

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA
MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI

TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVYERSITETI

I.A.Agzamova

G.D.Gulyamov

YER OSTI SUVLARI DINAMIKASI

5311800-Gidrogeologiya va muhandislik geologiyasi
yonalishi talabalari uchun darslik sifatida tavsiya etilgan

Toshkent 2015

UDK. 550.812.1

KVK: 26.3

Agzamova I.A., Gulyamov G.D.

Yer osti suvlari dinamikasi: darslik / Agzamova I.A., Gulyamov G.D.,
Oliy va O'rta Maxsus Ta'lim Vazirligi.– Toshkent: 2014, 147 b.

“Yer osti suvlari dinamikasi” fani yer osti suvlari harakatini o'rganuvchi fandır. Bizlarga m'lumki yer osti suvlari tog' jinslarining bo'shliqlarida, g'ovakliklarida, yoriqliklarida joylasib harakatda bo'ladi. Ular yer ostida nishablik tomonga qarab harakatlanadi. Yer osti suvlaridan ichimlik, texnik va xo'jalik maqsadlarida samarador foydalanish uchun ytishib chiqayotgan mutaxassis kadrlar yer osti suvlarining harakatlari xaqida etarli tushunchaga ega bo'lishlari kerak. Darslikda gidrodinamikaning asoslari va grunt, artesian, qatlamlararo suvlar uchun hisoblash usullari va tenglamalari keltirilgan.

Darslikda yer osti suvlarini yotish sharoitlari bo'yicha dinamik xolatlari uchun grafiklar, chizmalar keltirilgan. Hidrogeologik parametrlarini xisoblash uslublari va sarfini baholash bayon etilgan.

Darslik 5311800- Hidrogeologiya va muhandislik geologiyasi yonalishi talabalari uchun darslik sifatida, hamda yer osti suvlaridaqn suv ta'minoti, qurilish va melioratsiya soxalari uchun ham tavsiya etilgan

Taqrizchilar: Qayumov A.D.- “Gidrogeologiya va geofizika” kafedrası
professori, texnika fanlari doktori.

Shermatov M.Sh.- O'zR FA Seysmologiya instituti “Lyosshunoslik”
laboratoriyasi mudiri, geologiya-mineralogiya fanlari doktori

© Toshkent davlat texnika universiteti, 2014

УДК. 550.812.1

КВК: 26.3

Агзамова И.А., Гулямов Г.Д.

Динамика подземных вод: учебник / Агзамова И.А., Гулямов Г.Д.

Министерство Высшего и Средне Специального Образования.-Ташкент: 2014, 147 с.

«Динамика подземных вод»- предмет изучающий движение подземных вод. Нам известно, подземные воды залегают и распространены в порах, путотах, трещинах горных пород. Они двигаются в сторону в зависимости от размера пор и подчиняются законам движения. Для эффективного использования подземных вод с целью питьевого водоснабжения, для технических и сельско-хозяйственных нужд выпускники должны уметь решать различные задачи связанные с формированием и движением подземных вод. В учебнике излагаются основы подземной гидрогеодинамики и методы расчета движения грунтовых, межпластовых и артезианских вод.

В учебнике приведены данные о динамическом состоянии подземных вод по условиям их залегания, графики и рисунки. Изложены методы расчета гидрогеологических параметров, а также оценки дебитов.

Учебник предназначен для студентов бакалавров по направлению – 5311800- Гидрогеология и инженерная геология и специальностям связанных с изучением подземных вод с различной целью, например водоснабжения, строительства, мелиорация.

Рецензенты: **Каюмов А.Д.-** Профессор кафедры «Гидрогеология и геофизика», доктор технических наук.

Шерматов М.Ш.- Заведующий лабораторией «Лёссоведение» РУз
АН институт «Сейсмология», профессор, доктор геолого-минералогических наук

Ташкентский государственный технический университет, 2014

UDC. 550.812.1

ICC: 26.3

Agzamova I.A. , Guljamov G.D.

Dynamics of groundwater : the textbook / Agzamova IA Guljamov GD Ministry of Higher and Secondary Special Obrazovaniya. -Tashkent : 2014 , 147 p.

"Dynamics of Groundwater" - the subject of the student movement of groundwater. We know the underground water table and distributed in the pores putotah , crevices of rocks. They move in the direction depending on the pore size and obey traffic laws . For efficient use of groundwater to drinking water supply for industrial and agricultural needs of graduates should be able to solve various problems associated with the formation and movement of groundwater. The tutorial covers the fundamentals of underground gidrogeodinamiki and methods of calculation of ground motion , interstratal and artesian water .

The tutorial shows the dynamic state of groundwater under the terms of their occurrence , graphics and pictures . Methods of calculation of hydrogeological parameters , and estimates of flow rates.

The textbook is designed for students bachelors in - 5311800 - Hydrogeology and Engineering Geology and professions related to the study of groundwater for various purposes , such as water supply, construction , land reclamation .

Reviewers: Kaumov AD - Professor at "Hydrogeology Islands geophysics",
Doctor of Technical Sciences .

Shermatov MS - Head of Laboratory "Lessovedenie " Uzbekistan
Academy of Sciences Institute "Seismology", Professor ,
Doctor of Geological and Mineralogical Sciences

Tashkent state technical university, 2014

MUNDARIJA

KIRISH	
1. YER OSTI SUV OQIMLARI	
1.1. Suvning normal sizilishi	
1.2. Gruntlardagi suv oqimi turlari	
1.3. Qatlamlararo bosimsiz va bosimli artezian yer osti suvlari	
1.4. Yer osti suvlarining oqim chiziqlari tiplari	
2. YER OSTI SUVLARINI TEKIS VA NOTEKIS XARAKATI	
2.1. Grunt suvining tekis xarakati.	
2.2. O'zgarauvchan qalinlikdagi qatlamlarda suv oqimi sarfining tenglamasi	
2.3. Suv o'tkazmas asosi og'ma bo'lgan grunt suvi oqimining depression egri chizig'ini tenglamasi	
3 GRUNT SUVLARINING IKKI DARYO ORALIG'IDA HARAKATI	
3.1. Grunt suvlarining ikki daryo oralig'ida gorizonta suv o'tkazmas asosda yuqoridan shimilishni hisobga olgan holdagi harakati	
3.2. Ikki daryo oralig'ida gorizonta asosda, yuqoridan shimilish, bo'lgan taqdirda yer osti suvlari oqimining depression egri chizig'q tenglamasi. (h_x ning tenglamasi)	
4. YER OSTI SUVLARINING TURLI XIL SUV USHLAGICH QATLAMDAI HARAKATI	
4.1. Yer osti suvlarining turli xil suv ushlagich katlamlardagi shakllangan harakati	
4.2. Suv sizilishining bir qatlamdan ikkinchi qatlamga o'tishi	
4.3. Qatlam-qatlam tog' jinslarining oqim qatlamlar bo'ylab ro'y berganda o'rtacha sizilish koefitsientini formula	
4.4. qatlam-qatlam suv o'tkazgich plastlarda oqim chizig'i qatlam	

chegarasiga tik bo'lganda o'rtacha sizilish koeffitsienti	
5. YER OSTI SUVLARINING TURLI XIL TOG' JINSI QATLAMLARDAGI HARAKAT TENGLAMALARI.	
5.1. Yer osti suvlarining turli xil qatlamlardagi xarakatining asosiy tenglamalari	
5.2. Qatlamning suv o'tkazuvchanligi gorizontal oqim yo'nalishida o'zgaruvchan xarakati	
5.3. Yer osti suvlarining 2 qavatli-bosimli va bosimsiz qatlamlarda xarakati	
5.4. Bosimli suvlarning gorizontal oqim yo'nalishida suv o'tkazuvchanligi asta-sekin o'zgarganda xarakat tenglamasi	
6 . GRUNT SUVLARI SATXINING KO'TARILISHI	
7. YER OSTI SUVLARINING GIDROTEXNIK INSHOOTLAR OSTIDAGI HARAKATI	
7.1. Yer osti suvlarining gidrotexnik inshootlar ostidagi harakati va suv omborlaridan sizilish	
7.2. To'g'on ostidan yer osti suvlari sizilishining gidrodinamik to'ri	
7.3. Sizilish sarfining xisoblash tenglamalari	
7.4. To'g'onning mexanik suffoziyaga bardoshi	
8. YER OSTI SUVLARINING RADIAL OQIMI	
8.1. Yer osti suvlarining suv olish inshootlariga harakati	
8.2. Mukammal grunt qudug'ining sarf tenglamasi	
8.3. Mukammal artezian quduqlarining sarf tenglamasi	
8.4. Nomukammal grunt qudug'ining sarf tenglamasi	
8.5. Bosimli nomukkammal quduqlarning sarfi	
8.6. Tekis tubidan suv oluvchi grunt va artezian nomukammal quduklari sarfi	
8.7. Yarim sfyerik tubli grunt va bosimli suv nomukammal quduqlarning	

sarfi	
9. BIR-BIRIGA TA'SIR KO'RSATUVCHI QUDUQLARGA OQIB KELADIGAN SUV SARFINI HISOBLASH	
9.1. Bir-biriga ta'sir ko'rsatuvchi quduqlarga oqib keladigan suv sarfining hisoblash tenglamalari	
9.2. Bir-biriga ta'sir etuvchi nomukammal quduqlar tenglamasi	
9.3. Bir-biriga ta'sir etuvchi quduqlar sarfini xisoblash uchun empirik tenglamalar	
10. YER OSTI SUVLARINING SHIMUVCHI QUDUQLARIDAGI HARA KATI	
10.1. Yarimsfyerik tubli nomukammal quduqning suv shimish sarfi tenglamasi	
10.2. Tekis tubli quduqga shimilgan suvning sarf tenglamasi	
Yer osti suvlari dinamikasi fanidan kurs ishi variantlari	
Adabiyotlar	

Введение	
1.ПОТОКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	
1.1.Нормальная фильтрация воды	
1.2. Типы потоков в грунтах	
1.3. Межпластовые безнапорные и напорные артезианские подземные воды	
1.4. Типы линии потока подземных вод	
2. РАВНОМЕРНОЕ И НЕРАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	
2.1. Равномерное движение грунтовых вод	
2.2.Уравнение расхода грунтового потока при изменяющейся мощности	
2.3.Уравнение депрессионной кривой грунтового потока при	

наклонном водоупоре	
3. ДВИЖЕНИЯ ГРУНТОВОЙ ВОДЫ В МЕЖДУРЕЧНОМ МАССИВЕ	
3.1. Движение подземной грунтовой воды в междуречном массиве на горизонтальной основе с учетом фильтрации сверху	
3.2. Уравнение депрессионное кривой при движении подземных вод в междуречном массиве на горизонтальной основе, с учетом фильтрации сверху (уравнение h_x).	
4. ДВИЖЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЗЛИЧНЫХ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТАХ	
4.1. Установившиеся движения подземных вод в различных водоносных толщах.	
4.2. Движение фильтрации подземной воды с одного горизонта на второй	
4.3. Формула среднего коэффициента фильтрации при потоке слоистой водоносной толщи	
4.4. Средний коэффициент фильтрации слоистой толщи при перпендикулярном потоке к слоям	
5. УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ В СЛОИСТЫХ ТОЛЩАХ	
5.1. Основные уравнения движения подземной воды в слоистых толщах	
5.2. Движение воды в пласте с водоприемаемостью изменяющейся в горизонтальном направлении	
5.3. Движение воды в 2х слойных-напорных и безнапорных пластах	
5.4. Уравнение движения напорных вод при постепенном изменении водопроводимости по течению	
6. ПОДПОР УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД	

7.ДВИЖЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПОД ГИДРОТЕХНИЧЕСКИМИ СООРУЖЕНИЯМИ	
7.1. Движение подземных вод под гидротехническими сооружениями и фильтрация из водохранилищ	
7.2. Гидродинамическая сеть фильтрации из под плотины	
7.3. Расчетные уравнения расхода фильтрации	
7.4. Устойчивость плотины при механическом суффозии	
8. РАДИАЛЬНЫЕ ТЕЧЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	
8.1. Движение воды в водозаборные сооружения	
8.2. Уравнение расхода в совершенной скважине	
8.3. Уравнение расхода в совершенной артезианской скважине	
8.4. Уравнение расхода в несовершенной грунтовой скважине	
8.5. Расход напорной несовершенной скважине	
8.6. Расход грунтовых и артезианских несовершенных скважин с ровного дна	
8.7. Расход грунтовых и напорных несовершенных скважин с полусферического дна	
9. РАСЧЕТ РАСХОДА ПОТОКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ВЛИЯЮЩИХ СКВАЖИНАХ	
9.1. Расчет уравнений расхода потока подземных вод в влияющих скважинах	
9.2. Уравнение несовершенных влияющих скважинах	
9.3. Эмпирические уравнения для расчета расхода влияющих скважинах	
10. ДВИЖЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ФИЛЬТРАЦИОННОЙ СКВАЖИНЕ	
10.1. Уравнение расхода в несовершенных скважинах полусферическим дном	
10.2. Уравнение расхода фильтрационной воды в скважины	

ровным дном	
Варианты для практических занятий по предмету динамика подземных вод	
Литература	
1.	
1.1.NORMAL WATER FILTRATION	
1.2.TYPES OF FLOWS IN SOILS	
1.3.MIZHPLASTOVI PRESSURE AND NON-PRESSURE ARTESIAN GROUNDWATER.	
1.4.LINE TYPES OF GROUNDWATER FLOW	
2.UNIFORM AND NON-UNIFORM MOVEMENT OF GROUNDWATER	
2.1.UNIFORM MOVEMENT OF GROUNDWATER	
2.2.FLOW EQUATION OF GROUNDWATER FLOW AT VARYING POWER	
2.3.DEPRESSION CURVE EQUATION OF GROUNDWATER FLOW AT OBLIQUE WATER RESISTANCE	
3.MOVEMENT OF GROUND WATER IN INTERFLUVES ARRAY	
3.1.UNDERGROUND MOVEMENT OF GROUNDWATER IN INTERFLUVES	
3.2.ARRAY ON A HORIZONTAL BASIS BASED FILTERING ON	
4.DEPRESSION CURVE EQUATION OF MOTION OF GROUNDWATER IN INTERFLUVES ARRAY ON A HORIZONTAL BASIS, TAKING INTO	
4.1.ACCOUNT THE FILTER ABOVE (EQUATION HX)	
4.2.MOVEMENT OF GROUNDWATER IN DIFFERENT AQUIFERS	
4.3.STEADY MOVEMENT OF GROUNDWATER AQUIFERS IN DIFFERENT STRATA	
4.4.FILTRATION OF GROUNDWATER MOVEMENT FROM ONE HORIZON TO THE OTHER	
5.FORMULA FOR THE MEAN COEFFICIENT OF FILTRATION AT A FLOW LAYERED AQUIFER THICKNESS	

5.1.AVERAGE FILTRATION COEFFICIENT LAYERED STRATA AT NORMAL FLOW TO THE LAYERS	
5.2.THE EQUATION OF MOTION OF UNDERGROUND WATER IN LAYERED STRATA	
5.3.BASIC EQUATIONS OF MOTION OF UNDERGROUND WATER IN LAYERED STRATA	
5.3.THE MOVEMENT OF WATER IN THE RESERVOIR WITH	
5.4.VODOPRINETSAEMOSTYU CHANGING IN THE HORIZONTAL DIRECTION	
6.THE MOVEMENT OF WATER IN A 2 - PLY PRESSURE AND PRESSURE RESERVOIRS	
7.THE EQUATION OF MOTION OF HEAD WATERS OF THE GRADUAL	
7.1.CHANGE IN TRANSMISSIVITY OF WATER DOWNSTREAM	
7.2.BACKWATER GROUNDWATER LEVEL	
7.3.GROUNDWATER MOVEMENT UNDER THE WATERWORKS	
7.4.GROUNDWATER MOVEMENT UNDER THE WATERWORKS AND SEEPAGE FROM RESERVOIRS	
8.HYDRODYNAMIC FILTERING OF NETWORK UNDER THE DAM	
8.1.CALCULATED FLOW EQUATION FILTERING	
8.2.DAM STABILITY UNDER MECHANICAL SUFFUSION	
8.3.RADIAL FLOW OF GROUNDWATER	
8.4.MOVEMENT OF WATER IN THE WATER INTAKES	
8.5.FLOW EQUATION IN A PERFECT HOLE	
8.6.FLOW EQUATION IN PERFECT ARTESIAN WELL	
8.7.FLOW EQUATION IN IMPERFECT DIRT WELL	
9.FUEL PRESSURE IMPERFECT WELL	
9.1.GROUNDWATER FLOW AND ARTESIAN WELLS WITH IMPERFECT SMOOTH BOTTOM	
9.2.GROUNDWATER FLOW AND PRESSURE WELLS WITH IMPERFECT HEMISPHERICAL BOTTOM	
9.3.CALCULATION OF THE FLOW RATE OF GROUNDWATER AFFECTING WELLS.	

10.CALCULATION OF FLOW EQUATIONS IN GROUNDWATER FLOW AFFECTING WELLS	
10.1.EQUATION IMPERFECT AFFECTING WELLS.	
10.2.EMPIRICAL EQUATIONS FOR CALCULATING THE FLOW AFFECTING WELLS	
GROUNDWATER MOVEMENT IN THE FILTER WELL.	
FLOW EQUATION IN IMPERFECT HEMISPHERICAL BOTTOM WELLS .	
EQUATION FILTRATIONNOY WATER FLOW IN FLAT BOTTOM WELLS .	
OPTIONS FOR COURSE WORK ON THE SUBJECT OF GROUNDWATER DYNAMICS .	

KIRISH

Xalq xo'jaligini shifobaxsh yer osti mineral suvi bilan ta'minlash, ekinzor maydonlarni sug'orish, yer osti suvlaridan amalda oqilona foydalanish va eng kerakligi aholini toza ichimlik suvi bilan ta'minlashda gidrogeologiya sohasining o'rni beqiyosdir.

Suv – yerdagi hayotning va tabiatning rivojlanishida muhim ahamiyatga ega bo'lib, u Yer sharida keng tarqalgan va turli sferalarda suyuq, qattiq hamda gazsimon hollarda uchraydi.

Hozirgi paytda gidrogeologiya fani quyidagi mustaqil bo'limlardan iborat:

1. Umumiy gidrogeologiya – yer osti suvlarining paydo bo'lishi, yotish va tarqalish sharoitlari, fizik xususiyatlari, kimyoviy tarkibini o'rganadi.

2. Yer osti suvlari dinamikasi – yer osti suvlarining harakat qonuniyatlari, suv inshootlariga, tog' inshootlariga suvning kelishi, gidrotexnik va sug'orish kanallarini qurishda grynt suvlarining ta'sirini o'rganadi.

3. Gidrogeologik tadqiqot uslublari – yer osti suvlarini qidirish va izlash asoslarini ilmiy ishlab chiqish bilan shug'ullanadi, yer osti suvlari rejimi va balansini o'rganadi. Shu jumladan, dala gidrogeologik tajriba tadqiqotlarini, suv ta'minoti, gidrotexnik inshootlar, shaxtalar va boshqa qurilishlar gidrogeologik tadqiqotlarini o'z ichiga oladi.

4. Foydali qazilmalar gidrogeologiyasi – aniq foydali qazilmalar gidrogeologik sharoitlarini o'rganadi, yer osti suvlarining tog' inshootlariga ta'sirini aniqlash, tog' kovlash ishlarini olib borishda yer osti suvlariga qarshi qurash chora-tadbirlarini tashkil etish kabi masalalarni echadi.

5. Regional gidrogeologiya – ma'lum hududda, masalan O'zbekiston Respublikasi hududida, yer osti suvlarining tarqalish qonuniyatlarini o'rganadi.

6. Mineral va sanoat suvlari – shifobaxsh yer osti suvlarini va sanoat uchun ahamiyatli suvlarni (osh tuzi, yod, brom va shunga o'xshash boshqa kam uchraydigan elementlar olinadigan suvlar, yuqori haroratli suvlar) paydo bo'lish va tarqalish qonuniyatlarini o'rganadi.

7. Hidrogeoximiya – yer osti suvlarining kimyoviy tarkibini, mavjud kimyoviy elementlarning paydo bo'lishini, suvda ko'chishini (migratsiya) o'rganadi. Yer osti suvi tarkibidagi turli radioaktiv elementlarni esa – radiogidrogeologiya o'rganadi.

Sayyoramizdagi ba'zi bir davlatlarining suv ta'minotida ancha muammolar bor. Toza sifatli chuchuk ichimlik suvlari bo'lmagan davlatlar ham yo'q emas. Shuning uchun suvni qadrlab, avaylab asrashimiz, undan oqilona foydalanishimiz kerak.

Qadim zamonlardan buyon insonlar hayot uchun qurashib, kundalik turmushida yer osti suvlaridan ichimlik, sug'orish va turli maqsadlarda foydalanib kelgan. Hozirgacha ba'zi bir qadimgi suv inshootlari saqlanib qolgan.

Gidrogeologiya va injenerlik geologiyasi sohasida 1920-1950 yillar oralig'ida dastlabki tadqiqotlar olib borildi va O'rta Osiyoda, shu jumladan O'zbekistonda, gidrogeologiya va injenerlik geologiyasi asoslari yaratildi. XX asr boshlarida olib borilgan ushbu tadqiqotlarda sobiq SSSR ning taniqli gidrogeolog va injener-geolog olimlari faol ishtirok etishgan.

Ilk gidrogeologik tadqiqotlar O'zbekistonda 1910-1917 yillarda o'tkazilgan. 1921 yilda O'zbekiston geologiya xizmati tashkil qilingan bo'lib, bu xizmat 1931 yildan boshlab O'rta Osiyo geologiya razvedka boshqarmasi nomini oldi. 1950 yilda O'zbekiston gidrogeologik ekspeditsiyasi tuzildi va 1957 yilda ushbu ekspeditsiya O'zbekiston gidrogeologik tresti nomini oldi. Birinchi gidrogeologik ilmiy markaz O'rta Osiyo Davlat Universiteti (hozirgi O'zMU) geologiya kafedrasida qoshidagi gidrogeologiya kabineti hisoblanadi. 1960 yilda O'zSSR FA qoshida «GIDROINGEO» instituti tashkil qilindi.

Bugungi kunda ham gidrogeologiya va injenerlik geologiyasi sohasida ilmiy-amaliy ishlar olib borilmoqda, turli oliy o'quv yurtlarida, o'rta maxsus bilim yurtlarida gidrogeolog va injener-geolog mutaxassislar tayyorlanayapti. O'zbekistondagi, shu jumladan O'rta Osiyodagi, gidrogeologiya va injenerlik geologiyasi sohasi faollari Abu Rayhon Beruniy (973-1048), Oktaviy Konstantinovich Lange (1883-1975), G'ani Orifxonovich Mavlonov (1910-1988),

Kenesarin Natay Azimxonovich (1908-1975), To'laganov Habibulla To'laganovich (1917-2000), Xodjibaev Narimon Narzullaevich (1926-1974) lar hisoblanishadi. Toshkent Politehnika Instituti (hozirgi ToshDTU) «Gidrogeologiya va injenerlik geologiyasi» kafedrasining asoschilari va etuk professor o'qituvchilari sirasiga O.K.Lange, M.M.Reshetkin, G'.O.Mavlonov, V.L.Dmitriev, akad. M.N.Sultanxodjaev, K.P.Pulatov nomlarini keltirishimiz mumkin. Bugungi kunda ham gidrogeologiya va injenerlik geologiyasi sohasida tajribali mutaxassislardan professorlar Yu.Irgashev, Ya.S.Sodiqov, M.Sh.Shermatov va boshqalar faoliyat ko'rsatib kelmoqdalar.

G'.O.Mavlonov O'zbekistonda gidrogeologiya va injenerlik geologiyasi fanlarini rivojlanishida va bu soha olimlarini tayyorlashda tarixiy ahamiyatga molik ishlarni amalga oshirgan olimdir. Uning safdoshi va o'tkir gidrogeolog olim N.A.Kenesarin butun o'zbekiston hududining sug'oriladigan va yangi o'zlashtirilgan maydonlari gidrogeologik sharoitlari haqida ko'pgina ilmiy asarlar yaratgan va bu sohada bir qancha ilmiy kadrlar tayyorlagan. Professor N.N.Xodjibaev ko'p yillar mobaynida O'zbekiston hududida olib borgan amaliy va ilmiy ishlari natijasida tog'oldi hududlarida hamda tekislik maydonlarida grynt suvlarining oqim yo'nalishlariga qarab maydonlarni guruhlashning turli masshtabdagi kartalarini tuzib, kelgusida erlarning meliorativ holati o'zgarishini bashoratlash masalasi bo'yicha o'zining qimmatli tavsiyalarini bergan. Akademik M.N.Sultanxodjaev o'zbekiston hududini gidrogeologik sharoitlariga qarab, asosan, chuqur qatlamlardagi bosimli va bosimsiz er osti suvlari joylashgan maydonlarni alohida havzalarga ajratgan. Havzalardagi er osti suvlarining har bir qatlamidagi bosim darajasini, haroratini, mineralizatsiyasini, uning oqim yo'nalishlarini, harakatini hamda zahirasini aniqlagan olim hisoblanadi. Oxirgi 30 yil davomida bu olim er osti suvlari tarkibidagi ayrim radioaktiv elementlarning faollashuvi bilan bog'lab er qimirlash sabablarini oldindan bashoratlash sohasida ish olib bordi. O'rta Osiyo respublikalarida va Rossiyada tanilgan olimlardan hisoblangan professor S.Sh.Mirzaev ishlari asosan er osti suvlarining zahirasini aniqlash uslublariga bag'ishlangan. Qadimgi Gretsiya, Rim, Xitoy va Misrda

tabiatda suvning aylanishi, suvning xossalari to'g'risidagi birinchi ilmiy tushunchalar paydo bo'lgan.

Umumiy va maxsus gidrogeologiya to'g'risidagi fikrlarini birinchi bo'lib o'rta asrning buyuk allomasi Abu Rayhon Beruniy aytgan. Abu Rayhon Beruniy 973 yilda ko'hna Xorazmning Qiyot shahrida tavallud topgan. Uning yozgan asarlari o'sha davr ilm-fanining ko'plab qirralarini o'z ichiga olgan bo'lib, matematika, fizika, astronomiya, geologiyaga bag'ishlangan asarlari shular jumlasidandir. Uning mineralogiya, paleogeografiyadan yozgan qimmatbaho asarlari ma'lum.

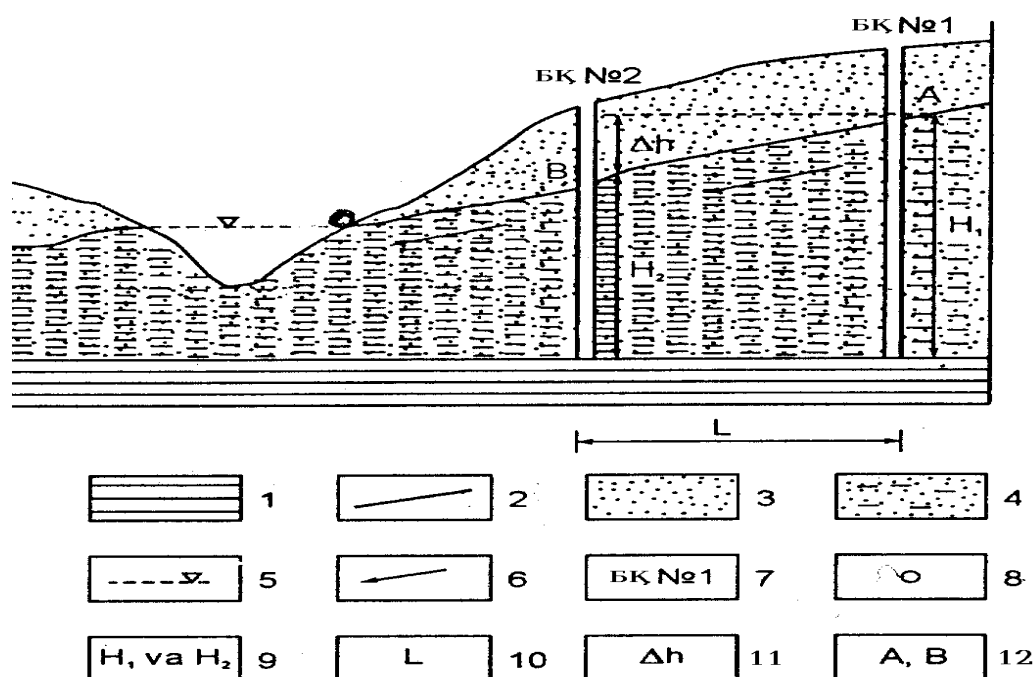
Tabiatda suvning aylanishi, yoqqan yomg'ir suvlarining qisman yer yuzi suv oqimlariga taqsimlanishi, qisman tog' jinslari bo'shliqlariga shimilishi va bu suvlar yana buloqlar bo'lib yer yuzasiga chiqishini aytib o'tgan. Abu Rayhon Beruniyning «Tabiatdagi favvora buloqlar» haqidagi asarida Sultonsanjar, Sariqamish favvorolari, ya'ni bosimli suvlari haqida ma'lumotlar keltirilgan. Uning bosimli er osti suvlari harakati to'g'risidagi ilmiy fikrlari XVIII-XIX asrlarga kelib o'zining ilmiy tasdig'ini topdi.

Tabiiy boyliklar va yer osti suvlarini o'rganish borasida Petr I tomonidan tashkil etilgan Rossiya Akademiyasi katta ishlar olib borgan. Uning ekspeditsiyalari Kaspiy dengizida, Sibirda, Kamchatkada va boshqa Rossiya tarkibidagi hududlarda katta izlanishlar olib bordi. Natijada joylarning geografik kartalari tuzildi va yirik yer osti suvi konlari aniqlanib, o'rganildi. 1917 yildagi Ulug' Oktyabr revolyutsiyasidan so'ng gidrogeologiyani o'rganishda yangi davr boshlandi, ya'ni gidrogeologiya xizmati xalq xo'jaligining rivojlanishida muhim o'rin egalladi.

1926 yilda Toshkent shahrida Leningrad (hozirgi Sankt-Peterburg) geologiya qo'mitasining gidrogeologiya bo'limini ochilishi O'zbekistonda gidrogeologiya sohasining ilk qadamini izohlaydi.

1.«ER OSTI SUVLARI DINAMIKASI» O'QUV KURSINING MAZMUNI

«Yer osti suvlari dinamikasi» fani yer yuzasida tabiiy sharoitlarda va turli texnogen ta'sirlarda yer osti suvlari harakatini miqdoriy o'zgarishini o'rganishning nazariy asoslarini o'rgatadi.



1-rasm. Yer osti grunt suvlarining harakat yo'nalishi. 1-suv o'tkazmas qatlam; 2-yer osti grunt suvining satxi; 3-suvsiz jins qatlami; 4-suvli qatlam; 5-daryodagi suv satxi; 6-yer osti grunt suvining harakat yo'nalishi; 7-burg'u quduqlari va ularning raqamlari; 8-yer osti grunt suvining buloq xolatida daryo vodiysidagi chiqish yo'li; 9-№1 va №2 quduqlardagi yer osti suv baladligi; 10-№1 va №2 quduqlar oralig'i masofasi; 11-№1 va №2 quduqlardagi yer osti grunt suvlari satx balandliklarining farqi; 12-№1 va №2 quduqlardagi suv balandliklarini ko'rsatuvchi nuqtalar

«Yer osti suvlari dinamikasi» fanida yoritilgan mavzular yer osti suvlarini izlab topish, ulardan ichimlik suvi sifatida, texnik va sug'orishda, isitishda, davolashda, botqoq va sho'rlangan yerlarni o'zlashtirish maqsadlarida yer osti

suvlari harakatini miqdoriy o'zgarishini o'rganishda olib boriladigan soha korxonalaridagi barcha izlanishlarda keng qo'llaniladi.

«Yer osti suvlari dinamikasi» fanining asosiy **maqsadi**—bakalavr talabalariga O'zbekiston hududini regionlarga bo'lib, regionlardagi yer osti suvlarini hosil bo'lishi, ularni xalq xo'jaligidagi ahamiyati, zamindagi geologik va gidrogeologik sharoitlar bilan bog'liqligi haqida ma'lumot beradi.

«Yer osti suvlari dinamikasi» fanining asosiy **vazifalari**: Xalq xo'jaligida yer osti suvlari, ularni yer usti suvlari bilan aloqasi, ularni manba'larini topish, zahiralarini aniqlash haqida bilimlarga ega bo'lishi, bu jarayonlarning asosiy texnologik parametrlari va ularga ta'sir qiluvchi omillar haqida talabalarda asosiy ko'nikmalar hosil qilishdir.

Yer qa'rida va yer ustida sodir bo'luvchi turli fizik-geografik, geoximik, geologik jarayonlar rivojlanishida suv eng faol ishtirokchi bo'lib hisoblanadi. Turli xalq xo'jalik tarmoqlari: ishlab chiqarish korxonalari, zavod va fabrikalar, qishloq xo'jaligi suvsiz rivojlanishi mumkin emasligi hammaga ma'lum. Toza ichimlik suvisiz shahar va qishloqlar aholisi turmushini tasavvur ham etib bo'lmaydi.

Ajdodlarimiz buloq, ariq, daryo va chuchuk ko'l suvlarini ichimlik suvi sifatida iste'mol qilishgan. Hozir esa ko'p tumanlarda, shahar va qishloqlarda faqat er osti suvlaridagina ichimlik suvi sifatida foydalaniladi.

Qishloq xo'jaligini suv bilan ta'minlash jarayonida suvning turli xil zararli oqibatlarini ham kuzatish mumkin.

Yer osti suvlari sathining ko'tarilishi natijasida xalq xo'jaligiga ko'p miqdorda ziyon etishi mumkin. Sug'oriladigan erlarni sho'r bosib, erlarning ishdan chiqishi, ekinzorlarda hosildorlikning keskin pasayib ketishi yoki ba'zi ekinzorlarda umuman ekinlarning o'smasligi, bino va inshootlarning deformatsiyalanishi, ekin maydonlarida yuzaga keladigan o'pirilishlar va boshqalar shular jumlasidandir.

