frac{S_q}{\lg \frac{2l}{r_q}} \quad , \quad (179)$$

(177)və (179) ifadələri hidrogeoloji ədəbiyyatlarda *F.Forxheymerin adı ilə adlanır.*

Depressiya əyrisinin vəziyyətini təyin etmək üçün isə uyğun olaraq, aşağıdakı düsturlardan istifadə etmək olar:

– qrunut suları üçün:

$$h_x = \sqrt{H_e^2 - 0,733 \frac{Q}{k} \lg \frac{\rho}{r_x}} \quad , \quad (180)$$

–təzyiqli sular üçün:

$$H_x = H_e - 0,366 \frac{Q}{km} \lg \frac{\rho}{r_x} \quad , \quad (181)$$

Yuxarıdakı ifadələrdə: h_q' və h_q'' – uyğun olaraq, həqiqi və xəyali quyularda axının qalınlığı; r_x – həqiqi quyudan səviyyənin enməsi təyin olunan nöqtəyə qədər olan məsafə; ρ – həmin nöqtədən həqiqi quyunun güzgülüdə əksi olan quyuya qədər məsafədir.

8.6. Natamam quyulara yeraltı suların qərarlaşmış hərəkəti

Suçəkmə zamanı natamam quyularda su axını iki silindrik zonaya: xarici və quyüətrafı zonalara ayrılır. Xarici zonada təzyiğin paylanması tam quyulardakı axınla analojidir. Radiusu sulu horizontun qalınlığının 1,0-1,5 hissəsindən artıq olmayan quyüətrafı zonada axının əlavə müqavimətlə (ζ) qeydə alınan kəskin deformasiyası müşahidə olunur. Əlavə müqavimət natamamlığın iki növü ilə müəyyən olunur: sulu horizontun açılma dərəcəsinə və açılma xarakterinə görə.

Açılma dərəcəsinə görə natamamlıq onunla şərtlənir ki, quyunun su qəbuledici hissəsi sulu horizontun yalnız bir hissəsini əhatə edir. Açılma xarakterinə görə natamamlıq müxtəlif mexaniki və fiziki-kimyəvi pro-

seslər nəticəsində quyuyətrafı zonada sukeçiriciliyin dəyişməsi, intensiv suçəkmə hesabına quyunun ətrafında və onun daxilində süzülmənin xətti qanununun pozulması, o cümlədən quyuda süzgəcin konstruksiyası ilə müəyyən olunur.

Səviyyənin enməsinin təyin edilməsində quyunun natamamlığının nəzərə alınması aşağıdakı asılıqla ifadə olunur:

$$\Delta S_{n,t} = \frac{Q_q}{2\pi km} \zeta \quad , \quad (182)$$

burada: $\Delta S_{n,t}$ – su səviyyəsinin quyunun natamamlığı ilə şərtlənən əlavə enməsi; Q_q – quyunun sərfi; ζ – quyunun natamamlığından irəli gələn ümumi əlavə müqaviməti.

Quyunun ümumi əlavə müqaviməti ζ aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$\zeta = \zeta_1 + \zeta_2 \quad , \quad (183)$$

burada: ζ_1 – sulu horizontun tam açılmaması ilə şərtlənən müqavimət; ζ_2 – sulu horizontun açılma xarakteri ilə şərtlənən müqavimət.

Quyunun natamamlığının onun açılma dərəcəsinə görə təyini (ζ_1). Bu məqsədlə hazırda F.M.Boçever tərəfindən tərtib edilmiş qrafiklərdən geniş istifadə olunur (şək. 51 və 52).

ζ_1 - in qiyməti l_0/m və m/r_q nisbətlərindən tapılır. 51-ci şəkildə göstərilmiş qrafik süzgəcin işçi hissəsinin sulu horizontun tavanına toxduğu hal üçün, 52-ci şəkildə göstərilən qrafik isə süzgəcin sulu horizontun ortasında yerləşdiyi hal üçün $C + l_0/2 \approx (0,35 \div 0,65)m$ ol-

duqda nəzərdə tutulmuşdur; burada C - təzyiqli sular üçün sulu horizontun tavanından süzgəcin işçi hissəsinin yuxarisına, qrunut sulari üçün isə statik səviyyədən süzgəcin işçi hissəsinin yuxarisına qədər olan məsafədir.

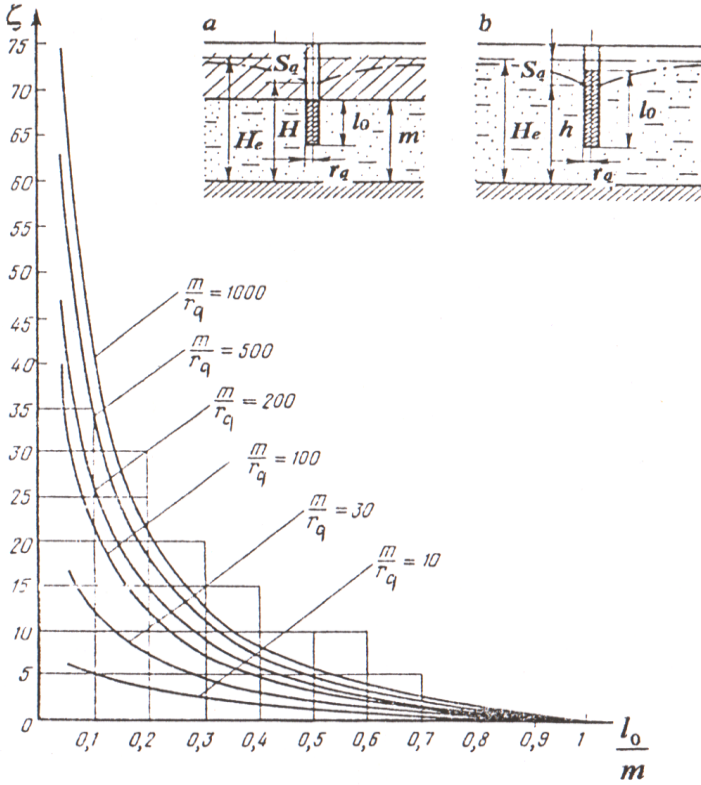
51 və 52-ci şəkillərdə göstərilən qrafiklər daha çox təzyiqli sular üçün nəzərdə tutulmasına baxmayaraq, qrunut sulari üçün də tətbiq edilə bilər. Bu zaman m əvəzinə H_e ; l_0/m və m/r_q əvəzinə isə l_0/H_e və H_e/r_q yazılır. Suçəkmə zamanı qrunut suyu quyusunda su səviyyəsinin enməsi baş verir, ona görə də ζ_1 -n təyin edilməsi zamanı l_0/m - n əvəzinə $(l_0 - 0,5S_0)/(H_e - 0,5S_0)$ və H_e/r_q əvəzinə $(H_e - 0,5S_0)/r_q$ qəbul edilir.

Sulu horizontun açılma xarakterinə görə natamamlıq (ζ_2) hazırkı zamana qədər özünün kifayət qədər əsaslı həllini tapmamışdır. Ona görə də natamamlığı ilə əlaqədar quyunun ümumi əlavə müqavimətinin təyini zamanı (183) ifadəsində ζ_2 nəzərə alınmır.

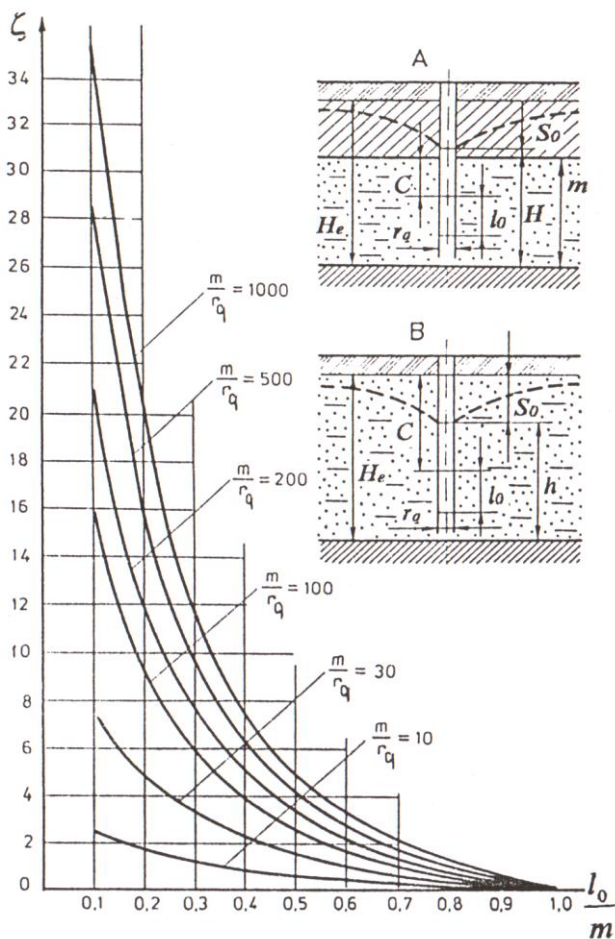
Suyu dibi vasitəsilə qəbul edən natamam sugötürücülərin sərfinin hesablanması. Belə sugötürücülərə şaxta quyuları və özül yeri üçün qazılmış çalalar aid edilir. Bu sugötürücülərin sərfini V.D.Babuşkin düsturuna görə hesablamaq olar (şək. 53):

$$Q = 2\pi k r_q S_q / M_0 \quad , \quad (184)$$

Quyunun dibinin formasına əsaslanan M_0 modulunun qiyməti aşağıdakı kimi hesablanır:



Şəkil 51. Artesian (a) və qrunıt suyu (b) quyusunun nata-mamlığı zamanı əlavə müqavimətin ζ təyin edilməsi üçün qrafik (süzgəc sulu horizontun tavanına toxunur).

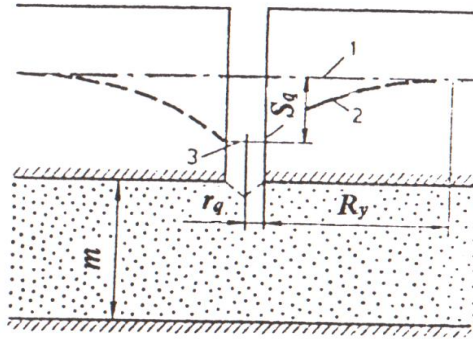


Şəkil 52. Artezian (A) və qıntu suyu (B) quyusunun natamamlığı zamanı əlavə müqavimətin ζ təyin edilməsi üçün qrafik (süzgəc sulu horizontun orta hissəsində yerləşir).

$$M_0 = 1,57 + \frac{r_q}{m} \left(1 + 1,18 \lg \frac{R_y}{4m} \right) , \quad (185)$$

$r_q / m < 0,1$ lduqda səthi (yastı) dibə malik quyular üçün $M_0 = 1,57$, yarımkürə dibə malik quyular üçün isə $M_0 = 1,00$ qəbul etmək olar. Sonuncu halda (184) düsturu F.Forxheymer düsturuna keçir:

$$Q = 2\pi k r_q S_q , \quad (186)$$



Şəkil 53. Təzyiqli sulu horizontda yarımkürə dibə malik şaxta quyusunun sxemi:

1– təbii pyezometrik səth; 2– depressiya təzyiq qığı; 3– quyuda dinamik səviyyə; S_q – quyuda səviyyənin enməsi; r_q – quyunun radiusu; R_y – təsir radiusu; m – sulu horizontun qalınlığı.

8.7. Natamam quyuların sərfinin analitik düsturlarla hesablanması

Natamam quyuların sərfini hesablamaq üçün bir sıra analitik düsturlar mövcuddur. Onlardan bir neçəsini nəzərdən keçirək.

Natamam quyuda süzgəc sulu horizontun orta hissəsində yerləşərsə, sərf aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$Q = \frac{2,73kl_0S}{\lg \frac{\alpha l_0}{r_q}}, \quad (187)$$

burada: l_0 – süzgəcin işçi hissəsinin uzunluğu; α – düzəliş əmsalı olub, Qirinskiyə görə $\alpha = 0,8$, Babuşkinə görə $\alpha = 0,66$ qəbul olunur.

Əgər quyuda süzgəc sulu horizontun tavanına və ya dabanına yaxın hissədə yerləşirsə, onda sərf aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$Q = \frac{2,73kl_0S}{\lg \frac{2\alpha l_0}{r_q}}, \quad (188)$$

Bu düsturlarda məlum əvəzləmələr aparmaqla təzyiqsiz horizontlarda işləyən quyuların sərfini hesablamaq olar.

8.8. Mürəkkəb şəraitdə işləyən quyulara yeraltı suların qərarlaşmış hərəkəti

a) Təzyiqli-təzyiqsiz axın şəraitində yeraltı suların quyuya hərəkəti. Bu hal sulu horizontun tavanından yuxarıda yerləşən təzyiqin işləməsi nəticəsində və ya aşağı düşən səviyyənin ölçüsü böyük olduqda müşahidə olunur (şək. 54a). Hesablama üçün əsas düsturlar aşağıdakılardır:

$$Q = 1,366k \frac{(2H_e - m)m - h_q^2}{\lg R - \lg r_q}, \quad (189)$$

Sərbəst səthə malik hissədə depressiya əyrisini qurmaq üçün ordinatları aşağıdakı düsturlarla hesablamaq olar:

– təzyiqsiz sular üçün:

$$h_x = \sqrt{h_q^2 + \frac{0,732Q(\lg r_x - \lg r_q)}{R}}, \quad (190)$$

– təzyiqli sular üçün:

$$H_x = m + \frac{0,366Q(\lg r_x - \lg a)}{km}, \quad (191)$$

burada: a – quyunun mərkəz oxundan təzyiqsiz səviyyənin təzyiqli səviyyəyə keçdiyi kəsimə qədər olan məsafə; r_x – quyunun mərkəz oxundan depressiya əyrisində ordinat təyin olunan nöqtəyə qədər olan məsafədir.

a -nın qiyməti aşağıdakı düsturlarla təyin olunur:

$$\lg a = \lg r_q + 1,366k \frac{m^2 - h_q^2}{Q}, \quad (192)$$

$$\lg a = \lg R - 2,73k \frac{m(H_e - m)}{Q}, \quad (193)$$

b) Qidalanma və boşalma mənbələri arasında yerləşən quyuya yeraltı suların hərəkəti. Bu hal üçün A.V.Romanovun düsturlarından istifadə edilir:

– təzyiqsiz horizontda işləyən quyu üçün:

$$Q = \frac{1,366k(2H_e - S_q)S_q}{\lg \left[\frac{2L}{\pi r_q} \cos \frac{\pi(L_1 - L_2)}{2L} \right]}, \quad (194)$$

– təzyiqli horizontda işləyən quyu üçün:

$$Q = \frac{2,73kmS_q}{\lg \left[\frac{2L}{\pi r_q} \cos \frac{\pi(L_1 - L_2)}{2L} \right]}, \quad (195)$$

burada: L – qidalanma və boşalma mənbələri arasındakı məsafə; L_1 və L_2 – uyğun olaraq, quyudan qidalanma və boşalma mənbəyinə qədər olan məsafədir (şək.54b).

c) Bir-birinə perpendikulyar sərhəddə yerləşən quyuya yeraltı suların hərəkəti. Əgər qarşılıqlı perpendikulyar sərhədlər daimi təzyiqlər sərhədi, yəni $H=const$ (çay qolunun çaya axması və ya çayın gölə axması), quyuya qədər olan məsafələr, uyğun olaraq, L_1 və L_2 olarsa (şək. 54c), onda hesablama üçün aşağıdakı düsturlardan istifadə olunur:

– qrunut suyu quyusu üçün:

$$Q = 1,366k \frac{(2H_e - S_q)S_q}{\lg \frac{2L_1L_2}{r_q \sqrt{L_1^2 + L_2^2}}}, \quad (196)$$

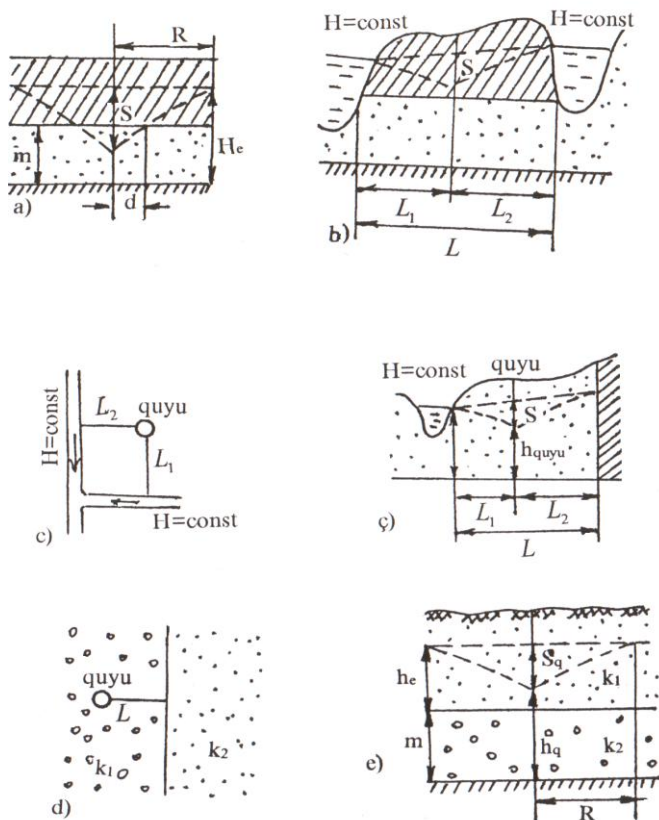
– artezian quyusu üçün:

$$Q = \frac{2,73kmS_q}{\lg \frac{2L_1L_2}{r_q \sqrt{L_1^2 + L_2^2}}}, \quad (197)$$

ç) Bir-birinə paralel sukeçirən və sukeçirməyən iki sərhəd arasında yerləşən quyuya yeraltı suların hərəkəti. Belə sərhəd şərtləri çay dərələrində daha çox rast gəlinir (şək.54ç). V.M.Şestakova görə hesablama düsturu aşağıdakı kimidir:

$$Q = 1,366k \frac{(2H_e - S_q)S_q}{\lg \frac{4L_2ctg \frac{\pi L_1}{L}}{\pi r_q}}, \quad (198)$$

burada: L – sərhədlər arasındakı məsafə; L_1 – quyudan qidalanma mənbəyinə qədər olan məsafədir.