Yer osti suvlarining dinamikasi deganda, ma'lum tarkibga (litologik, granulometrik, ximik va b.q.) fizik, suvli xossa va hususiyatlariga (zichlik, g'ovaklik, namlik va b.q.) ega bo'lgan jins qatlamlarida u yoki bu haroratdagi

suvlarning harakat qilish qonuniyatlari tushiniladi. Ma'lumki suv molekulalari bir-biri bilan qo'shilib ma'lum tarkibdagi, qalinlikdagi, sarfdagi va yo'nalishdagi erkin er osti gravitatsion suv oqimiga ega bo'lgunga qadar bir qancha holatlarda (bug', gigroskopik, molekulyar, kapillyar va b.q.) bo'ladi.

Konchilik sanoatida yer osti suvlari haqida ma'lumotlarga ega bo'lish muhim ahamiyatga ega. Yer osti suvlari tog' kovlash ishlariga va karerlarga ko'pincha salbiy ta'sir ko'rsatadi. Yer osti suvlari kutilmagan holatlarda suv inshootlariga, ba'zan ayrim kon lahmilari uchastkalariga va butun shaxtalarga bosib kirish holatlari uchraydi. Bu esa ishlayotgan insonlar hayotiga xavf tug'diradi va ma'dan olish ishlarini borishiga to'sqinlik qiladi. Shaxta va rudniklarda yer osti suvlariga qarshi kurashish uchun turli drenaj va suv chiqarish tadbirlari qo'llaniladi.

Tog' ishlarini loyihalashda yer osti suvlarini salbiy ta'sir etishiga qarshi turli tadbirlar qo'llash uchun er osti suvlari haqida batafsil ma'lumotlarga bo'lishi kerak. Buning uchun qurilish maydoni, foydali qazilma koni va uning atrofida gidrogeologik sharoitni aniqlash maqsadida izlanish ishlari olib boriladi.

Yuqorida sanab o'tilgan vazifalarni xal qilishda "Yer osti suvlari dinamikasi" faninidan yaratilayotgan darslikdagi turli sharoitda yotuvchi yer osti suvlaridagi harakat qonunlarini, hisoblash formulalarini o'rganish katta ahamiyatga ega.

Takrorlash va tekshirish uchun savollar

1. Dunyo bo'yicha suvga bo'lgan tanqislik deganda nimalarni tushunasiz?
2. Orol dengizi muammosi nima?
3. Shu soxada mehnat qilgan qaysi o'zbek olimlarini bilasiz?
4. Yer osti suvlarini zararli tomoni nima?
5. Yer osti suvlarini qo'llanilish soxalarini ayting.
6. Fanni qaysi soxalar bilan aloqasi bor?

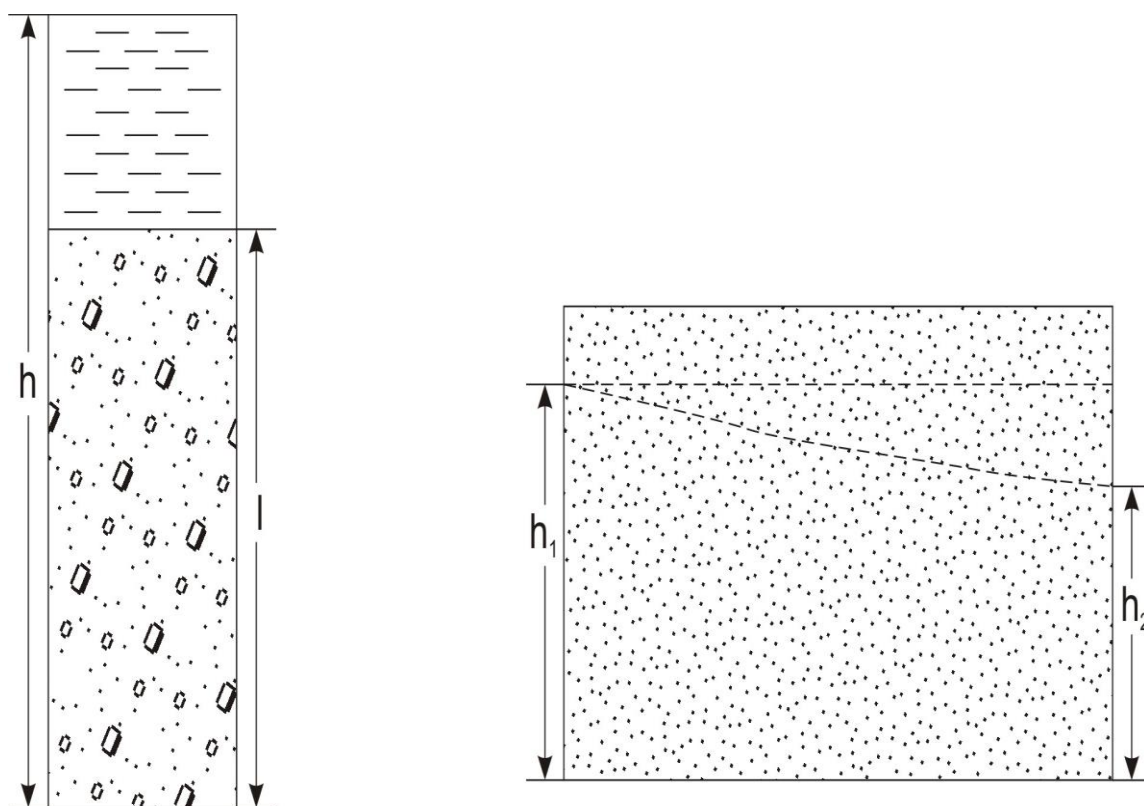
2.1. SUVNING NORMAL SIZILISHI

Suv qumda gidrostatik bosim ostida siziladi. Sizilish bosim natijasida l -masofani o'tadi. Tabiatda sizilish yer osti suvi satxigacha davom etadi.

Vannani qum bilan suvga to'lg'izib tagini-jo'mrayini ochsak, suv harakat qiladi, oqayotgan tomonida satxi pasayadi. Nishablik paydo bo'ladi:

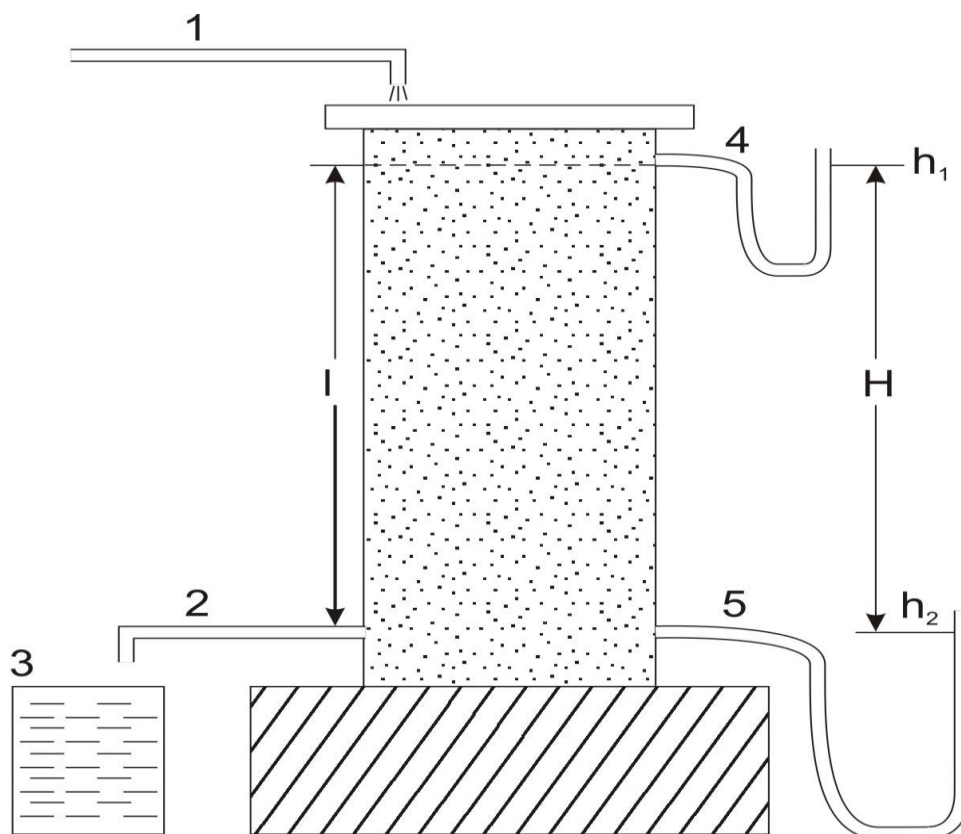
$$\frac{h_1 - h_2}{l} = J$$

bu yerda : J -nishab.



2-rasm. Nishablik.

3-rasm. Darsi tajribasi.



1-suv beradigan quvur

2-shimilgan suv qaytib tushadigan jo'mrak

3-suv o'lchagich idish

4,5-simobli monometrlar.

l - suvning shimilib o'tgan masofasi.

h - bosimlar ayirmasi-ta'sir etuvchi bosim $h_1-h_2=h$

$$\frac{h}{l} = J \quad J\text{-bosim gradienti.}$$

Darsi tenglamasi asosida aniqlangan sarf tenglamasi.

$$Q = K \frac{h}{l} \omega$$

Bu yerda: Q -shimilgan suvning sarfi miqdori.

ω - suv o'tkazgich kolbaning ko'ndalang kesimining maydoni.

$$\frac{h}{l} = J \quad - \text{ bosim gradienti.}$$

K -sizilish koeffitsienti.

J -ni o'rniga qo'ysak

$$Q = K\omega J.$$

Bu formula yer osti suvlari dinamikasida Darsi tenglamasi, Darsi qonuni, sizilishning asosiy qonuni deyiladi.

O'lchamlari:

Agar sizilish vertikal yo'nalishda bo'lsa, $h=l$ bo'lishi mumkin.

Bu holda: $\frac{h}{l} = 1$ bo'ladi.

Formulada:

$$\frac{Q}{\omega} = KJ \quad \text{gidravlikada } Q = \omega v \quad \frac{Q}{\omega} = v; \quad v = KJ$$

v - oqim tezligi agar $J=1$ bo'lsa $v=K$ bo'ladi.

Oqimning o'lchamlari:

Gidravlikada tezlik v o'lchami mm/sek, sm/sek, m/sek, m/sut bo'ladi.

Sizilish koeffitsienti ham huddi shu o'lchamlarda o'lchanadi: ya'ni $v=K$ bo'lsa: K -mm/sek, sm/sek, m/sek, s/kun

$Q = K\omega J$ formulada:

ω -mm², sm², dm², m² agar K mm/sek da qo'yilsa

Q -mm³/sek da bo'ladi

Agar K sm/sek bo'lsa Q -sm³/sek

K dm/sek bo'lsa Q -l/sek

K m/kun t bo'lsa Q m³/kun.

Yuqoridagi formulalarda $v=KJ$ - sizilish tezligi deyiladi.

Lekin, suv sizilganda tog' jinsi zarrachalari orasidan to'liqlilik bilan o'tadi ~~~ chiziqli bilan suvning haqiqiy harakat tezligi uning sizilish tezligidan v dan katta bo'ladi va bu tezlik tog' jinsining g'ovakligiga bog'liq bo'ladi.

Suvning haqiqiy harakat tezligining formulasi: $u = \frac{v}{n}$; $v=un$;

$u = \frac{v}{n}$; bu yerda u -suvning haqiqiy oqim tezligi;

n -suv ushlagich tog' jinslarining g'ovakligi.

2.2.Gruntlardagi suv oqimi turlari

Yer osti suvlari oqimining tog' jinslari qatlamlari bo'ylab harakat qonuniyatlariga ko'ra laminar chiziqli, turbulent chiziqsiz va aralash oqim suv turlariga bo'linadi.

Laminar oqimiga ega bo'lgan yer osti suvlari asosan g'ovakli, mayda donador (qum, qumloq, nisbatan bir xil yirikliklardagi shag'al, gilli) tog' jinslari qatlamlarda vujudga keladi. Oqim erkin, tekis-paralel, uzluksiz bo'lib, tezligi uncha katta bo'lmaydi. Suv sathiga tushadigan bosim atmosfera bosimiga teng bo'ladi.

Laminar orqali yer osti suvlarining harakat qilish qonuniyati birinchi marotaba 1856 yili frantsuz gidravligi A.Darsi tomonidan maxsus tajriba yo'li bilan aniqlangan. Buning uchun kerakli (I) tsilindr olib, qum bilan to'lg'izadi va qum g'ovaklarini suv quyib to'yintiradi. Suvni qum qatlamidan sizib o'tish jarayonida ma'lum qarshilikni engib o'tishni, ya'ni qandaydir darajada bosim sarf qilinishini hisobga olib, tsilindrni yuqori va pastki qismiga bukilgan p'ezometrik naycha o'rnatadi (3,4). Naychalardagi suv har xil sathlarda, yuqoridagisi yuqori, pastdagisi past etib belgilanadi. So'ngra tsilindrda bir xil sathda ushlab turilgan suv kran orqali (I), maxsus idishga (II) oqizilib, suvni qum jinsi g'ovaklari orqali sizib o'tishni ta'minlaydi, ma'lum vaqt davomida oqib o'tgan suv sarfi o'lchab boriladi.

Olingan natijalarni taxlil qilish asosida A.Darsi tsilindrdan ma'lum vaqt birligida sizib o'tgan suv miqdori oqimining ko'ndalang kesim yuzasi, filtratsiya koefftsienti va bosim gradientiga yoki oqim qiyaligi I ga to'g'ri proportsional ekanligini aniqlaydi. Shu bilan u g'ovakli tog' jinslarda yer osti suv oqimini chiziqli filtratsiya qonunini yaratadi. Shuning uchun bu qonun fanda Darsi qonuni deb atalib, quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$Q = K_{\phi} F \frac{h_1 - h_2}{L} = K_{\phi} L J$$

bu yerda: Q -vaqt birligida sizib o'tgan (filtratsiyalangan) suvning miqdori, m^3 -sut; K_{ϕ} -o'rganilayotgan jins uchun doimiy qiymat; jins qatlamining filtratsiya qiymati, m-sut; F -jins qatlamidagi (tsilindrdagi) suv oqimining ko'ndalang kesim yuzasi, m^2 J -bosim gradienti $\frac{h_1 - h_2}{L}$ yoki gidravlik nishoblik (qiyalik); L -filtratsiya (sizib o'tish) yo'lining uzunligi, m-sm.

Tenglamani ikki tomonini, suv oqimining ko'ndalang kesimiga bo'lish $\frac{Q}{F}$ orqali filtratsiya tezligi (V) topiladi, ya'ni

$$V = \frac{Q}{F} = KJ$$

Agar bosim gradienti $J=1$ deb olinsa, filtratsiya tezligi (V) va filtratsiya koefftsienti (K_f) bir-biriga teng ($V=K_f$) bo'ladi. Demak, qiyalik qiymati birga teng bo'lganda, filtratsiya koefftsientining qiymati filtratsiya tezligiga teng bo'ladi. Lekin bu qiymat suvni tog' jinslari g'ovaklari (n) orqali sizib o'tgan haqiqiy filtratsiya koefftsienti bo'lmay, balki suv oqimining ko'ndalang kesim yuzasi suvli qatlamning ko'ndalang kesim yuzasiga teng qilib olingan. Shuning uchun suv oqimining ko'ndalang kesim yuzasi tog' jinslari g'ovaklari yuzasiga teng deb olinadigan bo'lsa, grunt suvlarining haqiqiy tezligi (U) oqim sarfi qiymatini (Q) jins g'ovaklari yuzasi (F_n) nisbatiga teng bo'ladi.

$$U = \frac{Q}{F_n}$$

Yuqoridagi tengliklarni qiyoslash orqali $V=Un$ va deb olish mumkin. Bu demak tog' jinslarining filtratsiya tezligi (V) haqiqiy tezlikning (U) tog' jinslari g'ovakligi (n) ko'paytmasiga tengligini ko'rsatadi.

Tog' jinslari g'ovaklarining qiymati doimo 1 dan kichik bo'lganligi tufayli filtratsiya tezligi doimo g'ovakli tog' jinslari qatlamlari bo'yicha harakat qiluvchi er osti suvlari haqiqiy tezligidan taxminan 3-4 marta kam bo'ladi (Sedenko, 1979).

Turbulent yoki chiziqsiz oqimga ega bo'lgan er osti suvlari g'ovakli yirik donali dag'al shag'altoshlar, nihoyatda seryoriq qoya toshlar g'lvaklari, yoriqlari bo'ylab harakt qiluvchi suvlar bo'lib, harakt yo'li uzoq masofaga cho'zilganligi, oqim tezligini yuqoriligi, notekis girdob hosil qilib oqishi bilan harakterlanadi va oqim harakati bilan kanal, quvurlardan oqayotgan suvlarga o'xshab ketadi. Bu oqim harakat tezligi fanda filtratsiyaning chiziqsiz qonuni deyilib Shezi-Krasnopskiyning quyidagi formulasi bilan ifodalanadi:

Bu yerda: V -tog' jinslarini filtratsiya tezligi;

K_f -tog' jinslarini filtratsiya koefftsienti;

J -gidravlik nishoblik (oqim qiyaligi).

Demak, yer osti suvlarining trabulent harakat tezligi oqim qiyaligining kvadrat ildiziga proportsional bo'ladi.

Yer osti suvlarining harakat tezligi (filtratsiya koefftsienti) odatda mm-sek,

m-sut, km-yil bilan ifodalanadi. Shuningdek yuqorida keltirilgan omillarni hisobga olgan holda qator emirik formulalarning ham taklif etishgan.

Jumladan, A-Gazen granulometrik tadqiqot natijalari asosida qum jinslari uchun quyidagi formulani ishlab chiqadi:

$$KqCd^2_e (0.7q0.037 t) m-sutka$$

Bu yerda S -empirik koefftsient bo'lib, qum donalarning bir xilligiga undagi mavjud aralashmalarga bog'liq. Toza va donalar bir xil qumlar uchun u Sq800-1200, toza bo'lmagan gilli har xil donali qumlar uchun 400-800 oralig'da olinadi (Chapovsqiy, 1968); d_e -qum zarralarning ta'sir etuvchi, ya'ni effektiv

diometri, granulometrik tarkibini ifodolovchi egri ichziqdan mm hisobida aniqlanadi; t-suvning harorati.

Slixter suvlarning g'ovaklik darajalarini hisobga olib, filtratsiya koefftsientni aniqlash uchun quyidagi formula taklif etadi:

Bu yerda: M-jins g'ovakligiga bog'liq bo'lgan koefftsient (1-jadval); d_e^2 -jinslarni effektiv yoki ta'sir etuvchi diametri, mm.

Formulada effektiv diametri 0,01 va 5 mm bo'lgan jinslar uchun qo'llaniladi.

G'ovaklik darajasini ko'rsatuvchi koefftsient M-qiymatlari
(Slixter bo'yicha)

1-jadval

g'ovaklik darajasi	M	g'ovaklik darajasi	M
26	0,01187	35	0,03163
27	0,01350	36	0,03473
28	0,01517	37	0,03808
29	0,01697	38	0,04157
30	0,01905	39	0,04524
31	0,01905	40	0,04922
32	0,02356	41	0,05339
33	0,02601	42	0,05789
34	0,02878	43	-

Har xil tarkibli, mayda donali qumlar hamda strukturasiz gilli jinslarning filtratsiya koefftsientni aniqlashda Kryuger formulasi qo'llaniladi:

Bu yerda: K_{18} -harorati 18⁰S bo'lgan suv oqimining filtratsiya koefftsienti;

-1 sm³ hajmdagi jins donalarining yuzasi;

P-jins g'ovakligi.

Akademik N.N.Pavlovskiy tabiatda chiziqli-lomina yeri osti suvlari harakatini ba'zan trubulent suv harakati bilan almashinishi jarayonlarini hisobga olib, 10⁰S dagi suv harorati uchun yeri osti suvlarini kritik oqim tezligi formulasini taklif etgan:

Bu yerda: V_{kr} -yer osti suv oqimining kritik tezligi;

P-tog' jinslarni g'ovakligi;

Re-Reynoldsa soni, o'rta yiriklardagi qumlar uchun 50-60 ga teng;

d-tog' jins donalarining diametri, mm.

Shuningdek, laminar suv oqimi harakati trubulent suv oqim harakati bilan, ba'zan aralash harakatda bo'lishi ham mumkin. Suvlarning bunday aralash harakati qonuni Smerker formulasi bilan ifodalanadi:

Bu yerda: m-tog' jinslarining xususiyatiga bog'liq bo'lgan kattalik bo'lib 1 dan 2 oralig'ida o'zgaradi. m-1 bo'lganda $V=KJ$; m-2 bo'lganda $V=KJ$ bo'ladi (Mavlonov va b.q., 1976).

Olimlar oqimlar turini aniqlash ustida tadqiqot ishlari olib borishgan. Ko'pchilik olimlar fikricha, agar suv o'tkazgich tog' jinslarining sizilish koeffitsienti 1000 m/sut dan kam bo'lsa, oqim laminar bo'ladi, Darsi tenglamasi ishlatiladi. Agar oqim tezligi 1000 m/sutkadan ortiq bo'lsa oqim-turbulent bo'ladi. Oqim tezligi 500-1000 m/sut. orasida bo'lsa-oqim aralash bo'ladi.

Gidravlikada laminar va trubulent oqimlar Reynolds soni orqali aniqlanadi. Formulasi:

$$R_e = \frac{\omega d}{\nu}.$$

Bu yerda R_e –Reynolds soni. Agar $R_e < 2300$ bo'lsa harakat laminar, agar $R_e > 2300$ bo'lsa-harakat trubulent bo'ladi.

Bu formulada:

ω -suyuqlik harakatining o'rtacha, sm/sek.

d-oqim diametri, kesimning chiziqli o'lchovi, sm

ν -suv elimsimonligi-vyazkost, sm^2/sek .

2.3. Qatlamlararo bosimsiz va bosimli artezian yer osti suvlari

Qatlamlararo bosimli va bosimsiz artezion suvlar deganda yer yuzasiga nisbatan ancha chuqur, yuqori va past tomonga qarab o'zidan suv o'tkazmaydigan, ikki va undan ortiq qatlamlar orasiga joylashgan g'ovakli, yoriqli tog' jinslaridagi yer osti suvlari tushuniladi.

Qatlamlararo bosimsiz er osti suvlari. Qatlamlararo bosimsiz yer osti suvlariga xos eng asosiy hususiyatlar quydagilardan iborat:

1.Qatlamlararo bosimsiz suvlar ko'p hollarda grunt suvlaridan pastda yotad;

2.Suv oqimi harakat qilayotgan hududni yer yuzasi baland pastliklardan iborat bo'lib, daryo va uni irmoqlari bilan bo'linib,qirqib tashlangan bo'ladi;

3.Yer osti suv oqimi daryo o'zaniga nisbatan ancha balandda joylashganligi bilan harakterlanadi;

4.Qatlamlararo yer osti suvlari daryo vodiylari, tog' yon bag'irlari, jarliklarga buloqlar xolatida chiqib, yer usti suvlari oqimini oziqlantiradi va ko'paytiradi;

5.Qatlamlararo suvlarning vujudga kelish oblasti ancha uzoqda o'rta va baland tog'li mintaqalarga to'g'ri keladi;

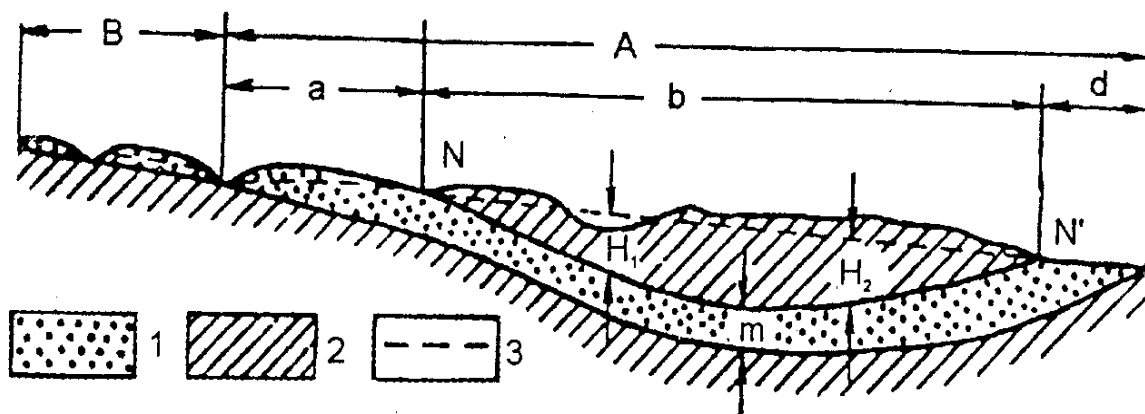
6.Qatlamlararo yer osti suvlari harakat qiluvchi tog' jins qatlamlarining bir tomoni o'rta va baland tog'li mintaqalarida bo'lsa, ikkinchi tomoni daryo vodiylarida, tog' yon bag'irlarida ochilmalar holatida bo'ladi;

7.Bu yer osti suv oqimi harakat qiluvchi tog' jins qatlami suv bilan butunlay to'lmagan bo'ladi.

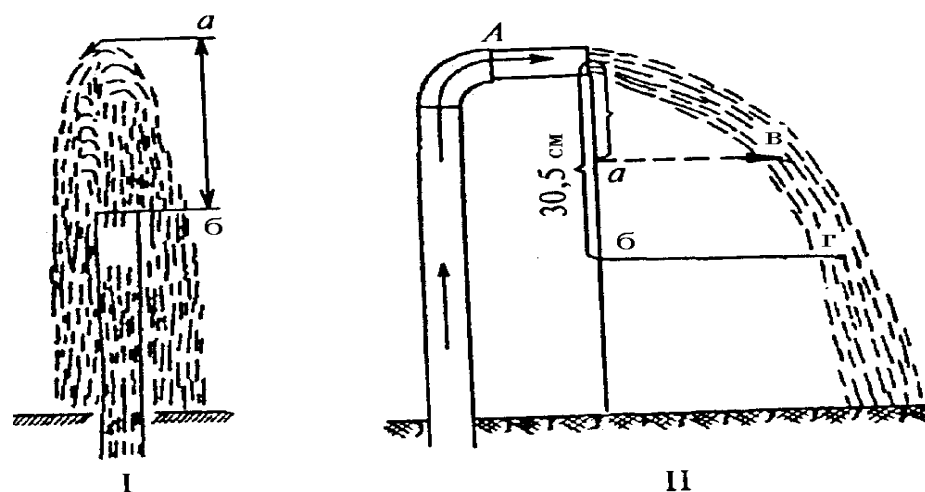
Qatlamlararo bosimsiz suvlarni oziqlanish maydoni tog'li o'lkalarda bo'lganligi uchun va tog' jins qatlamlari oralig'ida harakat qilganligi sababli kam

mineralizatsiyalashgan, tozza va tiniq bo'lib, eng asosiy ichimlik suvi manbai hisoblanadi.

Artezian suvlar va ularni asosiy hususiyatlari. Bu xildagi yer osti suvlari asosan tektonik jixatdan botiq hududlarda mansub bo'lib, o'zidan suv o'tkazmaydigan ikki qatlam oralig'idagi tog' jinslari g'ovaklarini va yoriqlarini butunlay suv bilan to'ldirgan holatda va doimo ma'lum darajadagi gidrostatik bosim ostida yotadi (3-rasm). Bunday qatlamlararo suv sathiga burg'u quduqlari qazib tushirilgan taqdirda, suv yuqoriga qarab ma'lum balandlikka qadar ko'tariladi.



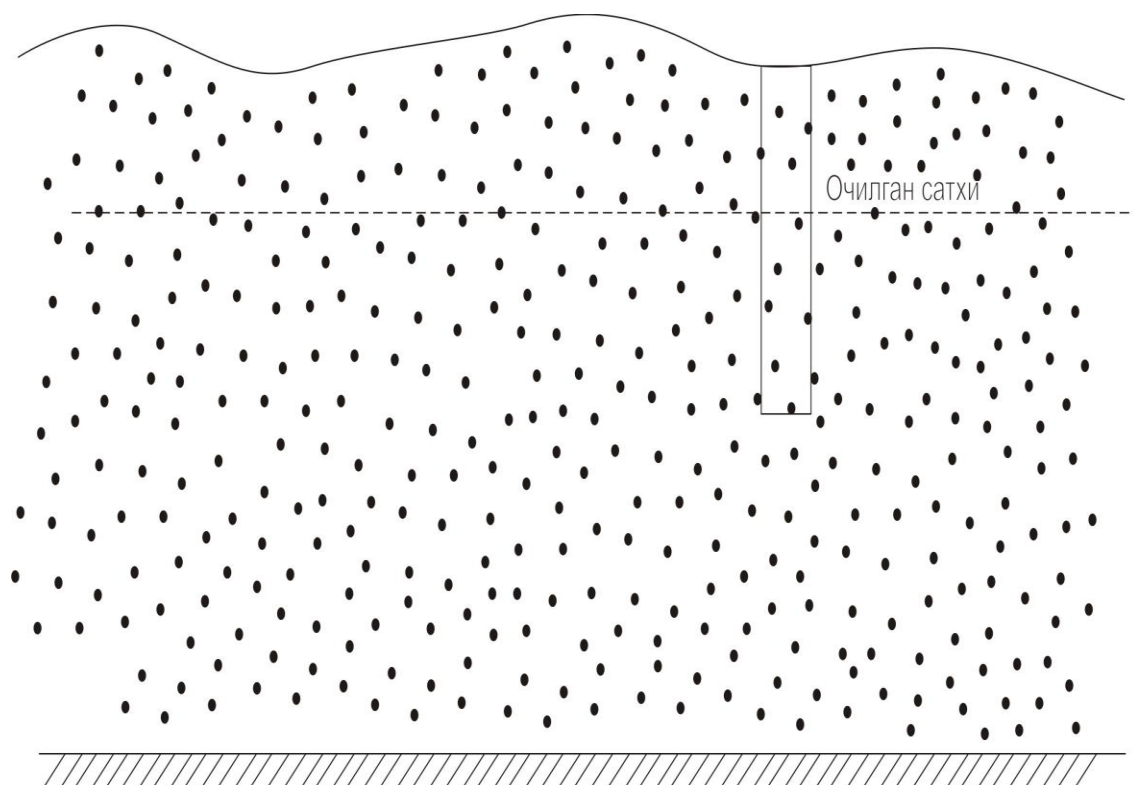
3.-rasm. Artezian suvlarini paydo bo'lish sxemasi (A.M.Ovchinnikov bo'yicha). 1-suvli qatlam; 2-suv o'tkazmaydigan qatlamlar; 3-artezian suvini pe'zometrik satxi; A-artezian suvining tarqalish chegarasi; a-artezian suvini oziqlanish joyi; b-artezian suv bosimi vujudga kelish joyi; v-artezian suvini sarflanish joyi; V-grunt suvlari tarqalish hududi; N_1 -suv bosimini er yuzasidan pastki satxi; $N-N^1$ -cuvning pe'zometrik yuzasi; m-suvli qatlam qalinligi



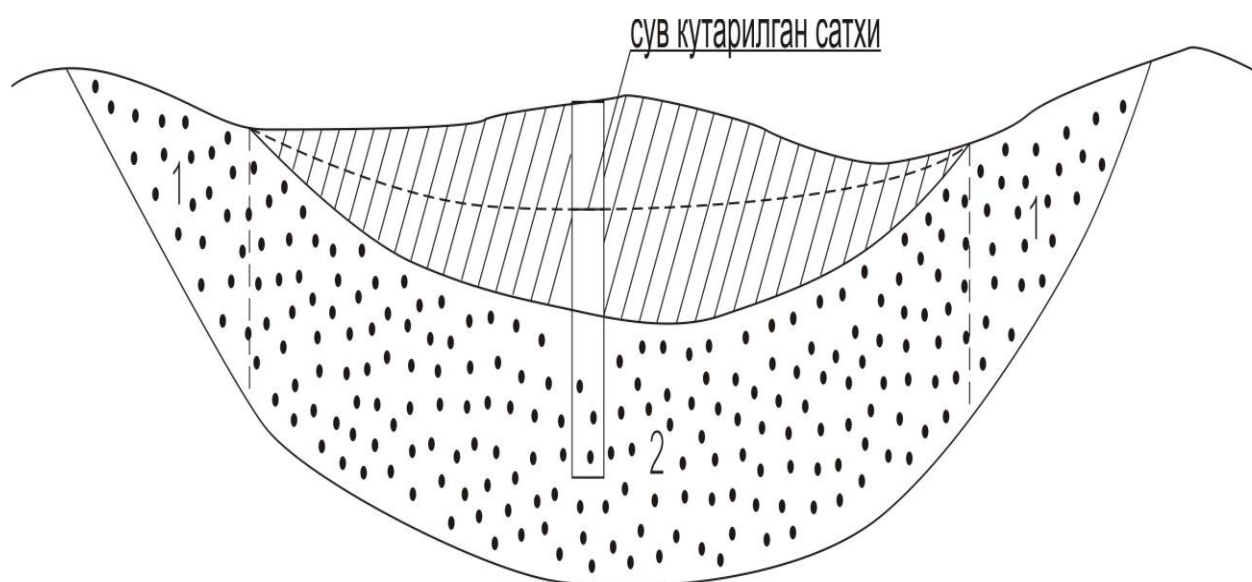
4-rasm. qatlamlararo bosimli suvlarni burg'u qudug'i orqali er yuzasiga fontan bo'lib otilib chiqish xolatlari (M.E.Altovsqiy bo'yicha) I-a,b fontan balandligi; II-suvli quvurlar orqali berib gorizonta (A) yo'naltirilishi; a,b va v,g suv debitini o'lchash vaqtidagi masofa.

Suvli qatlamni yuqorigi chekkasidan boshlab ko'tarilgan suv balandligi gidrostotik bosim deb, ochilgan burg'u qudug'i bo'ylab yuqoriga ko'tarilgan (N_1 va N_2 balandlikka) suv sathi (N_1 va N_2) p'zometrik yuza deb ataladi. qatlamlararo bosimli suvlar ba'zan yer yuzasidan ancha balandlikkacha fantan bo'lib otilib chiqishi ham mumkin (3.2-rasm). Yer yuzasiga tabiiy bosim ostida fantan bo'lib otilib chiquvchi suvlar qadimgi Misrda va Gretsiyada bundan 4000 yil avval ma'lum bo'lgan. Yvropada esa o'zi otilib chiquvchi suv Frantsiyaning Artua provintsiyasida (qadimgi Arteziyada) 1126 yili ochilgan. Shuning uchun yer osti suvlarining bu turi artezian suvi nomi bilan, suv chiqarib olish uchun qazilgan burg'u quduqlarini artezian quduqlari nomi bilan atalib kelinadi.

5-rasm.Grunt suvi



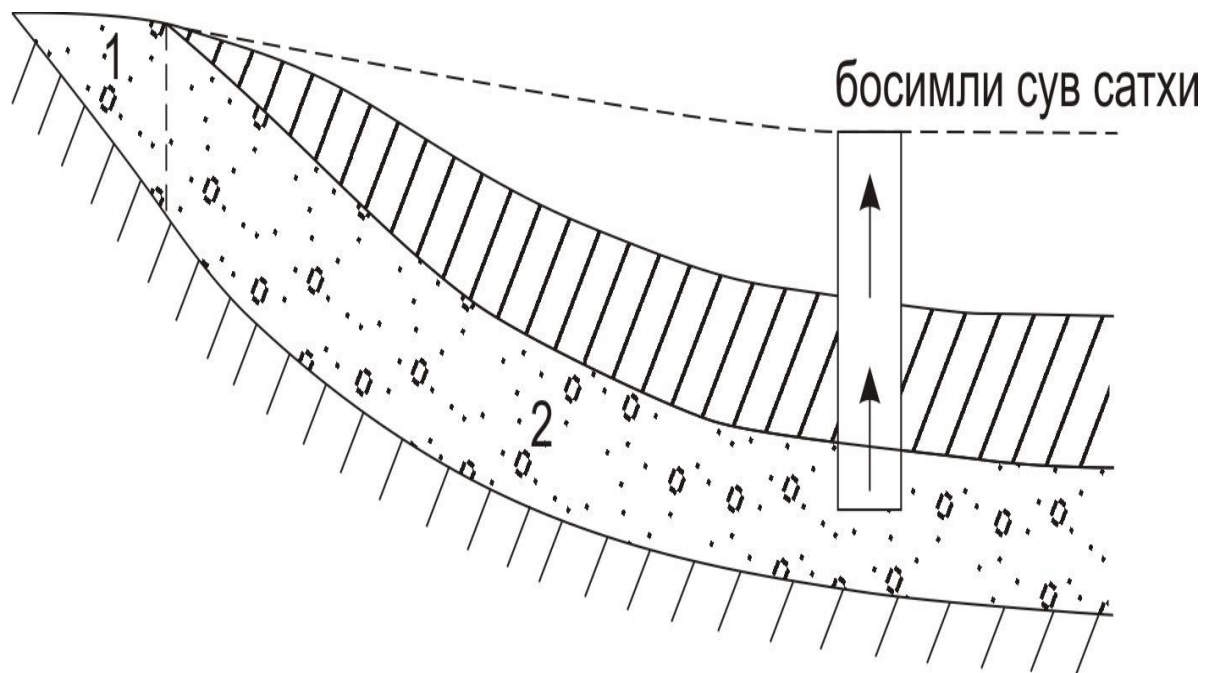
6-rasm. Bosimli suv



1-grynt suvi

2-bosimli suv

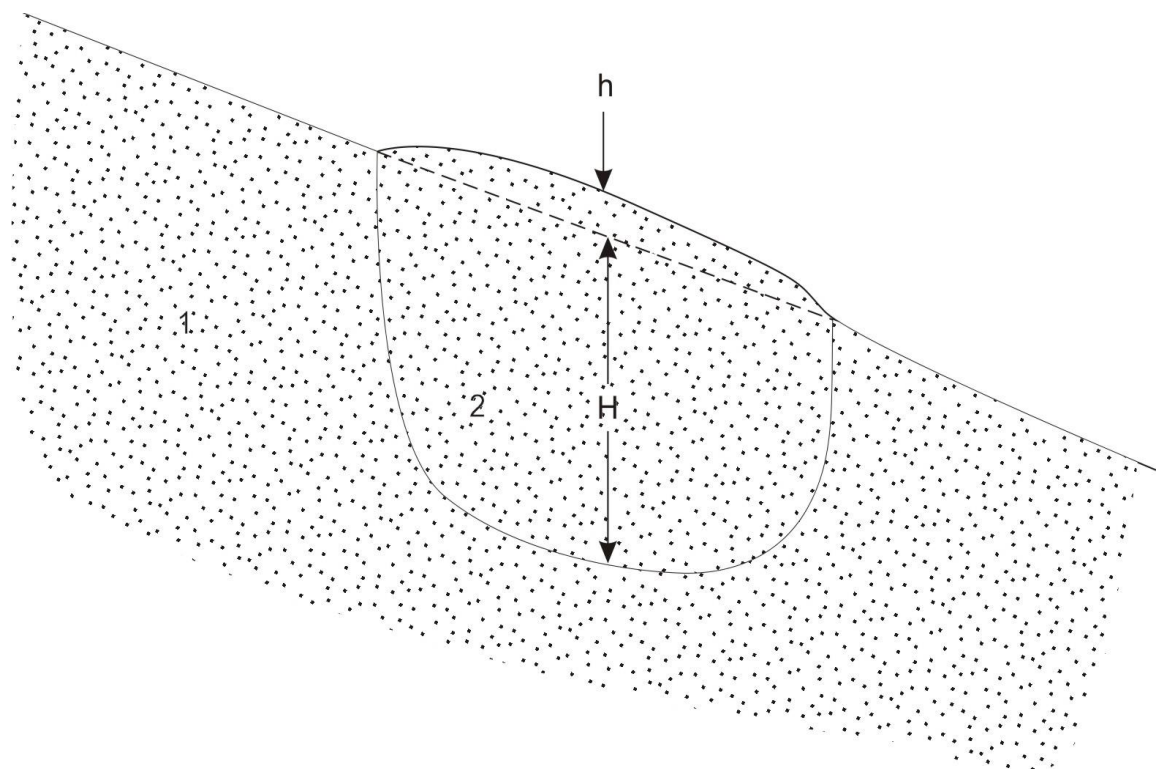
7-rasm. Artezian suvi



1-bosimsiz suv

2-bosimli artezian suv

8-rasm. Chuchuk linzalar



1-sho'r suv zonasi

2-chuchuk suv zonasi

tenglama:

$$H + h = 1,024 \times H$$

$$h = 1,024 \times H - H = 0,024 H$$

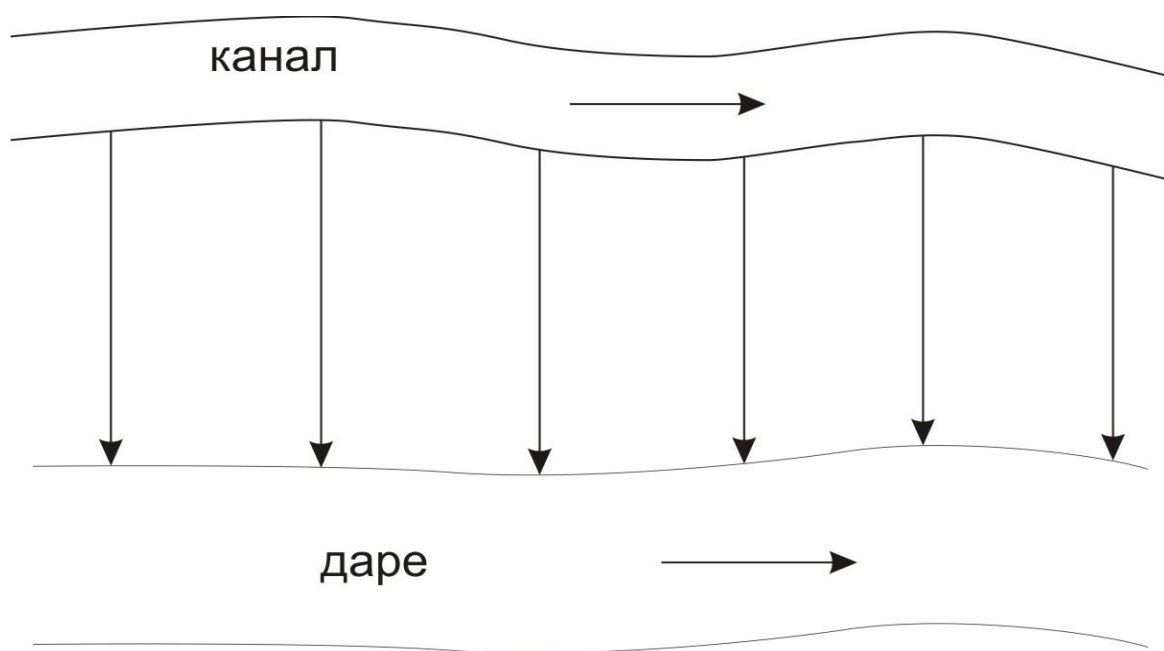
$$h + H = h + 42 h = 43 h$$

$$H = 42 h$$

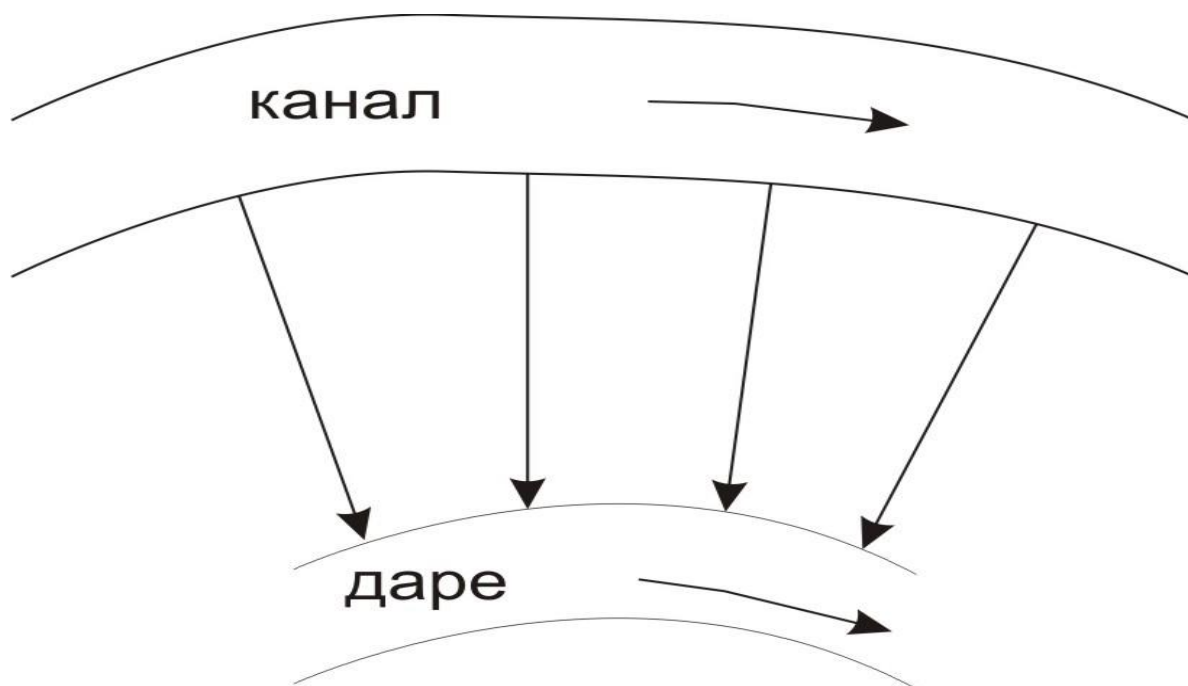
2.4. Yer osti suvlarining oqim chiziqlari tiplari.

Oqim chiziqlarining yo'nalishi bo'yicha oqimlar tekis to'g'ri chiziqli va radial ko'rinishda bo'ladi.

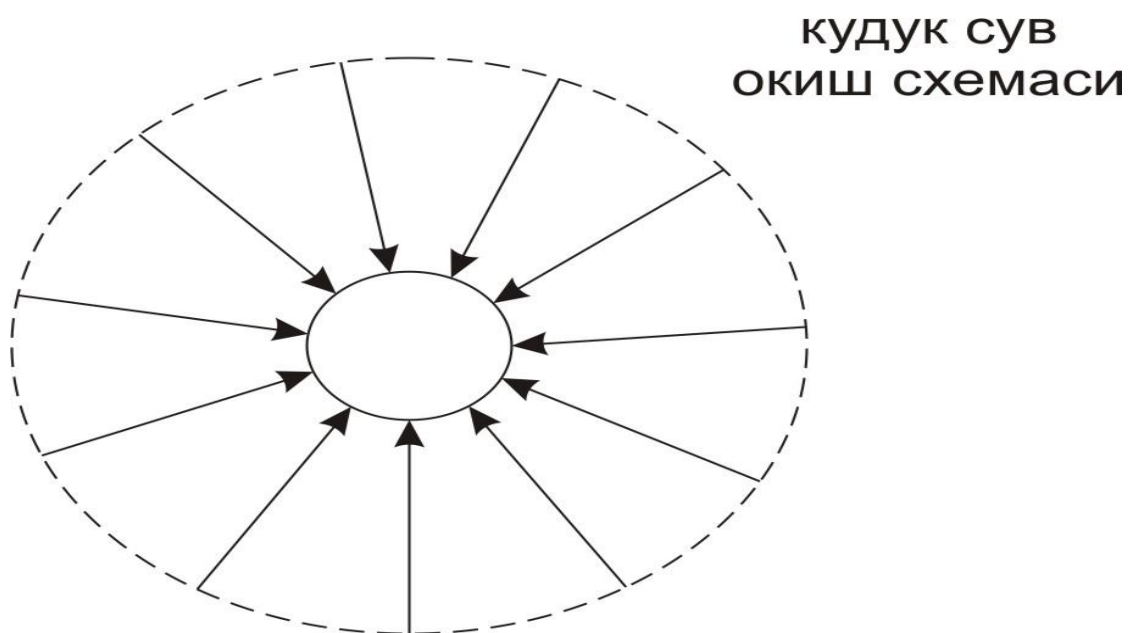
9-rasm. Tekis – to'g'ri chiziqli oqim



10-rasm. Radial oqim



11-rasm. Aylanma chiziqli oqim

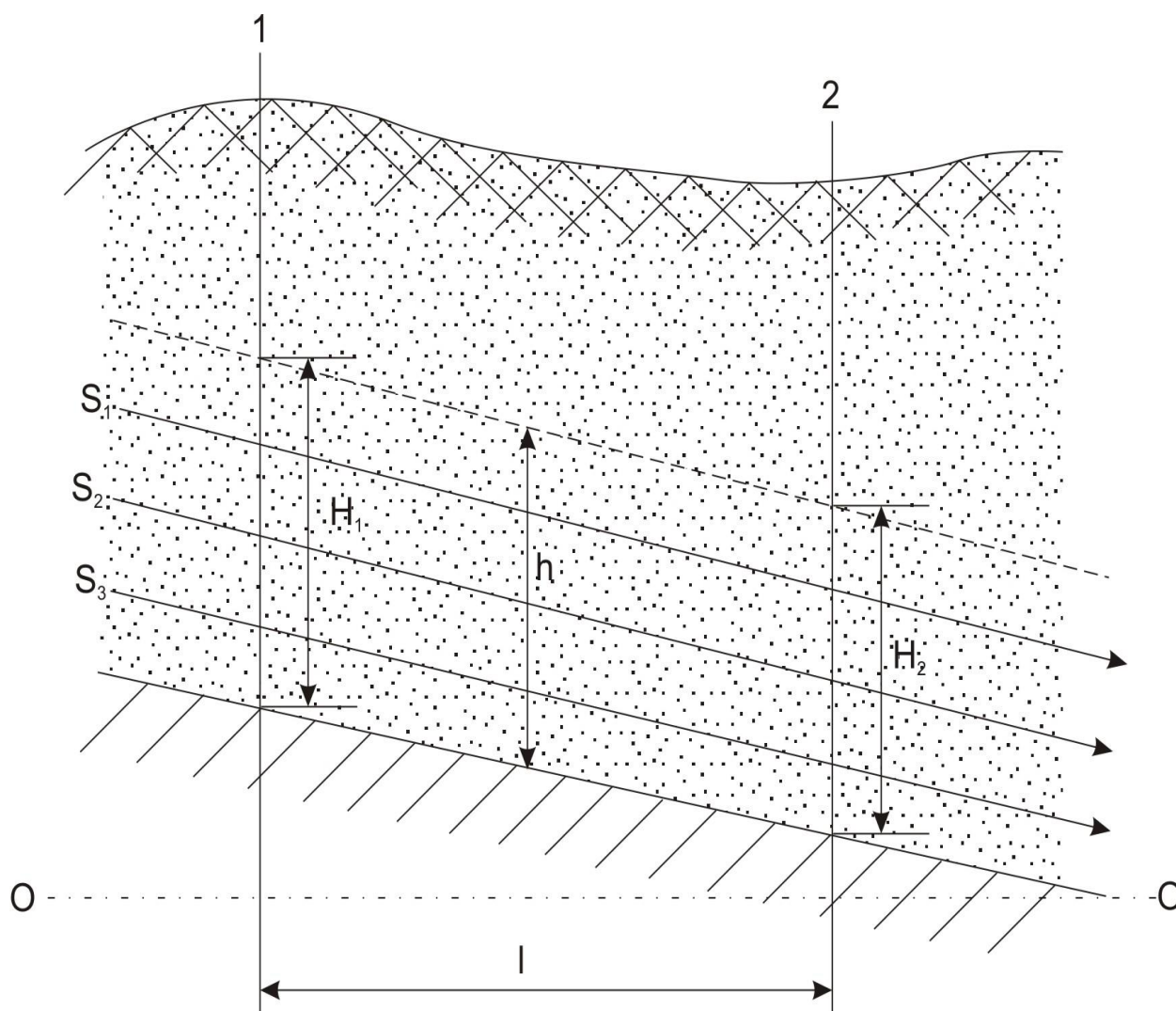


Takrorlash va tekshirish uchun savollar

1. Sizilish deganda nimalarni tushunasiz?
2. Yer osti suvlarini yig'ilishida sizilishni ahamiyati qanday?
3. Oqim turlari qanday bo'ladi?
4. Yer osti suvlarini tekis va notekis harakati qanday aniqlanadi?
5. Yer osti suvlarining qanday tiplarini bilasiz?
6. Artezian suvlari qanday er osti suvlari tipiga kiradi?
7. Yer osti bosimli suvlari qanday aniqlanadi?
8. Yer osti bosimsiz suvlari qanday aniqlanadi?
9. Bosimli suvlar erning qaysi qismida yotadi?
10. Qanday suvlarga grynt yoki grunt suvlari deb ataladi?

3. YER OSTI SUVLARINI TEKIS VA NOTEKIS HARAKATI

3.1. Grynt suvining tekis harakati.



12-rasm. Grynt suvining tekis harakati

Bu yerda: S_1, S_2, S_3 - grynt suvini oqim chiziqlari

N_1 va N_2 – 1 va 2-chi kesimdagi suv gorizontining
absolyut balandligi.

h –suv ushlagich qatlamining qalinligi.

Tekis oqimda K , ω va J oqim davomida o'zgarmas bo'ladi. Darsi tenglamasi bo'yicha

$$Q = v\omega; \quad v = KJ; \quad J = \frac{H_1 - H_2}{l}; \quad \omega = hV$$

Bu yerda: v -sizilish tezligi

K -sizilish koefitsienti

J -bosim gradienti

ω - oqimning ko'ndalang kesimining maydoni

h -suv ushlagich qatlamni qalinligi

V -suv ushlagich qatlamining kengligi

Belgilarning qiymatini formulaga qo'ysak:

$$Q = K * h * B \frac{H_1 - H_2}{l} = KhBJ$$

$Q=KhVJ$ – bu grynt suvining tekis oqimining tenglamasi.

1) To'la va solishtirma sarf (полный и удельный расход).

Yuqoridagi tenglamalarda $\omega=hV$ qabul qilindi.

Bu xolda $Q=KhVJ$ bo'ladi.

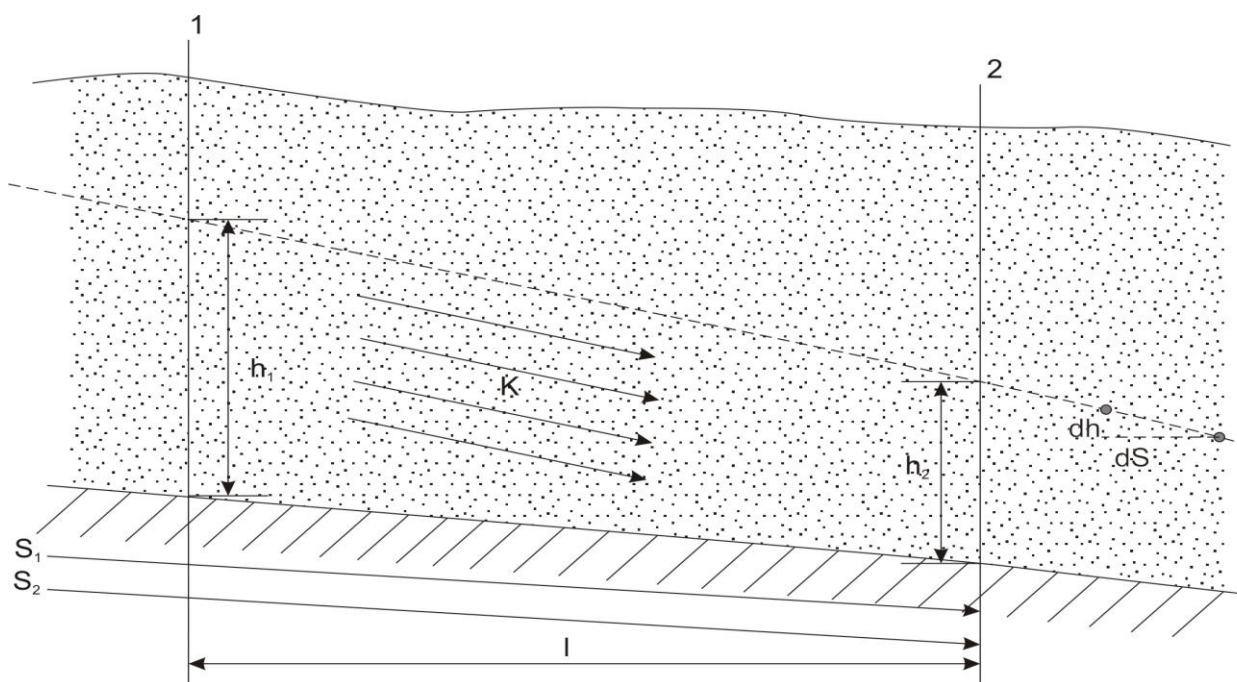
Oqim kengligining 1m da bo'ladigan sarfni solishtirma (удельный расход) sarf deyiladi va q bilan belgilanadi.

Solish'tima sarf: $\frac{Q}{B} = q$; $q = KhJ$; $Q = KhBJ$.

Q -oqimning to'la sarfi.

q -oqimning solishtima sarfi.

2) Grynt suvining notekis oqimi. (неравномерное движение подземных вод).



13-rasm. Sxemada suv o'tkazmas asos-gorizont.

S_1 va S_2 -birinchi va ikkinchi kesimgacha kelgan oqim chiziqlari notekis oqimda oqim chiziqlari oqimining faqat pastki qismida tekis bo'ladi.

Yuqoriga ko'tarilgan sari oqim chiziqlari egilib, oqim notekis ko'rinishga ega bo'ladi.

Darsi qonuni, bo'yicha oqimning sarf tenglamasi:

$$Q = K\omega J; \quad q = KhJ;$$

Juda kichkina oqim masofasi uchun

$$J = -\frac{dh}{ds}$$

Bu yerda: dh -oqim yo'lida grynt suvi satxining pasayishi;

ds -oqimning cheksiz kichkina masofasi.

Ishora “-” oqim chizig'i o'sishi bilan uning qalinligi miqdori kamayib boradi. SHuning uchun “-” ishorasi qo'yiladi.

$$q = -Kh \frac{dh}{ds}.$$

Differentsial tenglama tuzsak $\frac{q}{K} ds = -h dh$

Bu tenglama S_1 va S_2 oqim chiziqlari orasida integrallasak:

$$\frac{q}{K}(S_2 - S_1) = \frac{h_1^2 - h_2^2}{2}.$$

Chizmada $S_1 - S_2 = l$ va tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$q = K \frac{h_1^2 - h_2^2}{2l}$$

Bu tenglama –grynt suvining oqimining solishtirma sarf tenglamasi Dyupyui tenglamasi deyiladi.

Bu tenglamani boshkacha ko'rinishda yozish mumkin

$$q = K \frac{h_1^2 - h_2^2}{2l}; \quad q = K \frac{h_1 + h_2}{2} * \frac{h_1 - h_2}{l} * \frac{h_1 + h_2}{2} = h_m;$$

$$\frac{h_1 - h_2}{l} = J_m;$$

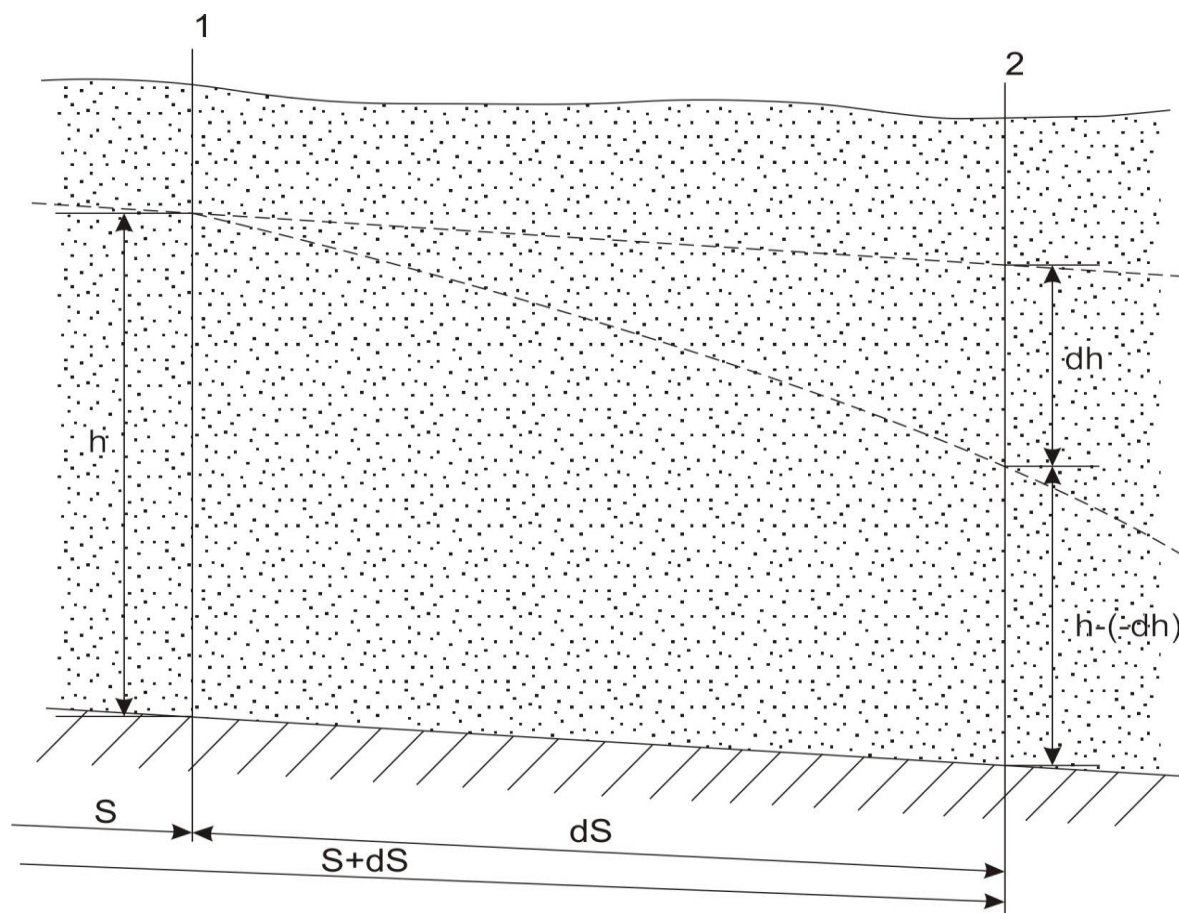
Bu tenglama h_m – suv ushlagich qatlamining 1 va 2-chi kesimlar orasidagi o'rtacha qalinligi, J_m -bosim gradientining 1 va 2-chi kesimlar orasidagi o'rtacha qiymati. Qiymatlarini tenglamani qo'ysak; $q = K h_m J_m$

Bu Darsi tenglamasining ko'rinishi.

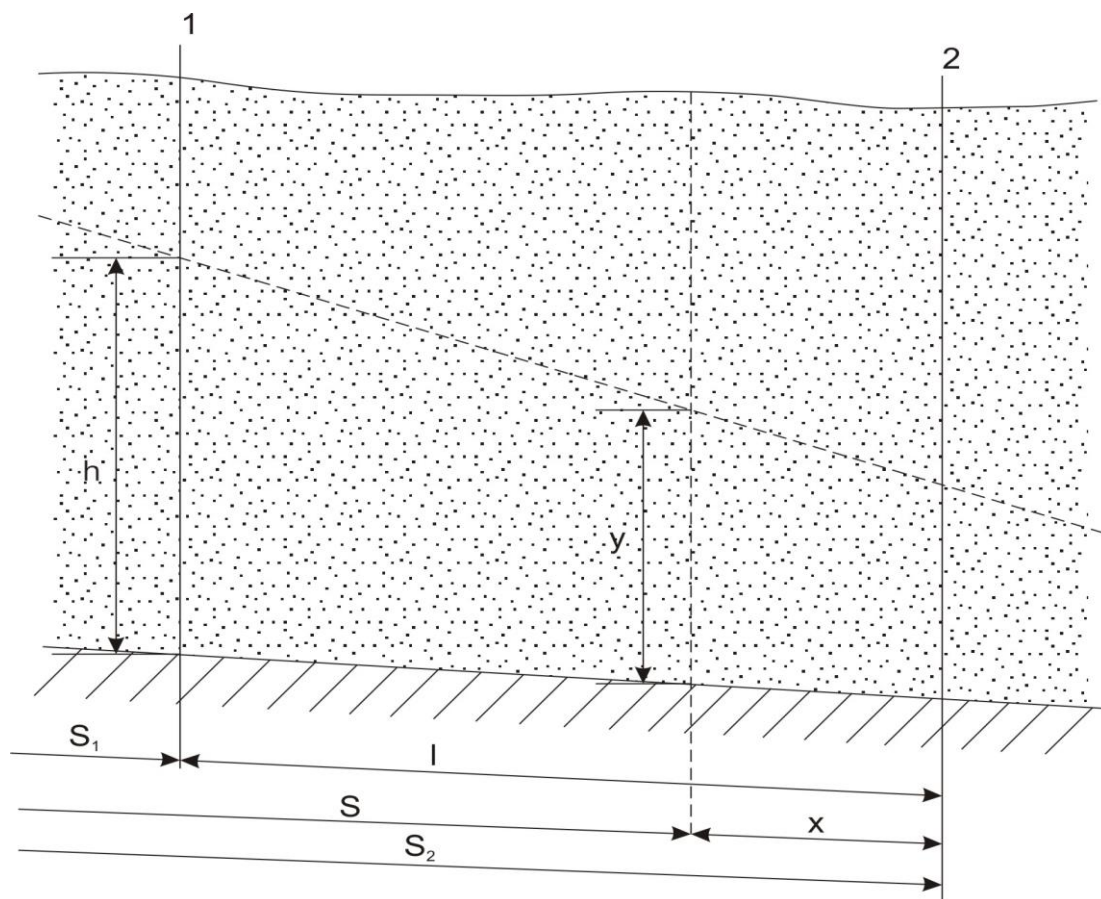
3) Notekis grynt suvi oqimining depression egri chizig'ining tenglamasi.

$$q = K \frac{h_1^2 - h_2^2}{2l}; \quad \frac{2q}{K} = \frac{h_1^2 - h_2^2}{l}; \quad (1)$$

14,15-rasm. Notekis grynt suvi oqimining depression egri chizig'i



15-rasm



h_1 va h_2 ning l masofa oralig'ida xoxlagan “X” masofadan oqib o'tgan suv sarfining miqdori o'zgarmas bo'ladi. Shuning uchun yozish mumkin

$$\frac{2q}{K} = \frac{y^2 - h_2^2}{2x}; \quad \frac{2q}{K} = \frac{y^2 - h_2^2}{x}; \quad (2)$$

Bu (1) va (2) tenglamalarning chap tomonlari teng, shuning uchun

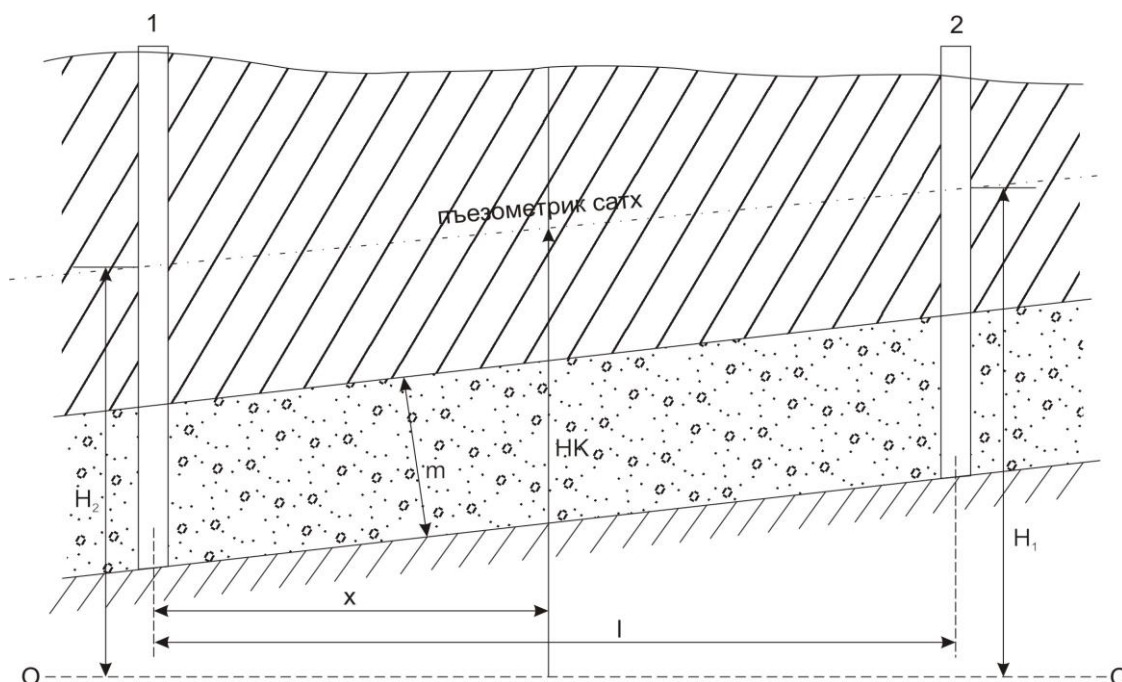
$$\frac{h_1^2 - h_2^2}{x} = \frac{y^2 - h_2^2}{x}.$$

Bu tenglamalardan “u” ni aniqlaymiz:

$$y = \sqrt{h_2^2 + \frac{x}{l}(h_1^2 - h_2^2)}$$

Bu tenglama notekis grynt suvining oqimida xosil bo'ladigan depression egri chiziqning tenglamasi. Bu tenglama yordamida masofa “x” ning qiymatini qo'yib depression egri chiziqning xolatini, ya'ni suv satxining balandligini xoxlagan nuqtada hisoblash mumkin.