Şəkil 54. Mürəkkəb şəraitdə işləyən quyulara yeraltı suların qararlaşmış hərəkətinin sxemi.

d) Müxtəlif sukeçiriciliyə malik süxurların sərhədində yerləşən quyuya yeraltı suların hərəkəti. Əgər quyuyu süzülmə əmsalı k_2 olan düzxətli sərhədə malik ikinci zonadan L məsafəsindəki süzülmə əmsalı k_1 olan

zonada yerləşirsə, onda hesablamada düsturu V.D.Babuşkinə görə aşağıdakı kimi yazılır:

$$Q = 1,366k_1 \frac{(2H_e - S_q)S_q}{\lg \frac{R}{r_q} + \frac{1}{2\alpha} \lg \frac{R^2 + 4L^2}{4L^2}}, \quad (199)$$

burada: α – baxılan zonaların süzülmə əmsallarının nisbətindən asılı, ölçü vahidi olmayan əmsaldır.

e) Bir neçə sulu horizontu açan quyuya yeraltı suların hərəkəti. Hidrogeoloji hesablamalar zamanı quyunun açdığı sulu horizontlar, süzülmə əmsallarının orta qiymətini tapmaqla, şərti olaraq eynicinsliliyə gətirilir. Bu halda quyuların hesablanması eynicinsli horizontlarda olduğu kimi aparılır. Əgər iki horizontdan ibarət sulu kompleksdə altdakı horizontda quruma getmirsə, ona təzyiqli horizont kimi, sərbəst səthə malik üstdəki horizonta isə təzyiqsiz horizont kimi baxılır. İki horizontdan ibarət sulu kompleksdə (şək. 54 e) işləyən quyuya üçün hesablamada düsturu aşağıdakı kimi yazılır:

$$Q = \frac{2,73k_2m_2S_q}{\lg R - \lg r_q} + 1,366k_1 \frac{(2H_e - S_q)S_q}{\lg R - \lg r_q}, \quad (200)$$

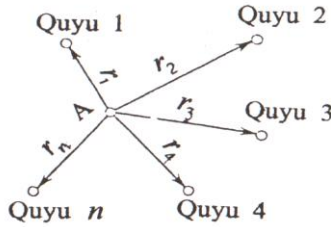
8.9. Qarşılıqlı təsirdə olan quyulara yeraltı suların qərarlaşmış hərəkəti

Quyuların qarşılıqlı təsirinin təyininin əsasını superpozisiya üsulu təşkil edir.

İxtiyari yerləşmiş n sayda qarşılıqlı təsirdə olan quyular sisteminin sxemini nəzərdən keçirək (şək. 55). Qarşılıqlı təsirdə olan quyular sahəsində bu quyulardan

r_1, r_2, \dots, r_n məsafədə yerləşən A nöqtəsini götürək. Quyulardan sərfələri, uyğun olaraq, Q_1, Q_2, \dots, Q_n olan suçəkmə işi aparılır. A nöqtəsi üçün su səviyyəsinin enmə hündürlüyünü bütün quyularda müşahidə olunan enmə hündürlüklərinin cəbri cəmi kimi təyin edək. Hər bir quyunun fəaliyyətindən enmiş səviyyəni Düpi düsturuna əsasən hesablayaq:

$$S_A = \sum_{i=1}^n \Delta S_i = \frac{Q_1}{2\pi km} \ln \frac{R_1}{r_1} + \frac{Q_2}{2\pi km} \ln \frac{R_2}{r_2} + \dots + \frac{Q_n}{2\pi km} \ln \frac{R_n}{r_n} , \quad (201)$$



Şəkil 55. İxtiyari yerləşmiş qarşılıqlı təsirdə olan quyular sisteminin sxemi.

Bu qayda ilə ixtiyari qarşılıqlı təsirdə olan quyuda (məsələn 2-ci quyuda) səviyyənin enmə hündürlüyünü təyin etmək olar:

$$S_2 = \frac{Q_2}{2\pi km} \ln \frac{R_2}{r_{q,2}} + \frac{Q_1}{2\pi km} \ln \frac{R_1}{r_{2-1}} + \frac{Q_3}{2\pi km} \ln \frac{R_3}{r_{2-3}} + \dots + \frac{Q_n}{2\pi km} \ln \frac{R_n}{r_{2-n}} , \quad (202)$$

burada: $r_{q,2}$ – 2-ci quyunun radiusu; $r_{2-1}, r_{2-3}, \dots, r_{2-n}$ – 2-ci quyudan qarşılıqlı təsirdə olan bütün quyulara qədər olan məsafə; R_1, R_2, \dots, R_n – qarşılıqlı təsirdə olan quyuların radiusu; Q_1, Q_2, \dots, Q_n – qarşılıqlı təsirdə olan quyuların sərfi; n – qarşılıqlı təsirdə olan quyuların sayıdır.

Əgər: $Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n = Q$ və $R_1 = R_2 = \dots = R_n = R$ qəbul etsək, onda (201) düsturu aşağıdakı şəkli alar:

$$S = \frac{nQ}{2\pi km} \left[\ln R - \frac{1}{n} (\ln r_1, r_2, \dots, r_n) \right], \quad (203)$$

Dairə üzrə yerləşmiş qarşılıqlı təsirdə olan quyular üçün, əgər A nöqtəsini dairənin mərkəzində götürsək ($r_1 = r_2 = \dots = r_n = r_0$), onda (203) düsturu sadələşər:

$$S = \frac{nQ}{2\pi km} (\ln R - \ln r_0) = \frac{\sum Q}{2\pi km} \ln \frac{R}{r_0}, \quad (204)$$

burada: $\sum Q = nQ$ – qarşılıqlı təsirdə olan bütün quyuların sərfələrinin cəmidir.

(204) tənliyini $\sum Q$ -yə görə həll etsək və qəbul etsək ki, dairə sisteminin mərkəzində səviyyənin enməsi $S_A = S_0$, onda «böyük quyular»un düsturunu alarıq:

$$\sum Q = \frac{2\pi km S_0}{\ln R - \ln r_0} = \frac{2,73 km S_0}{\lg R - \lg r_0}, \quad (205)$$

«Böyük quyular» düsturu şaxta sahələrinə, karxanalara və digər qazmalara su axınını təyin etmək üçün istifadə edilir. Müxtəlif formalı dağ qazmalarının sərf-

hədləri sahəsi (F) uyğun dağ qazmasının sahəsinə bərabər olan dairə formasına gətirilir. Dairənin radiusu:

$$r_0 = \sqrt{F/\pi} \quad , \quad (206)$$

Qrunt suları üçün «böyük quyuy» düsturu aşağıdakı kimi yazılır:

$$\sum Q = 1,366k \frac{(2H_e - S_0)S_0}{\lg R - \lg r_0} \quad , \quad (207)$$

Qrunt suları üçün ixtiyari yerləşmiş qarşılıqlı təsirdə olan quyular sistemində hər hansı bir A nöqtəsində səviyyənin enməsi aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$S_A = H_e - \sqrt{H_e^2 - 0,732 \frac{\sum Q}{k} \left(\lg R - \frac{1}{n} \lg r_1, r_2, \dots, r_n \right)} \quad , \quad (208)$$

burada: H_e – qrunt suyu layının qalınlığı; r_1, r_2, \dots, r_n – A nöqtəsindən səviyyənin enməsi təyin olunan müvafiq quyuya qədər olan məsafədir.

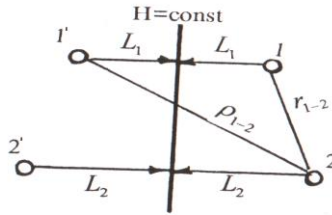
8.10. Çaya yaxın yerləşən qarşılıqlı təsirdə olan quyulara yeraltı suların qararlaşmış hərəkəti

Belə quyular üçün hesablama superpozisiya üsuluna əsaslanır. Belə ki, ixtiyari quyuda səviyyənin enmə hündürlüyü bütün quyuların təsirindən səviyyələrin enmə hündürlükləri ilə quyunun özünün işləməsindən səviyyələrin müşahidə olunan enmə hündürlükləri cəmindən ibarətdir. Məsələn, tutaq ki, səfləri Q_1 və Q_2 olan,

çaydan L_1 və L_2 məsafədə yerləşən iki quyuyu arasındakı məsafə r_{1-2} - dir (şək.56).

Tək quyular üçün nəzərdə tutulan «Güzgüdə əksətdirmə üsulu»na görə ikinci quyuyu üçün səviyyənin enmə hündürlüyü:

$$S_{0-2} = \frac{Q_2}{2\pi km} \ln \frac{2L_2}{r_q} \quad , \quad (209)$$



Şəkil 56. Çaya yaxın yerləşən qarşılıqlı təsirdə olan iki quyunun sxemi.

Birinci quyunun və onun güzgüdə əksi olan quyunun təsirindən ikinci quyuda səviyyənin enmə hündürlüyü:

$$\Delta S_1 = \frac{Q_i}{2\pi km} \ln \frac{2L_i}{r_{1-2}} - \frac{Q_i}{2\pi km} \ln \frac{2L_i}{\rho_{1-2}} = \frac{Q_i}{2\pi km} \ln \frac{\rho_{1-2}}{r_{1-2}} \quad , \quad (210)$$

İkinci quyuda səviyyənin cəmi enmə hündürlüyü:

$$S_2 = S_{0-2} + \Delta S_1 = \frac{Q}{2\pi km} \ln \frac{2L_2}{r_q} + \frac{Q_1}{2\pi km} \ln \frac{\rho_{1-2}}{r_{1-2}} \quad , \quad (211)$$

Analoji olaraq, bir neçə quyunun təsirindən səviyyənin enmə hündürlüyünü hesablamaq olar. Bunun üçün ümumi halda aşağıdakı düstur tətbiq edilir:

$$S_i = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{2\pi(km)_i} \ln \frac{\rho_i}{R_i} = \sum_{i=1}^n \frac{0,366Q_i}{(km)_i} \lg \frac{\rho_i}{R_i}, \quad (212)$$

Əgər hesablamada səviyyənin enmə hündürlüyü qəbul edilərsə və sərfin təyin edilməsi tələb olunarsa, onda:

$$Q_i = \frac{2\pi(km)_i S_i}{\sum_{i=1}^n \ln \frac{\rho_i}{R_i}} = \frac{2,73(km)_i S_i}{\sum_{i=1}^n \lg \frac{\rho_i}{R_i}}, \quad (213)$$

burada: S_i – i saylı quyuda və ya ixtiyari nöqtədə səviyyənin enmə hündürlüyü; n – sistemdəki qarşılıqlı təsirdə olan quyuların sayı; Q_i – i saylı quyunun sərfi; $(km)_i$ – i saylı quyuyu zonasında sukeçiricilik; R_i – i saylı quyudan sistemdəki digər quyulara qədər olan məsafə (i saylı quyuyu üçün $R_i=r_q$); ρ_i – i saylı quyuda sistemdəki quyuların güzgüdə əksinə qədər olan məsafədir.

8.11. Qrunt suyu və artezian quyularına yeraltı suların qararlaşmamış hərəkəti

Qeyri-məhdud horizontlarda tam quyulara yeraltı suların axımı. Ötürücüdə yeraltı suların hərəkəti ilə istiliyin yayılması arasındakı analogiyadan istifadə edərək, Ç.V.Teys tam artezian quyuları üçün aşağıdakı asılılığı müəyyən etmişdir:

$$S = \frac{Q}{4\pi km} \left[-E_i \left(-\frac{r^2}{4a^*t} \right) \right], \quad (214)$$

Sərbəst səthə malik olan qrunt suları üçün Teys tənliyi aşağıdakı kimi yazılır:

$$S = H_e - \sqrt{H_e^2 - \frac{Q}{2\pi k} \left[-E_i \left(-\frac{r^2}{4at} \right) \right]}, \quad (215)$$

burada: S – suçəkmənin başlanğıcından t müddət sonra həyəcanlandırılan (suçəkmə aparılan) quyudan r məsafədə təzyiqin enmə hündürlüyü; Q – suçəkmə zamanı sərf; k – sulu süxurların süzülmə əmsalı; m – sulu horizontun qalınlığı; a^* – təzyiqlə keçiricilik əmsalı; $\left[-E_i \left(-\frac{r^2}{4a^*t} \right) \right]$ – in-teqral göstərici funksiya; H_e – sulu horizontun qalınlığı; a – səviyyə keçiricilik əmsalıdır.

(214) və (215) düsturları depressiya qıfının ixtiyari nöqtəsində təzyiqin və ya səviyyənin enmə hündürlüyünü təyin etmək üçün istifadə edilir. Bilavasitə quyunun özündə enmə hündürlüyünün təyini zamanı r əvəzinə quyunun radiusu qəbul edilir. İnteqral göstərici funksiyanı təyin etmək üçün müxtəlif cədvəllərdən istifadə edilir (P.P.Klimentov, V.M.Kononov, 1985; İ.Y.Jernov, 1982; Mironenko, 1983 və s.).

Suçəkmə zamanı yeraltı suların hərəkət rejimi. Kvazi-qərarlaşmış süzülmə haqqında anlayış. Suçəkmə zamanı depressiya qıfının formalaşması kifayət qədər mürəkkəb prosesdir. Suçəkmənin başlanğıc dövründə depressiya qıfının formalaşmasının əsas amilləri – horizontun quruması (təzyiqsiz sulara) və elastik rejimin təsiridir (təzyiqli

sularda). Depressiya qfının ölçülərinin artmasına və inkişafına altda və üstə yatan sulu holrizontlardan axım, o cümlədən planda və kəsilişdə sulu horizontun sərhəd şərtləri təsir göstərməyə başlayır. Bundan əlavə, depressiya qfının inkişafına yeraltı suların səviyyəsinin və ya təzyiqinin təbii dəyişməsi və texniki amillər (suçəkmə zamanı sərfin, o cümlədən suyun çəkilib aparılma şəraitinin dəyişməsi və s.) təsir göstərir.

Beləliklə, suçəkmə zamanı yeraltı suların hərəkət rejimi üç amildən asılıdır: hidrogeoloji şərait, yeraltı suların təbii rejimi və təcrübənin aparılmasının texniki şəraiti.

İlkin mərhələ özünü kəskin bürüzə verən qərarlaşmamış hərəkətlə xarakterizə olunur. Səviyyənin enmə hündürlüyü, axının sərfi, süzülmə sürəti hər bir kəsimdə kifayət qədər fərqlənir. İstilikkeçirməyə analoji olaraq, bu mərhələ *nizamlanmış rejim mərhələsi* adlanır. Quyulara yeraltı suların hərəkəti birinci mərhələdə (214) və (215) tənlikləri ilə ifadə oluna bilər.

İkinci mərhələdə yeraltı suların hərəkəti qərarlaşmamış qalır, onun xarakteri isə kifayət qədər dəyişir. Depressiya əyrisi enməkdə davam edir, lakin səviyyələr zaman üzrə, öz aralarında paralel qalmaqla enir (şək.57). Bu mərhələ *kvaziqərarlaşmış süzülmə və ya kvazistasionar süzülmə* adlanır. İkinci mərhələdə inteqral asılılığı loqarifmik asılıqla əvəz oluna bilər və proqnoz üçün aşağıdakı düsturlardan istifadə edilir:

– tam artezian quyusu üçün:

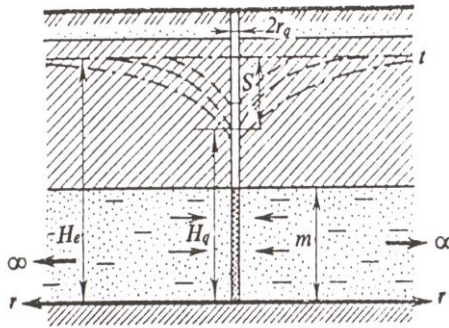
$$S = \frac{Q}{4\pi km} \ln \frac{2,25a^*t}{r^2} = \frac{0,183Q}{km} \lg \frac{2,25a^*t}{r^2} \quad , \quad (216)$$

– tam qrunut suyu quyusu üçün:

$$\begin{aligned}
 S &= H_e - \sqrt{H_e^2 - \frac{Q}{2\pi k} \ln \frac{2,25at}{r^2}} = \\
 &= H_e - \sqrt{H_e^2 - \frac{0,366Q}{k} \lg \frac{2,25at}{r^2}}, \quad (217)
 \end{aligned}$$

İnteqral asılılığının loqarifmik asılığa dəyişməsi (S) səviyyənin enmə hündürlüyünün təyində xəta ilə müşahidə olunur. Belə ki: $r^2/4a^*t < 0,1$ olduqda bu xəta 5,7% ; $r^2/4a^*t < 0,01$ olduqda 0,25% -dən çox olmur. Quyunun özündə enməni təyin etmək üçün isə əvvəlcədən inteqral asılılığı əvəzinə loqarifmik asılıqdan istifadə etmək olar, belə ki, $r_q^2/4a^*t$ (və ya $r_q^2/4at$) nisbəti çox kiçikdir və enmənin təyində xəta cüzdür.

Müəyyən şəraitlərdə depressiya qufının artmasının praktiki olaraq kəsildiyi və yeraltı suların rejiminin qərarlaşmış rejimə yaxınlaşdığı üçüncü mərhələ başlayır. Nəzəri olaraq, bu rejim suçəkmənin sonsuz müddətə aparılması zamanı (yəni $t \rightarrow \infty$) baş verir, lakin təcrübədə qərarlaşmış rejim kifayət qədər tez başlayır.



Şəkil 57. Tam artezian quyusunun kvaziqərarlaşmış süzülmə şəraitində işinin sxemi.

8.12. Quyuların natamamlığının qeydə alınması və onların sərfinin dəyişməsi

Qərarlaşmamış hərəkətdə quyuların natamamlığı qərarlaşmış hərəkətdə olduğu kimi qeydə alınır (yəni əlavə müqavimətin ζ_1 daxil edilməsi yolu ilə). Qeyri-məhdud horizontlarda işləyən quyularda səviyyənin enmə hündürlüyü aşağıdakı düsturlarla təyin edilə bilər:

– artezian quyusu üçün:

$$S_{n,t} = \frac{Q}{4\pi km} \left(\ln \frac{2,25a^*t}{r_q^2} + 2\zeta_1 \right), \quad (218)$$

– qrunıt suyu quyusu üçün:

$$S_{n,t} = H_e - \sqrt{H_e^2 - \frac{Q}{2\pi k} \left(\ln \frac{2,25at}{r^2} + 2\zeta_1 \right)}, \quad (219)$$

Quyulardan suçəkmə zamanı bütün proses müddətində onların sərfinin sabit saxlanması tövsiyə edilir. Lakin suçəkmə prosesində çox müxtəlif səbəblərdən sərfin dəyişməsi baş verə bilər.

F.M.Boçever sərfin dəyişməsinin sıçrayışlı, xətti, parabolik və eksponensial xarakteri üçün məsələnin həllini verir. Bunlardan ilk ikisini nəzərdən keçirək.

Sərfin sıçrayışlı dəyişməsi zamanı enmə hündürlüyü aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$S = \frac{Q_T}{4\pi km} \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{Q_i - Q_{i-1}}{Q_T} \left[-E_i \left(-\frac{r_q^2}{4a^*(t-t_{i-1})} \right) \right] \right\}, \quad (220)$$

burada: Q_T – iş dövrlərindən birində quyunun sərfi (adətən quyunun maksimal sərfi); Q_i – i zaman intervalında quyunun sərfi ($i=1,2,\dots,n$); n – sərfin dəyişmə intervallarının sayı; Q_{i-1} – i zaman intervalından əvvəlki intervalda quyunun sərfi; $-E_i$ – inteqral funksiyası; $t-t_{i-1}$ – sərfin dəyişmə pilləsinin davam etmə müddətidir.

Quyunun sərfinin xətti dəyişməsi aşağıdakı asılıqla xarakterizə olunur:

$$Q_t = Q_0 + \frac{Q_T - Q_0}{T} \cdot t \quad , \quad (221)$$

burada: Q_0 və Q_T – T zaman müddəti üçün quyunun başlanğıc və son sərfi; t – quyudan suçəkmənin başlanğıcından keçən cari zaman müddətidir.

Əgər: $r^2 / 4a^*t \ll 1$ olarsa, onda quyuda səviyyənin enmə hündürlüyü:

$$S \approx \frac{Q_t}{4\pi km} \ln \frac{0,083a^*t}{r_q^2} \quad , \quad (222)$$

(220) düsturunun təxmini olmasına baxmayaraq, quyunun özündə və həmin quyudan çox da uzaq olmayan məsafədə quyunun işinin bütün zaman intervallarında enmənin praktiki hesablanması üçün istifadə edilə bilər.

8.13. Yeraltı suların qərarlaşmamış hərəkəti şəraitində qarşılıqlı təsirdə olan quyuların hesablanması

Məhdud sayda qarşılıqlı təsirdə olan quyuların hesablanması. Məhdud sayda qarşılıqlı təsirdə olan artesian quyularında depressiya qıfının ixtiyari A nöqtəsin-

də təzyiqin səviyyəsinin enmə hündürlüyü aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$S_A = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{4\pi km} f_i \quad , \quad (223)$$

burada: $\sum_{i=1}^n$ – n sayda quyunun təsirindən səviyyələrin enmə hündürlüklərinin cəmi; Q_i – i saylı quyunun sərfi ($i=1,2,3,\dots,n$); f_i – i saylı quyunun hidravlik müqavimətidir.

Qarşılıqlı təsirdə olan ixtiyari artezian quyusunda səviyyənin enmə hündürlüyü aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$S = \frac{Q_q}{4\pi km} (f_q + 2\zeta) + \sum_{i=1}^n \Delta \frac{Q_i}{4\pi km} f_i \quad , \quad (224)$$

burada: Q_q və f_q – səviyyənin enməsi təyin olunan quyunun, uyğun olaraq, sərfi və hidravlik müqaviməti; ζ – quyunun natamamlığı ilə əlaqədar yaranan əlavə

müqavimət (əgər tam quyudursa, onda $\zeta = 0$); $\sum_{i=1}^n \Delta$ – bütün

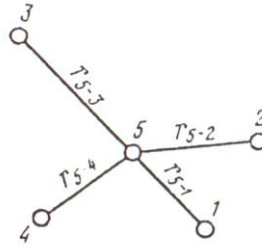
digər quyuların təsirindən səviyyələrin enmə hündürlüklərinin cəmi (Δ onu göstərir ki, enmə hündürlüklərinin cəmindən enmə təyin olunan quyu istisna olunur).

Misal olaraq, qeyri-məhdud horizontda yerləşən 5 quyunu nəzərdən keçirək (şək.58). 5-ci quyuda səviyyənin enmə hündürlüyünü aşağıdakı düsturla təyin edirik:

$$S_5 = \frac{Q_5}{4\pi km} \left(\ln \frac{2,25a^*t}{r_q^2} + 2\zeta \right) + \frac{Q_1}{4\pi km} \ln \frac{2,25a^*t}{r_{5-1}^2} +$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{Q_2}{4\pi km} \ln \frac{2,25a^*t}{r_{5-2}^2} + + \frac{Q_3}{4\pi km} \ln \frac{2,25a^*t}{r_{5-3}^2} + \\
& + \frac{Q_4}{4\pi km} \ln \frac{2,25a^*t}{r_{5-4}^2} , \quad (224)
\end{aligned}$$

burada: $Q_1 - Q_5$ – quyuların səfləri; r_q – 5-ci quyunun radiusu; $r_{5-1} - r_{5-4}$ – 5-ci quyudan qarşılıqlı təsirdə olan müvafiq quyulara qədər olan məsafədir.



Şəkil 58. Qarşılıqlı təsirdə olan quyuların hesablanmasına aid sxem.

Qeyri-məhdud horizontda yerləşən qarşılıqlı təsirdə olan ixtiyari qunt suyu quyusunda səviyyənin enmə hündürlüyü aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$S = H_e - \sqrt{H_e^2 - \left[\frac{Q_q}{2\pi k} (f_q + 2\zeta) + \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{2\pi k} f_i \right]} , \quad (225)$$

burada: H_e – qrunut suyu layının qalınlığı (digər kəmiyyətlər (223) və (224) düsturlarındakı kəmiyyətlərlə analoji-dir və yalnız a^* təzyiqlə keçiricilik əmsalı əvəzinə a səviyyə-keçiricilik əmsalı qəbul edilir).

8.14. Qeyri-məhdud horizontlarda xətt üzrə yerləşmiş quyuların hesablanması

Süzülmə zonasının ixtiyari nöqtəsində səviyyənin enmə hündürlüyünü hesablamaq üçün xətt üzrə yerləşmiş quyuları qalereya ilə əvəz etmək lazımdır:

– artezian quyuları üçün:

$$S_{dax} = \frac{\sum Q}{4\pi km} f_x, \quad (226)$$

– qrunut suyu quyuları üçün:

$$S_{dax} = H_e - \sqrt{H_e^2 - \frac{\sum Q}{2\pi k} f_x}, \quad (227)$$

burada: f_x – xətti qalereyanın fəaliyyətindən əmələ gələn ölçüsüz hidravlik müqavimətdir və aşağıdakı asılılıqlar əsasında xüsusi qrafiklərdən təyin olunur:

$$\bar{x} = \frac{x}{L}; \quad \bar{y} = \frac{y}{L} \quad \text{və} \quad \ln F_0 = \ln \frac{at}{L^2}$$

Ölçüsüz müqavimət qrafiklərindən istifadə edərək x və y oxları üzərində ixtiyari nöqtədə səviyyənin enmə hündürlüyünü hesablamaq olar.

Xəttin mərkəzində yerləşmiş quyular üçün ($x=0, y=0$), $F_0 > 5$ qiymətində $f_x = \frac{16,4at}{L^2}$ olduğundan hesablama üçün düstur:

$$S_{dax} = \frac{\sum Q}{4\pi km} \ln \frac{16,4at}{L^2} , \quad (228)$$

Xəttin sonluqlarında yerləşən quyular üçün ($\bar{x} = \pm 1; \bar{y} = 0$) $f_{dax} = \ln \frac{4,1at}{L^2}$ olduğundan, hesablama üçün aşağıdakı düstur tətbiq edilir:

$$S_{dax} = \frac{\sum Q}{4\pi km} \ln \frac{4,1at}{L^2} , \quad (229)$$

Quyu cərgəsindən uzaqda olmayan ($\bar{x} = \bar{y} \geq 1,5$) quyularda səviyyənin enmə hündürlüyünü təyin etmək üçün xətt sistemini “böyük quyu” ilə əvəz edib, tək quyular üçün olan düsturlardan hesablama üçün istifadə etmək olar (bu halda xəta 10% -dən artıq olmur). Bu məqsədlə, quyunun radiusunu (r_q) böyük quyunun radiusu (r_0) ilə əvəz etmək lazımdır ki, onda da $r_0 = 0,37L$ qəbul olunur (L – quyu cərgəsinin uzunluğunun yarısıdır).

8.15. Qeyri-məhdud horizontlarda dairə üzrə yerləşmiş quyuların hesablanması

Dairə və ya ona yaxın kontur üzrə yerləşən quyuları hesablamaq üçün onları birləşmiş dairəvi qalereya sistemi kimi qəbul edib, (228) düsturunu tətbiq etmək

lazımdır. Lakin burada f_x əvəzinə dairəvi qalereyanın işləməsindən alınan ölçüsüz hidravlik müqavimətdən (f_{dax}) istifadə etmək lazımdır. f_{dax} -nin qiyməti $\bar{r} = \frac{r}{R_0}$ və

$F = \frac{at}{R_0^2}$ asılılıqları əsasında qurulmuş xüsusi qrafikdən götürülür.

Qrafikdən alınan məlumatdan istifadə edərək (228) düsturu ilə ixtiyari nöqtədə səviyyənin enmə hündürlüyünü hesablamaq olar. Dairə sisteminin daxilində bütün nöqtələrdə $r > 1,5R_0$ məsafədə (R_0 – dairə sisteminin radiusu) $F_0 > 5$ qiymətində sərfi təyin etmək məqsədilə tək quyular üçün olan düsturlardan istifadə etmək olar (bu halda alınan xəta 5% -dən artıq olmur).

8.16. Qeyri-məhdud horizontlarda sahə üzrə yerləşmiş quyuların hesablanması

Sahə üzrə yerləşmiş quyular sistemi radiusu $R_0 = \sqrt{\frac{F}{\pi}}$ və ya $R_0 = \frac{P}{2\pi}$ olan “böyük quyu” ilə əvəz olunur (F – quyular sisteminin sahəsi, P – perimetridir). Bu halda hesablama dairə sistemi üçün olan düsturlarla aparılır. Sahə üzrə yerləşən quyuların işləməsindən yaranan ölçüsüz hidravlik müqavimət $\bar{r} = \frac{r}{R_0}$ və $F = \frac{at}{R_0^2}$ parametrlərindən asılı olaraq xüsusi qrafikdən təyin olunur. Həmin qrafikin analizi göstərir ki, $F_0 > 1-1,5$ olduqda sahə üzrə yerləşən quyular sisteminin mərkəzində

səviyyənin enmə hündürlüyünü aşağıdakı düsturla təyin etmək olar:

$$S_{dax} = \frac{\sum Q}{4\pi km} \ln \frac{6,12at}{R_0^2}, \quad (230)$$

Əgər $F_0 \geq 5$ olarsa, onda quyular sistemindən $\bar{r} \geq 1,5$ məsafədə səviyyənin enmə hündürlüyünü təyin etmək məqsədilə tək quyular üçün nəzərdə tutulan düsturlardan istifadə etmək olar. Bu halda quyunun sərfi sistem quyularının sərfinə bərabər və $r_q = R_0$ qəbul olunur.

SƏKKİZİNCİ FƏSİL ÜZRƏ BƏZİ MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLİNƏ DAİR METODİK GÖSTƏRİŞLƏR

Artezian quyusuna su axınının hesablanması

Məsələ 1. Təzyiqli sular qalınlığı 15,9 m olan qum horizontunda yerləşir. Üstdə yatan gil horizontunun dabanı üzərindəki təzyiq 24,8 m təşkil edir. Qumların süzülmə əmsali 8 m/sut-dır. Quyunun diametri 25,4 sm, təsir radiusu 100 m-dir. Təzyiqin səviyyəsinin 5 m aşağı düşməsi halında quyuya su axınını təyin etməli (46 sayılı şəklə uyğun olaraq).

Həlli: Artezian quyusunun sərfini C.Düpi tərəfindən alınmış (164) düsturu ilə hesablayaq:

$$Q = 2,73km \frac{S_q}{R} \lg \frac{R}{r_q}, \quad (164)$$

burada: m – sulu layın qalınlığı, m; S_q – suçəkmə zamanı quyuda aşağı düşən səviyyə, m; r_q – quyunun radiusudur, m.