16-rasm. Bosimli (artezian) suvlarining tekis harakati.



Tekis harakat bo'lganda bosimli suvlarning oqimi xam to'g'ri chiziqli sizilishi, ya'ni laminar harakat qonuniga bo'ysunadi.

Bu holatda bosimli suvlarning tekis harakatidagi sarfi quyida keltirilgan Darsi formulasi bilan hisoblanadi:

$$Q = KBh \frac{H_1 - H_2}{l}.$$

Bu formulada h-grynt suvi ushlagich qatlam qalinligi. Bosimli suvlarda esa suv ushlagich qatlam qalinligi “m” deb belgilanadi. YUqoridagi formulada h ni m bilan almashtirsak:

$$Q = KBm \frac{H_1 - H_2}{l}; \quad q = KmJ$$

Bosimli suvlarning shakllangan tekis harakatdagi depression chiziqning tenglamasi.

$$Q = KBm \frac{H_1 - H_2}{l}$$

$$q = Km \frac{H_1 - H_2}{l}$$

Ikiknchi skvajinadan “x” masofada oqib o'tgan suvning sarf tenglamasi:

$$q = Km \frac{H_1 - H_2}{x}$$

Bu yerda “N” bosimli suvning hisoblidigan balandligi.

Bu tenglamalarni quyidagicha yozamiz.

$$\frac{q}{Km} = \frac{H_1 - H_2}{l} \quad \text{va} \quad \frac{q}{KM} = \frac{H_1 - H_2}{x}$$

Bu tenglamalarni chap tomonlari teng bo'lgach o'ng tomonlari ham teng bo'ladi.

$$\frac{H_1 - H_2}{l} = \frac{H - H_2}{x}$$

Bu yerda
$$H = H_2 + (H_1 - H_2) \frac{x}{l}$$

Bu tenglama N_1 va N_2 kesimlar orasidagi N_2 dan “x” masofada bo'lgan xoxlagan “N” kesimida suv satxining absalyut balandligi miqdori tenglamasi.

Bu tenglamada: Agar $x=0$ bo'lsa, $H=H_2$ bo'ladi.

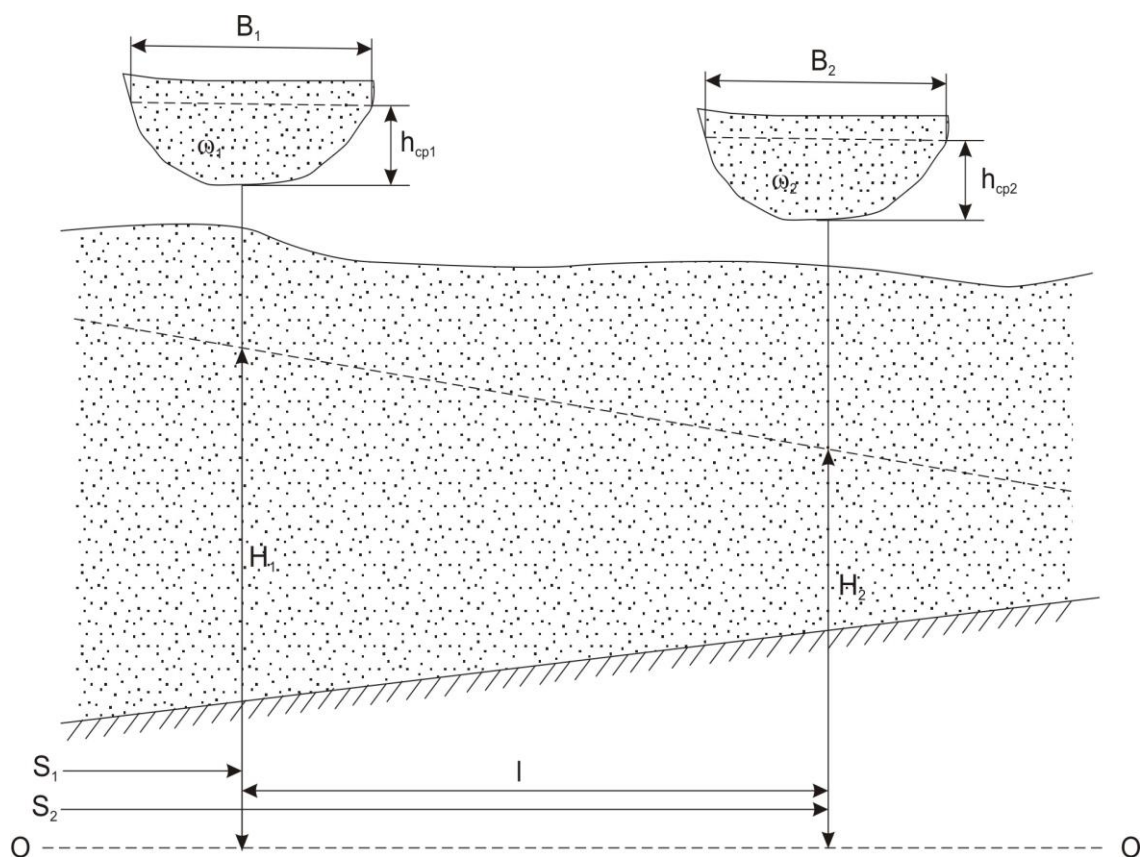
Agar $x=l$ bo'lsa $H=H_1$ bo'ladi.

2) grynt suvlarining daryo vodiylarida notekis oqimini sarf tenglamasi. (uravnenie nerovnomernogo gruntovix vod v rechnix dolinax)

Grynt suvlarining o'zgaruvchan kenglikdagi (daryo vodiysi, radial oqim) notekis oqimining sarfini aniqlash uchun G.N.Kamenskiy quyidagi tenglamani taklif qiladi:

$$Q = K \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} x \frac{H_1 - H_2}{l}$$

17-rasm. Grynt suvlarining o'zgaruvchan kenglikdagi (daryo vodiysi, radial oqim) notekis oqimi



$$\omega_1 = h_{sr1} \times V_1$$

$$\omega_2 = h_{sr2} \times V_2$$

$$Q = \frac{h_{cp1} \times B_1 + h_{cp2} \times B_2}{2} \times \frac{H_1 + H_2}{l}$$

Bu yerda: Q-grynt suvi oqimining sarfi

V_1 va V_2 – oqimning birinchi va ikkinchi kesimidagi oʻrtacha kengligi;

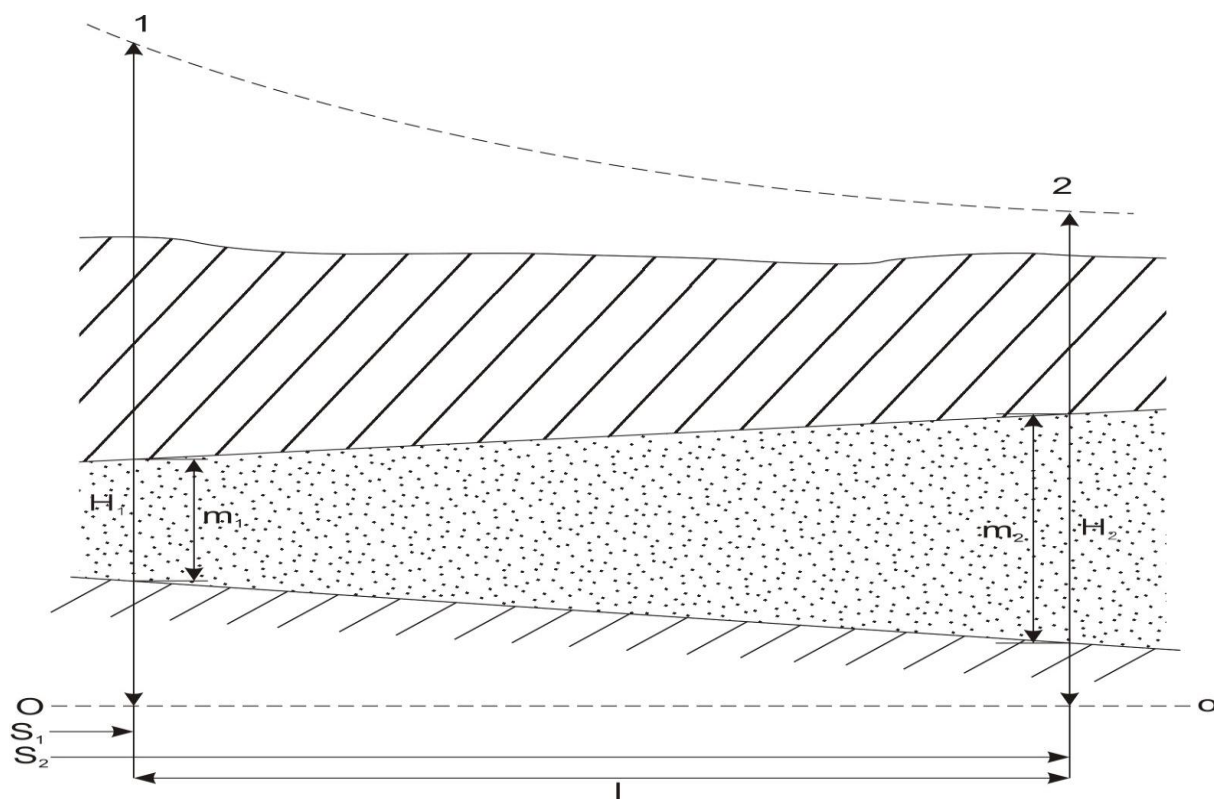
h_{sr1} va h_{sr2} – oqimning birinchi va ikkinchi kesimdagi oʻrtacha qalinligi.

ω_1 va ω_2 – oqimning birinchi va ikkinchi kesimdagi satx balandligining absolyut atmetkasi.

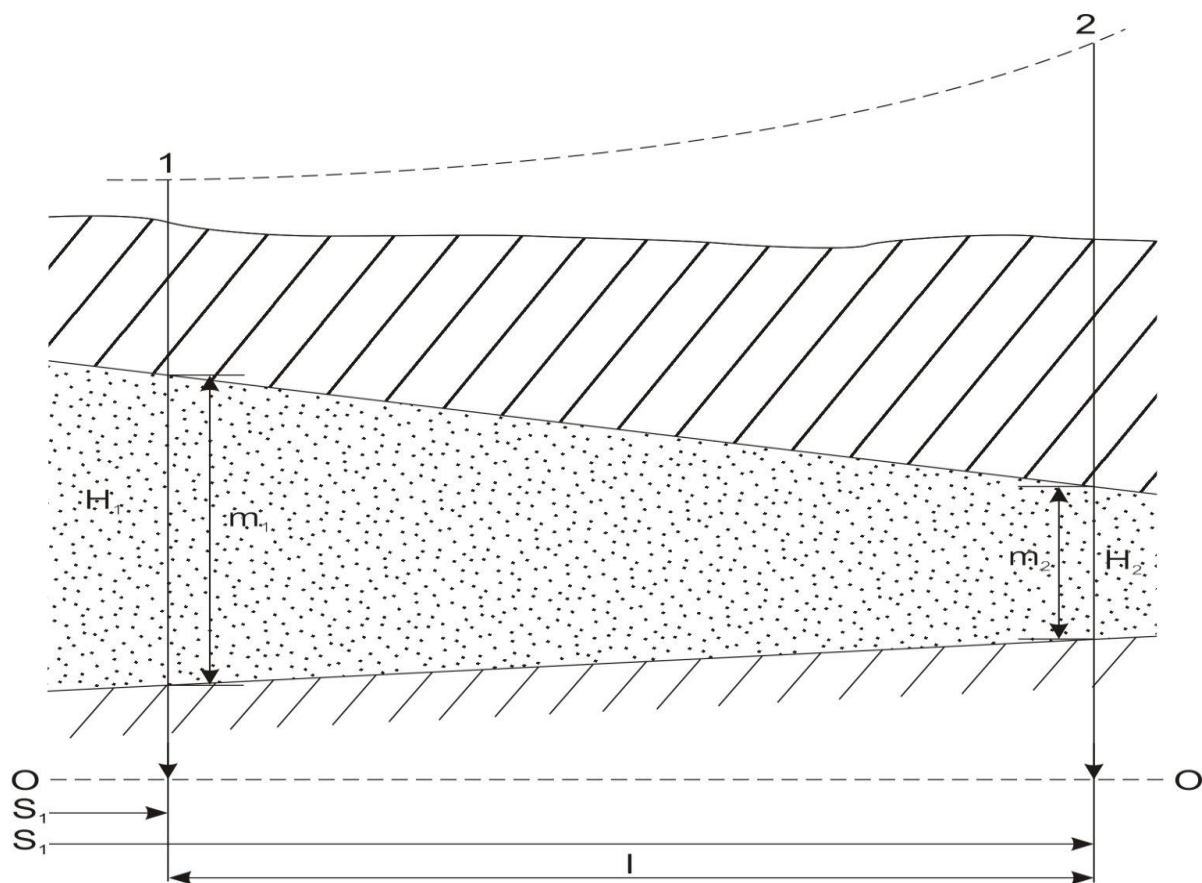
l-kesimlar orasidagi masofa

3.2. O'zgaravchan qalinlikdagi qatlamlardan suv oqimining sarf tenglamasi.

18-rasm. Suv o'tkazuvchi qatlamning qalinligi oqim davomida ko'payadi



19-rasm. Suv o'tkazuvchi qatlamning qalinligi oqim davomida kamayadi



Birinchi sxemada suv o'tkazuvchi qatlamning qalinligi oqim davomida ko'payadi. Shuning uchun depression egri chizig'i qobariq.

Grynt suvlarini oqimining sarfini hisoblash uchun Dyupyui tenglamasi quyidagicha:

$$q = K \frac{h_1 + h_2}{D} * \frac{H_1 - H_2}{l}$$

Bosimli suvlar uchun hisoblash tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$q = K \frac{m_1 + m_2}{2} * \frac{H_1 - H_2}{l}$$

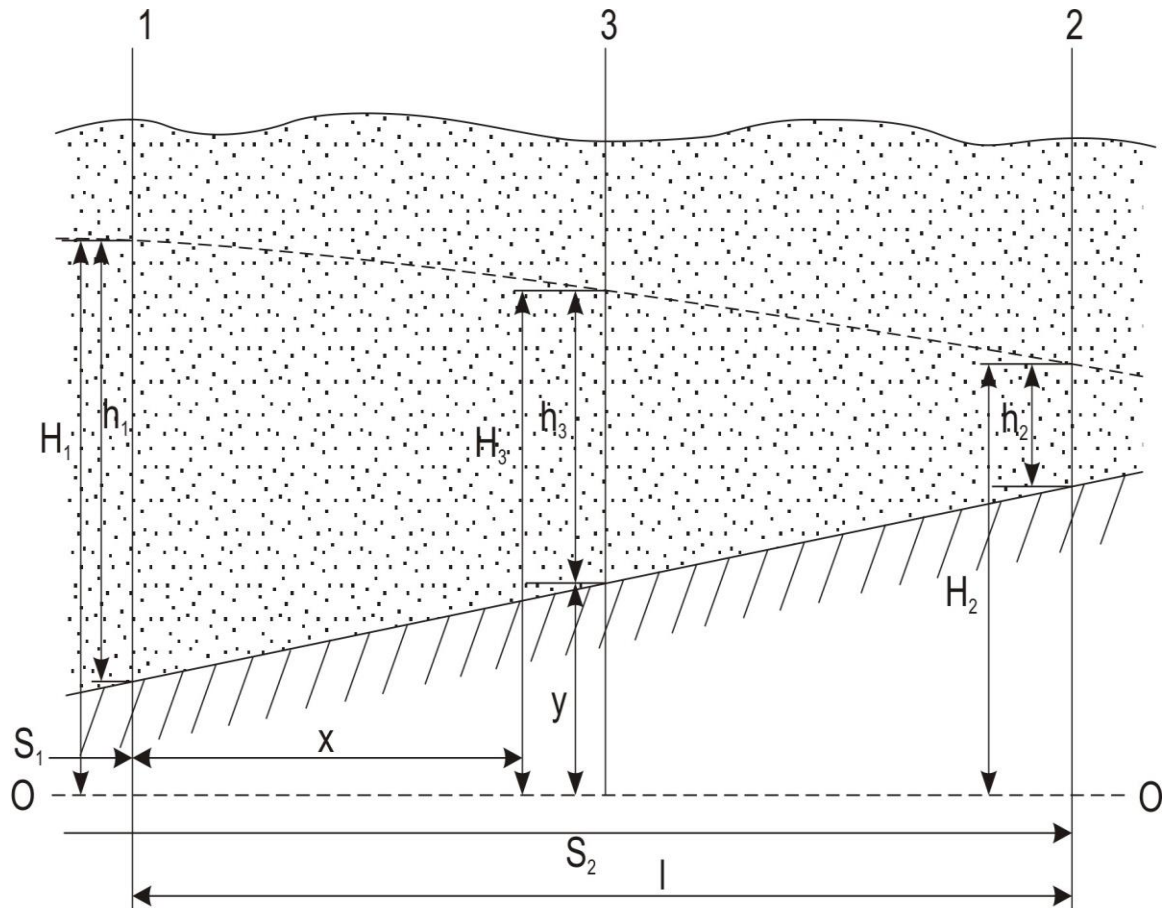
$\frac{m_1 + m_2}{2} = m_{cp}$ suv ushlagich qatlamning kesimlar orasidagi o'rtacha qalinligi.

$\frac{H_1 - H_2}{l} = J_{mcp}$ suv satxining kesimlar orasidagi o'rtacha bosim gradienti.

Belgilarni qiymatini formulaga qo'ysak:

$$q = K m_{sr} J_{msr} \text{ bo'ladi.}$$

3.3. Suv o'tkazmas asosi og'ma bo'lgan grynt suvi oqimining depression egri chizig'i tenglamasi.



20-rasm. Suv o'tkazmas asosi og'ma bo'lgan xolat. Keltirilgan sxemada 1 va 2 kesimlar orasidan oqib o'tgan suvining miqdori Dyupyui tenglamasi bo'yicha quyidagiga teng:

$$q = K \frac{h_1 + h_2}{2} * \frac{H_1 - H_2}{l} \quad \text{va} \quad q = K \frac{h_1 + h_3}{2} * \frac{H_1 - H_3}{x}$$

Bu tenglamalarda chap tomondagi “q” bir xil, o'ng tomonini ikkala formulasini “2k” qisqartirib yozamiz:

$$\frac{(h_1 + h_2)(H_1 - H_2)}{l} = \frac{(h_1 + h_3)}{x}$$

Bu tenglamada noma'lum belgilar h_3 va H_3 .

Sxemada $h_3 = H_3 - u$ yozamiz

$$\frac{(h_1 + h_2)(H_1 - H_2)}{l} = \frac{(h_1 + H_3 - y)(H_1 - H_3)}{x}$$

“x” qiymatini berib noaniq N_3 ni, keyin noaniq h_3 ni topamiz. “u” ning qiymati:

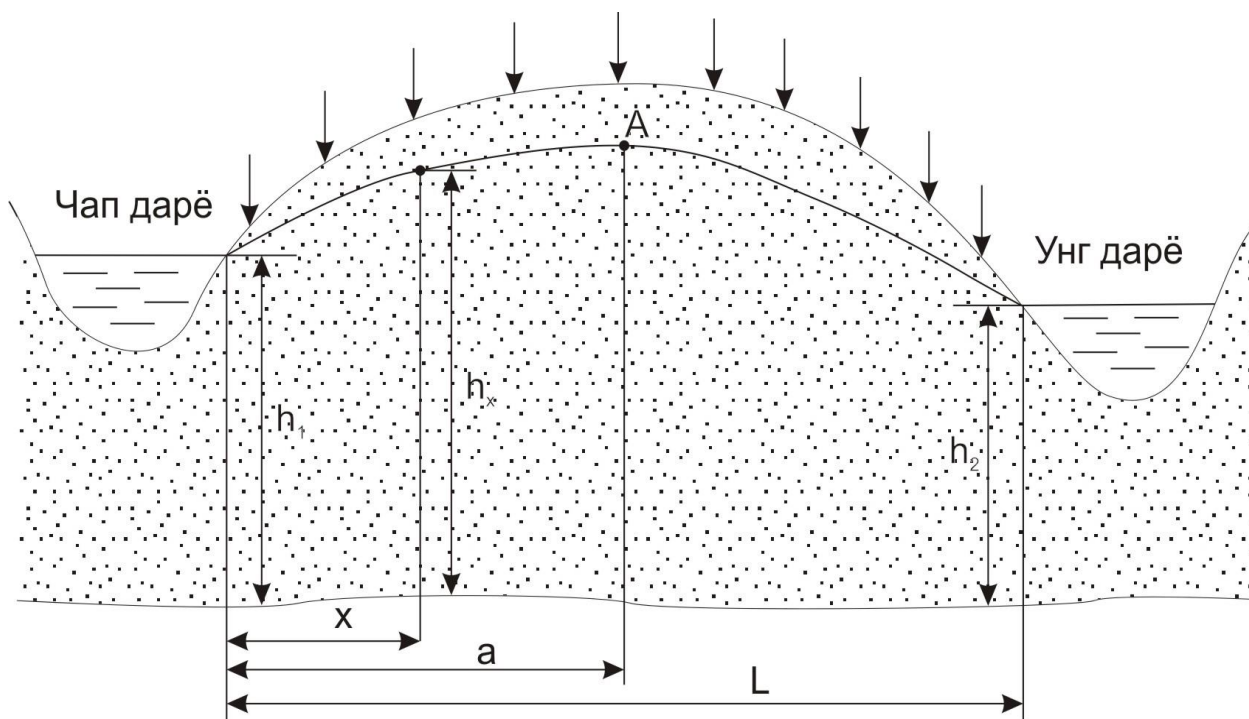
$$y = (N_1 - h_1) + (N_1 - N_2) * \frac{x}{l}$$

Takrorlash va tekshirish uchun savollar

1. Yer osti grynt suvlarining tekis harakati deganda nimani tushunasiz?
2. Yer osti grynt suvlarining notekis harakati deganda nimani tushunasiz?
3. Yer osti suvlarning qanday harakat turlarini bilasiz?
4. Notekis grynt suvi oqimining depression egri chizig'ining tenglamasi nima sababdan tuziladi?
5. O'zgaruvchan qalinligi qatlamlardan suv oqimining sarfining tenglamasi qanday aniqlanadi?
6. Yer osti oqim turlari qanday bo'ladi?
7. Suv o'tkazuvchi qatlamning qalinligi oqim davomida qanday ko'rinishga ega bo'lishi mumkin?

4. GRYNT SUVLARINING IKKI DARYO ORALIG'IDA HARAKATI

4.1. Grynt suvlarining ikki daryo oralig'ida gorizontal suv o'tkazmas asosda yuqoridan shimilishni hisobga olgan xoldagi harakati.



21-rasm. Grynt suvlarining ikki daryo oralig'ida gorizontal suv o'tkazmas asosda yuqoridagi xolati.

Mavzu ikki daryo oralig'idagi suv oqimining harakati deyiladi. Bu oqim bir daryo bilan bir kanal o'rtasidagi oqim, bir kanal bir drenaj kollektor orasidagi oqim, ikki drenaj kollektorlar orasidagi oqim va shunga o'xshash oqimlar bo'lishi mumkin. Hisoblash uchun qabul qilinadi suv ushlagich tog' jinslari bir turli, suv o'tkazmas asos gorizontal deb. Bunday oqim sxemasini va tenglamalarini rus gidrogeologi G.N.Kamenskiy o'zining 1943 yil chop etilgan "Yer osti suvlari dinamikasining asoslari" nomli kitobidan ko'rib chiqqan.

Bu ta'lim bo'yicha ikki daryo oralig'idagi suv oqimining solishtirma sarfi umumiy ko'rinishida quyidagicha yoziladi:

$$q_x = q_1 + wx \quad (1)$$

Bu yerda q_x - suv oqimining chap daryodan “x” masofadagi kesimdan o’tgan sarfi;

q_1 - suv oqimining shu daryo qirg’og’idagi ya’ni boshlang’ich kesimdan o’tgan sarfi;

w- yuqoridan shimilish miqdori, ya’ni o’lchov birligi – maydondan vaqt o’lchov birligi davrida shimilgan suv miqdori.

w-ning o’lchov birligi sizilish koeffitsientining o’lchov birligiga o’xshash, ya’ni mm/sek, m/sutka.

O’z navbatida q_x ni Dyupyuining differentsial tenglamasi asosida yozish mumkin, ya’ni

$$q_x = -kh \frac{dh}{dx} \quad (2)$$

Bu yerda “-” belgisi suv oqimining daryo tomonga yo’nalishi “x” masofaning daryodan uzoqlashishiga teskari bo’lgani uchun qo’yiladi.

Agar oqim o’ng tomonidagi daryo yo’nalishida bo’lsa, okim musbat (+) belgiga ega bo’ladi.

Lekin, h qiymati “x” yo’nalishida kamayib borganligi tufayli “dh” manfiy belgisiga ega bo’ladi.

Yuqoridagi ikkala tenglamalarni qo’shib yozib, olamiz:

$$-kh \frac{dh}{dx} = q_1 + wx \quad (3)$$

Bu tenglamadan quyidagi differantsial tenglamani tuzamiz:

$$-h dh = \frac{q_1}{k} dx + \frac{w}{k} dx \quad (4)$$

Bu tenglamani daryo oldidan “x” masofagacha bo’lgan oraliqda integrallasak quyidagi tenglama olinadi:

$$\frac{h_1^2 - h_x^2}{2} = \frac{q_1}{k} x + \frac{w}{2k} x^2 \quad (5)$$

Bu tenglamada $w = \text{const}$ ya’ni o’zgarmas bo’sa, $x=L$ gacha o’zgarsa, $h_x = h_2$ bo’ladi. U xolda:

$$q_1 = K \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L} - w \frac{L}{2} \quad (6)$$

bo’ladi. Va biz qidirayotgan oqimning sarfi q_x teng bo’ladi:

$$q_x = K \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L} - w \frac{L}{2} + wL \quad (7)$$

Bu tenglama ikki daryo oralig’idagi suv harakatining gorizontal asosda yuqoridan shimilish bo’lgan taqdiridagi solishtirma sarf tenglamasi. SHimilish-atmosfera yog’ini, yoki sug’orish suvlarining shimilishi bo’lishi mumikn.

Bu tenglamada: h_1 va h_2 -birinchi (chap) va ikkinchi (o’ng) daryolar qirg’oqlari oldidagi suv ushlagich qatlamning qalinligi;

L-ikki daryo oralig’ining kengligi;

K-sizilish koeffitsienti;

w-yuqoridan shimilish miqdori.

Bu tenglamad qiymat “L” va “w” miqdoriga qarab o’zgaruvchan bo’ladi.

Agar yuqoridan shimilish bo'lmasa, ya'ni $w=0$ bo'lsa:

$$q_x = K \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L} \quad \text{bo'ladi.}$$

Bu tenglama Dyupyuining grynt suvlari oqimi uchun chiqarilgan umumiy tenglamasidir.

4.2. Ikki daryo oralig'ida gorizontal asosda, yuqoridan shimilish, bo'lgan taqdirda yer osti suvlari oqimining depression egri chizig'ining tenglamasi. (h_x ning tenglamasi)

Yuqorida keltirilgan (5) tenglama

$$\frac{h_1^2 - h_x^2}{2} = \frac{q_1}{k}x + \frac{w}{2k}x^2 \quad (5)$$

va (6) tenglama

$$q_1 = K \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L} - w \frac{L}{2} \quad (6)$$

Bu tenglamalarni q_1 qiymatini (5) ga qo'yib yozasak:

$$h_1^2 - h_x^2 = \frac{h_1^2 - h_2^2}{L}x - \frac{w}{k}Lx + \frac{w}{k}x^2$$

Bu tenglamadan:

$$h_x^2 = h_1^2 - \frac{h_1^2 - h_2^2}{L}x + \frac{w}{k}Lx - \frac{w}{k}x^2 \quad (9)$$

$$\text{va } h_x = \sqrt{h_1^2 - \left(h_1^2 - h_2^2\right) \frac{x}{L} + \frac{W}{K} (L-x)x} \quad (10)$$

Bu tenglama ikki daryo oralig'ida gorizontaal asosda, yuqoridan shimilish bo'lgan taqdirda suv satxining depression egri chizig'ining tenglamasi.

Agar daryolar qirg'og'i oldida, yoki drenaj kollektorlarining suv satxi bir xil bo'lganda, ya'ni $h_1 = h_2$ bo'lsa (10) formulaning ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$h_x = \sqrt{h_1^2 - \frac{W}{K} (L-x)x} \quad (11)$$

Chizilgan sxemada oqim egri chizig'ining eng baland nuqtasi "A" keltirilgan. Agar $h_1 = h_2$ bo'lsa bu nuqta depression egri chiziqning o'rtasida bo'ladi. Bu xolda agar $x = \frac{L}{2}$ bo'lsa $h_x = h_{\max}$ bo'ladi. bu xolda (8) tenglama quyidagi ko'rinishga ega bqladi:

$$h_1^2 - h_{\max}^2 = -\frac{w}{k} L \frac{L}{2} + \frac{w}{k} \left(\frac{L}{2}\right)^2 = -\frac{w}{k} \frac{L^2}{4} \quad (12)$$

$$\text{va } h_{\max} = \sqrt{h_1^2 - \frac{w}{k} \frac{L^2}{4}} \quad (13)$$

Agar h_1, h_2 ga teng bo'lmasa, ya'ni $h_1 \neq h_2$ bo'lsa (10) tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$h_{\max} = \sqrt{h_1^2 - \left(h_1^2 - h_2^2\right) \frac{a}{L} + \frac{W}{K} (L-a)a} \quad (14)$$

Bu formula ellips ko'rinishidagi depression egri chiziqning tenglamasini eslatadi.

Ikki daryo oralig'idagi oqimda shimilish miqdorini aniqlash.

(8) tenglamada

$$h_1^2 - h_x^2 = \frac{h_1^2 - h_2^2}{L}x - \frac{w}{k}Lx + \frac{w}{k}x^2$$

$$h_1^2 - h_x^2 = \frac{h_1^2 - h_2^2}{L}x - \frac{w}{k}(Lx + x^2) =$$

$$\frac{h_1^2 - h_2^2}{L}x + \frac{w}{k}(Lx + x^2) = \frac{h_1^2 - h_2^2}{L}x - \frac{w}{k}(Lx - x^2)$$

$$\frac{w}{k}(L - x)x = h_x^2 - h_1^2 - \frac{h_1^2 - h_2^2}{4(L - x)}x$$

$$w = K \left[\frac{h_x^2 - h_1^2}{(L - x)x} + \frac{h_1^2 - h_2^2}{(L - x)L} \right] \quad (15)$$

Bu tenglama ikki daryo oralig'idagi oqimda yuqoridan bo'ladigan shimilishini hisoblash tenglamasi.

Takrorlash va tekshirish uchun savollar

1. Ikki daryo oralig'idagi suv oqimining harakati deganda nimalarni tushunasiz?

2. Yuqoridan shimilish bo'lmasa yer osti suvlari oqimining depression egri chizig'ining tenglamasi qanday?

3. Ikki daryo oralig'ida gorizont al asosda, yuqoridan shimilish, bo'lgan taqdirda yer osti suvlari oqimining depression egri chizig'ining tenglamasi qanday?

4. Ikki daryo oralig'idagi oqimda shimilish miqdorini aniqlash qanday bajariladi?

5. YER OSTI SUVLARINING TURLI XIL SUV USHLAGICH HARAKATI

5.1. Yer osti suvlarining turli xil suv ushlagich qatlamlardagi shakllangan harakati.

Tabiatda tog' jinslari qatlam-qatlam bo'lib yotqiziladi. Bunga sabab tog' jinslari yotqizilishida oratsial o'zgarishlar, xususan neotektonik, tektonik harakatlarning geologik vaqt davomida kuchini o'zgarishi, ularni notekis tubranishi va gravitatsion qonunlarning ta'siri natijasida ro'y beradi.