(164) düsturunda məlum qiymətləri nəzərə alsaq:

$$Q = 2,73 \cdot 8 \cdot 15,9 \cdot \frac{5,0}{\lg \frac{100,0}{0,127}} = 598,7 \text{ m}^3/\text{sut}$$

Qrunt suyu quyusuna su axınının hesablanması

Məsələ 2. Quyu gil horizontu üzərində yatan, 10 m/sut süzülmə əmsalına malik iridənəli qumlu süxurlarda qrunt sularını açır. Sulu kompleksin qalınlığı 14 m, quyunun diametri 305 mm, suçəkmə zamanı quyuda səviyyənin enmə hündürlüyü 4 m, təsir radiusu 300 m-dir (47 sayılı şəklə uyğun olaraq). Quyunun sərfini təyin etməli.

Həlli: Qrunt suyu quyusunun sərfini C.Düpi tərəfindən alınmış (170) düsturu ilə hesablayaq:

$$Q = 1,366k \frac{(2H_e - S_q)S_q}{\lg R - \lg r_q}, \quad (170)$$

Məlum qiymətləri (170) düsturunda nəzərə alsaq:

$$Q = 1,366 \cdot 10,0 \cdot \frac{(2 \cdot 14,0 - 4,0) \cdot 4,0}{\lg 300,0 - \lg 0,152} = 397,9 \text{ m}^3/\text{sut}$$

Qida mənbəyinə yaxın yerləşən quyulara yeraltı suların hərəkəti. «Güzgüdə əksətdirmə üsulu»

Məsələ 3. Radiusu 75 mm olan qrunt suyu quyusu qalınlığı 20,0 m, süzülmə əmsalı 5,0 m/sut olan sulu horizontu açmışdır. Quyu yeraltı suları qidalandıran çaydan 80,0 m məsafədə yerləşir. Quyuda su səviyyəsinin enmə hündürlüyü 8,0 m-dir. Axının sərfini hesablamalı (50 sayılı şəklə uyğun olaraq).

Həlli: F.Forxheymerin «Güzgüdə əksətdirmə üsulu»ndan istifadə edərək sərfi hesablamaq olar.

Qrunt suyu quyusu üçün axının sərfi (178) düsturu ilə hesablanır:

$$Q = 1,366k \frac{S_q(2H_e - S_q)}{\ln \frac{2l}{r_q}}, \quad (178)$$

(178) düsturunda məlum qiymətləri nəzərə alsaq:

$$Q = 1,366 \cdot 5,0 \cdot \frac{8,0 \cdot (2 \cdot 20,0 - 8,0)}{\lg \frac{2 \cdot 80,0}{0,075}} = 536,6 \text{ m}^3/\text{sut}$$

Mürəkkəb şəraitdə işləyən quyulara yeraltı suların qərarlaşmış hərəkəti

a) Təzyiqli-təzyiqsiz axın şəraitində yeraltı suların quyuya hərəkəti.

Məsələ 4. Qalınlığı 16 m, süzülmə əmsalı 4 m/sut olan təzyiqli sulu horizontun tavanına olan təzyiq 6,5 m-dir. Həmin sulu horizont təsir radiusu 500,0 m, diametri 0,254 m olan quyu ilə açılmışdır. Quyuda su səviyyəsinin enmə hündürlüyü 10,0 m-dir. Axının sərfini hesablamalı.

Həlli: Bu hal sulu horizontun tavanından yuxarıda yerləşən təzyiqin işləməsi nəticəsində və ya aşağı düşən səviyyənin ölçüsü böyük olduqda müşahidə olunur (54a sayılı şəklə uyğun olaraq). Hesablama üçün əsas düstur aşağıdakı kimidir:

$$Q = 1,366k \frac{(2H_e - m)m - h_q^2}{\lg R - \lg r_q}, \quad (189)$$

burada: k – süzülmə əmsali, m/sut; H_e – sulu horizontun dabanından hesablanan təzyiq, m; m – təzyiqli sulu horizontun qalınlığı, m; h_q – quyuda su sütununun qalınlığı, m; R – quyunun təsir radiusu, m; r_q – quyunun radiusudur, m.

Sxemdən görüldüyü kimi:

$$H_e = h_q + S \Rightarrow h_q = H_e - S ; \quad H_e = m + h_t$$

burada: h_t – sulu horizontun tavanına olan təzyiqdır (təzyiqin səviyyəsindən sulu horizontun tavanına qədər olan məsafə), m.

$$\text{Deməli: } \begin{aligned} H_e = m + h_t &= 16,0 + 6,5 = 22,5 \text{ m} \text{ və ya} \\ h_q = H_e - S &= 22,5 - 10,0 = 12,5 \text{ m} \end{aligned}$$

(189) düsturunda məlum qiymətləri nəzərə alsaq:

$$Q = 1,366 \cdot 4,0 \cdot \frac{(2 \cdot 22,5 - 16,0) \cdot 16,0 - 12,5^2}{\lg 500,0 - \lg 0,127} = 468,6 \text{ m}^3/\text{sut}$$

b) Qidalanma və boşalma mənbələri arasında yerləşən quyuya yeraltı suların hərəkəti

Məsələ 5. Yeraltı suları qidalandıran iki çay arasındakı məsafə 450 m-dir. İkinci çaydan 150 m məsafədə yerləşən, diametri 25,4 sm olan quyuyu, qalınlığı 30,0 m, süzülmə əmsali 8,0 m/sut olan qrunt suyu horizontunu açmışdır. Quyuda su səviyyəsinin enmə hündürlüyü 9,0 m-dir. Axının sərfini hesablamalı (54b sayılı şəklə uyğun olaraq).

Həlli: Təzyiqsiz horizontda işləyən quyuyu üçün A.V.Romanovun düsturundan (194) istifadə edilir:

$$Q = \frac{1,366k(2H_e - S_q)S_q}{\lg \left[\frac{2L}{\pi r_q} \cos \frac{\pi(L_1 - L_2)}{2L} \right]}, \quad (194)$$

burada: L – qidalanma və boşalma mənbələri arasındakı məsafə; L_1 və L_2 – uyğun olaraq, quyudan qidalanma və boşalma mənbəyinə qədər olan məsafədir.

Burada: $L_1 = L - L_2 = 450,0 - 150,0 = 300,0 \text{ m}$

(194) düsturunda məlum qiymətləri nəzərə alsaq:

$$Q = \frac{1,366 \cdot 8,0 \cdot (2 \cdot 300,0 - 9,0) \cdot 9,0}{\lg \left[\frac{2 \cdot 450,0}{3,14 \cdot 0,127} \cos \frac{3,14 \cdot (300,0 - 150,0)}{2 \cdot 450} \right]} = 12,82 \text{ m}^3/\text{sut}$$

c) Bir-birinə perpendikulyar sərhəddə yerləşən quyuya yeraltı suların hərəkəti

Məsələ 6. Qrunt suyu quyusu bir-birinə perpendikulyar iki qidalanma mənbəyi arasında yerləşir. Quyunun diametri 127 mm, su səviyyəsinin enmə hündürlüyü 12 m-dir. Sulu horizontun qalınlığı 32,0 m, süzülmə əmsali 3,6 m/sut-dır. Quyuyu birinci çaydan 120,0 m, ikinci çaydan isə 80,0 m məsafədə yerləşir. Axının sərfini hesablamalı (54c sayılı şəklə uyğun olaraq).

Həlli: Əgər qarşılıqlı perpendikulyar sərhədlər daimi təzyiqlər sərhədi, yəni $H = \text{const}$ (çay qolunun çaya axması və ya çayın gölə axması), quyuya qədər olan

məsafələr, uyğun olaraq, L_1 və L_2 olarsa (şək. 54c), onda hesablama üçün aşağıdakı düsturdan istifadə olunur:

– qrunut suyu quyusu üçün:

$$Q = 1,366k \frac{(2H_e - S_q)S_q}{\lg \frac{2L_1L_2}{r_q \sqrt{L_1^2 + L_2^2}}}, \quad (196)$$

(196) düsturunda məlum qiymətləri nəzərə alsaq:

$$Q = 1,366 \cdot 3,6 \cdot \frac{(2 \cdot 32,0 - 12,0) \cdot 12,0}{\lg \frac{2 \cdot 120,0 \cdot 80,0}{0,0635 \sqrt{120,0^2 + 80,0^2}}} = 876,5 \text{ m}^3/\text{sut}$$

Qarşılıqlı təsirdə olan quyulara yeraltı suların qararlaşmış hərəkəti

Məsələ 7. A nöqtəsindən 150, 120, 100, 75 və 80 m məsafələrdə yerləşən eyni təsir radiusuna ($R=1000 \text{ m}$) malik beş quyu fəaliyyət göstərir. Bu quyular süzülmə əmsalı 6 m/sut, qalınlığı 25 m olan qrunut suyu horizontunu açır. Bütün quyuların sərfi eyni olub, 280 m³/sut-dır. A nöqtəsində su səviyyəsinin enmə hündürlüyünü hesablama (55 sayılı şəklə uyğun olaraq).

Həlli: Quyuların təsir radiusları və səfləri eyni olduğuna görə, qrunut suları üçün ixtiyari yerləşmiş qarşılıqlı təsirdə olan quyular sistemində hər hansı bir A nöqtəsində səviyyənin enmə hündürlüyü aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$S_A = H_e - \sqrt{H_e^2 - 0,732 \frac{\sum Q}{k} \left(\lg R - \frac{1}{n} \lg r_1, r_2, \dots, r_n \right)}, \quad (208)$$

burada: H_e – qrunut suyu layının qalınlığı; r_1, r_2, \dots, r_n – A nöqtəsindən səviyyənin enməsi təyin olunan müvafiq qu-yuya qədər olan məsafədir.

(208) düsturunda məlum qiymətləri nəzərə alsaq:

$$\begin{aligned} S_A &= 25,0 - \\ &- \sqrt{25,0^2 - 0,732 \cdot \frac{5 \cdot 280}{6,0} \left(\lg 1000 - \frac{1}{5} \lg 150 \cdot 120 \cdot 100 \cdot 75 \cdot 80 \right)} = \\ &= 25,0 - 21,37 = 3,63m \end{aligned}$$

«Böyük quyu» və «Radial axın» üsulları ilə dağ qazmaları sisteminə su axınının hesablanması

Məsələ 8. Yataq çatlarının ölçüsü bir neçə mm -dən 30-50 sm-ə qədər olan karstlaşmış əhəngdaşlarından təşkil tapmışdır. Tektonik pozulma zonalarında çatların ölçüsü maksimum qeyd olunur. Karst proseslərinin inkişafı nəticəsində əhəngdaşı massivinin ayrı-ayrı sahələrində iri kanallar, boşluqlar əmələ gəlmişdir ki, onların da içərisi qumlu-gilli materiallarla dolmuşdur. Əhəngdaşları sərbəst səthə malik sulu horizontu təşkil edir. Axtarış-kəşfiyyat işləri nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, 80 m-dən böyük dərinlikdə əhəngdaşları nisbətən zəif sukeçiriciliyə malikdir.

Dağ qazması sisteminə su axınını təyin etməli.

Həlli: 1. S.V.Troyanski tərəfindən təklif edilmiş «Böyük quyu üsulu» ilə dağ qazması sisteminə su axımını təyin etmək üçün (170) düsturundan istifadə edilir:

$$Q = \pi k \frac{(2H_e - S_q)S_q}{\ln R - \ln r_q} = 1,366k \frac{(2H_e - S_q)S_q}{\lg R - \lg r_q}, \quad (170)$$

burada: S – «böyük quyu»da aşağı düşən səviyyənin orta qiyməti, m; r – «böyük quyu»nun radiusudur, m.

A şaxtasından suçəkmə zamanı dağ qazmasına axan suyun miqdarını təyin edək. Bu şaxtadan suçəkmə zamanı qiyməti 96,0 m olan, su səviyyəsinin 29,0 m enməsinə uyğun gələn hidroizogipsin vəziyyətinə görə ən kiçik diametri təyin olunan depressiya qıfı yaranmışdır. Xəritə üzrə bu hidroizogipslə hüdudlanan sahə 17600 m² olub, radiusu 75 m olan dairəyə uyğun gəlir. Quyulardan təcrübi suçəkmə ilə təyin olunmuş orta süzülmə əmsalı 0,00015 m/san-dır. Sulu kompleksin qalınlığı 95,0 + 29,0 – 80,0 = 45,0 m təşkil edir.

Təsir radiusunu $R=1000$ m qəbul edərək, (170) düsturuna görə alarıq:

$$Q = \frac{1,366 \cdot 0,00015 \cdot (2 \cdot 45,0 - 29,0) \cdot 29,0}{\lg 1000 - \lg 75} = 1160 \frac{m^3}{saat}$$

Müşahidələrə görə, A şaxtasına axıb gələn suyun miqdarı 1120 m³/saat təşkil edir ki, bu da hesabi qiymətlə faktiki qiymətin təxminən uyğun gəldiyini göstərir.

İndi A və B şaxtalarından eyni zamanda suçəkmə zamanı dağ qazmasına axan suyun miqdarını təyin edək. «Böyük quyu»nun konturu üzrə statik səviyyəyə nisbətən aşağı enən səviyyə 30 m təşkil etmişdir ki, bu

halda da hidroizogips xəritəsinə görə «böyük quyuyun» diametri 400 m hesablanmışdır. (170) düsturuna görə :

$$Q = \frac{1,366 \cdot 0,00015 \cdot (2 \cdot 45,0 - 30,0) \cdot 30,0}{\lg 1000 - \lg 200} = 1900 \frac{m^3}{saat}$$

Şaxtaya faktiki olaraq axan suyun miqdarı isə 1870 m³/saat təşkil edir ki, bu da hesabi qiymətlə faktiki qiymətin təxminən uyğun gəldiyini göstərir.

İndi isə A, B, V şaxtalarından eyni zamanda suçəkmə zamanı zəruri olan analoji hesablamaları aparaq: səviyyənin enmə hündürlüyü 30,0 m ; «böyük quyuyun» diametri 720 m olduqda:

$$Q = \frac{1,366 \cdot 0,00015 \cdot (2 \cdot 45,0 - 30,0) \cdot 30,0}{\lg 1000 - \lg 360} = 2992 \frac{m^3}{saat}$$

Dağ qazmasına suçəkmə zamanı eyni zamanda axan suyun faktiki miqdarı:

A şaxtasına – 1550 m³/saat

B şaxtasına – 1200 m³/saat

V şaxtasına – 150 m³/saat

Cəmi : 2900 m³/saat

Bu halda da faktiki və hesabi sərflər bir-birinə uyğun gəlir.

2. Radial axın üçün Q.N.Kamenski düsturu (36) ilə A, B, V şaxtalarından eyni zamanda suçəkmə zamanı dağ qazmasına axan suyun miqdarını təyin edək:

$$Q = k \frac{B_2 - B_1}{\ln B_2 - \ln B_1} \cdot \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L_{1-2}}, \quad (36)$$

burada: B_1 və B_2 – radial axının, uyğun olaraq, yuxarı və aşağı kəsirlərində eni, m ; h_1 və h_2 – yeraltı su səviyyəsinin, uyğun olaraq, yuxarı və aşağı kəsirlərdə hündürlüyü, m; L_{1-2} – hesabi kəsirlər arasındakı məsafədir, m (şəkil 59a).

Aşağı kəsim kimi «böyük quyu»nu əhatə edən hidroizogipsin, yuxarı kəsim kimi «böyük quyu»nun hüdu-
dundan kifayət qədər məsafədə yerləşən, radial axının ixtiyari hidroizogipsinin kiçik bir hissəsi qəbul edilir.

Hidroizogipslərin formasına görə üç şaxtadan su-
çəkmə zamanı əmələ gələn depressiya qıfını 59b sayılı
şəklə uyğun olaraq, dörd sahəyə ayırmaq.

Sahə 1. «Böyük quyu»nun sərhədi kimi 95 m qiymətə malik hidroizogipsi qəbul edək. Bu hidroizogips üzrə axının eni $B_2=200$ m, çayın yaxınlığında axının eni $B_1=900$ m-dir. Çaydan 95,0 m qiymətə malik hidroizogipsə qədər olan məsafə $L_{1-2}=550$ m-dir. Çayda suyun səviyyəsi 120,0 m mütləq qiymətə malikdir; fəal zonanın aşağı sərhədi 80,0 m mütləq qiymətlə xarakterizə olunur. Uyğun olaraq, $h_1=120,0-80,0=40,0$ m-dir. Aşağı kəsində: $h_2 = 95,0 - 80,0 = 15,0$ m.

(36) düsturunda yuxarıda göstərilən məlum qiymətləri nəzərə alsaq:

$$Q_1 = \frac{0,00015 \cdot (900,0 - 200,0)}{2,3 \cdot (\lg 900,0 - \lg 200,0)} \cdot \frac{40,0^2 - 15,0^2}{2 \cdot 550,0} = 0,087 \text{ m}^3/\text{san}$$

Sahə 2. Bu sahə üçün 120 m qiymətli hidroizogips üzrə: $B_1=1650$ m; 95 m qiymətli hidroizogips üzrə: $B_2=550$ m; $L_{1-2}=550$ m; $h_1=120,0 - 80,0 = 40,0$ m; $h_2 = 95,0 - 80,0 = 15,0$ m-dir.

Beləliklə:

$$Q_2 = \frac{0,00015 \cdot (1650,0 - 550,0)}{2,3 \cdot (\lg 1650,0 - \lg 550,0)} \cdot \frac{40,0^2 - 15,0^2}{2 \cdot 550,0} = 0,188 \text{ m}^3/\text{san}$$

Sahə 3. Burada yuxarı kəsim kimi 115 m qiymətli, aşağı kəsim kimi isə yenə də 95 m qiymətli hidroizogips qəbul edilir: $B_1=800,0$ m ; $B_2=200,0$ m ; $L_{1,2}=200,0$ m ; $h_1=115,0 - 80,0 = 35,0$ m ; $h_2 = 95,0 - 80,0 = 15,0$ m .

Beləliklə:

$$Q_3 = \frac{0,00015 \cdot (800,0 - 200,0)}{2,3 \cdot (\lg 800,0 - \lg 200,0)} \cdot \frac{35,0^2 - 15,0^2}{2 \cdot 200,0} = 0,163 \text{ m}^3/\text{san}$$

Sahə 4. 115 m qiymətli hidroizogips üzrə:

$B_1=1100,0$ m ;

95 m qiymətli hidroizogips üzrə:

$B_2=550,0$ m ; $L_{1,2}=250$ m ;

$h_1=115,0 - 80,0 = 35,0$ m ;

$h_2 = 95,0 - 80,0 = 15,0$ m .

Beləliklə:

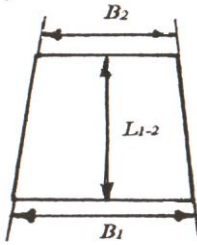
$$Q_3 = \frac{0,00015 \cdot (1100,0 - 550,0)}{2,3 \cdot (\lg 1100,0 - \lg 550,0)} \cdot \frac{35,0^2 - 15,0^2}{2 \cdot 250,0} = 0,238 \text{ m}^3/\text{san}$$

Üç şaxtanın dağ qazmasına axan suyun miqdarı:

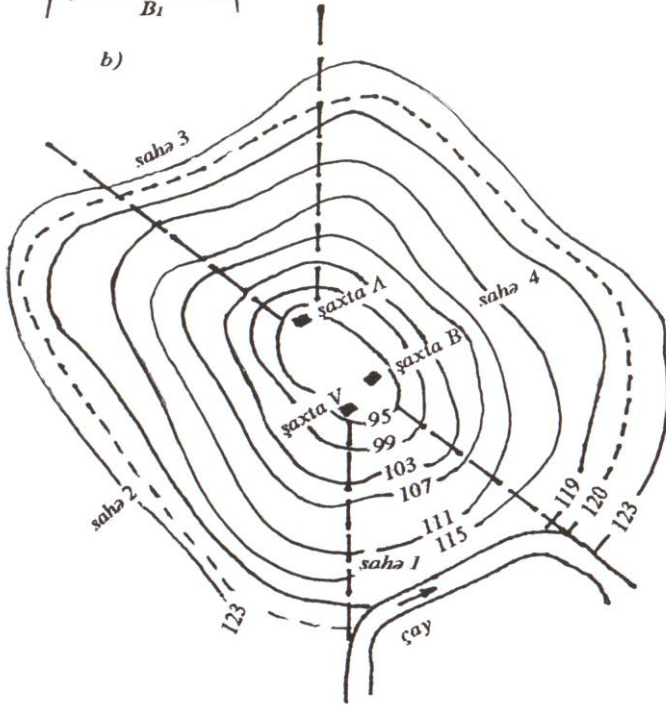
$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0,087 + 0,188 + 0,163 + 0,238 = 0,676 \text{ m}^3/\text{san}$$

Bu müddətdə şaxtalara faktiki su sərfi $0,670 \text{ m}^3/\text{san}$ təşkil etmişdir. Beləliklə, «radial axın üsulu» ilə hesablama da dəqiq nəticə verir.

a)



b)



Şəkil 59. «Radial axın» üsulu ilə dağ qazmaları sistemində su axınının hesablanmasına dair sxem

Doqquzuncu fəsil

HİDROGEOLOJİ PARAMETRLƏRİN HESABLANMASI

Hidrogeoloji parametrlərin hesablanması «Yeraltı suların dinamikası»nın mühüm məsələlərindən biridir. *Sulu horizontun hidrogeoloji parametrləri dedikdə, sulu mühitin süxurlarının quyululuğu və sukeçiriciliyi ilə şərtlənən tutum və süzülmə keyfiyyətini xarakterizə edən kəmiyyətlər nəzərdə tutulur.* Bu parametrlər su təchizatı, suvarma və qurutma, mineral suların istismarı, dağ-filiz müəssisələrinin layihələndirilməsi və istismarı, neft istehsalı, hidrotexniki və digər tikintilərlə bağlı məsələlərin həlli zamanı aparılan hidrogeoloji hesablamalar üçün əsas hesab olunur. Bu kəmiyyətlər çöl təcrübi süzülmə işlərinin (suçəkmə, suvurma, təzyiqlə suvurma və s.) aparılması nəticəsində alınə bilər. Quyulardan suçəkmə və onlarda su səviyyəsinin bərpası üzərində aparılan müşahidələr öz tətbiqini daha çox tapır. Parametrlərin hesablanması üçün yeraltı suların sugötürücü qurğulara əsas hərəkət tənliklərindən istifadə olunur, yəni əksinə məsələlər həll olunur: parametrlər suçəkməyə qarşı reaksiyaya görə təyin olunur.

Suçəkmə zamanı quyuların ətrafında bir sıra amillərlə şərtlənən depressiya qıfı yaranır. Kvaziqərarlaşmış süzülmənin başlanğıcında depressiya qıfının ölçüləri sulu süxurların litoloji tərkibindən, onların hidravlik xüsusiyyətlərindən və suçəkmənin davam etmə müddətindən asılıdır. N.N.Bindeman və L.S.Yazvinə (1970) görə, suçəkmənin 1-2 sutka davam etməsi zamanı depressiya qıfının radiusu təzyiqsiz horizontlarda 20-100 m, təzyiqli horizontlarda isə 200-1500 m intervalında dəyişir. Suçəkmə uzun müddət davam edərsə, depressiya qıfının

ölçüləri çox böyük qiymətə malik olur və onun formalaşmasına altdakı və üstdəki horizontlardan su axımı, o cümlədən planda sulu horizontların sərhədləri təsir göstərir.

Suçəkmə aparılan quyularda (qrunt və təzyiqli su quyularında) suçəkmə zamanı səviyyənin dəyişməsi heç də az müşahidə olunmur və bəzən kifayət qədər böyük qiymət alır. Təzyiqsiz quyularda «hidravlik sıçrayış» və skin-effekt (azalmış effekt) müşahidə olunur. Müşahidə quyularında bu hala təsadüf edilmir, ona görə suçəkmə məlumatlarının işlənməsi zamanı müşahidə quyularından alınmış nəticələrə üstünlük vermək lazımdır.

Sulu horizontların əsas hidrogeoloji parametrlərinə: süzülmə əmsali (k), sukeçiricilik (T), təzyiqkeçiricilik (a^*) və ya səviyyəkeçiricilik (a), o cümlədən quyunun daxili süzülmə müqaviməti (ξ_q), gətirilmiş təsir radiusu (R_q) və s. aiddir.

9.1. Qərarlaşmış hərəkətdə hidrogeoloji parametrlərin təyini

Suçəkmə prosesində sərf və aşağı düşən səviyyə haqqında məlumatları əldə edərək, Düpi (164) və (170) düsturlarını k - ya görə həll etməklə, süzülmə əmsalını hesablamaq olar.

Artezian quyuları (şək. 60):

– mərkəzi quyu üçün:

$$k = 0,366Q \frac{R_q}{mS_q} \lg \frac{R_q}{r_q}, \quad (231)$$

– mərkəzi və müşahidə quyusu üçün:

$$k = 0,366Q \frac{\lg \frac{r_1}{r_q}}{m(S_q - S_1)} , \quad (232)$$

– iki müşahidə quyusu üçün:

$$k = 0,366Q \frac{\lg \frac{r_n}{r_{n-1}}}{m(S_{n-1} - S_n)} , \quad (233)$$

Qrunt suyu quyuları (şək. 61):

– mərkəzi quyusu üçün:

$$k = 0,732Q \frac{\lg \frac{R_q}{r_q}}{(2H_e - S_q)S_q} , \quad (234)$$

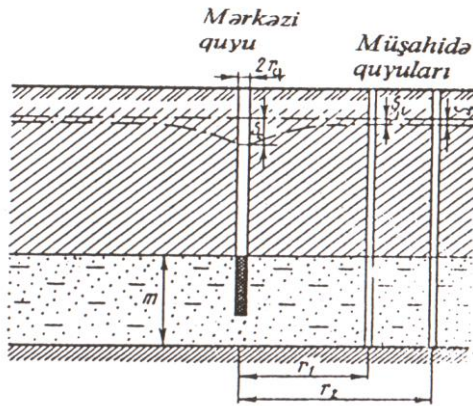
– müşahidə quyusu üçün:

$$k = 0,732Q \frac{\lg \frac{r_1}{r_q}}{(2H_e - S_q - S_1)(S_q - S_1)} , \quad (235)$$

– iki müşahidə quyusu üçün:

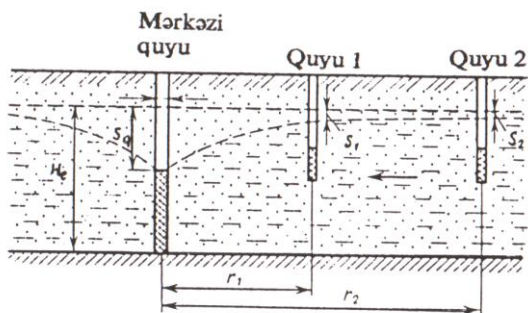
$$k = 0,732Q \frac{\lg \frac{r_n}{r_{n-1}}}{(2H_e - S_{n-1} - S_n)(S_{n-1} - S_n)} , \quad (236)$$

burada: Q və r_q – mərkəzi quyunun, uyğun olaraq, sərfi və radiusu; r_1 , r_{n-1} , r_n – mərkəzi quyudan, uyğun olaraq, birinci, $n-1$ və n -ci müşahidə quyularına qədər olan məsafə; H_e – sulu horizontun qalınlığı; S_q , S_1 , S_{n-1} , S_n – uyğun olaraq, mərkəzi, birinci, $n-1$ və n -ci müşahidə quyularında səviyyənin enmə hündürlüyüdür.



Şəkil 60. Artezian quyusundan suçəkmə zamanı hidrogeoloji parametrlərin təyininə aid sxem:

r_q – mərkəzi quyunun radiusu; r_1 və r_2 – mərkəzi quyunun oxundan, uyğun olaraq, birinci və ikinci müşahidə quyularına qədər olan məsafə; S_q , S_1 və S_2 – uyğun olaraq, mərkəzi, o cümlədən birinci və ikinci müşahidə quyularında səviyyənin enmə hündürlüyü; m – sulu horizontun qalınlığı.



Şəkil 61. Qrunt suyu quyusundan suçəkmə zamanı hidrogeoloji parametrlərin təyininə aid sxem.

Əgər natamam quyulardan suçəkmə aparılırsa, onda düsturlara N.N.Verigin tərəfindən alınmış *quyuların natamamlığına düzəliş əmsalı* daxil edilir.

Artezian quyuları:

– mərkəzi quyu üçün:

$$k = 0,366Q \frac{\lg \frac{R_q}{r_q} + 0,217\zeta_q}{mS_q}, \quad (237)$$

– mərkəzi və müşahidə quyusu üçün:

$$k = 0,366Q \frac{\lg \frac{r_1}{r_q} + 0,217(\zeta_q - \zeta_1)}{m(S_q - S_1)}, \quad (238)$$

– iki müşahidə quyusu üçün:

$$k = 0,366Q \frac{\lg \frac{r_n}{r_{n-1}} + 0,217(\zeta_{n-1} - \zeta_n)}{m(S_{n-1} - S_n)} , \quad (239)$$

Qrunt suyu quyuları (şək. 61):

– mərkəzi quyusu üçün:

$$k = 0,732Q \frac{\lg \frac{R_q}{r_q} + 0,217\zeta_q}{(2H_e - S_q)S_q} , \quad (240)$$

– müşahidə quyusu üçün:

$$k = 0,732Q \frac{\lg \frac{r_1}{r_q} + 0,217(\zeta_q - \zeta_1)}{(2H_e - S_q - S_1)(S_q - S_1)} , \quad (241)$$

– iki müşahidə quyusu üçün:

$$k = 0,732Q \frac{\lg \frac{r_n}{r_{n-1}} + 0,217(\zeta_{n-1} - \zeta_n)}{(2H_e - S_{n-1} - S_n)(S_{n-1} - S_n)} , \quad (242)$$

burada: ζ_q , ζ_1 , ζ_{n-1} , ζ_n – uyğun olaraq, mərkəzi, o cümlədən birinci, $n-1$ və n -ci müşahidə quyularının natamamlığını nəzərə alan daxili süzülmə müqavimətidir və qrafiklərdən təyin olunur (şək. 51, 52).

Əgər müşahidə quyuları ilə mərkəzi quyuyu arasındakı məsafə horizontun qalınlığından böyük qiymətə malikdirsə, onda müşahidə quyularının süzülmə müqavimətini nəzərə almamaq olar. İki müşahidə quyusu olduqda, artezian suları üçün mərkəzi quyunun ümumi müqavimət göstəricisi (ζ_q) aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$\zeta_q = \frac{S_q - S_1}{S_1 - S_2} \left(\ln \frac{r_2}{r_1} - \ln \frac{r_1}{r_q} \right), \quad (243)$$

Yuxarıda göstərilən düsturlarla süzülmə əmsalını (k) təyin edib, onu sulu horizontun qalınlığına vursaq, sukeçiricilik əmsalını (T) alarıq. Təzyiqli sular üçün (164) düsturunu km - ə görə həll etsək, T -ni alarıq:

$$T = km = 0,366Q \frac{\lg \frac{R_g}{r_q}}{S_q}, \quad (244)$$

İki müşahidə quyusu olduqda:

$$T = 0,366Q \frac{\lg \frac{r_2}{r_1}}{(S_1 - S_2)}, \quad (245)$$

İki müşahidə quyusu olduqda sınaq suçəkmə məlumatlarına görə götürülmüş təsir radiusu (R_g) aşağıdakı kimi təyin olunur:

– artezian suları üçün:

$$\lg R_g = \frac{S_1 \lg r_2 - S_2 \lg r_1}{S_1 - S_2} \quad , \quad (246)$$

– qrunut suları üçün:

$$\lg R_g = \frac{(2H_e - S_1)S_1 \lg r_2 - (2H_e - S_2)S_2 \lg r_1}{(2H_e - S_1 - S_2)(S_1 - S_2)} \quad , \quad (247)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, mərkəzi quyuda səviyyənin enmə hündürlüyü sulu horizontun qalınlığının 20% -i qədər olarsa, artezian suları üçün nəzərdə tutulmuş düsturlardan qrunut suları üçün də istifadə etmək olar.

9.2. Qərarlaşmamış hərəkətdə hidrogeoloji parametrlərin təyini

Planda qeyri-məhdud horizontlar üçün qərarlaşmamış hərəkətdə hidrogeoloji parametrlərin hesablanması (214), (215), (216), (217) düsturlarının köməyi ilə aparılır. Belə ki, süzülmənin aydın nəzərə çarpan qərarlaşmamış rejimində ($\frac{r^2}{4a^*t} < 0,1$ olduqda) suçəkmənin başlanğıc dövrü üçün eksponensial asılılıqlara əsaslanan (214) və (215) düsturları; kvaziqərarlaşmış süzülmə şəraitində ikinci dövr üçün loqarifmik asılılıqlara əsaslanan (216) və (217) düsturları istifadə olunur.