Suv ushlagich va suv o'tkazuvchi tog' jinslarining har xil litologik tarkibga ega bo'lishi 3 xil bo'ladi:

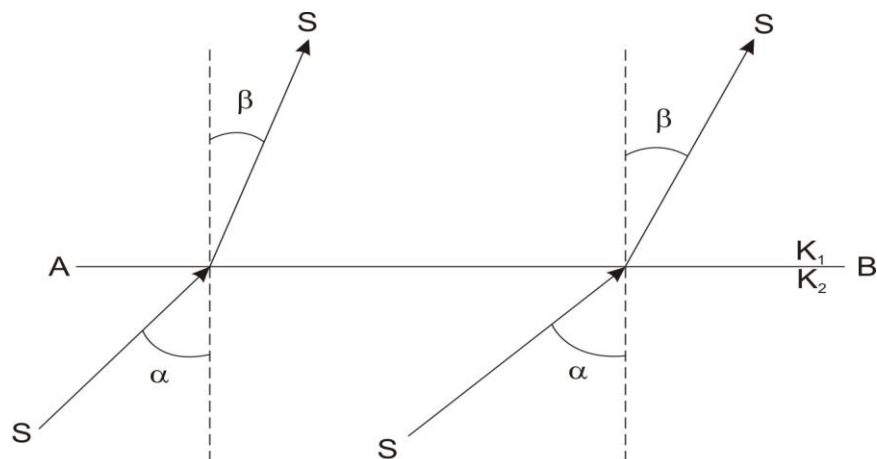
1. Har xil suv o'tkazish qobiliyatiga ega bo'lgan, qatlam-qatlam yotqizilgan tog' jinslari (sloistie plasti, slojennie chereduyushimsya sloyami razlichnoy vodopronitsaemosti).
2. Ikki qavatli qatlamlar (dvuxsloynie vodonosnie tolui).
3. Gorizont al yo'nalishda qatlamning litologik tarkibi asta-sekin o'zgarib borib, ularning suv o'tkazuvchanligi xam o'zgarib boradi.

5.2. Suv sizilishining bir qatlamdan ikkinchi qatlamga o'tishi Sizilishining chiziqli qonuni asosida yozamiz:

$$V = -K \frac{dh}{ds} \quad (1)$$

Agar sizilish koeffitsienti “K” mazkur qatlam uchun doimiy bo’lsa, suvning oqim chiziqlari mazkur qatlamda o’zgarmaydi, ular o’z yo’nalishini saqlab qoladi. Lekin oqim bir qatlamdan ikkinchi qatlamga o’tganida oqim chiziqlari o’z yo’nalishini o’zgartiradi, u sinadi. Bu sinish huddi fizikadan bizga ma’lum bo’lgan “nur sinishini”, yoki magnit maydonidakuchlanish chiziqlarining sinishini eslatadi. Bu xodisani laboratoriya sharoitida shisha devorli asboblarda har xil rangli suyuqliklar harakatida ko’rish mumkin.

N.K.Girinskiy nomli gidravlik olimning fikricha, oqim chiziqlarining turli xil suv ushlagich qatlamlar chegarsida sinishi quyidagi ko’rinishida bo’ladi:



$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{K_1}{K_2} \quad (2)$$

22-rasm. oqim chiziqlarining turli xil suv ushlagich qatlamlar chegarsida sinishi.

Bu yerda: α -sizilish koeffitsienti

K_1 bo’lgan qatlamda oqim chizig’i bilan qatlamlar chegarsiga vertikal bo’lgan chiziq o’rtasidagi burchak.

β -huddi shunday burchak sizilish koeffitsienti K_2 bo’lgan qatlamda.

(2) tenglama oqim chiziqlari bir qatlamdan ikkinchi qatlamga o'tgandagi sinish qonuniyati tenglamasining umumiy ko'rinishi.

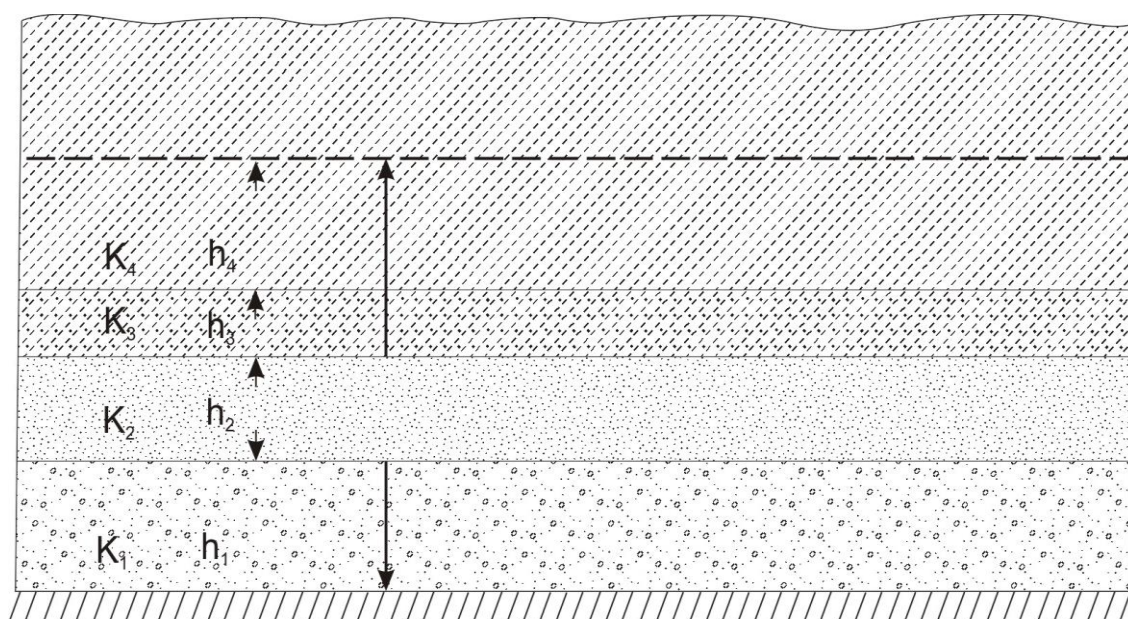
Eslatib o'taman, agar oqim chiziqlari qatlam chegarsiga tik yoki paralell bo'lsa ular sinmaydi.

Turli xil qatlamli tog' jinslarida sizilish koeffitsienti o'zgarishi bilan bosim gradienti va sizilish tezligi xam o'zgaradi.

Ayni xolda bosim gradienti qatlamining sizilish xususiyatiga teskari, tezlik esa-to'g'ri proporsional bo'ladi.

5.3. Qatlam-qatlam tog' jinslarining oqim qatlamlar bo'ylab ro'y bergan da o'rtacha sizilish koeffitsientini formulasi.

Yer osti suvlari turli xil tog' jinslarida harakat qilganida "o'rtacha sizilish koeffitsienti" degan tushuncha kiritiladi.



24-rasm. Yer osti suvlari turli xil tog' jinslarida harakati.

Suv oqimi chiziqlari qatlamlar chegara maydoniga paralell yoki tik bo'lishi mumkin. Agar oqim chiziqlari qatlamlar chegarsiga paralell bo'lsa quyidagicha formula bilan hisoblanadi.

Darsi qonuni bo'yicha har bir qatlamdan o'tgan suvning solishtirma sarfi teng bo'ladi:

$$\left. \begin{array}{l} q_1 = K_1 h_1 J \\ q_2 = K_2 h_2 J \\ \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \\ q_n = K_n h_n J \end{array} \right\} \quad (3)$$

Bu yerda $h_1, h_2, \dots, h_n$ suv ushlagich qatlamlarning qalinligi;
 $k_1, k_2, \dots, k_n$ - ushbu suv ushlagich qatlamlarning sizilish koeffitsienti;
 J – bosim gradienti – barcha qatlamlar uchun bir xil qiymatga ega.
Ayni paytda xamma suv ushlagich qatlamlardan o'tgan sarf teng.
 $q = K_{er\ max.} \cdot h \cdot J$ bo'ladi. (4)

Umumiy sarf har bir qatlamdan o'tgan sarflar yig'indisiga teng:

$$q = q_1 + q_2 + \dots + q_n$$

va

$$K_{er\ max.} \cdot h \cdot J = k_1 \cdot h_1 \cdot J + k_2 \cdot h_2 \cdot J + \dots + k_n h_n J$$

Bu tengliklarni ikkala tomonini “J” ga qisqartirib yuborsak, olamiz:

$$K_{er\ max.} h = k_1 h_1 + k_2 h_2 + \dots + k_n h_n$$

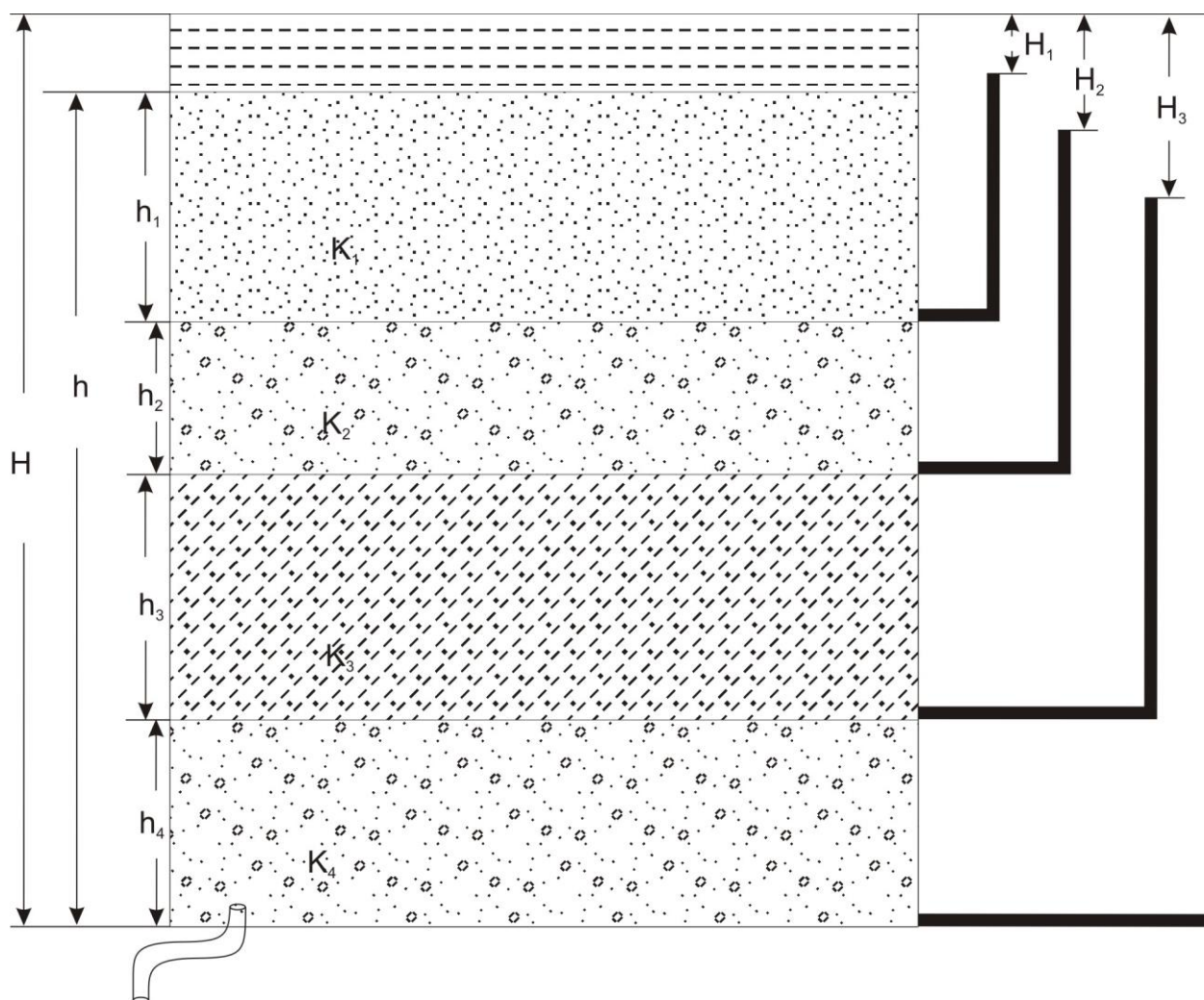
Bu tenglamadan

$$K_{cp.\ max} = \frac{K_1 h_1 + K_2 h_2 + \dots + K_n h_n}{h} \text{ yoki}$$

$$K_{cp.\ max} = \frac{K_1 h_1 + K_2 h_2 + \dots + K_n h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n}. \quad (5)$$

Bu tenglama oqim chiziqlari qatlam chegarasiga parallel bo'lganda suv oqimining solishtirma sarfini hisoblash uchun o'rtacha sizilish koeffitsientining tenglamasi. Bu koeffitsient o'rtacha “maksimum” deyiladi, chunki maksimal qiymat olinadi.

5.4. Qatlam-qatlam suv o'tkazgich qatlamlarda oqim chizig'i qatlam chegarasiga tik bo'lganda o'rtacha sizilish koeffitsienti



26-rasm. Qatlam-qatlam suv o'tkazgich qatlamlarda oqim chizig'i qatlam chegarasiga tik bo'lganda

Agar suv oqimi chiziqlari qatlamlar chegarasi yuzasiga tik yo'nalishda bo'lsa, sizilayotgan suvning oqim tezligi hamma qatlamlarda bir xil bo'ladi, yani:

$$\left. \begin{aligned} V &= K_1 J_1 = K_1 \frac{\Delta H_1}{h_1} \\ V &= K_2 J_2 = K_2 \frac{\Delta H_2}{h_2} \\ V &= K_n J_n = K_n \frac{\Delta H_n}{h_n} \end{aligned} \right\}$$

Ikkinchi qatlamda:

Va x.k.z. qatlamda

(6)

Bu yerda : $K_1 K_2 \dots K_n$ – suv o'tkazgich qatlamlarning sizilish koefitsienti;

$\Delta H_1, \Delta H_2, \Delta H_n$ - har bir qatlamdagi bosimning pasayish miqdori;

$J_1, J_2 \dots J_n$ - qatlamlardagi oqimning bosim gradientlari.

Yuqoridagi (6) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\left. \begin{aligned} \Delta H_1 &= V \frac{h_1}{K_1} \\ \Delta H_2 &= V \frac{h_2}{K_2} \\ &\dots\dots\dots \\ \Delta H_n &= V \frac{h_n}{K_n} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Yuqoridagi (7) tenglamalarni chap tomondagi va o'ng tomondagi qismlarini yig'indisini olsak:

$$\Sigma \Delta H = V \left(\frac{h_1}{K_1} + \frac{h_2}{K_2} + \dots + \frac{h_n}{K_n} \right) \quad (8)$$

Ayni paytda Darsi qonuni bo'yicha

$$V = K_{cp.min} \cdot \frac{\Sigma \Delta H}{h} \quad (9)$$

Bu tenglamani quyidagi ko'rinishda yozsak:

$$\Sigma \Delta H = V \frac{h}{K_{cp.min}} \quad (10)$$

Bu yerda h – barcha suv o'tkazuvchi qatlamlarning qalinligini yig'indisi;

$K_{er min.}$ – ushbu qatlamlarning o'rtacha sizilish koefitsienti. “min” qo'yiladi, qatlamlarning eng kichik koefitsientiga bog'liq bo'ladi. (8) va (10) tenglamalardan $K_{er min.}$ ni qiymatini olamiz:

$$K_{cp.min} = \frac{h}{\frac{h_1}{K_1} + \frac{h}{K_2} + \dots + \frac{h_n}{K_n}} \quad \text{yoki}$$

$$K_{cp.min} = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{\frac{h_1}{K_1} + \frac{h}{K_2} + \dots + \frac{h_n}{K_n}} \quad (11)$$

Bu tenglama oqim qatlamlarga tik bo'lganda ularning o'rtacha sizilish koefitsienti.

Takrorlash va tekshirish uchun savollar

1. Er osti suvlarining turli xil suv ushlagich katlamlardagi shakllangan harakati deganda nimalarni tushunasiz?
2. Er osti suvlarini yig'ilishida sizilishni ahamiyati qanday?
3. Suv sizilishining bir qatlamdan ikkinchi qatlamga o'tishi qanday sodir bo'ladi?
4. Qatlam-qatlam tog' jinslarining oqim qatlamlar bo'ylab ro'y berganda o'rtacha sizilish koefitsientini formulasi qanday?

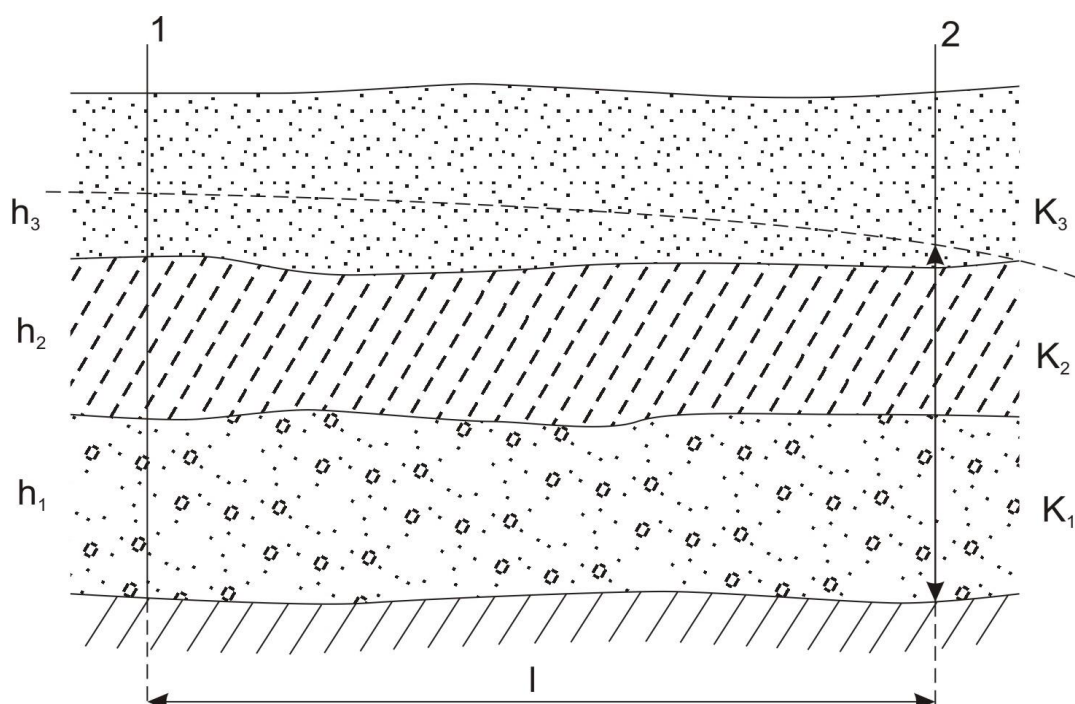
6. YER OSTI SUVLARINING TURLI XIL QATLAMLARDA HARAKAT TENGLAMALARI

6.1. Yer osti suvlarining turli xil qatlamlarda harakatining asosiy tenglamalari.

1) Suv ushlagich qatlam oqim chizig'iga parallel qatlam-qatlam yotadi.

O'tgan darsda bunday qatlamlarning o'rtacha sizilish koeffitsientini topgan edik.

27-rasm. Suv ushlagich qatlam oqim chizig'iga parallel qatlam-qatlam yotadi

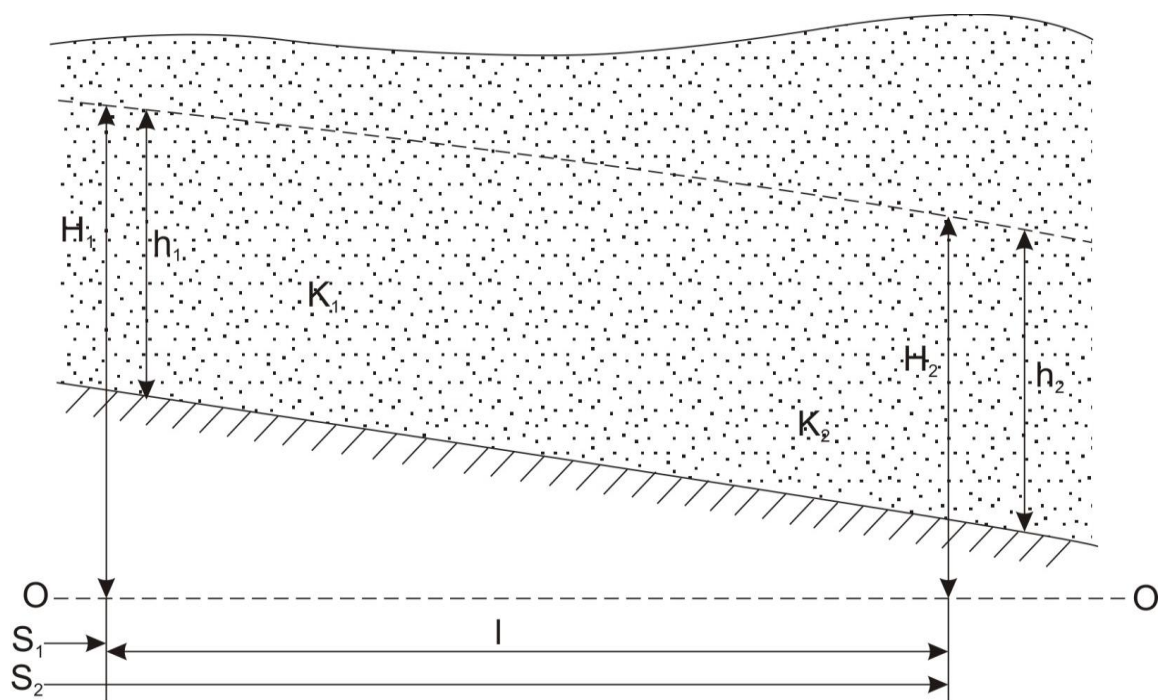


Bunday qatlamlarda suv oqimining sarfini hisoblash uchun oldingi bir xil qatlam uchun chiqarilgan Dyupuyi tenglamasida “K” ni “ $K_{sr,max}$ ” yoki “ $K_{sr,min}$ ” qiymati bilan almashtirib hisoblanadi, ya’ni

$$q = K \frac{h_1^2 - h_2^2}{2l} \rightarrow q = K_{cap,max} \frac{h_{1cp}^2 - h_{2cp}^2}{2l}$$

Sizilish koeffitsienti.

28-rasm. Ham vertikal, ham gorizontal yo'nalishida o'zgaruvchan oqim



Ham vertikal, ham gorizontal yo'nalishida o'zgaruvchan oqimning sarf tenglamasi.

Agar grynt suvlarining harakati suv o'tkazuvchanligi xam gorizontal, xam vertikal yo'nalishlarda murakkab tuzilishga ega bo'lgan turli xil qatlam va nishablarga ega bo'lsa oqimning solishtirma sarfi G.N.Kamensqiyning taqribiy tenglamasi asosida hisoblanishi mumkin (sxema)

Bunday sharoit uchun Dyupyuining differentsial tenglamasidan foydalanamiz:

$$q = -Kh \frac{dh}{ds} \quad (12)$$

Bu yerda: K -oqim yo'nalishida o'zgaruvchan bo'lgan sizilish koeffitsientining o'rtacha qiymati.

Dyupyuining ushbu differentsial tenglamasini 1 va 2-chi kesimlar orasida integrallashda G.N.Kamensqiy tomonidan taklif qilingan integralning o'rtacha qiymati xaqidagi teorema ishlatilgan. Bu teoremaga asosan funktsiya

$$Kh = f(H_{cp})$$

Integral belgisidan tashqariga chiqarilgan o'rtacha qiymat ko'rinishida chiqarilgan ya'ni $f(N_{sr})$. Bu xolda

$$f(N_{sr}) = \frac{K_1 h_1 + K_2 h_2}{2} \quad \text{ga teng bo'ladi.}$$

Yuqoridagi (12) tenglamani quyidagicha yozamiz:

$$-f(H_{cp})dh = qds \quad (13)$$

Bu tenglamani 1 va 2-chi kesimlar orasida integrallasak, olamiz:

$$-f(H_{cp})(H_1 - H_2) = q(S_2 - S_1) \quad (14)$$

Bu yerda $S_2 - S_1 = l$ bo'lsa

$$q = \frac{K_1 h_1 + K_2 h_2}{2} * \frac{H_1 - H_2}{l} \quad (15)$$

Bu tenglama: K_1 va K_2 oqimning yuqori va pastki kesimlaridagi sizilish koeffitsientining o'rtacha qiymatlari;

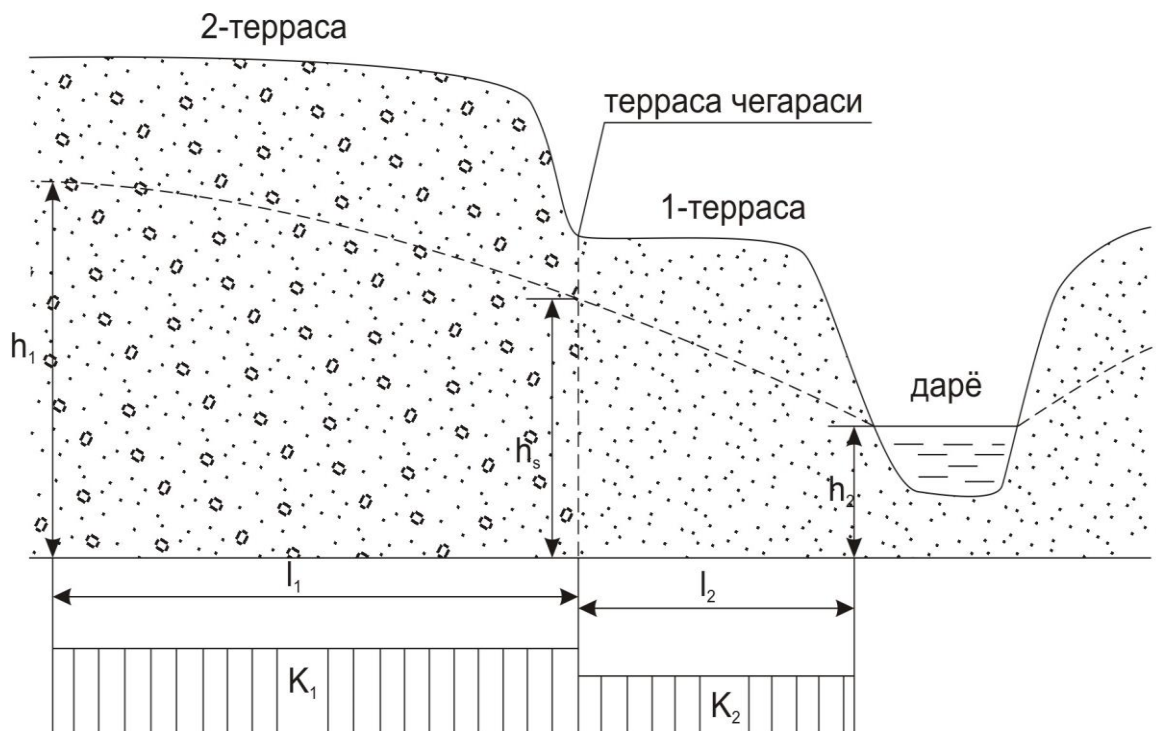
h_1 va h_2 –ushbu kesimlardagi oqimning qalinligi;

N_1 va N_2 –ushbu kesimlardagi suv satxining absolyut balandligi;

l – kesimlar orasidagi masofa.

G.N.Kamenskiyning fikricha ushbu (15) tenglamadan xam grynt, xam bosimli suv oqimlarining sarfini hisoblash uchun foydalanish mumkin.

6.2. Qatlamning suv o'tkazuvchanligi gorizontal oqim yo'nalishida o'zgaruvchan harakati.



29-rasm. Qatlamning suv o'tkazuvchanligi gorizontal oqim yo'nalishida o'zgaruvchan harakati (sxemadagi xolatda $K_1 > K_2$)

Bunday oqim tabiiy xolatda daryolar terrasasida ro'y berishi mumkin.

1 va 2-chi uchastkadagi oqimlar uchun aloxida-aloxida sarf tenglamalarini tuzamiz:

$$q = K_1 \frac{h_1^2 - h_s^2}{2l_1}; h_1^2 - h_s^2 = \frac{2ql_1}{K_1}$$

$$\text{va } q = K_2 \frac{h_s^2 - h_2^2}{2l_2}; h_s^2 - h_2^2 = \frac{2ql_2}{K_2} \quad (18)$$

Bu tenglamalarni chap va o'ng tomonlarini qo'shib yozamiz:

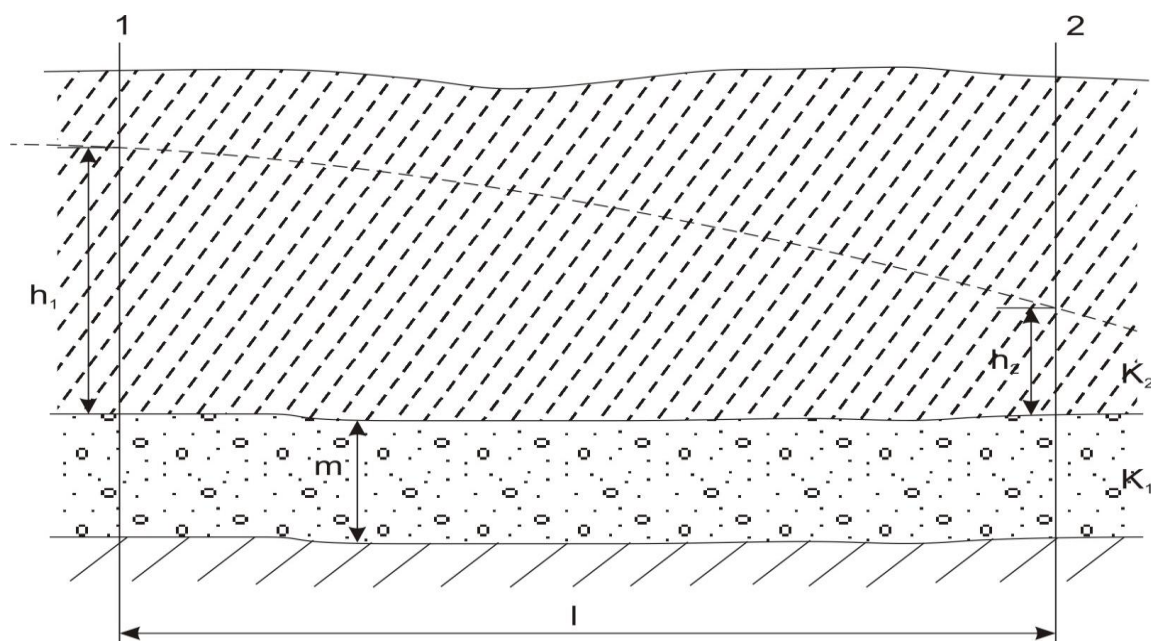
$$h_1^2 - h_s^2 + h_s^2 - h_2^2 = \frac{2ql_1}{K_1} + \frac{2ql_2}{K_2}$$

$$h_1^2 - h_s^2 + h_s^2 - h_2^2 = 2q \left(\frac{l_1}{K_1} + \frac{l_2}{K_2} \right) \quad (20)$$

$$\text{Va nixoyat } q = \frac{h_1^2 - h_2^2}{2 \left(\frac{l_1}{K_1} + \frac{l_2}{K_2} \right)} \quad (21)$$

Bu tenglama oqim yo'nalishida suv o'tkazuvchanlik keskin o'zgarganda grynt suvlari harakatining solishtirma sarf tenglamasidir.

6.3. Yer osti suvlarining 2 qavatli-bosimli va bosimsiz qatlamlardagi harakati



30-rasm. Yer osti suvlarining 2 qavatli-bosimli va bosimsiz qatlamlardagi harakati

Agar suv ushlagich tog' jinsi ikki qatlamdan iborat bo'lib, ulardan biri, ya'ni pastki qatlamli yuqori qatlamdan bir necha marta ko'proq suv o'tkazish xususiyatiga ega bo'lsa, bu xolda oqim shartli ravishda ikki qismga ajratiladi: yuqori qismi grynt suvlarining qatlami va pastki qatlami – bosimli suvlarning qatlami.

Bu suv ushlagich qatlamlar uchun depression egri chiziq umumiy hisoblanadi. Bu xolda er osti suvlarining oqim sarfi quyi va yuqori qatlamlaridagi oqimlarning yig'indisiga teng bo'ladi.

Bu xolat uchun Dyupyui tenglamasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$q = -K_1 m \frac{dh}{dx} - K_2 h \frac{dh}{dx} \quad (1)$$

Bu yerda: m-bosimli suv qatlamining qalinligi; doimiy qiymatga ega;

K_1 –bosimli suv ushlagich qatlamining sizilish koeffitsienti

h-grynt suvi-yuqori qatlamining o'zgaruvchan qalinligi;

K_2 –ish qatlamining sizilish koeffitsienti;

Yuqorida keltirilgan (1) tenglamadan differentsial tenglama tuzamiz;

$$q dx = -K_1 m dh - K_2 h dh \quad (2)$$

Bu tenglamani 1 va 2 kesimlar orasida integrallaymiz:

$$q(x_2 - x_1) = K_1 m(h_1 - h_2) + K_2 \frac{h_1^2 - h_2^2}{2} \quad (3)$$

Agar $x_2 - x_1 = l$ bo'lsa:

$$q = K_1 m \frac{h_1 - h_2}{l} + K_2 \frac{h_1^2 - h_2^2}{2l} \quad (4)$$

Bu tenglama er osti suvlarining ikki qavatli qatlamda gorizontal suv o'tkazmas asosda harakatining solishtima sarfi tenglamasidir. Huddi shunday, yer osti suvlari 2 qatlamli bo'lganda oldingi darsda o'tgan sizilish koeffitsientini ishlatish bilan xam oqim sarfini topish mumkin.