1. Artezian sulu horizontlarının hidrogeoloji parametrlərinin hesablanması. Artezian suları üçün *qrafoanalitik üsulda* əsas düstur (216) hesab olunur. Seçilmiş koordinatlardan asılı olaraq, məlumatların işlənilməsi

üçün üç üsul (zamana görə, sahəvi və kombinə olunmuş izlənilmə üsulları) mövcuddur.

Zamana görə izlənilmə üsulu bir quyuda səviyyənin enməsinin və ya bərpasının zaman üzrə ($S-lgt$) izlənilməsinə əsaslanır. Səviyyənin müşahidə quyularından mərkəzi quyuya qədər olan məsafədən asılı olaraq dəyişməsinin (yəni sınaq aparılan yerin sahəsi üzrə) işlənilməsi *sahəvi izlənilmə üsuluna* ($S-lgr$) əsaslanır. *Kombinə olunmuş izlənilmə üsulunda* zaman etibarilə səviyyənin dəyişməsi bir neçə müşahidə quyusu üzrə qeydə alınır [$S-lg(t/r^2)$]. Məlumatların işlənilməsinin bütün üsulları (216) düsturuna görə müxtəlif koordinat sistemlərində düz xətt tənliyi kimi özünü büruzə verir (şək. 62).

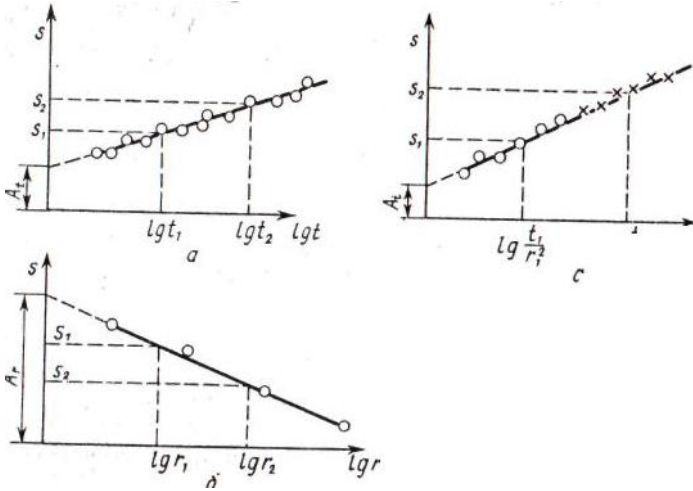
İ.Y.Jernov (1982) müxtəlif hidrogeoloji şəraitlər üçün təzyiqli sulu horizontlarda (şək. 63a) suçəkmə aparıldıqda zamana görə izlənilmə qrafiklərini nəzərdən keçirərək, onların hər birinə interpretasiya vermişdir.

I əyri planda qeyri-məhdud olan təzyiqli horizont üçün $S=f(lgt)$ asılılığını xarakterizə edir. Bu əyrinin birinci hissəsi (*I'*) Teys tərəfindən verilən (214) tənliyinə görə eksponensial asılılığa uyğundur, onun ikinci hissəsi (*II'*) kvaziqərarlaşmış süzülmə üçün xarakter olan loqarifmik asılıqla xarakterizə olunur.

II əyri qidalanan horizontda sabit təzyiqdə axıb tökülmə şəraitində olan suçəkməyə və ya daimi təzyiqli məhdud konturlu horizontdan suçəkməyə uyğun gəlir. Zaman keçdikcə təzyiqin azalması prosesi dayanır və süzülmə qərarlaşmış xarakter alır. *III* əyri də *II* əyri kimi, axıb tökülmə şəraitində, lakin qidalanan horizontda təzyiqin enməsi ilə olan suçəkməyə uyğun gəlir ki, bunu da həmin horizontda təzyiqin enməsi təsdiq edir (*IV* əyri). *V* əyrinin düzxətli sahəsi zəif sukeçirici ara horizontlardan suyun sıxışdırılması nəticəsində əlavə qidalanma alan təzyiqli horizontu xarakterizə edir. *IV* əyri

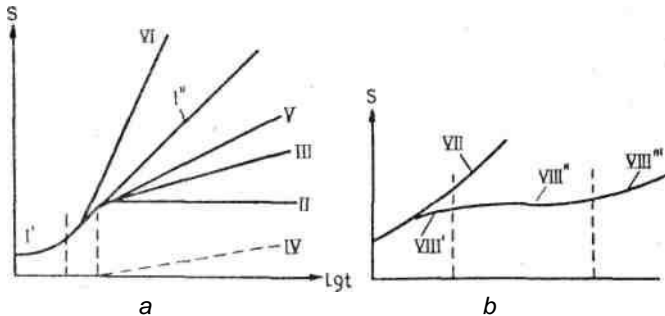
qeyri-keçirici sərhədli yarımməhdud təzyiqli horizonta uyğun gəlir.

Belə interpretasiyalar sahəvi və kombinə olunmuş izlənmə qrafiklərinə də şamil edilməlidir.



Şəkil 62 . Kvaziqərarlaşmış süzülmədə izlənmə qrafikləri:

a - zamana görə izlənmə; b - sahəvi izlənmə; c - kombinə olunmuş izlənmə.



Şəkil 63. Müxtəlif hidrogeoloji şəraitlərdə suçəkmədə zamana görə izlənmə qrafikləri:

a) təzyiqli horizont; b) təzyiqsiz horizont.

Hidrogeoloji parametrlərin hesablanması üçün düsturlar aşağıda verilmişdir.

Zamana görə izlənilmə üsulu

$$S = f(\lg t)$$

$$S = \frac{0,183Q}{km} \left[(\lg(2,25a^* / r_q^2) + \lg t) \right]$$

$$B_t = (S_2 - S_1) / (\lg t_2 - \lg t_1)$$

$$T = km = 0,183Q / B_t$$

$$k = T / m = 0,183Q / mB_t$$

$$\lg a^* = 2 \lg r - 0,35 + \frac{A_t}{B_t}$$

$$R_g = 1,5\sqrt{a^*t}$$

Sahəvi izlənilmə üsulu

$$S = f(\lg r)$$

$$S = \frac{0,183Q}{km} \left[\frac{1}{2} \lg 2,25a^*t - \lg r \right]$$

$$B_r = (S_2 - S_1) / (\lg r_2 - \lg r_1)$$

$$T = km = 0,366Q / B_r$$

$$k = T / m = 0,183Q / mB_r$$

$$\lg a^* = \frac{2A_r}{B_r} - 0,35 - \lg t$$

$$R_g = 1,5\sqrt{a^*t}$$

Kombinə olunmuş izlənilmə üsulu

$$S = f[\lg(t/r^2)]$$

$$S = \frac{0,183Q}{km} \left[\lg 2,25a^* + \lg \frac{t}{r^2} \right]$$

$$B_k = (S_2 - S_1) / \lg(t/r^2)_2 - \lg(t/r^2)_1$$

$$T = km = 0,366Q / B_k$$

$$k = T / m = 0,183Q / mB_k$$

$$\lg a^* = \frac{A_k}{B_k} - 0,35$$

$$R_g = 1,5\sqrt{a^*t}$$

burada: t – suçəkmənin davamətmə müddəti; r – baxılan quyudan mərkəzi quyuya qədər olan məsafə; Q və r_q – mərkəzi quyunun, uyğun olaraq, sərfi və radiusu; B_t , B_r və B_k – uyğun olaraq, zamana görə, sahəvi və kombinə olunmuş izlənilmə üsulları üçün bucaq əmsalları; A_t , A_r və A_k – uyğun olaraq, zamana görə, sahəvi və kombinə olunmuş izlənilmə üsulları üçün (şəx. 62) ordinat oxunda düz xətlə kəsilən parçalardır.

Sukeçiricilik (T) və təzyiqlikeçiricilik (a^*) əmsallarını təyin etməklə, horizontun elastik suvericilik əmsalını (μ_e) hesablamaq olar:

$$\mu_e = T / a^*, \quad (248)$$

Horizontun *elastik suvericilik əmsalı* (μ_e) təzyiqli horizontun vahid sahəsindən pyezometrik təzyiğin 1 m enməsi zamanı alına bilən suyun miqdarını xarakterizə edir.

Bir quyuda sınaq məlumatlarının işlənməsi zamanı zamana görə izlənmə üsulundan istifadə edilir. Əgər quyuların sayı üçdən çoxdursa, onda məlumatların işlənməsi bütün üsullarla aparıla bilər.

Göstərilən düsturlar üzrə hidrogeoloji parametrlərin hesablanması aşağıdakı qaydada aparılır. İstənilən üsul üçün 62 sayılı şəkildə göstərilən qrafikdən biri qurulur, qrafik düz xətt formasında təsvir edilir. Həmin qrafikdə düz xətt üzərində iki ixtiyari nöqtə götürülür, absiss və ordinat oxlarında proyeksiyaları alınır ki, bunun da əsasında B bucaq əmsalı təyin olunur. Sonra müvafiq düsturlarla sukeçiricilik əmsalı (T) hesablanır ki, onu da sulu horizontun qalınlığına (m) bölüb, süzülmə əmsalını (k) alırıq. Daha sonra qrafikdən A -nın qiyməti ölçülüb götürülür. A -nı təyin etməklə təzyiqli keçiricilik əmsalını (a^*) tapmaq olar. Təzyiqli keçiricilik əmsalının (a^*) təyininəndən sonra gətirilmiş radius (R_g) hesablanır. Göstərilən üsulla hesablamada suçəkmənin sərfinin daimiliyi vacib şərtidir.

Əgər suçəkmə natamam quyulardan aparılırsa, parametrlərin hesablanması metodikası dəyişmir. Təzyiqli keçiricilik əmsalının (a^*) hesablanması üçün düstur bir qədər dəyişilir. Həmin düstura $-0,434\zeta$ əlavə edilir:

$$\lg a^* = 2 \lg r_q - 0,35 + \frac{A_r}{B_r} - 0,434\zeta \quad , \quad (249)$$

burada: ζ – quyuların natamamlığını nəzərə alan əmsal olub, (51) və (52) şəkillərində göstərilən qrafiklərdən tapılır.

Müşahidə quyuları üçün ζ -nin qiyməti çox kiçik olduğundan onu nəzərə almamaq olar.

Bəzən suçəkmə prosesində səviyyənin stabilləşməsinin həqiqətən baş verdiyi və yaxud onun fərz edildiyi məsələsi sual altında qalır. Bu məsələnin aydınlaşdırılması

üçün Düpi (164) düsturunu S -ə görə həll etmək lazımdır:

$$S = 0,366 \frac{Q}{km} \lg \frac{R_g}{r_q}, \quad (250)$$

Əgər enmənin hesablanmış qiyməti suçəkmə zamanı müşahidə olunan qiymətindən çoxdursa, onda səviyyənin stabilləşməsi həqiqətdir, ona bərabər və ya ondan azdırsa, stabilləşmə fərz ediləndir.

2. Qrunt suyu horizontlarının hidrogeoloji parametrlərinin hesablanması. Qrunt suyu horizontunun qalınlığı suçəkmə zamanı dəyişən kəmiyyətdir. Lakin suçəkmənin sonuna səviyyənin enmə hündürlüyü grunt suyu horizontunun ilkin qalınlığının 20%-dən artıq deyildirsə, onda təcrübədə qəbul edilən buraxılan bilən xəta ilə artezian suları üçün nəzərdə tutulan dusturlarla hidrogeoloji parametrləri hesablamaq olar. Əgər bu şərt ödənmirsə, onda grunt suları üçün artezian sularına analoji qrafiklər qurulur, lakin absiss oxunda S əvəzinə $(2H_e - S)S$ qeyd olunur.

Qrunt suları üçün səviyyənin dəyişmə qanunauyğunluğu sadə və mürəkkəb şəraitlərlə xarakterizə olunur. Sadə şəraiti kəsilişdə izole olunmuş və planda qeyri-məhdud horizontdan enmənin kiçik qiymətində (sulu horizontun ilkin qalınlığının 20% -i qədər) suçəkməni xarakterizə edən VII əyri əks etdirir. VII əyri – kvazi-qərarlaşmış süzülmədə loqarifmik asılılıqdır. Mürəkkəb şəraitlər üçün enmənin böyük qiymətində suvericiliyin uzadılmış prosesi ilə (Bolton effekti) VIII qrafik xarakterdir. Qrafikin birinci sahəsi VIII' elastik suvericilikdə Teys tənliyinə uyğun gəlir, ikinci sahə VIII'' səviyyənin enmə tempinin birdən azalması ilə xarakterizə olunur

ki, bundan sonra da loqarifmik asılılıqla (VIII") kvazi-qərarlaşmış süzülmə başlayır.

İzlənilmə üsulları ilə hidrogeoloji parametrlərin hesablanması üçün düsturlar aşağıda verilir.

Zamana görə izlənilmə üsulu

$$(2H_e - S)S = f(\lg t)$$

$$B_t = \frac{(2H_e - S_2)S_2 - (2H_e - S_1)S_1}{\lg t_2 - \lg t_1}$$

$$k = 0,366Q / B_t$$

$$\lg a = 2 \lg r - 0,35 + A_t / B_t$$

$$R_g = 1,5\sqrt{at}$$

Sahəvi izlənilmə üsulu

$$(2H_e - S)S = f(\lg r)$$

$$B_r = \frac{(2H_e - S_1)S_1 - (2H_e - S_2)S_2}{\lg r_2 - \lg r_1}$$

$$k = 0,366Q / B_r$$

$$\lg a = 2A_r / B_r - 0,35 - \lg t$$

$$R_g = 1,5\sqrt{at}$$

Kombinə olunmuş izlənilmə üsulu

$$(2H_e - S)S = f \left[\lg \left(\frac{t}{r^2} \right) \right]$$
$$B_k = \frac{(2H_e - S_2)S_2 - (2H_e - S_1)S_1}{\lg(t/r^2)_2 - \lg(t/r^2)_1}$$
$$k = 0,366Q / B_k$$
$$\lg a = A / B_k - 0,35$$
$$R_g = 1,5\sqrt{at}$$

Qrunt suları üçün parametrlərin hesablanması ge-
dişi artezian suları üçün olan hesablamalarla analogidir.
Süzülmə əmsalını (k), səviyyəkeçiricilik əmsalını (a) və
horizontun orta qalınlığını (H_e) bilməklə, qruntun suve-
riciliyini (μ) hesablamaq olar:

$$\mu = \frac{kH_e}{a} \quad , \quad (251)$$

Əgər həyəcanlandırılan (suçəkmə aparılan) quyu
natamamdırsa, hesablama metodikası əvvəlki kimidir.
Yalnız səviyyəkeçiricilik əmsalını (a) təyin etmək üçün
tənliyə $-0,434\zeta$ əlavə edilir. Beləliklə, kombinə olunmuş
izlənilmə üçün həmin düstur aşağıdakı kimi yazılır:

$$\lg a = \frac{A_k}{B_k} - 0,35 - 0,434\zeta \quad , \quad (252)$$

burada: ζ – quyunun natamamlığını nəzərə alan hidrav-
lik müqavimətdir və artezian suları üçün olan qrafik-
lərdən təyin olunur. ζ – nin qiyməti müşahidə quyuları
üçün cüzdür və onu nəzərə almamaq olar.

9.3. Rejim-müşahidə məlumatlarına görə hidrogeoloji parametrlərin təyini

Rejim-müşahidə məlumatlarını bilməklə, hidrogeoloji parametrlərin hesablanması məsələsini həll etmək olar. Belə məsələlər düz məsələlərdən fərqli olaraq, «əksinə» məsələlər adlanır və onların həlli zamanı yeraltı su axınının təzyiqi və sərfi təyin olunur. Təbii şəraitin mürəkkəbliyindən asılı olaraq, əksinə məsələlər analitik asılılıqların köməyi ilə (sadə hidrogeoloji şərait üçün) və kənar hədlər tənlikləri ilə (daha mürəkkəb hidrogeoloji şərait üçün) həll olunur. Əgər hidrogeoloji şərait çox mürəkkəb olarsa, onda məsələlərin həlli modelləşdirmə üsulları ilə aparılır.

Rejim-müşahidə məlumatlarını bilməklə, aşağıdakı hidrogeoloji parametrlərin hesablanmasını nəzərdən keçirək.

Horizontal əsaslı eynicinsli horizontda yarım-məhdud axında səviyyəkeçiricilik əmsalının (a) təyini üçün (123) tənliyindən istifadə olunur. Həmin tənliyi $\Phi(\lambda)$ -ya görə həll etsək:

$$\Phi(\lambda) = \frac{1 - (y_x^2 - h_x^2)}{y_1^2 - h_1^2}, \quad (253)$$

burada: h_1 və y_1 – birinci müşahidə quyusunda uyğun olaraq, müşahidənin başlanğıcında və sonunda sulu horizontun qalınlığı; h_x və y_x – birinci müşahidə quyusundan x məsafədə yerləşən ikinci müşahidə quyusunda, uyğun olaraq, müşahidənin başlanğıcında və sonunda sulu horizontun qalınlığıdır.

Müşahidə quyuları çayın və ya su anbarının sahilinə perpendikulyar olan xətt üzrə yerləşdirilir. Quyuların sıra sayı çaydan (su anbarından) başlayaraq qeyd olunur.

$\Phi(\lambda)$ funksiyasını taparaq, 32 sayılı şəkildə göstərilən qrafikə görə ölçüsüz λ arqumenti təyin edilir. (125) düsturundan istifadə edərək, səviyyəkeçiricilik əmsalının (a) qiyməti hesablanır:

$$a = \frac{x^2}{4\lambda^2 t} \quad , \quad (254)$$

burada: x – birinci və ikinci müşahidə quyuları arasındakı məsafə; λ – ölçüsüz arqument; t – müşahidə quyularında müşahidənin başlanğıc və son anları arasındakı zamandır.

Səviyyəkeçiricilik əmsalının (a) qiymətini bilməklə (251) düsturuna görə suvericilik əmsalı (μ) təyin olunur. Üç rejim quyusunda səviyyənin dəyişməsinə aid məlumatları əldə etməklə, $\frac{W}{k}$ nisbətini və müşahidə dövrünün istənilən anı üçün infiltrasiyanın (W) miqdarını təyin etmək olar. Bu məqsədlə aşağıdakı düsturlardan istifadə olunur:

$$\frac{W}{k} = \frac{h_3^2 - h_1^2}{(L_{1-2} - x)x} + \frac{h_1^2 - h_2^2}{(L_{1-2} - x)L_{1-2}} \quad , \quad (255)$$

$$W = k \left[\frac{h_3^2 - h_1^2}{(L_{1-2} - x)x} + \frac{h_1^2 - h_2^2}{(L_{1-2} - x)L_{1-2}} \right] \quad , \quad (256)$$

burada: h_3 – birinci və ikinci quyular arasında yerləşən üçüncü quyuda sulu horizontun qalınlığıdır.

Rejim-müşahidə məlumatlarına görə infiltrasiyanın hesablanması qrunut sularının birölçülü axını üçün Q.N.Ka-

menskinin «Kənar hədlər fərqi üsulu» ilə də aparıla bilər.

9.4. Çatlı və karstlaşmış süxurlarda hidrogeoloji parametrlərin təyini

Çatlı və karstlaşmış süxurlarda hidrogeoloji parametrlərin hesablanması «Yeraltı suların dinamikası»nın mürəkkəb və kifayət qədər öyrənilməmiş sahələrindən biridir. Belə süxurlar üçün böyük qeyri-bircinslilik, süzülmə və tutum keyfiyyətinin anizotropiyası xarakterdir.

Karstlaşmış və çatlı süxurlarda boşluqların müxtəlif tiplərinin qeydiyyatı Q.İ.Barenblatt və Y.P.Jeltov (1960) tərəfindən aparılmışdır. Onlar elmə «ikiqat məsələli mühit» anlayışını daxil etmişlər. Qeyri-bircinsli çatlı və karstlaşmış süxurlar bir-birinin üzərində yerləşən iki sukeçirici mühitdən ibarət heterogen struktur şəklində fərz edilir. Yeraltı suların hərəkəti iki mühitdə baş verir: çatlarda, kanallarda, kifayət keçiriciliyə malik zonada (*mühit 1*, şək.64) və zəif sukeçirici süxurlar blokunda (*mühit 2*). İ.Y.Jernova görə (1982) heterogen-laylı (şək. 64a) və heterogen-bloklı (şək.64b) strukturlar ayrılır.

İkiqat məsələli süxurlarda mayenin hərəkət mexanizmi aşağıdakı kimidir. Suçəkmə zamanı *mühit 1*-də onun (mühitin) yüksək sukeçiriciliyi hesabına təzyiğin kifayət qədər dəyişməsi baş verir. *Mühit 2*-də onun (mühitin) zəif sukeçiriciliyi hesabına təzyiqlik ilkin vəziyyətini uzun müddət saxlayır. Nəticədə *mühit 1* və *2*-də yerləşən yeraltı suların təzyiqləri arasında sıçrayış yaranır. Bu sıçrayış suçəkmənin əvvəlində baş verir. Zaman keçdikcə suyun *mühit 2*-dən *mühit 1*-ə axımı və təzyiqlərin yenidən paylanması müşahidə olunur. Son halda mühitlərdə təzyiqlər arasındakı sıçrayış ləğv olunur.

Mühit 1 və *2*-dəki keçiriciliklər arasındakı fərq nə qədər böyük olarsa, ləğv prosesi bir o qədər uzun müddət davam edir.

İkifat məsaməli süxurlar üçün zamana görə izlənilmə qrafikini nəzərdən keçirək (şək. 64 c). Birinci sahə *mühit 1*-dən suçəkmə aparılan quyuya suyun daxil olması zamanı suçəkmə müddətinə uyğun gələn iti *I'* qoluna malikdir. Bəzən suçəkmənin əvvəlində səviyyənin birdən sıçrayışı baş verir və bu halda *I'* qolu müşahidə olunmur. Sonra dairəvi qol *I'* hamarlaşaraq (*I qol*) bəzən düz xəttə keçir. Bu, suyun *mühit 2*-dən *mühit 1*-ə axıb gəlməsi ilə izah olunur. Proses bir neçə dəqiqədən on sutkalara qədər davam edə bilər. Təzyiqin bərabərləşməsi ilə *mühit 1* və *2*-də qrafikdə əyrinin dikliyi artır (*II* sahə). Bu sahə adətən düzxətli olub, mühitlərdəki təzyiqlər arasında sıçrayışın ləğvi dövrünə cavab verir və qrafikdə adi məsaməli mühitdə süzülməyə uyğun gəlir. Suçəkmənin əvvəlindən mühitlərdəki təzyiqlər arasındakı sıçrayışın ləğvinə qədər olan zaman müddəti (t_3) Q.N.Barenblatt və Y.P.Jeltova görə (1960) aşağıdakı kimi təyin olunur:

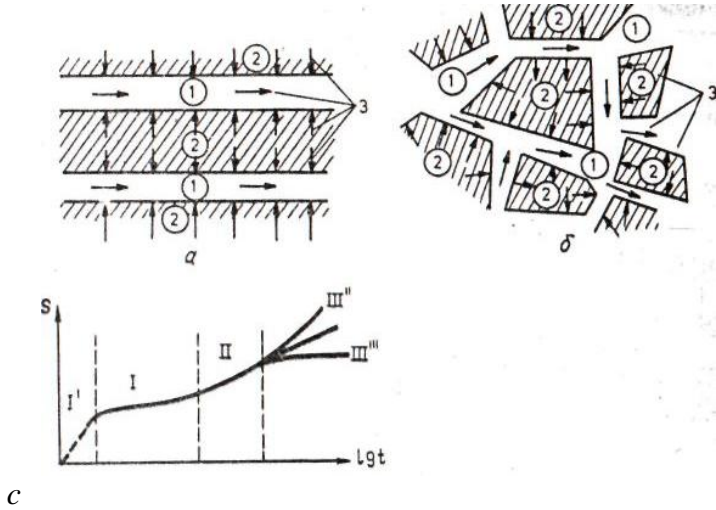
$$t_3 = \frac{k_1 l^2}{k_2 a^*} \quad , \quad (257)$$

burada: k_1 və k_2 – uyğun olaraq, *mühit 1* ilə *2* bloklarının süzülmə əmsalları; l – blokun orta ölçüsü; a^* – təzyiqlə keçiricilik əmsalındır (qrunt suları üçün səviyyə-keçiricilik əmsalı (a)).

Qrafikin *III* sahəsi *mühit 1*-n qeyri-bircinsliliyi və ya axının əyrinin sərtliyinin (dikliyinin) dəyişməsinə gətirib çıxaran yan sərhədlərinin təsiri ilə əlaqədardır. *III''* əyrisi qeyri-keçirici sərhədlərin təsiri və ya zəif sukeçirici süxurların mövcudluğu ilə, *III'''* əyrisi isə depressiya

qıfı hüdudunda olan zəif sukeçirici süxurların təsiri ilə şərtlənir. Beləliklə, qrafikdə (şək. 64 c) iki sahə (I' və II) istifadə olunur. I' sahə məlumatlarına görə mühit 1-in sukeçiriciliyi, II sahə məlumatlarına görə isə mühit 1 və 2 üçün orta hidrogeoloji parametrlər alınır.

Sınaq məlumatlarının nəticələri adi dənəli süxurlarda olduğu kimi, qrafoanalitik üsulla işlənir. B.V.Bo-revskiyə və b. görə (1979), qrafiklərin hesabi sahələrinin təhlilində daha yaxşı nəticələr kombinə olunmuş izlənilmə üsulu ilə alınır.



Şəkil 64. Süxurun heterogen strukturunun sxemi (ikiqat sukeçiriciliyə malik sistemlər):

a - heterogen-laylı; b - heterogen - bloklı; c - ikiqat məsələli süxurlarda suçəkmə zamanı izlənilmə qrafiki; 1 - ötürücü mühit; 2 - zəif sukeçirici bloklar; 3 - suçəkmə zamanı suyun hərəkət istiqaməti.

**DOQQUZUNCU FƏSİL ÜZRƏ BƏZİ
MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLİNƏ DAİR METODİK
GÖSTƏRİŞLƏR**

**Qərarlaşmış hərəkətdə hidrogeoloji
parametrlərin təyini**

Məsələ 1. Mərkəzi quyudan suçəkmə zamanı birinci və ikinci quyularda səviyyənin enməsi üzərində müşahidə məlumatlarına əsasən süzülmə- və sukeçiricilik əmsallarını təyin etməli (60 sayılı şəkllə uyğun olaraq). Quyular təzyiqli suları orta dənəli qum horizontunda açır. Sulu qum horizontunun qalınlığı 18,5 m, mərkəzi quyuda səviyyənin enmə hündürlüyü 1,85 m, quyunun sərfi 67,2 m³/sut-dır. Birinci müşahidə quyusunda səviyyənin enmə hündürlüyü 1,38 m, ikinci müşahidə quyusunda – 0,45 m; mərkəzi quyudan birinci müşahidə quyusuna qədər olan məsafə 2,0 m, ikinci müşahidə quyusuna qədər olan məsafə isə 25,0 m-dir.

Həlli: Sulu horizontun süzülmə əmsalı (233) düsturuna əsasən aşağıdakı kimi hesablanır:

$$k = 0,366Q \frac{\lg \frac{r_n}{r_{n-1}}}{m(S_{n-1} - S_n)}, \quad (233)$$

Kəmiyyətlərin məlum qiymətlərini (233) düsturunda nəzərə alsaq:

$$k = 0,366 \cdot 67,2 \cdot \frac{\lg \frac{25,0}{2,0}}{18,5 \cdot (1,85 - 1,38)} = 6,6m / sut$$

Sukeçiricilik əmsalını təyin etmək üçün (17) düsturundan istifadə edilir:

$$T = km, \quad (17)$$

$$T = 6,6 \cdot 18,5 = 122,1 \text{ m}^2/\text{sut}$$

Rejim-müşahidə məlumatlarına görə hidrogeoloji parametrlərin təyini

Məsələ 2. Çayarası massivdə süzülmə əmsalı 6 m/sut olan qumlardan təşkil tapmış horizontu açan quyu qazılmışdır. Həmin quyuda sulu horizontun qalınlığı 28,2 m, A çayı sahəsində 27,4 m, B çayı sahəsində isə 18,8 m-dir. Sukeçirməyən horizont horizontal yatıma malikdir. A çayının kəsimindən quyuya qədər olan məsafə 1242 m, çayarası massivin eni 2855 m, atmosfer çöküntülərinin illik miqdarı 550 mm-dir. Çayarası massiv üçün infiltrasiyanın miqdarını (mm/il) hesablamalı.

Həlli: İnfiltrasiyanın miqdarını hesablamaq üçün (256) düsturundan istifadə olunur:

$$W = k \left[\frac{h_3^2 - h_1^2}{(L_{1-2} - x)x} + \frac{h_1^2 - h_2^2}{(L_{1-2} - x)L_{1-2}} \right], \quad (256)$$

(256) düsturunda kəmiyyətlərin məlum qiymətlərini nəzərə alsaq:

$$W = 6,0 \cdot \left[\frac{28,2^2 - 27,4^2}{(2855 - 1242) \cdot 1242} + \frac{27,4^2 - 18,8^2}{(2855 - 1242) \cdot 2855} \right] =$$

$$= 0,00067 \text{ m / sut} = 244 \text{ mm / il}$$

Beləliklə, infiltrasiyanın miqdarı 244 mm/il təşkil edir ki, bu da: $\frac{244}{550} \cdot 100\% = 44,4\%$, yəni atmosfer çöküntülərinin illik miqdarının 44,4%-indən ibarətdir.

Su səviyyəsinin dəyişməsi üzərində müşahidə məlumatlarına görə «Kənar hədlər fərqi üsulu» ilə qrunt sularının dinamik ehtiyatının hesablanması

Qrunt sularının dinamik ehtiyatını infiltrasiyanın qiymətinin təyini üzrə məlumatlara əsasən hesablamaq olar.

Məsələ 3. Çay terrasının çaylaqdan yuxarı üçüncü sahəsində qrunt sularının dinamik ehtiyatını təyin etməli.

Sahə üstədən, sulu horizontu təşkil edən iridənəli, çaqilli qumların üzərində yatan gilli qum aralayları olan qumlarla mürəkkəbləşmişdir. Sınaq suçəkmə nəticələrinə görə təyin olunmuş süzülmə əmsalı 18,0 m/sut təşkil edir. Sukeçirməyən horizont sıx mergelli qumlardan ibarətdir. 65a sayılı şəkildə axın istiqamətində yerləşən müşahidə quyuları xətti üzrə sxematik hidrogeoloji kəsiliş verilir.

Çayda daşqın sukeçirməyən horizontun tavanına qədər qalxmadığına görə onun sulu horizontun rejiminə təsiri istisna təşkil edir. Hesablama 3 quyusu (1, 2 və 3 saylı) üzrə aparılır. Quyularda sulu horizontun orta qalınlığı, uyğun olaraq: $h_1 = 4,5 \text{ m}$; $h_2 = 7,5 \text{ m}$; $h_3 = 12,5 \text{ m}$.

Bu quyularda su səviyyəsi haqqında xarakter məlumatlar 6 saylı cədvəldə verilir.

Cədvəl 6

Müxtəlif dövrlərdə quyularda su səviyyəsi haqqında xarakter məlumatlar

Müşahidə dövrləri	Quyularda su səviyyəsinin mütləq qiyməti, m			∇t , sut
	H_1	H_2	H_3	
10/V	93,95	92,37	89,88	-
10/VI	94,06	92,65	90,17	30
10/VIII	94,14	92,73	90,07	60
20/X	94,00	92,74	90,25	70
20/XII	94,08	92,77	90,24	60
1/III	93,72	92,43	89,81	70
20/IV	93,70	92,37	89,68	50
10/V	93,96	92,38	89,88	20

65b sayılı şəkildə su səviyyəsinin dəyişməsi qrafiki, 65c – qrunut sularının dinamik ehtiyatının hesablandığı sahəni göstərən sxem verilmişdir.

Həlli: Qrunut suyu səviyyəsinin dəyişməsi qrafikinin analizi su səviyyəsinin nisbətən bərabər dəyişməsi ilə səciyyələnən bir neçə dövrü ayırmağa imkan verir; bu dövrlərdə infiltrasiyanın miqdarını (W) şərti olaraq, sabit qəbul etmək olar.