Bu holda:

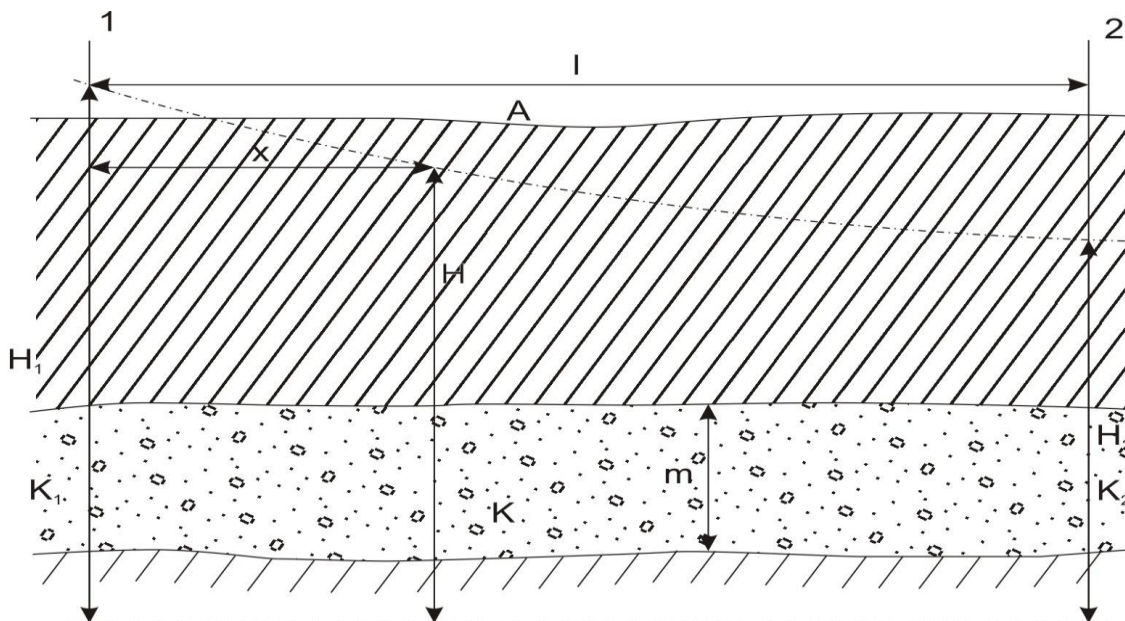
$$K_{cp.max} = \frac{mK_1 + hK_2}{m+h}$$

$$\text{Va } q = K_{cp.max} \cdot \frac{(h_1 + m)^2 (h_2 + m)^2}{2l}$$

Agar shunday masala chiqsa ikkala usul bilan oqim sarfini hisoblasa xato kichkina bo'ladi.

6.4. Bosimli suvlarning gorizontal oqim yo'nalishida suv o'tkazuvchanligi asta-sekin o'zgargandagi harakat tenglamasi

31-rasm. Bosimli suvlarning gorizontal oqim yo'nalishida suv o'tkazuvchanligi asta-sekin o'zgargandagi harakat



Qatlamning suv o'tkazuvchanligi asta-sekin o'zgarganda to'g'ri chiziq qonuni asosida quyidagi tenglamani yozish mumkin:

$$K = K_1 + \frac{K_2 - K_1}{l} x \quad (22)$$

Bu yerda: K -birinchi kesimdan "x" masofada bo'lgan AV kesimidagi qatlamning o'rtacha sizilish koeffitsienti;

K_1 -qatlamning birinchi kesimdagi sizilish koeffitsienti;

K_2 -qatlamning ikkinchi kesimdagi sizilish koeffitsienti;

l -1-2 chi kesimlar orasidagi masofa;

Dyupuyi tenglamasi bo'yicha:

$$q = -Km \frac{dh}{dx} \quad (23)$$

Bu yerda: N -AV kesimidagi bosimli suvning bosimi-p'ezometrik satxi;

m -qatlam davomida suv o'tkazgich gorizontning o'zgarmas qalinligi.

Sizilish koeffitsienti "K" ning qiymatini (22) tenglamadan (23) tenglamaga qo'yib yozamiz:

$$q = -\left(K_1 + \frac{K_2 - K_1}{l} x \right) m \frac{dh}{dx} \quad (24)$$

Bundan differentsial tenglama tuzsak:

$$dH = -\frac{q}{m} \frac{dx}{K_1 + \frac{K_2 - K_1}{l} x}$$

Bu tenglamani “x”ga nisbatan $x_1=0$ va $x_2=l$ oraliqda integrallasak olamiz:

$$H_1 - H_2 = \frac{q}{m} \frac{l}{K_2 - K_1} (\ln K_2 - \ln K_1) \quad (25)$$

(25) tenglamadan solishtirma sarf-q ni aniqlaymiz:

$$q = m \frac{K_2 - K_1}{\ln K_2 - \ln K_1} \frac{H_1 - H_2}{l} \quad (26)$$

Bu tenglama bosimli suv oqimning qatlam davomida sizilish koeffitsienti asta-sekin o'zgarganda solishtirma sarf tenglamasi.

Takrorlash va tekshirish uchun savollar

1. Sizilish koeffitsienti deganda nimalarni tushunasiz?
2. Qatlamning suv o'tkazuvchanligi gorizonta oqim yo'nalishida o'zgaruvchan harakati qanday?
3. Qatlamning suv o'tkazuvchanligi gorizonta oqim yo'nalishida o'zgaruvchan harakati qanday?
4. Yer osti suvlarining 2 qavatli-bosimli va bosimsiz qatlamlarda harakati qanday?
5. Bosimli suvlarning gorizonta oqim yo'nalishida suv o'tkazuvchanligi asta-sekin o'zgarganda harakat tenglamasi qanday?

7. GRYNT SUVLARI SATXINING KO'TARILISHI

Suv omborlari, kanallar, drenaj kollektorlari qurilganda ularda vaqti kelib suv satxi ko'tariladi. Suv inshootlarida satxning ko'tarilishi o'z navbatida ularning atrofidagi ta'sir zonasidagi er osti suvlarining ham satxini ko'taradi. Grynt suvlari satxining ko'tarilishi 2 xil bo'ladi:

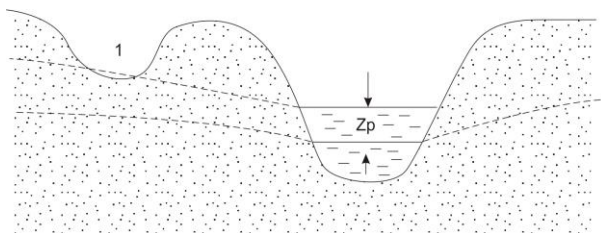
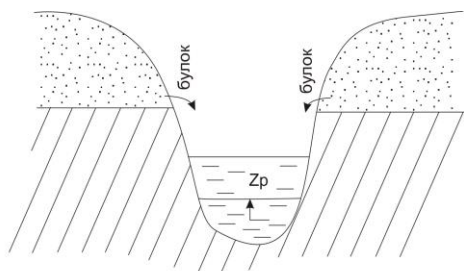
1) Cheklangan ko'tarilish. Biz aniq vaqt birligi davomida shakllangan qiyofada qo'tarilish. Bu qo'tarilish shakllangan suv oqimi tenglamalari bilan hisoblanadi.

2) Cheklanmagan, ya'ni vaqt birligi davomida o'zgaruvchan ko'tarilish. Bunday ko'tarilishni hisoblash uchun shakllanmagan harakat nazariyasi tenglamalari qo'llaniladi.

Odatda suv omborlari, katta kanallar, drenaj kollektorlari va boshqa suv inshootlari qurilishidan oldin er osti suvlari satxining qo'tarilishi mumkin bo'lgan hududlarda gidrogeologik qidiruv ishlari bajariladi. Hududning geologik tuzilishi va gidrogeologik sharoitlari o'rganiladi, suv ko'tarilishi bashoratlar qilinadi, kartalar tuziladi, hisoblar qilinadi, er osti suvining yangi shakllangan xolatini xosil bo'lishi uchun kerakli vaqt aniqlanadi.

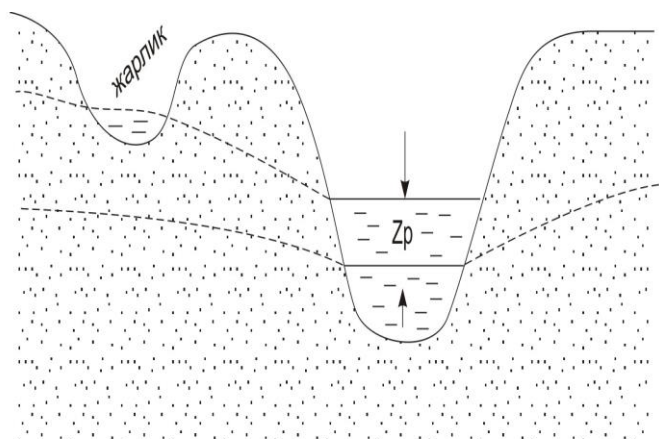
2-jadval

Suv qo'tarilish shakllari.

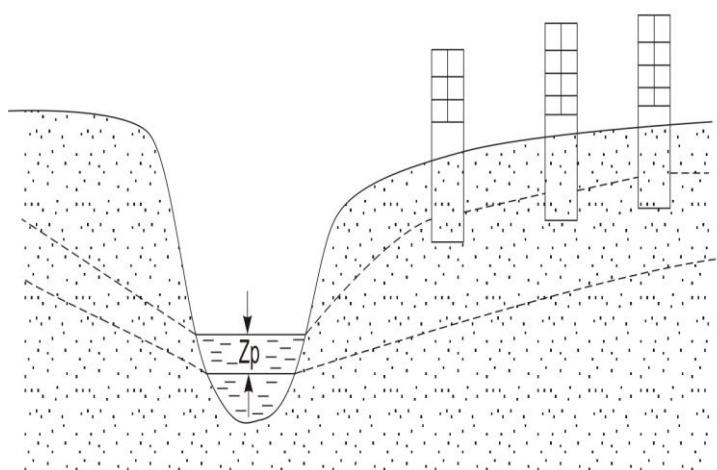


a) daryoda suv ko'tarilish suv o'tkazmas asosda grynt suvi xosil bo'lmagan.

b) daryoda suv satxi ko'tarilishi soyliqda buloq paydo qiladi-1



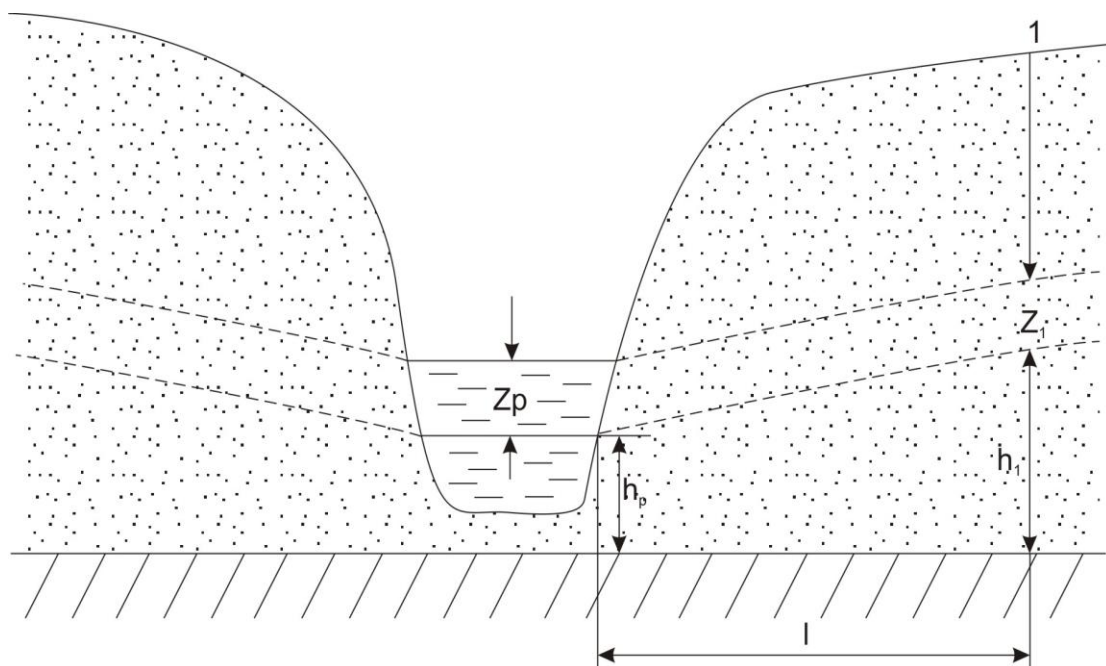
v) daryoda suv satxining ko'tarilishi jarlikda xam suv paydo bo'lishiga olib keladi.



g) shahar sharoitida daryoda, jarliklarda, tabiiy drenajlarda suv satxining ko'tarilishi imoratlar podvolida suv paydo qiladi.

2. Yer osti suvlarining ko'tarilishi tenglamalari.

2^a) 32-rasm. Agar suv o'tkazmas asos gorizontali bo'lib qirg'oq xolati o'zgarmas bo'lsa.



Dyupyui tenglamasi daryoda suv ko'tarilmasdan oldin quyidagicha yoziladi:

$$q_1 = K \frac{h_1^2 - h_p^2}{2l}, \quad h_1^2 - h_p^2 = 2 \frac{q_1 l}{K} \quad (1)$$

To'g'on qurilib daryoda suv satxi qo'tarilgandan keyin bu tenglama quyidagicha yoziladi:

$$q_2 = K \frac{(h_1 + Z_1)^2 - (h_p + Z_p)^2}{2l} \quad \text{yoki}$$

$$(h_1 + Z_1)^2 - (h_p + Z_p)^2 = 2 \frac{q_2 l}{K} \quad (2)$$

To'g'on qurilishi natijasida suvlarining satxi daryoda va qatlamlarda albatta qo'tariladi. Grynt suvining satxi ko'tarilgach, shakllanib bo'lgach, daryoga

kelayotgan oqim miqdori avvali oqim miqdoriga shartli ravishda teng deb qabul qilamiz:

$$q_1 = q_2 \text{ bo'lsa}$$

(1) va (2) tenglamalardan:

$$\begin{aligned} h_1^2 - h_p^2 &= (h_1 + Z_1)^2 - (h_p + Z_p)^2 \\ (h_1 + Z_1)^2 &= h_1^2 - h_p^2 + (h_p + Z_p)^2 \quad (3) \\ Z_1 &= \sqrt{h_1^2 - h_p^2 + (h_p + Z_p)^2} - h_1 \end{aligned}$$

Bu tenglama kengligi daryodan “l” masofada grynt suvlarining to’g’on qurilishi natijasida ko’tarilish miqdorini (podpor) hisoblash tenglamasidir.

Bu tenglamad belgilar tasnifi;

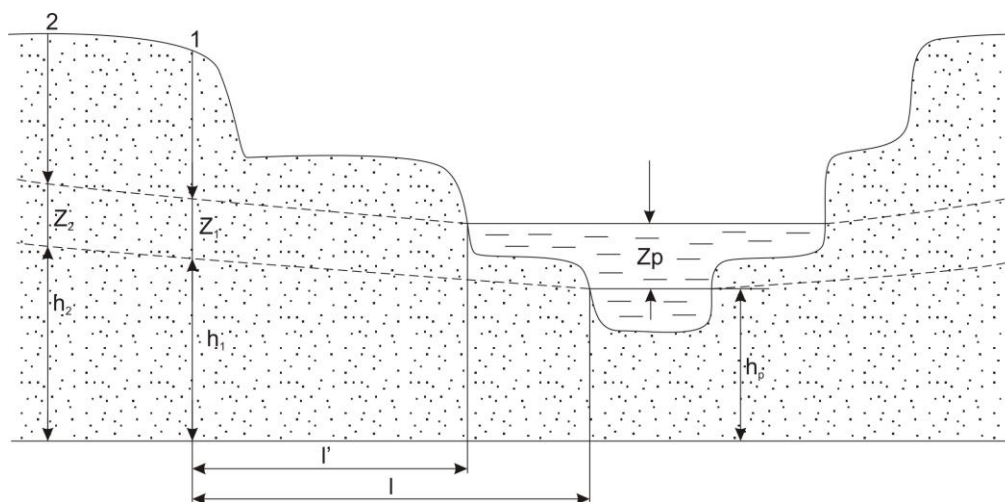
h_1 –hisoblanayotgan 1-kesimdagi suv ushlagich qatlamning to’g’on qurilishidan oldingi qalinligi;

h_r -daryo bo’yidagi suv ushlagich qatlamning qurilishidan oldingi qalinligi;

Z_r -daryoda suv ko’tarilish miqdori.

Hayotda, masalan Chorbog’, Qayroqqum suv omborlari qurilgach, daryo-suv omborida suv satxi ko’tarilib pastki terrasalarni suv bosgan. Ya’ni suv omborining chegarsi daryo chegarasidan kengaygan.

2^b) 33-rasm. Suv ko’tarilish tenglamasi agar suv o’tkazmas asos gorizontal bo’lib qirg’oq xolati o’zgarsa.



Mazkur sxemada ko'rsatilishicha suv ombori –to'g'on qurilgan suv satxining xolati oldingiga nisbatan o'zgaradi.

Dyupyui tenglamsi to'g'on qurilishidan oldin:

$$q_1 = K \frac{h_1^2 - h_p^2}{2l}, \quad \text{yoki} \quad \frac{h_1^2 - h_p^2}{l} = \frac{2q_1}{K} \quad (4)$$

To'g'on qurilgandan keyin:

$$q_2 = K \frac{(h_1 + Z_1)^2 - (h_p + Z_p)^2}{2l^1} \quad \text{yoki}$$

$$\frac{(h_1 + Z_1)^2 - (h_p + Z_p)^2}{l^1} = \frac{2q_2}{K} \quad (5)$$

Bu tenglamada: l va l^1 daryo qirg'og'i bilan to'g'on kesim orasidagi to'g'on qurilishidan oldin va keyingi masofa. Agar $q_1 = q_2$ deb shartli qabul qilsak, (4)² va (5) tenglamalarni chap tomonlari xam teng bo'ladi:

$$\frac{h_1^2 - h_p^2}{l} = \frac{(h_1 + Z_1)^2 - (h_p + Z_p)^2}{l^1} \quad (6)$$

Bu tenglamadan Z_1 ni topamiz:

$$Z_1 = \sqrt{\frac{l^1}{l} (h_1^2 - h_p^2) + (h_p + Z_p)^2} - h_1 \quad (7)$$

To'g'on qurilishi natijasida suv ko'tarilishining hisobi kesimdagi bir qator skvajinalardan olib boriladi. Misol uchun 2-chi kesimdagi suv qo'tarilish miqdori quyidagi tenglama bilan hisoblanadi:

$$Z_1 = \sqrt{h_2^2 + 2h_1Z_1 + Z_1^2} - h_2 \quad (8)$$

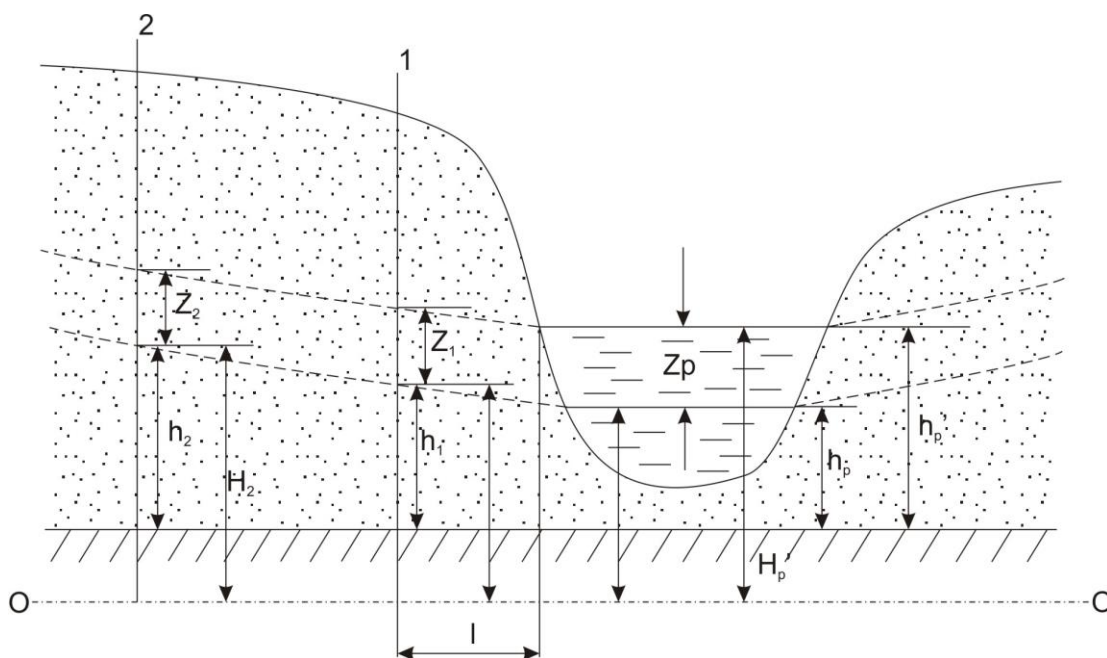
Bu tenglamada:

h_2 -2-chi kesimdagi suv ushlagich qatlamning qalinligi;

Z_2 - shu kesimda suv satxining ko'tarilishi;

Huddi shunday, daryodan uzoqlashgan sari 3-4 chi va x.. kesimlarda suv ko'tarilish miqdorini qo'shni kesimdagi suv ko'tarilishini hisobga olib (8) tenglamadan hisoblash mumikn.

2^v) 34-rasm. Agar suv o'tkazmas asos nogorizontal (nishabli) bo'lib, qirg'oq o'zgarmas bo'lsa suv ko'tarilish tenglamasi.



To'g'on qurilishidan oldingi daryoga oqimning solishtirma sarfi Dyupyui bo'yicha:

$$q = K \frac{(h_1 + h_p)(H_1 - H_p)}{2l}$$

To'g'on qurilgandan keyingi daryoga oqimning solishtirma sarfi:

$$q = K \frac{(h_1 + Z_1 + h_p + Z_p)(H_1 + Z_1 - H_p - Z_p)}{2l}$$

Bu tenglamalarda sarflar miqdori teng bo'lgani uchun "2l" va "K" ga qisqartirib, yozamiz:

$$(h_1 + h_p)(H_1 - H_p) = (h_1 + Z_1 + h_p + Z_p) * (H_1 + Z_1 - H_p - Z_p) \quad (9)$$

Bu tenglamada:

h_1 – grynt suvi oqimining 1-chi kesimdagi qalinligi;

h_r – suv ushlagich qatlamning daryo qirg'og'i oldidagi qalinligi;

N_1 – suv satxining 1-chi kesimdagi 0-0 yuzadan balandligi;

N_r – daryodagi (suv omboridagi) suv satxining 0-0 solishtirma yuzadan balandligi;

Z_1 – 1 chi kesimdagi hisoblanayotgan suv satxining ko'tarilish miqdori (podpor);

Z_r – daryodagi (suv omboridagi) suv satxi balandligining to'g'on qurilgandan keyin ko'tarilgan miqdori;

l – daryo qirg'og'i bilan 1 chi kesim orasidagi masofa.

Keltirilgan (q) tenglamada Z_1 dan boshqa xamma belgilarning qiymati aniq. Bu belgilar qiymatini (q) tenglamaga qo'yib, Z_1 ni hisoblaymiz.

Amalda 1-chi kesim davomida 2-3 chi va x. kesimlar bo'lishi mumkin. Bu kesimlardagi suv ko'tarilish miqdoridan foydalanib aniqlaymiz. Masalan 2-chi kesim uchun tenglama:

$$(h_1 + h_p)(H_1 - H_p) = (h_2 + Z_2 + h_1 + Z_1) * (H_2 + Z_2 - H_1 - Z_1) \quad (10)$$

Har qanday daryo, kanal, yoki drenaj kollektorlarda suv ko'tarilishi (podpor), uning rivojlanishi vaqt birligiga bog'liq bo'ladi. buni hisoblash uchun K.G.Asatur quyidagi tenglamani taklif qiladi:

$$L = \sqrt{\frac{2\pi KHT}{\mu}}, m, \quad T = \frac{L^2 \mu}{2\pi KH}, cyt$$

Bu yerda: K-sizilish koeffitsienti, m/sut;

N-suv qatlamining qalinligi, m;

T-suv satxi tebranishning sutka hisobidagi yarim davri, sutka

μ - suv bera olishlik yoki to'yinishiga etishmovchilik koeffitsienti.

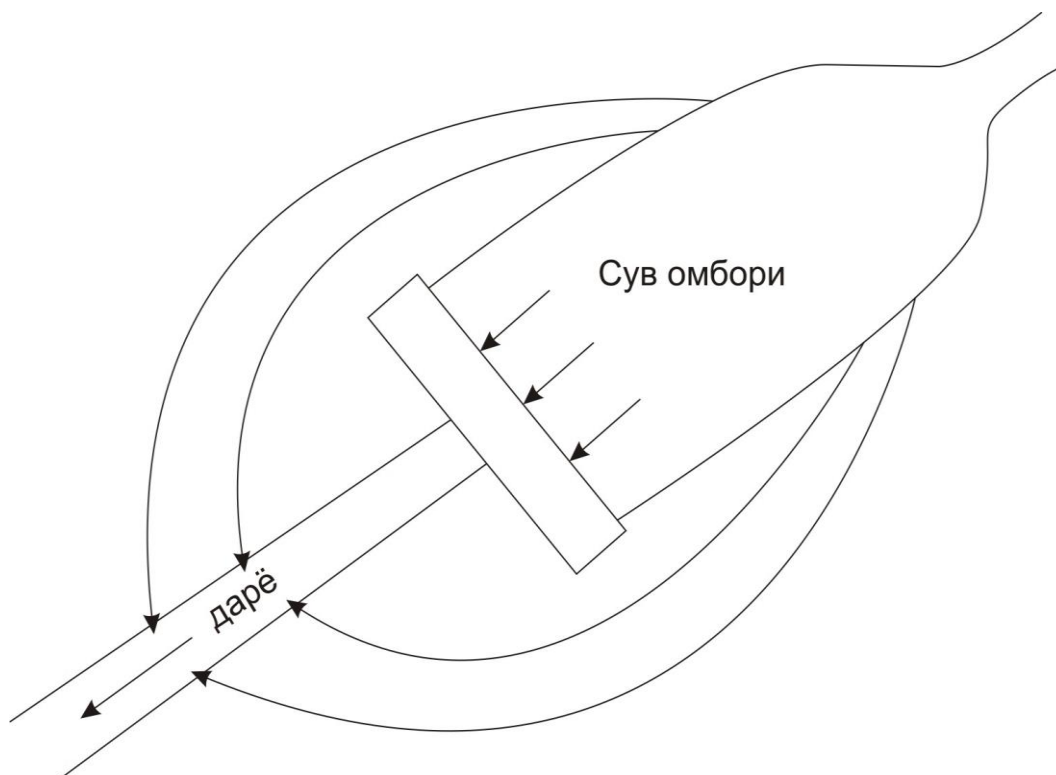
Takrorlash va tekshirish uchun savollar

- 1.Grynt suvlari satxining ko'tarilishi deganda nimalarni tushunasiz?
- 2.Grynt suvlari satxining ko'tarilishi turlari qanday?
- 3.Suv ko'tarilish shakllari qanday?
- 4.Yer osti suvlarining ko'tarilishi tenglamalarini bilasizmi?
- 5.To'g'on qurilgan suv satxining xolati uchun Dyupyui tenglamasi?

8. YER OSTI SUVLARINING GIDROTEKNIK INSHOOTLAR OSTIDAGI HARAKATI

8.1. Yer osti suvlarining gidroteknik inshootlar ostidagi harakati va suv omborlaridan sizilish.

35-rasm. Yer osti suvlarining gidroteknik inshootlar ostidagi harakati



To'g'onlar qurish natijasida daryo va boshka suv xavzalarida suv omborlari paydo bo'ladi. Hosil bo'ladigan suv ombori vakt o'tishi bilan suvga to'ladi va undan suv sizilishi ro'y bera boshlaydi. Bu sizilish yuo'ori b'efrdan kuyi b'efga yo'naladi.

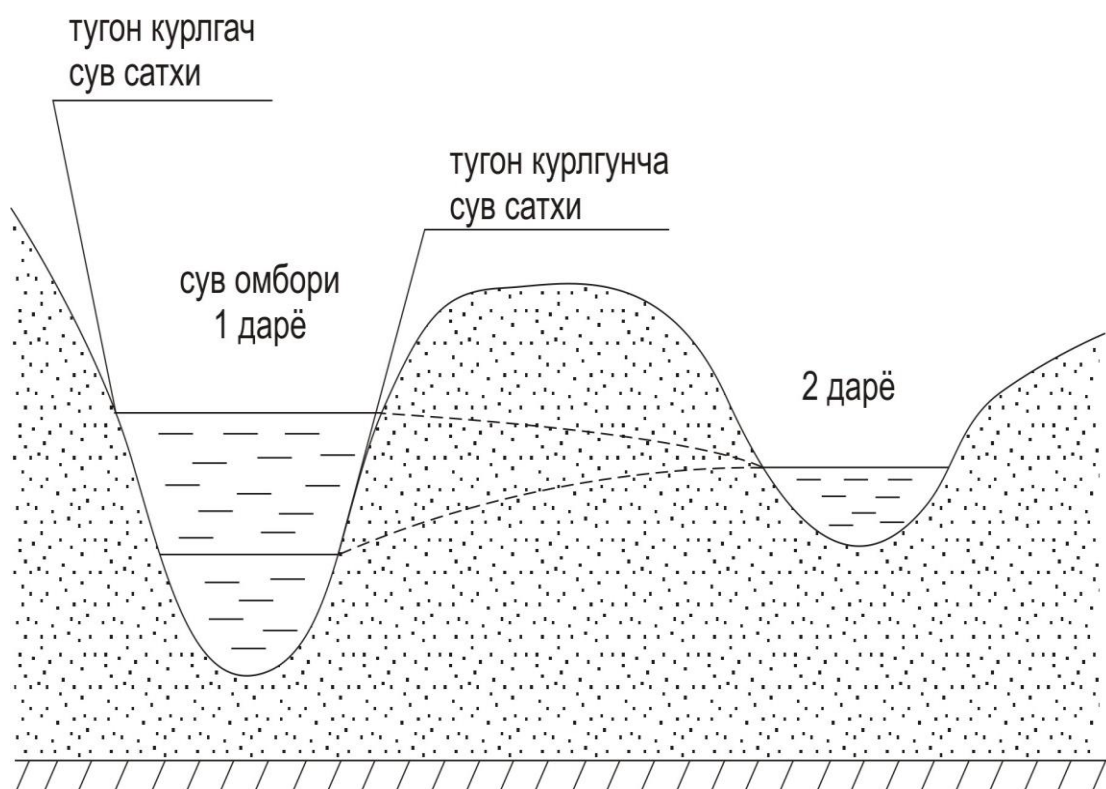
Sizilishi yo'nalishda bo'ladi:

1-chi to'g'on kengligida uning ostidan b'efga siziladi;

2-chi to'g'onning ikki yonidan yarim ellips shaklidagi okim chiziklari yo'nalishida to'g'onni chetlab siziladi.

Suv omborini loyixalashda to'g'on qidiriladigan joyning reliefi, geomorfologiyasi, tog jinslarining litologik tarkibi, suv ombori quriladigan rayonning gidrogeologik sharoitlari o'rganiladi va bashorat qilinadi.