İnfiltrasiyanın miqdarını hesablamaq üçün Q.N.Kamenski tərəfindən təklif olunmuş qərarlaşmamış hərəkət düsturundan istifadə edək:

$$W = \mu \frac{H_{n,S+1} - H_{n,S}}{\nabla t} - \frac{2k}{L_{n-1,n} + L_{n,n+1}} \times \left(\frac{h_{n-1,S} + h_{n,S}}{2} \cdot \frac{H_{n-1,S} - H_{n,S}}{L_{n-1,n}} - \frac{h_{n,S} + h_{n+1,S}}{2} \cdot \frac{H_{n,S} - H_{n+1,S}}{L_{n,n+1}} \right),$$

burada: $H_{n,S+1} - \nabla t$ zaman kəsiminin son anında qrunıt suyu səviyyəsinin orta hesabı kəsimində (n kəsimində) qiyməti; $h_{n-1,S}$; $h_{n,S}$; $h_{n+1,S} - \nabla t$ zaman kəsiminin başlanğıc anında $n-1$, n , $n+1$ kəsimlərində qrunıt suyu axınının qalınlığı; $H_{n-1,S}$; $H_{n,S}$; $H_{n+1,S} - \nabla t$ zaman kəsiminin başlanğıc anında $n-1$, n , $n+1$ kəsimlərində qrunıt suyu səviyyəsinin mütləq qiyməti; $L_{n-1,n} - n-1$ və n hesabı kəsimləri arasındakı məsafə; $L_{n,n+1} - n$ və $n+1$ hesabı kəsimləri arasındakı məsafədir.

Qış mövsümündə (20.12-01.03) infiltrasiyanın miqdarını sıfıra bərabər ($W=0$) qəbul etsək, suvericilik əmsalını (və ya nəmlik çatışmazlığı əmsalını) (μ) aşağıdakı düstur-la hesablaya bilərik:

$$\mu = \frac{2k\nabla t}{(H_{n,S+1} - H_{n,S}) \cdot (L_{n-1,n} + L_{n,n+1})} \times \left(\frac{h_{n-1,S} + h_{n,S}}{2} \cdot \frac{H_{n-1,S} - H_{n,S}}{L_{n-1,n}} - \frac{h_{n,S} + h_{n+1,S}}{2} \cdot \frac{H_{n,S} - H_{n+1,S}}{L_{n,n+1}} \right)$$

burada: ∇t – hesabı zaman kəsimidir (6 sayılı cədvəldən götürülür).

Sonuncu düsturda kəmiyyətlərin məlum qiymətlərini yerinə yazsaq:

$$\mu = \frac{2 \cdot 18,0 \cdot 70,0}{(92,43 - 92,77) \cdot (200,0 + 200,0)} \times \left(\frac{12,5 + 7,5}{2} \cdot \frac{94,08 - 92,77}{200,0} - \frac{7,5 + 4,5}{2} \cdot \frac{92,77 - 90,24}{200,0} \right) = 0,193$$

10/V-10/VI zaman intervalı üçün infiltrasiyanın (W) miqdarını hesablayaq (cə.d.1):

$$W_1 = 0,13 \cdot \frac{92,65 - 92,37}{30,0} - \frac{2 \cdot 18,0}{200,0 + 200,0} \times \left(\frac{12,5 + 17,5}{2} \cdot \frac{93,95 - 92,37}{200,0} - \frac{7,5 + 4,5}{2} \cdot \frac{92,37 - 89,88}{200,0} \right) = 0,001414m / sut$$

10/VI-10/VIII zaman intervalı üçün infiltrasiyanın (W) miqdarı:

$$W_2 = 0,193 \cdot \frac{92,73 - 92,65}{60,0} - \frac{2 \cdot 18,0}{200,0 + 200,0} \times \left(\frac{12,5 + 17,5}{2} \cdot \frac{94,06 - 92,65}{200,0} - \frac{7,5 + 4,5}{2} \cdot \frac{92,65 - 90,17}{200,0} \right) = 0,000608m / sut$$

Həmin üsulla hər bir dövr üçün hesablama aparıb, nəticələri 7 sayılı cədvəldə qeyd edək.

Cədvəl 7

Müxtəlif dövrlərdə infiltrasiyanın miqdarı

∇t , sut	W , m/sut	$W\nabla t$
30	0,001414	42,42
60	0,000608	36,48
70	0,000864	60,48
60	0,001149	68,94
70	0	0
50	0,001076	53,80
20	0,001374	27,48
Cəmi il üzrə		289,6

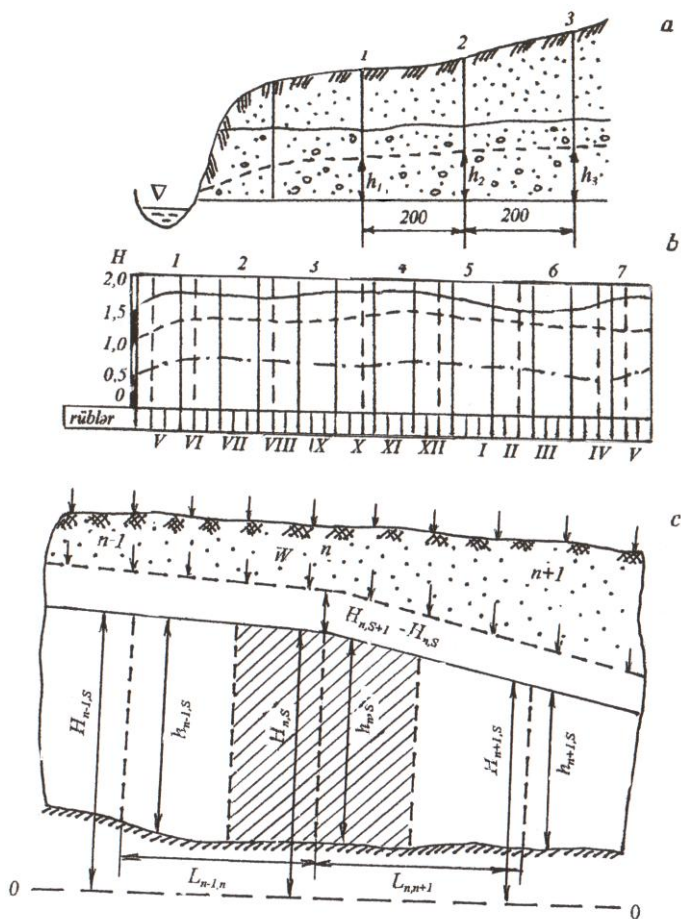
İl ərzində infiltrasiyanın miqdarı:

$W=289,6 \text{ mm} \approx 0,290 \text{ m}$ təşkil edir ki, bu da həmin rayonda il ərzində düşən atmosfer çöküntülərinin təxminən 50% -dən ibarətdir.

Qrunt suyu axınının dinamik ehtiyatını hesablayaq.

Çay terrasının çaylaqdan yuxarı üçüncü sahəsində sulu horizontun qidalanma sahəsi $F=49 \text{ km}^2$ təşkil edir. İl ərzində qrunt sularının dinamik ehtiyatını hesablamaq üçün qidalanma sahəsini infiltrasiyanın miqdarına vurmaq lazımdır (m^3/sut):

$$Q = F \cdot W = 49000000 \cdot 0,29 = 14210000 \text{ m}^3/\text{il} = 39000 \text{ m}^3/\text{sut}.$$



Şəkil 65. «Kənar hədlər fərqi üsulu» ilə qrunut sularının dinamik ehtiyatının hesablanmasına aid sxem:

a– axın istiqamətində yerləşən müşahidə quyuları xətti üzrə sxematik hidrogeoloji kəsiliş ; *b*– su səviyyəsinin dəyişməsi qrafiki ; *c* – qrunut sularının dinamik ehtiyatının hesablandığı sahəni göstərən sxem.

Ə D Ə B İ Y Y A T

1. Abadov B.A., Səfərov A.V., Rzayeva S.M. Yeraltı suların dinamikası (Məsələlər və onların həllinə dair metodik göstərişlər). Bakı: Az.Döv.Neft Akademiyası, 1992.
2. Гордеев П.В. и др. Гидрогеология: Учебник для геол.-развед. техникумов. (П.В.Гордеев, В.А.Шемелина, О.К.Шулякова. М: Высшая школа, 1990. 448 с. ил.
3. Жернов И.Е. Динамика подземных вод. – Киев, В.школа, 1982.
4. Kazımov S.M., Abadov B.A., Babayev Ə.M., Əliyev F.Ş. Yeraltı suların dinamikası. Metodik vəsait. Bakı: Az.Döv.Neft Akademiyası, 1984. 88s.
5. Kazımov S.M., Səfərov A.V. Hidrogeoloji modelləşdirmə. Metodik vəsait. Bakı: Az.Döv.Neft Akademiyası, 1999. 48 s.
6. Məmmədova E.A. Hidrogeoloji tədqiqat üsulları. Dərslik. Bakı Universiteti nəşr., 2008. 255 s.
7. Мироненко В.А. Динамика подземных вод.- М.: Недра, 1983.
8. Практикум по динамике подземных вод. (Гавич И.К., Данилов В.В. и др., – М.: МГРИ, 1984.
9. Шестаков В.М. Динамика подземных вод. – М.: МГУ, 1979.
10. Шестаков В.М., Кравченко И.П., Пашковский И.С. Практикум по динамике подземных вод. – М.: МГУ, 1975.

M Ü N D Ə R İ C A T

GİRİŞ

YERALTI SULARIN DİNAMİKASININ (YSD) MƏQSƏD VƏ MƏSƏLƏLƏRİ, ONUN İNKİŞAF TARİXİ.....	3
-------------------------------------------------------------------------------------------	----------

I. SÜXURLARDA YERALTI SULARIN HƏRƏKƏTİNİN NÖVLƏRİ VƏ SÜZÜLMƏNİN ƏSAS

QANUNLARI.....	6
1.1. Aerasiya zonasında suyun hərəkət növləri.....	6
1.2. Doyma zonasında yeraltı suların hərəkəti. Süzülmə qanunları.....	7
1.3. Yeraltı suların dinamikasında istifadə edilən əsas parametrlər.....	13

II. YERALTI SU AXINININ HİDRODİNAMİK XÜSUSİYYƏTLƏRİ.....

2.1. Yeraltı su axınının əsas hidrodinamik elementləri və onların təyini.....	16
2.2. Yeraltı su axınının əsas hidrodinamik xüsusiyyətləri.....	20

III. YERALTI SULARIN QƏRARLAŞMIŞ HƏRƏKƏTİ. YERALTI SULARIN EYNİCİNSLİ SÜXURLARDA QƏRARLAŞMIŞ HƏRƏKƏTİ.....

3.1. Horizontal əsaslı qrunt suyu axını.....	24
3.2. Məili əsaslı qrunt suyu axını.....	26
3.3. Radial qrunt suyu axını.....	29
3.4. Sabit qalınlıqlı horizontda təzyiqli su axını.....	31
3.5. Dəyişən qalınlıqlı horizontda təzyiqli su axını.....	33
3.6. Yeraltı suların təzyiqli-təzyiqsiz şəraitdə hərəkəti.....	34

ÜÇÜNCÜ FƏSİL ÜZRƏ BƏZİ MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLİNƏ DAİR METODİK GÖSTƏRİŞLƏR.....

IV. YERALTI SULARIN QƏRARLAŞMAMIŞ HƏRƏKƏTİ.....	44
4.1. Kənar hədlər fərqi üsulu.....	44
DÖRDÜNCÜ FƏSİL ÜZRƏ BƏZİ MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLİNƏ DAİR METODİK GÖSTƏRİŞLƏR.....	50

V. YERALTİ SULARIN QEYRİ-BİRCİNSLİ SÜXURLARDA HƏRƏKƏTİ.....	53
5.1. Qeyri-bircinsli sulu komplekslərin əsas növləri.....	53
5.2. Qeyri-bircinsli horizontlarda suyun süzülmə qanunauyğunluqları.....	53
5.3. İki horizontdan ibarət sulu kompleksdə yeraltı suların hərəkəti.....	55
5.4. Bir neçə horizontdan ibarət sulu kompleksdə yeraltı suların horizontlara paralel və normal hərəkəti.....	57
5.5. Sukeçiriciliyi horizontal istiqamətdə birdən dəyişən sulu kompleksdə yeraltı suların hərəkəti.....	61
5.6. Sukeçiriciliyi horizontal istiqamətdə tədricən dəyişən sulu kompleksdə yeraltı suların hərəkəti.....	63
5.7. Mürəkkəb quruluşlu qeyri-bircinsli sulu kompleksdə yeraltı suların hərəkəti.....	66
5.8. Eynicinsli və qeyri-bircinsli sulu horizontlar üçün depressiya ayrıları.....	67
BEŞİNCİ FƏSİL ÜZRƏ BƏZİ MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLİNƏ DAİR METODİK GÖSTƏRİŞLƏR.....	71
VI. QRUNT SUYU SƏTHİNİN QALXMASI.....	75
6.1. Qrunt suyu səthinin qalxmasının ümumi xarakteristikası.....	75
6.2. Qərarlaşmış süzülmə şəraitində qrunt suyu səthinin qalxması.....	77
6.3. Qərarlaşmamış süzülmə şəraitində qrunt suyu səthinin qalxması.....	87
ALTINCI FƏSİL ÜZRƏ BƏZİ MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLİNƏ DAİR METODİK GÖSTƏRİŞLƏR.....	93
VII. HİDROTEKNİKİ QURĞULAR VƏ SU ANBARLARI TİKİLƏN SAHƏLƏRDƏ YERALTİ SULARIN HƏRƏKƏTİ.....	99
7.1. Bəndin bünövrəsindən süzülmə.....	100
7.2. Bəndin çiyinlərindən süzülmə.....	108
7.3. Su anbarından süzülmə itkisi.....	110
7.4. Daimi süzülmə itkisi.....	113
7.5. Müvəqqəti süzülmə itkisi.....	115
YEDDİNCİ FƏSİL ÜZRƏ BƏZİ MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLİNƏ DAİR METODİK GÖSTƏRİŞLƏR.....	119

VIII. YERALTI SULARIN SUGÖTÜRÜCÜ QURĞULARA HƏRƏKƏTİ.....	122
8.1. Sugötürücü qurğuların tipləri.....	122
8.2. Tam quyulara yeraltı suların qərarlaşmış hərəketi.....	123
8.3. Artezian quyusuna su axınının hesablanması.....	124
8.4. Qrunt suyu quyusuna su axınının hesablanması.....	127
8.5. Qida mənbəyinə yaxın yerləşən quyulara yeraltı suların hərəketi. «Güzdə əksətdirmə üsulu».....	130
8.6. Natamam quyulara yeraltı suların qərarlaşmış hərəketi....	134
8.7. Natamam quyuların sərfinin analitik düsturlarla hesablanması.....	140
8.8. Mürəkkəb şəraitdə işləyən quyulara yeraltı suların qərarlaşmış hərəketi.....	141
8.9. Qarşılıqlı təsirdə olan quyulara yeraltı suların qərarlaşmış hərəketi.....	145
8.10. Çaya yaxın yerləşən qarşılıqlı təsirdə olan quyulara yeraltı suların qərarlaşmış hərəketi.....	148
8.11. Qrunt suyu və artezion quyularına yeraltı suların qərarlaşmamış hərəketi.....	150
8.12. Quyuların natamamlığının qeydə alınması və onların sərfinin dəyişməsi.....	154
8.13. Yeraltı suların qərarlaşmamış hərəketi şəraitində qarşılıqlı təsirdə olan quyuların hesablanması.....	155
8.14. Qeyri-məhdud horizontlarda xətt üzrə yerləşmiş quyuların hesablanması.....	158
8.15. Qeyri-məhdud horizontlarda dairə üzrə yerləşmiş quyuların hesablanması.....	159
8.16. Qeyri-məhdud horizontlarda sahə üzrə yerləşmiş quyuların hesablanması.....	160
SƏKKİZİNCİ FƏSİL ÜZRƏ BƏZİ MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLİNƏ DAİR METODİK GÖSTƏRİŞLƏR.....	162
IX. HİDROGEOLOJİ PARAMETRLƏRİN HESABLANMASI.....	174
9.1. Qərarlaşmış hərəketdə hidrogeoloji parametrlərin təyini.....	175
9.2. Qərarlaşmamış hərəketdə hidrogeoloji parametrlərin təyini.....	181
9.3. Rejim-müşahidə məlumatlarına görə hidrogeoloji parametrlərin təyini.....	190
9.4. Çatlı və karstlaşmış süxurlarda sulu horizontların hidrogeoloji parametrlərinin təyini.	192

DOQQUZUNCU FƏSİL ÜZRƏ BƏZİ MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLİNƏ DAİR METODİK GÖSTƏRİSLƏR.....	195
ƏDƏBİYYAT.....	203
MÜNDƏRİCAT.....	204