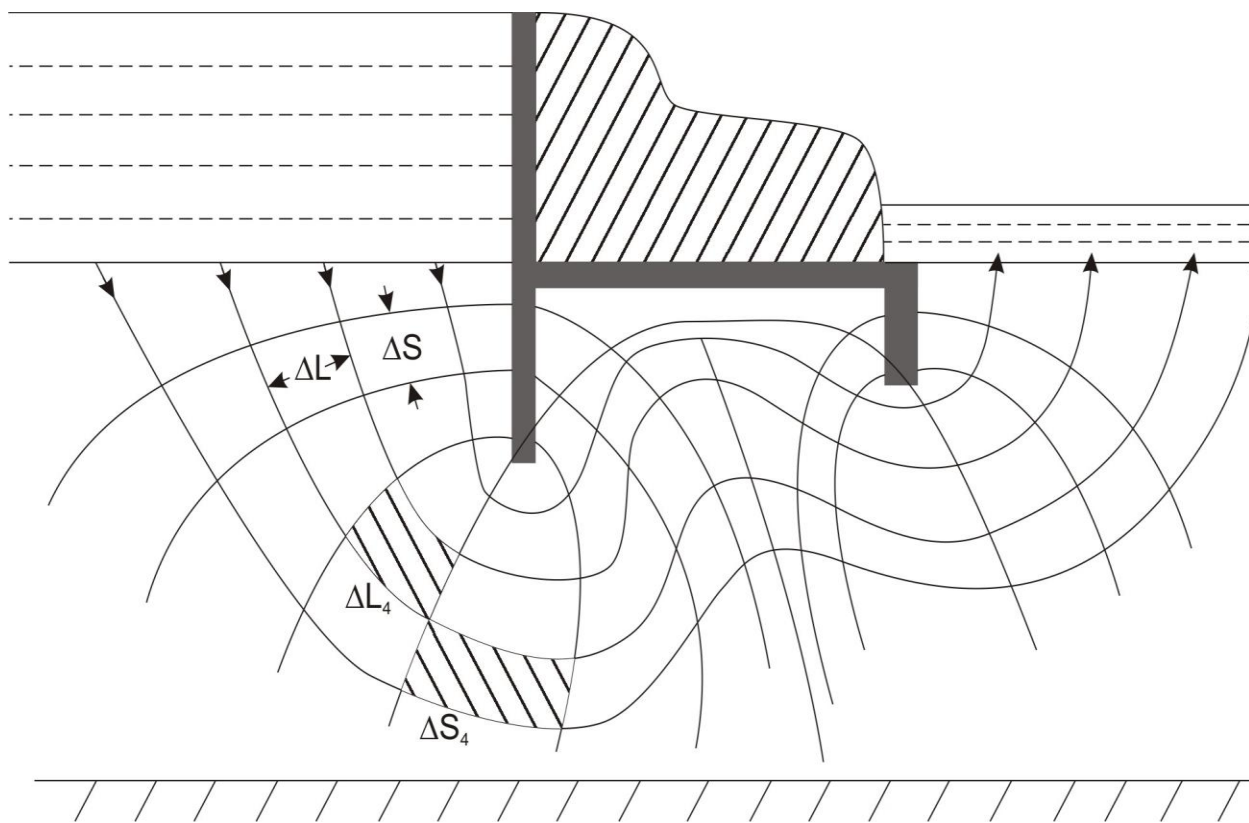
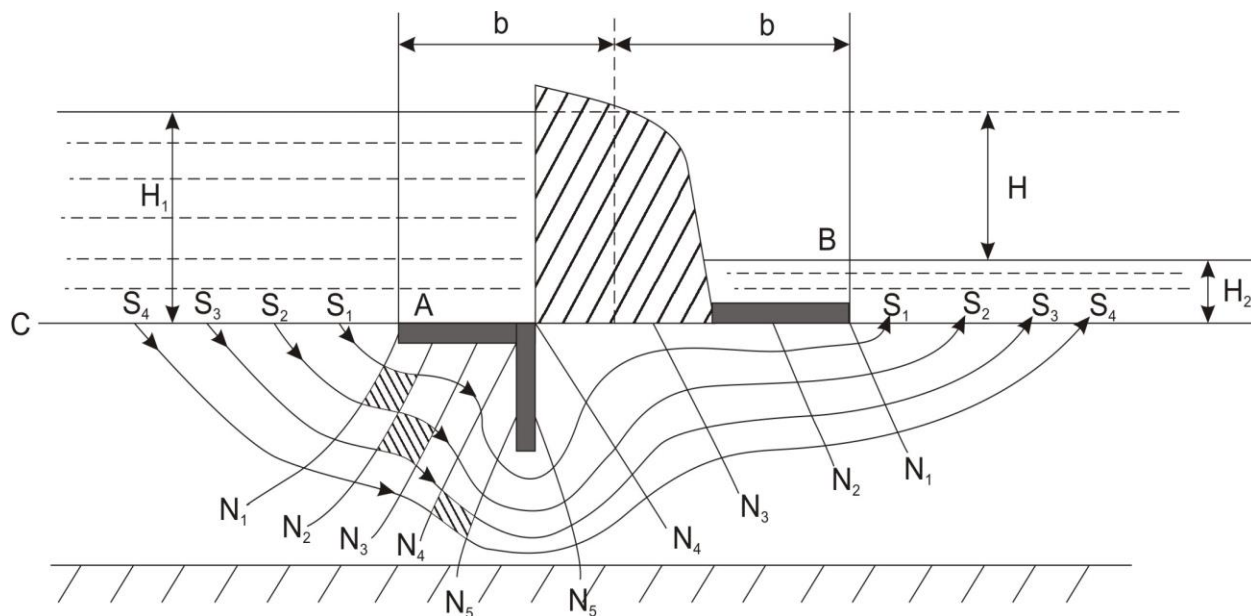
Masalan: 36-rasm. Suv ombori quriladigan rayonning gidrogeologik sharoitlari



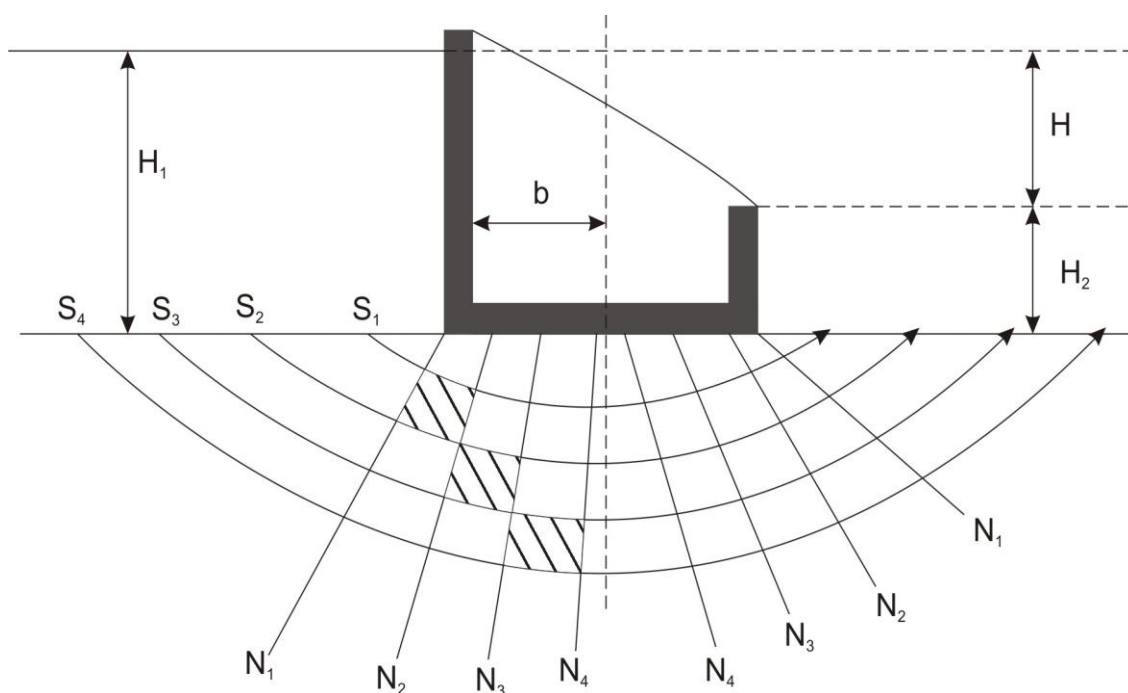
Agar to'g'on suvlarining oldin grynt suvlarining harakati yo'nalishi daryo tomon bo'lsa, daryo grynt suvlari hisobiga to'yinadi. Agar to'g'on qurilgach, daryoda suv satxi ko'tarilib grynt suvlari harakati daryodan –suv omboridan bo'lsa, u xolda grynt suvlari daryo-suv ombori suvlari hisobiga to'yinadi (sxemada keltirilgan). Agar suv ombori atrofida kichkina daryochalar, soyliklar , jarliklar bo'lib, ularning tubini yoki mavjud suv satxining absolyut balandligi suv omboridagi suv satxining absolyut belgisidan past bo'lsa, u xolda suv omboridan bu erlarga sizilish ro'y berib, to'g'on ostidan va suv ombori chetidan er osti oqimlari paydo bo'ladi.

8.2. Yer osti suvlarining sizilishini gidrodinamik to'ri .

A)37-rasm. Qatlam qalinligi cheklangan bo'lsa.



B)38-rasm. Qatlam qalinligi cheklanmagan bo'lsa.



Sizilishning gidrodinamik to'ri grafik va formulalar bilan hisoblash usullari, hamda laboratoriya o'lchamlari asosida tuziladi.

Suv ombori qurilishi natijasida xosil bo'lgan suv gorizontlarining yukori kuyi b'efalari otmetkalarining (balandliklarning) ayirmasi sizilishini harakatga keltiruvchi potentsial energiya hisoblanadi. Bir xil potentsial qiymatli nuqtalarni birlashtiruvchi chiziklar ekvipotentsial chiziklar, yoki teng bosimli chiziklar (linii rovnogo napora) deyiladi. Ular «N» belgisi bilan belgilanadi.

Sizilish harakati chiziklari ekvipotentsial chiziklariga normal-tik – perpendikulyar yo'nalishida bo'ladi. Bu chiziklar, ya'ni okim chiziklari (linii toka) deb ataladi. Okim chiziklari bilan ekvipotentsial chiziklarning plandagi, yoki vertikal kesimidagi ko'shma izoxi er osti suvlari okimining gidrodinamik to'ri (gidrodinamicheskaya setka) deyiladi. Ideal, nazariy xolatda, gidrodinamik to'r kvadrat shaklida bo'lib, bu kvadratlarning bir tomoni okim chiziklari, ikkinchi tomoni ekvipotentsial chiziklardan tashkil topadi.

Bosim gradientining o'rtacha qiymati:

$$J_{cp} = \frac{\Delta H}{\Delta S} \quad (2)$$

Bu yerda: ΔH -ikki ko'shni ekvipotentsial chiziklar orasidagi bosimning pasayishi;

ΔS -ikki ko'shni ekvipotentsial chiziklar orasidagi o'rtacha masofa-okim chizigining kismi. Darsi qonuniga muvofiq sizilishning o'rtacha tezligi teng bo'ladi:

$$V_{cp} = K \cdot J_{cp} = K \frac{\Delta H}{\Delta S} \quad (3)$$

Huddi shu qonuniga muvofiq sizilish sarfining inshootning 1 pog.m. kengligidagi miqdori kuyidagi tenglama bilan aniklanadi:

$$q = K \cdot \Delta H \left(\frac{\Delta l}{\Delta S} m + \frac{\Delta l^1}{\Delta S^1} \right) \quad (4)$$

Bu yerda:

m -to'la kvadratlarning soni;

$\frac{\Delta l}{\Delta S}$ -to'la kvadratli to'rlarning tomonlari nisbati;

$\frac{\Delta l^1}{\Delta S^1}$ -to'liq bo'lmagan kvadratlarning tomonlari nisbati.

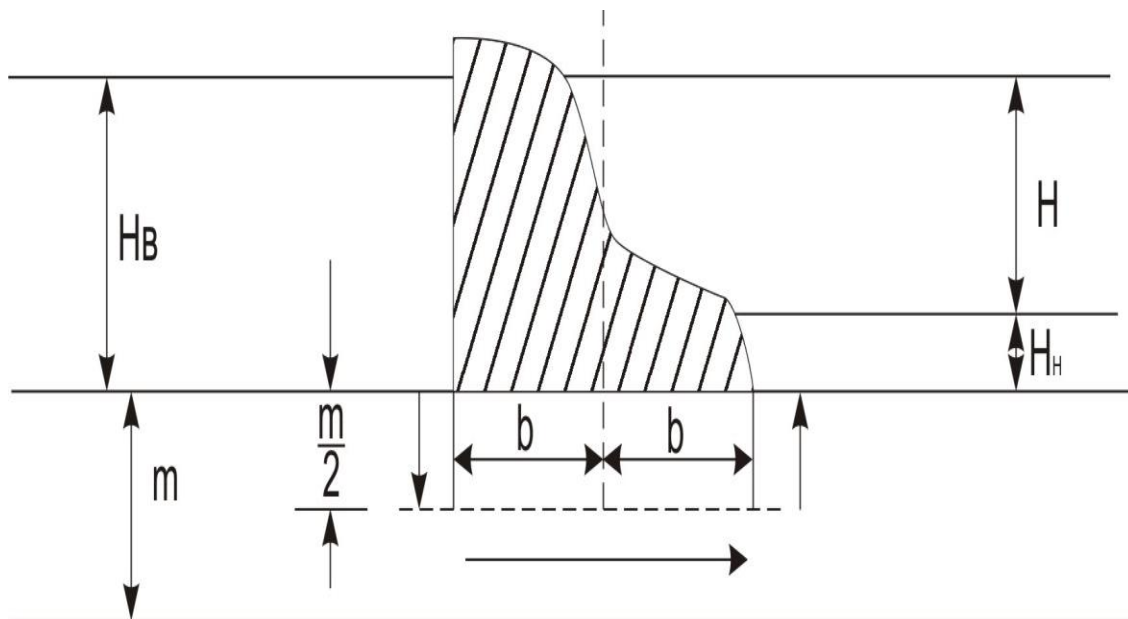
8.3. Sizilish sarfining hisoblash tenglamalari.

Tabiiy xolda to'g'on osti, to'g'on yoni va suv omboridan sizilish bir-biri bilan bog'liq va mukammal sistemani tashkil kiladi. Ko'pincha bu sistema modellashtirib echiladi, ba'zi xollarda u shunday mukammal bo'ladiki, uni echish umuman mumkin bo'lmay koladi. SHuning uchun bu echim oddiylashtirilib, echim uch kismdan iborat bo'ladi:

- 1) to'g'on ostidan sizilish sarfini hisoblash;
- 2) to'g'on yon-bagridan sizilish sarfini hisoblash;
- 3) suv omboridan sizilish sarfini hisoblash.

Bu echimlarni ko'rib chikamiz:

39-rasm. 1^a. bir turli tok jinslariga qurilgan to'g'on ostidan sizilish sarfi.
(G.N.Kamenskiy fikricha).



G.N.Kamenskiy fikricha, agar $\frac{b}{m} \geq 0,2$ bo'lsa, bu xolda oqimning to'g'on ostidan umumiy sarfining tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$Q = KHL \frac{m}{2b + m}$$

Bu yerda: Q -to'g'on ostidan siziladigan umumiy sarf;

K -sizilish koeffitsienti;

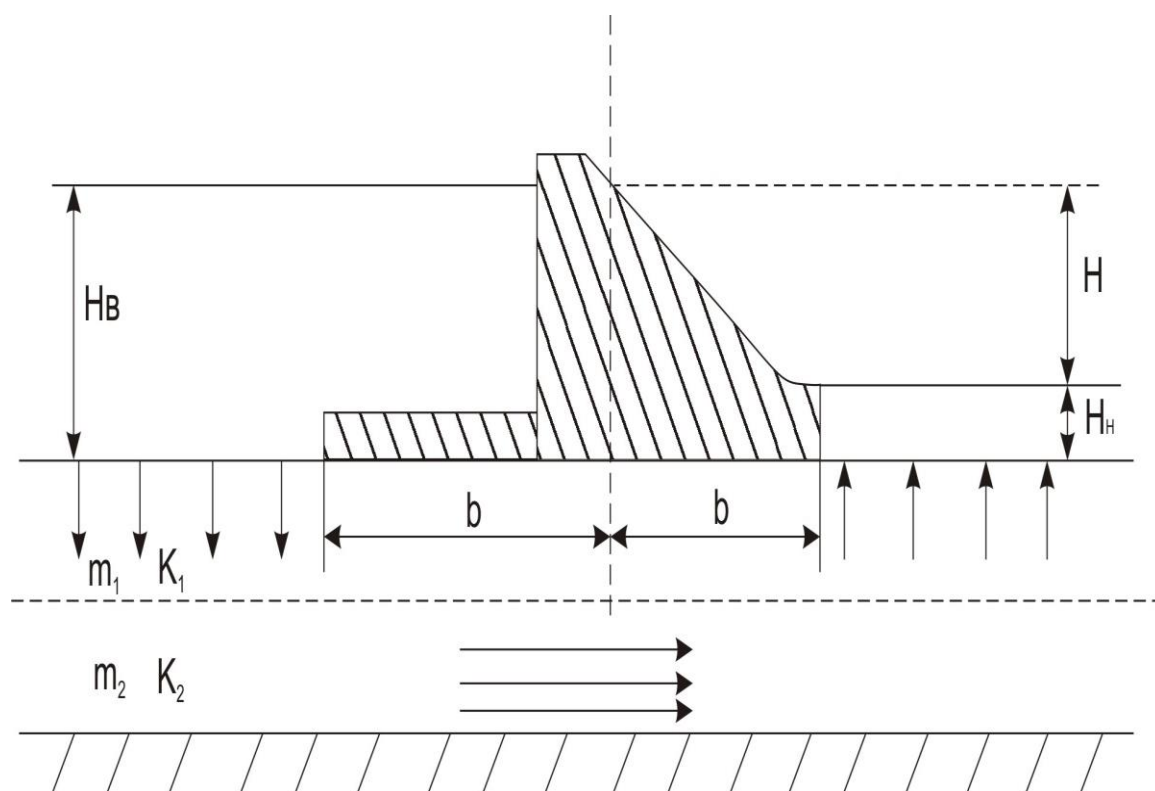
$N=N_v-N_n$ bosim potentsiali to'g'onidagi bosim;

L - to'g'on uzunligi , $L=2v$;

m -suv sizilayotgan qatlamning qalinligi;

v -to'g'on flyutbetining yarim kengligi.

40-rasm. 1^b. to'g'on ostidagi tog' jinslar 2 turli qatlamdan iborat bo'lsa
sizilish sarfi tenglamasi
(G.N.Kamenskiy fikricha).



Faraz qilaylik:

A) $K_1:K_2 \geq 1:10$

B) m_1 qiymati m_2 qiymatidan ancha kata;

V) sizilish oqimi yuqori va quyi befalarda m_1 qalinlikda faqat vertikal xolatda;

m_2 qatlamda $2v$ masofada faqat gorizontal yo'nalishda.

Bu xolda to'g'on ostidan sizilishning umumiy sarfi quyidagi tenglama bilan hisoblanadi.

$$Q = \frac{L(H_B - H_H)}{\frac{2b}{m_2 K_2} + 2\sqrt{\frac{m_1}{K_1 K_2 K_3}}}$$

Bu tenglamada: Q-umumiy sarf;

L- to'g'on uzunligi ,

N_v va N_n yuqori va quyi b'efalardagi suv qalinligi;

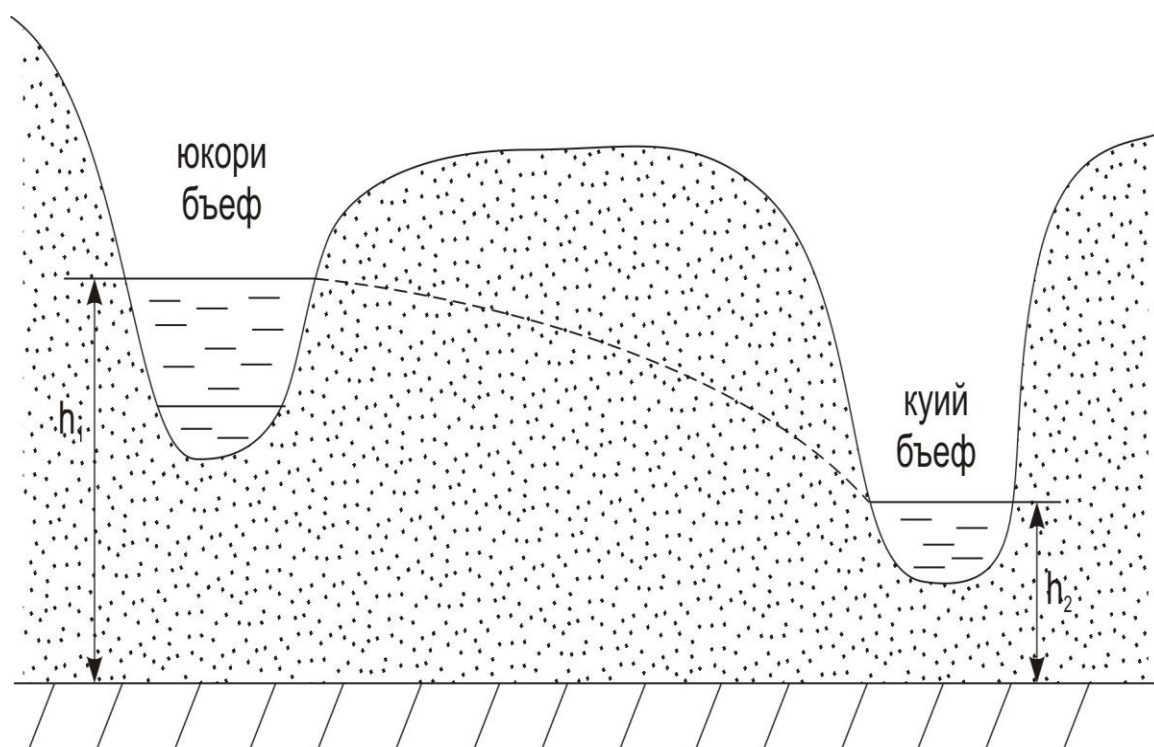
2v – to'g'on flyutbetining uzunligi;

m_1 va m_2 –yuqori (kam suv o'tkazuvchi) va pastki (ko'p suv o'tkazuvchi) qatlamlarning qalinligi;

K_1 va K_2 –qatlamlarning sizilish koeffitsienti.

2. To'g'on yon-bag'ridan sizilish sarfi.

A)41-rasm. yer osti suvlari bosimsiz bo'lsa, hisoblash tenglamasi.



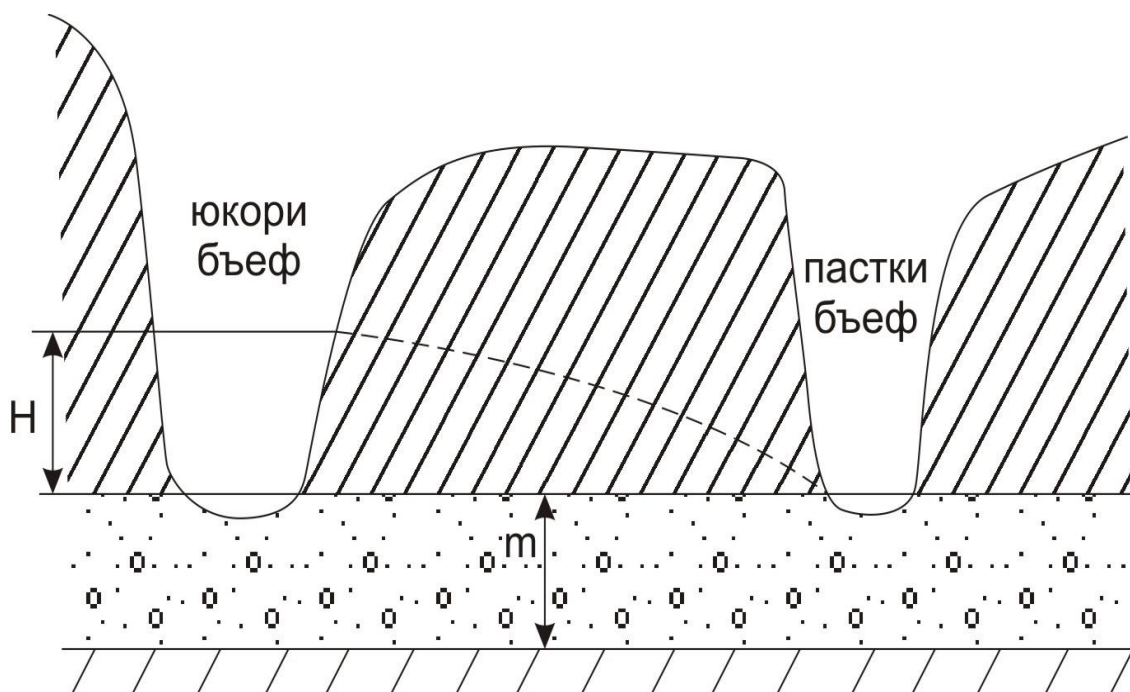
Qabul sharti:

Grunt bir turli; atmosfera yog'ini shimilmaydi; to'g'on atroflama oqim chizig'i yarimsferik shaklda to'g'onni aylanib o'tadi.

Bunday oqimning umumiy sarf tenglamasi:

$$Q_{bH} = \frac{K(h_1^2 - h_2^2)}{\pi} \ln \frac{B}{r}$$

B) 42-rasm. Yer osti suvlari bosimli bo'lsa hisoblash tenglamasi



Bosimli suv oqimi uchun tenglama:

$$Q_H = \frac{KmH}{\pi} \ln \frac{B}{r}$$

Yuqoridagi tenglamalarda belgilar izoxi:

Q_n va Q_{bn} –bosimli va bosimsiz oqimlarning sizilish sarfi;

K -sizilish koeffitsienti;

m -sizilish ro'y berayotgan qatlamning qalinligi;

N-to'g'ondagi bosim (N_v-N_n);

h_1 va h_2 –yuqori va quyi b'efalardagi suv satxining suv o'tkazmas qatlamgacha qalinligi;

V-to'g'on yon-bag'ridagi sizilish uchastkasining yuqori b'efadan boshlab o'lchangan kengligi; konkret sharoitga qarab suv o'tkazmas qatlamgacha, yoki daryo burilishiga qarab olinadi;

r- to'g'ri qirg'oq konturining radiusi:

$$r = \frac{2l}{\pi} \text{ ushbu tenglamadan aniqlanadi;}$$

Bu tenglamada $2l$ - to'g'onning qirg'oq tomondan kengligi.

8.4. To'g'onning mexanik suffoziyaga bardoshi.

Yuqoridagi sxemalarda ko'rsatilishicha sizilish chiziqlari yuqori befadan pastga qaragan, pastki b'efada esa-pastdan yuqoriga qarab yo'nalgan.

Bunday harakat yo'nalishida agar oqim tezligi ancha kata bo'lsa grunt zarrachalari yuvilishi, ya'ni mexanik suffoziya ro'y berishi mumkin. Suffoziyani yuzaga keltiradigan tezlik «kritik tezlik» deyiladi. Bu tezlik ko'proq modellashtirish usuli bilan laboratoriya sharoitida o'rgatilgan. Natija quyidagi 3-jadvalda keltiriladi:

3-jadval

runt zarrac halarin ing o'lcho vi d mm				.8	.5	.3	.1	.08	.05	.03	.01
ritik tezlik V_B sm/sek	2.1	7.3	.85	.83	.97	.88	.06	.79	.19	.74	.98

Agar sizilish tezlik «kritik tezlik» miqdoridan ko'p bo'lsa, suffoziya xodisasi ro'y beradi.

To'g'onning gruntни siqib ko'tarishiga bardoshi.

Gruntning xajm birligiga ta'sir etuvchi gidrodinamik bosimi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$E = \gamma J$$

Bu yerda: E-bosim, m/m³

γ –suvning solishtirma og'irligi, m/m³

J-oqimning o'lchanayotgan nuqtadagi gradienti.

Quyi befada gidrodinamik bosimning siqib ko'tarishiga qarshi gruntning o'z og'irligi turadi. Bu og'irlik quyidagi tenglama bilan hisoblanadi:

$$Q_1 = \gamma_1 - \gamma(1-n)$$

Bu tenglamada: Q_1 –sizilish zonasidagi gruntни xajm birligining og'irligi, m/m³

γ_1 -quruq gruntning solishtirma og'irligi;

γ -suvning solishtirma og'irligi;

n-gruntning g'ovakligi

to'g'onning quyi bёefada muvozanat saqlanishi uchun E va Q_1 qiymatlari teng bo'lishi kerak. Bu tenglamalardan quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$J_{kp} = \frac{\gamma_1}{\gamma} - (1-n)$$

Quyi bёefada grunt siqib ko'taruvchan kuchga bardosh berishi uchun sizilish oqimning xaqiqiy gradienti kritik gradientdan kichik bo'lishi kerak. Ya'ni

Bu yerda m –zaxira koeffitsienti.

Takrorlash va tekshirish uchun savollar

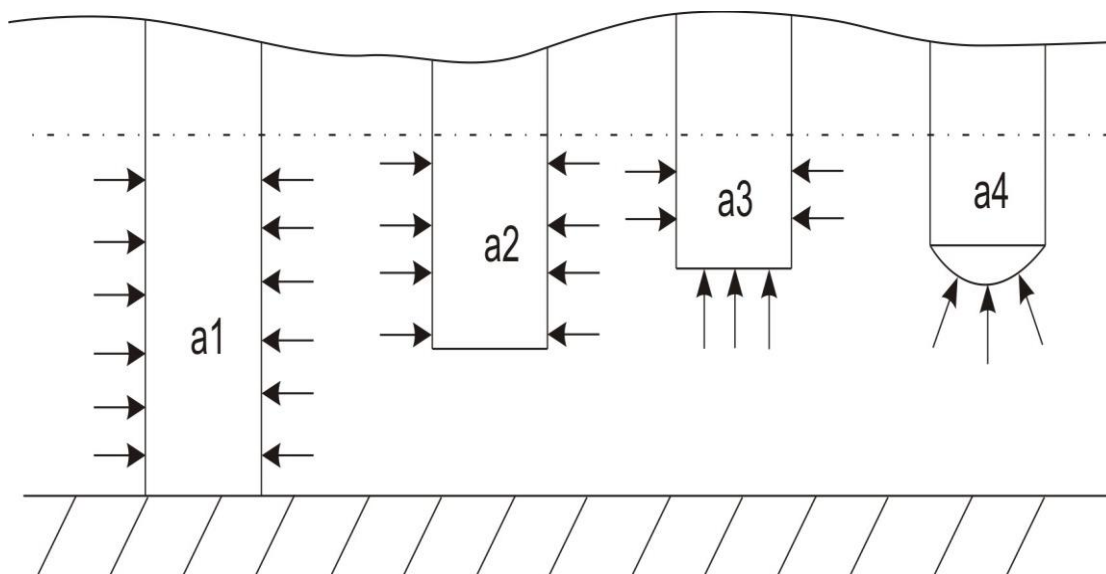
1. Yer osti suvlarining gidrotexnik inshootlar ostidagi harakati deganda nimalarni tushunasiz?
2. Yer osti suvlarining sizilishini gidrodinamik to'rining ahamiyati qanday?
3. Sizilish sarfining hisoblash tenglamalar qanday?
4. To'g'onning mexanik suffoziyaga bardoshi haqida nimalarni bilasiz?
5. Yer osti suvlarining ko'tarilishi tenglamalarini bilasizmi?
6. To'g'on qurilgan suv satxining xolati uchun Dyupyui tenglamasi.
7. To'g'onning gruntini siqib ko'tarishiga bardoshi qanday?
8. Sizilish sarfining hisoblash tenglamalar qanday?
9. To'g'onning mexanik suffoziyaga bardoshi haqida nimalarni bilasiz?

9. YER OSTI SUVLARINING RADIAL OQIMI

9.1. Yer osti suvlarining suv olish inshootlarigagi harakati.

1. Suv olish inshootlarining turlari.

A) 43-rasm. Grynt suvi quduqlari:



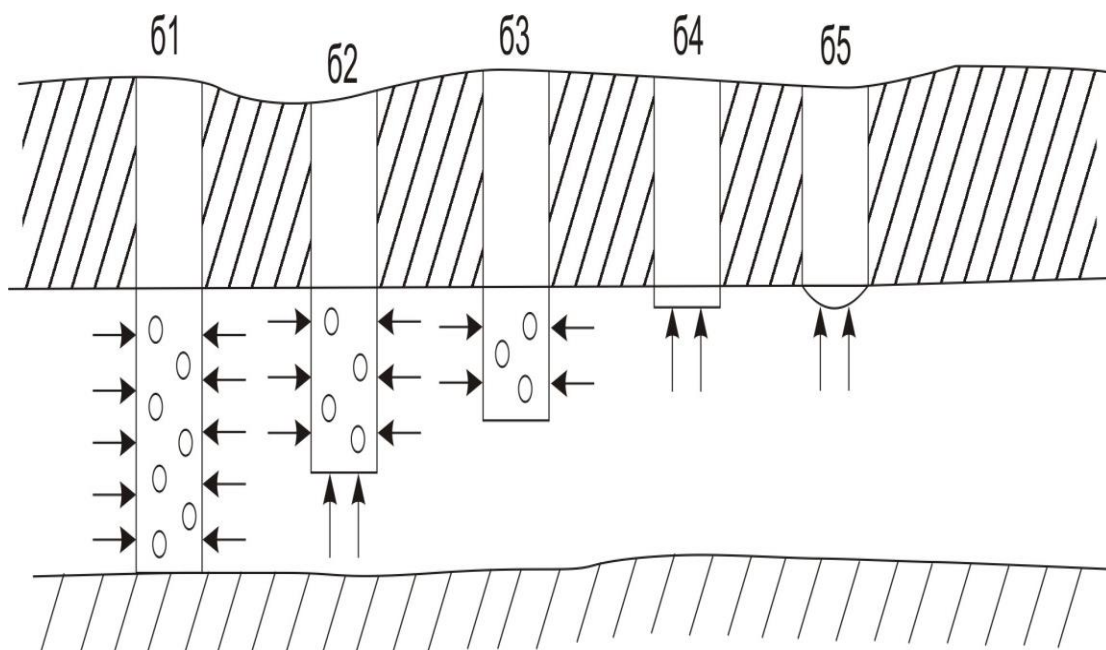
A^1 –mukammal grynt quduqlari suv ushlagich qatlamini to'la kesib o'tadi, faqat yonbag'ridan suv oladi.

A^2 –nomukammal grynt qudug'i suv ushlagich qatlamni chala kesib o'tib, yonbag'ridan va tubidan suv oladi;

A^3 –nomukammal grynt qudug'i. Suv ushlagich qatlamni chala kesib o'tib, faqat tekis tubidan suv oladi.

A^4 –nomukammal grynt qudug'i. Suv ushlagich qatlamni chala kesib o'tib, yarim sferik tubidan suv oladi.

B) 44-rasm. Bosimli suv olish quduqlari.



B^1 –mukammal bosimli suv qudug’i. Suv ushlagich qatlamni to’la kesib o’tib faqat yonbag’ridan suv oladi;

B^2 –nomukammal bosimli suv qudug’i. Suv ushlagich qatlamni chala kesib o’tib yonbag’ri va tubidan suv oladi;

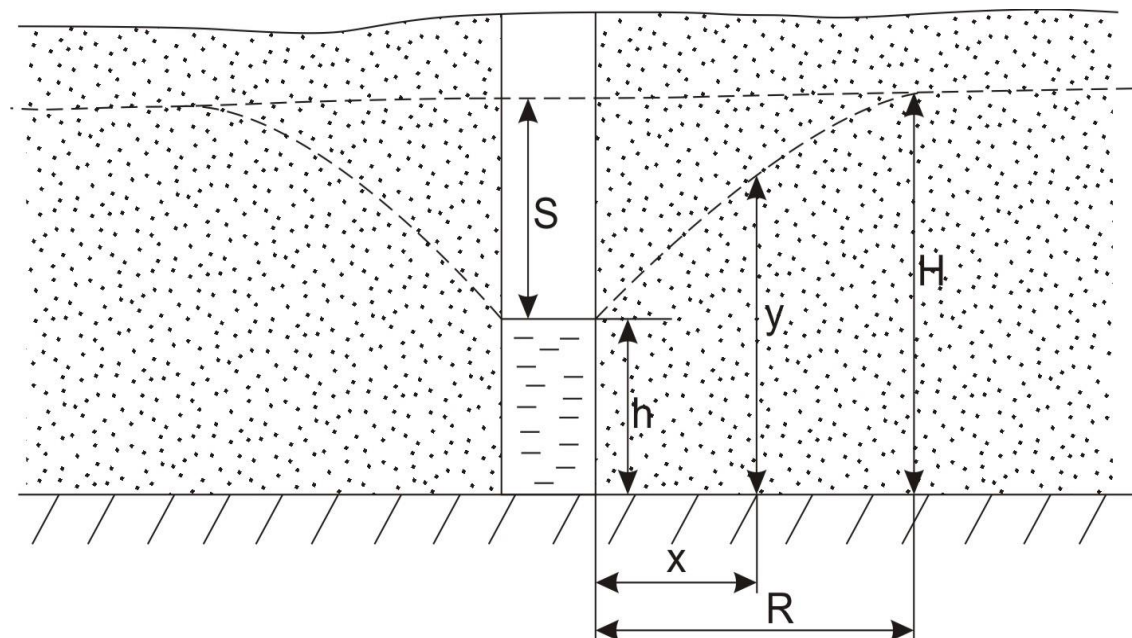
B^3 –nomukammal bosimli suv qudug’i suv ushlagich qatlamini chala kesib o’tib faqat yonbag’ridan suv oladi;

B^4 - nomukammal bosimli suv qudug’i. Suv ushlagich qatlamini ozgina kesib o’tib faqat tekis tubidan suv oladi.;

B^5 – nomukammal bosimli suv qudug’i. Suv ushlagich qatlamini ozgina kesib o’tib, yarimsferik shaklidagi tubidan suv oladi.

V) 45-rasm. Gorizontal suv olish inshootlari.

V¹ - mukammal gorizontal suv olish inshootlari.



Bu inshootni mukammal gorizontal suv olish galereyasi deyiladi.

Dyupyui tenglamasi bo'yicha bunday inshootlarga suv oqimining solishtirma sarfi teng:

$$q = Ky \frac{dy}{dx}$$

Bu tenglamadan differentsial tenglama tuzsak:

$$y \cdot dy = \frac{q}{K} dx$$

Bu tenglamani integrallasak:

$$\frac{y^2}{2} = \frac{q}{K} x + C$$

Agar $x=0$ bo'lsa, $u=0$ bo'ladi va $S=\frac{h^2}{2}$ ni olamiz. «S» ning qiymatini yuqoridagi tenglamaga qo'yib yozamiz:

$$y^2 = 2 \frac{q}{K} x + h^2$$

Bu egri chiziq-parabolaning tenglamasi.

Agar bu tenglamani oqim boshlanishiga ($u=h$) va oqim oxiriga ($u=N$) nisbatan yozsak:

$$q = K \frac{H^2 - h^2}{2R}$$

Bo'ladi. Bu gorizontal suv olish galereyasining m uzunligidagi solishtirma sarfi galereyasining «V» uzunligidagi to'la sarfi teng bo'ladi:

$$Q = BK \frac{H^2 - h^2}{2R}$$

Bu tenglamada:

Q-galareyaning to'la sarfi;

B-galareyaning uzunligi;

K-sizilish koeffitsienti;

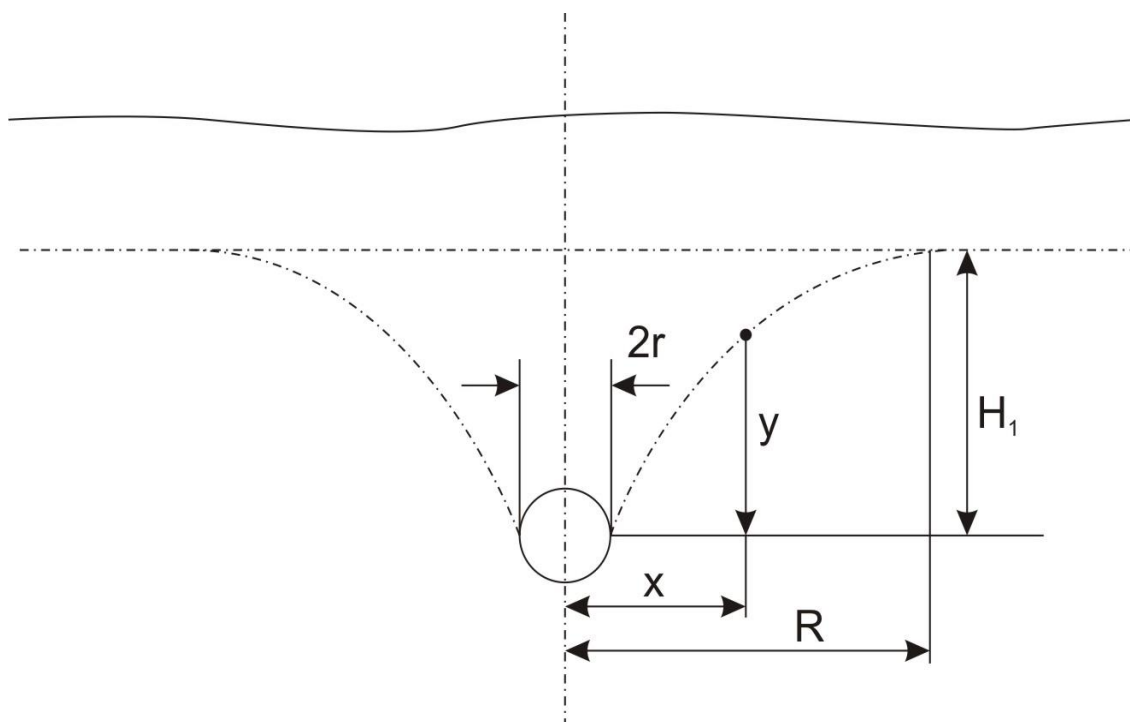
H-suv ushlagich qatlamning qalinligi;

h-galereyada suv qatlamining qalinligi;

R-galareyaning ta'sir radiusi.

Agar suv oqimi galereyaning 2 tomonidan bo'lsa, yuqoridagi formula bilan olingan natija 2 ga ko'paytiriladi.

V².46-rasm. Nomukammal gorizontal suv olish galereyasi.



Gorizontaal quvurli nomukammal galareya atrofidan suv oladi. Bunday nomukammal galareyaning solishtirma sarfi Kostyukov taklifi bo'yicha teng bo'ladi:

$$q = \frac{2\alpha \cdot K \cdot H_1}{\ln R - \ln r}$$

Galareyaning uzunligi «V» bo'lganda to'la sarfi teng:

$$Q = \frac{2\alpha K H_1 B}{\ln R - \ln r}$$

Bu tenglamada belgilar:

Q-galareyaning to'la sarfi;

K-sizilish koeffitsienti;

H_1 -drena-galareyaning markiziy nuqtasidan suv oqimining statsionar satxigacha masofa;

r -drena radiusi;

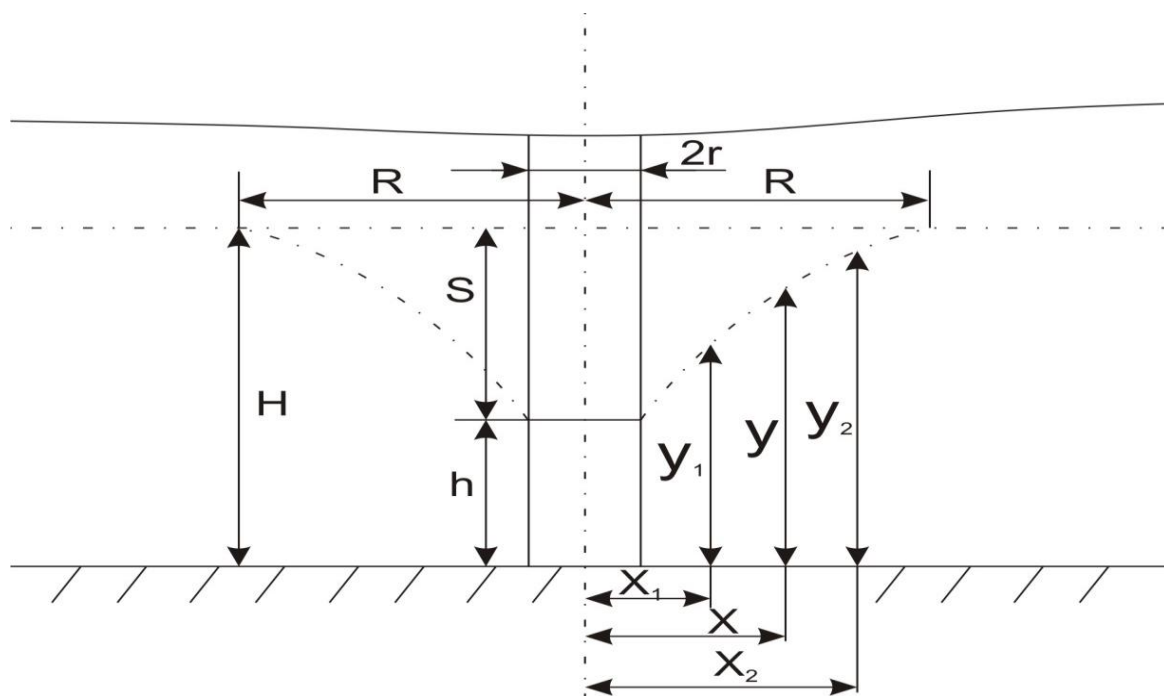
α - koefitsient quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\alpha = \frac{\pi}{2} + \frac{H_1}{R}$$

R -galereyaning ta'sir radiusi.

9.2. Mukammal grynt qudug'ining sarf tenglamasi.

47-rasm. Mukammal grynt qudug'i



Skvajinaga oqib kelayotgan suvning sarfi Dyupyui tenglamasi bo'yicha teng bo'ladi:

$$Q = K \omega J$$

O'z navbatida:

$$\omega = 2 \pi x y$$

va bosim gradienti teng:

$$J = \frac{dy}{dx}$$

Dyupyui tenglamasiga belgilarning qiymatini qo'ysak:

$$Q = K \omega J = K 2 \pi x y \frac{dy}{dx} \quad (1)$$

Bu tenglamadan differentsial tenglama tuzamiz:

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

Bu tenglamani integrallasak

$$y^2 = \frac{Q}{\pi K} \ln x + C \quad (3)$$

Sxemada ko'rsatilgan kesimlar uchun bu tenglamani qo'shni ko'rinishlarini yozamiz:

$$y^2_1 = \frac{Q}{\pi K} \ln x_1 + C \quad (4)$$

$$y^2_2 = \frac{Q}{\pi K} \ln x_2 + C \quad (5)$$

(5) tenglamada (4) tenglamani aylantirsak:

$$y^2_2 - y^2_1 = \frac{Q}{\pi K} (\ln x_2 - \ln x_1) \quad (6)$$

Shunga o'xshash boshqa kesimlar uchun ham tenglamalar yozish mumkin:

Oqimning oxirgi va boshlanish qismlari uchun tenglamalar:

$$y^2_2 - y^2 = \frac{Q}{\pi K} (\ln x_2 - \ln r) \quad (7)$$

$$H^2_2 - y^2 = \frac{Q}{\pi K} (\ln R - \ln r) \quad (8)$$

(8) tenglamani Q ga nisbatan echsak:

$$Q = \frac{\pi K (H^2 - h^2)}{\ln R - \ln r} \quad (9)$$

Agar natural logarifmdan o'nlik logarifmga o'tsak:

$$Q = \frac{1.365 K (H^2 - h^2)}{(\lg R - \lg r)} \quad (10)$$

Ushbu (10) tenglama mukammal qudug'ining to'la sarfini hisoblash tenglamasi, Dyupyui tenglamasi deyiladi.

Belgilar qiymati:

Q-mukammal grynt qudug'i-skavjinaaning to'la sarfi;

K-sizilish koeffitsienti;

H-suv ushlagich qatlamning statik qalinligi;

h-suv ushlagich qatlamining otkachka davridagi dinamik qalinligi;

R-quduqning ta'sir radiusi;

r- quduqning radiusi.

Agar sxemada ko'rsatilganidek $h = H - s$ bo'lsa (10) tenglama ko'rinishi o'zgaradi:

$$Q = \frac{1.365K(2H - 1)}{\lg R - \lg r} \quad (11)$$

Quduqning 1m pasayishiga bo'lgan sarfi solishtirma sarf deyiladi $-q$:

Agar $s=1m$ bo'lsa

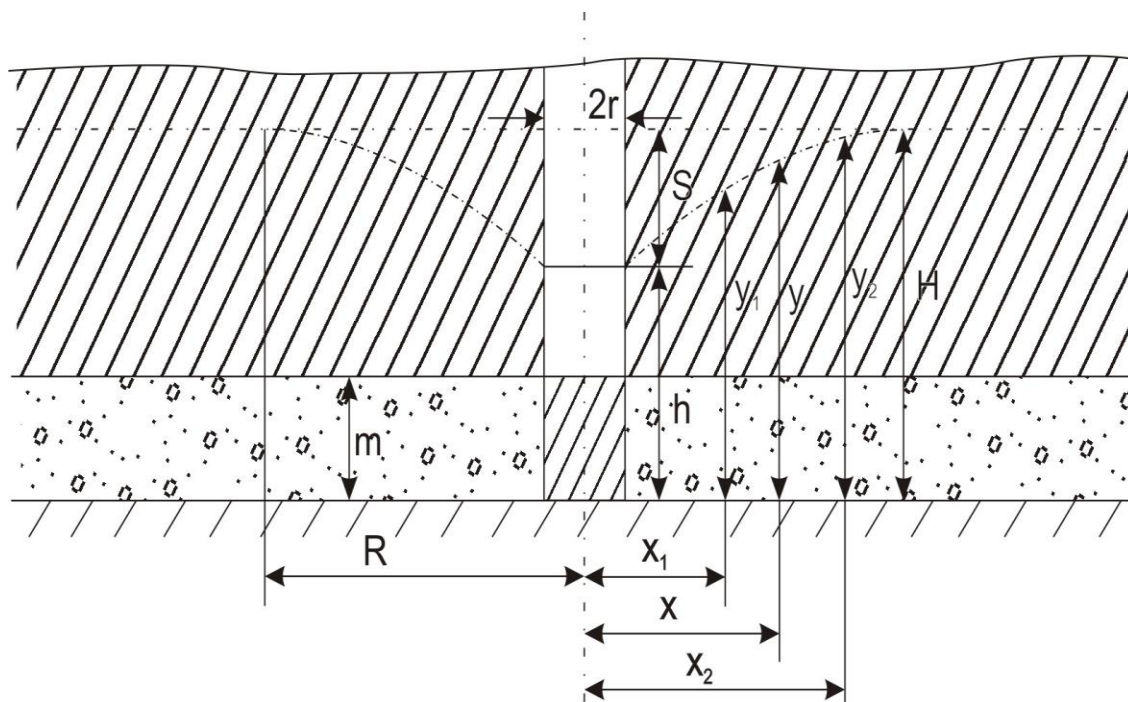
$$q = \frac{1.365K(2H - 1)}{\lg R - \lg r} \quad (12)$$

Sxemadan va (11) tenglamadan ko'rinib turibdiki, suv chiqarish davrida suv satxining pasayishi s -qancha katta bo'lsa, quduqning sarfi shuncha kata bo'ladi, ya'ni $Q_{\max}$ qiymati $S_{\max}$ ga bog'liq.. $S_{\max}$ qiymati $h=0$ bo'lganda bo'ladi, ya'ni (10) tenglamadan yozamiz:

$$Q_{\max} = \frac{1.365KH^2}{\lg R - \lg r}$$

9.3. Mukammal artezian quduqlarning sarf tenglamasi.

48-rasm. Mukammal artezian qudug'i



Bosimli suv qudug'i-skvajinasiga oqib keladigan suvning sarfi Dyupyui tenglamasi bo'yicha quyidagicha:

$$Q = K \omega J$$

O'z navbatida $\omega = 2 \pi x M$ $J = \frac{dy}{dx}$

Qiymatlarini o'rniga qo'ysak:

$$Q = K \omega J = 2 \pi x M \frac{dy}{dx} \quad (1)$$

Differentsial tenglama tuzsak: $dy = \frac{Q}{2 \pi K M} \frac{dx}{x} \quad (2)$

(2) tenglamani integrallasak: $Y = \frac{Q}{2 \pi K M} \ln X + C \quad (3)$

Oqim chizig'i bo'ylab ikkita kesim uchun (3) tenglamaga o'xshash

tenglama yozsak: $Y_1 = \frac{Q}{2 \pi K M} \ln X_1 + C \quad (4)$

$$\text{Va } Y_2 = \frac{Q}{2\pi KM} \ln X_2 + C \quad (5)$$

(5) tengladamadan (4) tenglamani ayirsak:

$$Y_2 - Y_1 = \frac{Q}{2\pi KM} (\ln X_2 - \ln X_1) \quad (6)$$

Agar bu tenglamani skvajinaga suv oqimining boshlanish va oxirgi nuqtalarida deb hisoblasak, $Y_1=h$, $Y_2=H$ bo'ladi:

$$H-h = \frac{Q}{2\pi KM} (\ln R - \ln r) \quad (8)$$

$$\text{Va nihoyat: } Q = \frac{2\pi KM(H-h)}{\ln R - \ln r} \quad (9)$$

$$\text{Agar } H-h=S \text{ bo'lsa: } Q = \frac{2\pi KMS}{\ln R - \ln r} \quad (10)$$

Agar natural logarifmdan o'nlik logarifmga o'tsak:

$$Q = \frac{2.73KMS}{\lg R - \lg r} \quad (11)$$

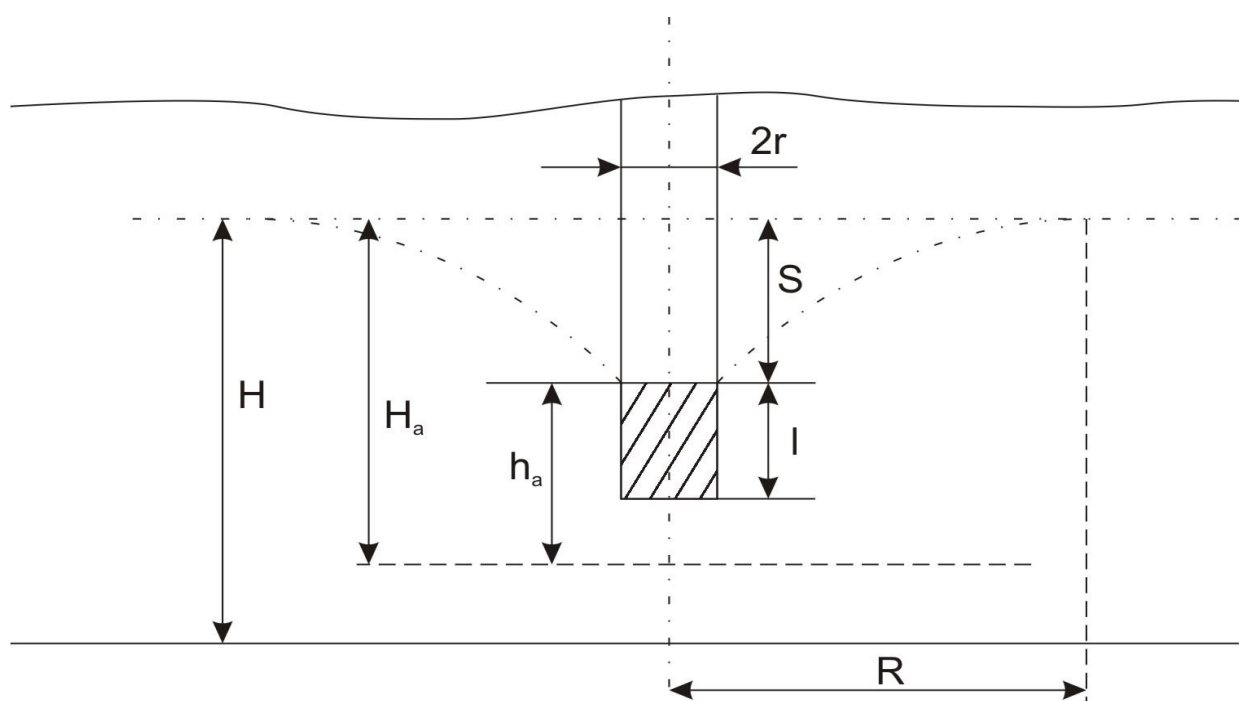
Bu tenglama bosimli mukammal artezian quduqlarining to'la sarf tenglamasi, Dyupyui tenglamasi deyiladi. Suv chiqarish davrida pasayishining $S=1$ m miqdoridagi sarfni solishtirma sarf deyiladi.

Solishtirma sarf tenglamasi:

$$q = 2,73 \frac{KM}{\lg R - \lg r} \quad (12)$$

9.4. Nomukammal grynt qudug'ining sarf tenglamasi.

49-rasm. Nomukammal grynt qudug'i



$$\frac{Q_{cab}}{Q_{hecob}} = \sqrt{\frac{h}{l}} \sqrt[4]{\frac{h}{2h-l}} \quad (1)$$

$$Q_{hecob} = Q_{cab} \sqrt{\frac{l}{h}} \sqrt[4]{\frac{2h-l}{h}} \quad (2)$$

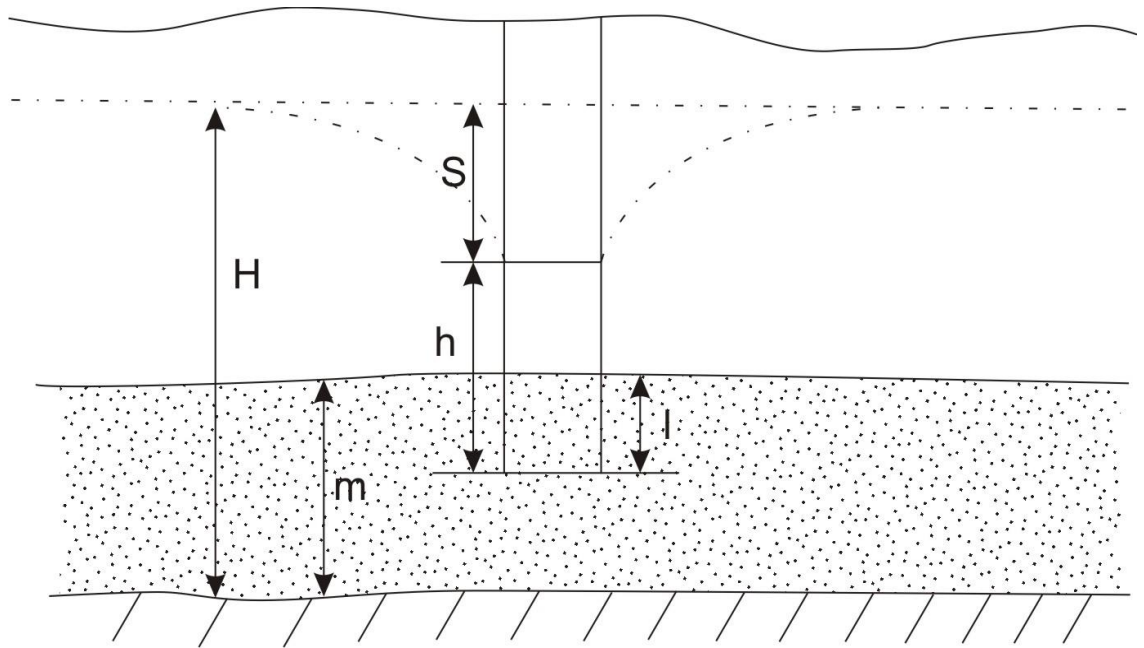
Bu tenglamada:

$$B = \sqrt{\frac{l}{h}} \sqrt[4]{\frac{2h-l}{h}} \quad (3)$$

(2) tenglamada V-nomukammallik koefitsienti-koefitsient nesovershenstva deyiladi.

9.5. Bosimli nomukkammal quduqlarning sarfi.

50-rasm. Bosimli nomukkammal quduq



$$\frac{Q_{cab}}{Q_{несов}} = \sqrt{\frac{M}{l}} \sqrt[4]{\frac{M}{2M-l}}$$

$$Q_{несов} = Q_{cab} \sqrt{\frac{1}{M}} \sqrt[4]{\frac{2M-l}{M}}$$

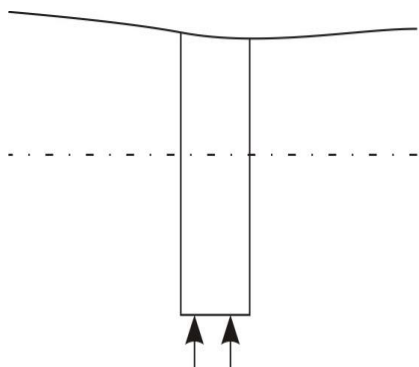
Bu tenglamada:

$$V = \sqrt{\frac{1}{M}} \sqrt[4]{\frac{2M-l}{M}}$$

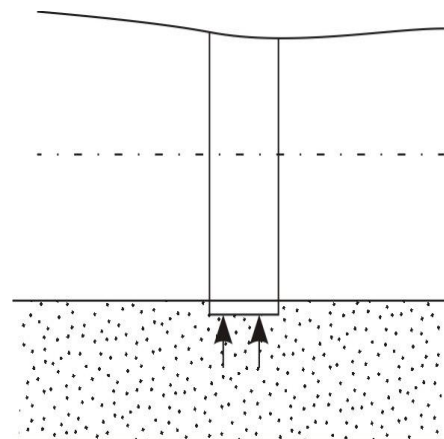
V- nomukammallik koefitsienti - koefitsient nesovershenstva deyiladi.

9.6. Tekis tubidan suv oluvchi grynt va artezian nomukammal quduqlari sarfi

51-rasm Tekis tubidan suv oluvchi grynt quduq



52-rasm. Artezian nomukammal quduq



Tekis tubidan suv oluvchi grynt va artezian nomukammal quduqlarning sarfi tenglamasi bir xil: Forxgeymer tenglamasi deyiladi.

$$Q = 4 K r S$$

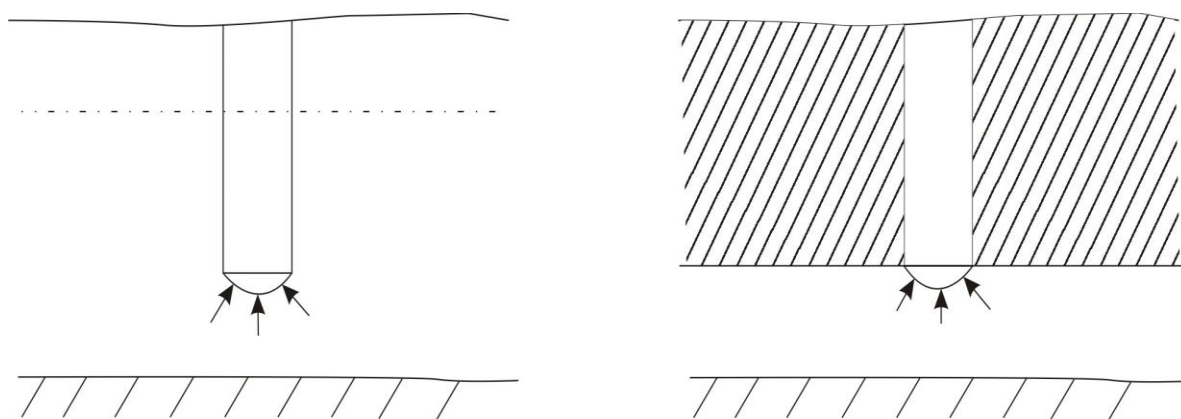
Bu tenglamada:

K - sizilish koeffitsienti

r -quduq radiusi

S -otkachka(suv chiqarish) davrida suv satxining pasayishi.

9.7. Yarim sferik tubli grynt va bosimli suv nomukammal quduqlarning sarfi.



53-rasm. Yarim sferik tubli grynt va bosimli suv nomukammal quduqlar

Yarim sferik tubli grynt va bosimli suv nomukammal quduqlarning sarfi tenglamasi bir xil Forxgeymer tenglamasi dyiladi.

$$Q = 2 \pi K r S$$

Bu yerda:

K - sizilish koeffitsienti

r -quduq radiusi

S -otkachka davrida suv satxining pasayishi.

Takrorlash va tekshirish uchun savollar

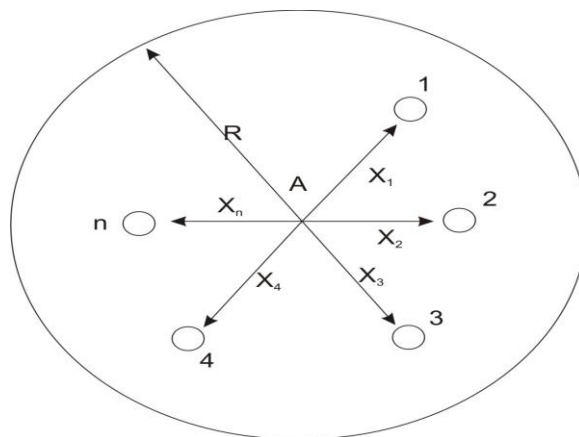
1. Suv olish inshootlarining turlari deganda nimalarni tushunasiz?
2. Bosimli suv olish quduq turlari qandaylarini bilasiz?
3. Gorizontal suv olish inshootlarini ayting?
4. Nomukammal gorizontal suv olish galireyasi qanaqa turlari mavjud?
5. Mukammal grynt qudug'ining sarf tenglamasi qanday?
6. Mukammal artezion quduqlarining sarf tenglamasi qanday?
7. Nomukammal grynt qudug'ining sarf tenglamasi qanday?

10. BIR-BIRIGA TA'SIR KO'RSATUVCHI QUDUQLARGA OQIB

KELADIGAN SUV SARFINI HISOBLASH

10.1. Bir-biriga ta'sir ko'rsatuvchi quduqlarga oqib keladigan suv sarfini hisoblash tenglamalari.

Agar burg'ulash quduqlaridan foydalanish davrida ularning bir-biridan masofasi ta'sir radiusidan kam bo'lsa, ular birlariga ta'sir etib, birlarining depression voronkalarini kesadilar. Bunday xollarda bosim kamayadi, ularning sarfi kamayadi. Bir-biriga ta'sir etuvchi bu quduqlarini hisoblash uchun Forxgeymer quyidagi sxemani takilf qiladi.



54-rasm. Forxgeymer sxemasi

Agar bir nechtabur quduqlar qazilib, ulardan foydalanilsa, ular bir-biriga ta'sir qilsa, suv olish rayonida bir katta quduq zonasi xosil bo'ladi.

Xosil bo'lgan katta quduqning radiusini R deb belgilasak, quduqning markazi A nuqtada bo'ladi.

Quduqlar markaziy A nuqtadan $x_1, x_2, x_3 \dots x_p$ masofada joylashadi. Agar mukammal bo'lsa Forxgeyler fikri bo'yicha grynt quduqlari uchun quyidagi sarf tenglamasi yoziladi:

$$Q = \frac{\pi K(2H-S)S}{\ln R - \frac{1}{n} \ln x_1 x_2 x_3 \dots x_n}$$

Artezian quduqlari uchun sarf tenglamasi:

$$Q = \frac{\pi KMS}{\ln R - \frac{1}{n} \ln x_1 x_2 x_3 \dots x_n}$$

Bu tenglamalarda shartli belgilar:

Q-barcha quduqlarning umumiy sarfi;

S-quduqlardan foydalanish davrida xosil bo'lgan, A nuqtadagi pasayish;

n-quduqlar soni;

$x_1 x_2 x_3 \dots x_n$ -markaziy A nuqtadan har bir quduqgacha masofa.

R-xamma quduqlar ishlaganda xosil bo'lgan katta quduqning ta'sir radiusi.

Agar $\frac{1}{n} \ln x_1, x_2, x_3 \dots x_n = \ln \sqrt{\frac{F}{\pi}}$ deb belgilasak yuqorida keltirilgan sarf

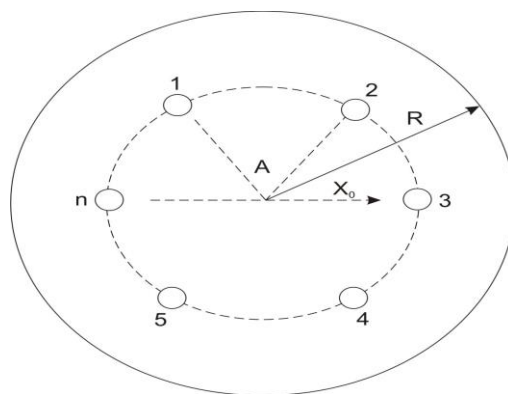
tenglamalari quyidagicha yoziladi:

$$Q = \frac{\pi K(2H-S)S}{\ln R - \ln \sqrt{\frac{F}{\pi}}} \quad \text{grynt qudug'i uchun}$$

$$Q = \frac{2\pi KMS}{\ln R - \ln \sqrt{\frac{F}{\pi}}} \quad \text{artezian qudug'i uchun.}$$

Bu yerda: F-skvajinalar ishi natijasida bo'lgan depression voronkaning maydoni.

Agar quduqlar aylana bo'ylab A nuqtadan bir xil masofada joylashgan bo'lsa, bu xolda $x_1=x_2=x_3=\dots x_n=x_0$ bo'ladi.



Bu xolda quduqlar joylashgan aylanmada har bir quduq X_0 radiusli faraziy katta quduqni tashkil etadi. Depression voronka esa R radiusga ega bo'ladi. bu xolda hisoblash tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi: grynt suvi uchun:

$$Q = \frac{\pi K(2H-S)S}{\ln R - \ln X_0} = \frac{1.366 * K(2H-S)S}{\lg R - \lg X_0}$$

Bosimli suv uchun:

$$Q = \frac{2\pi KMS}{\ln R - \ln X_0} = \frac{2.73 * KMS}{\lg R - \lg X_0}$$

Bu yerda: Q -radiusi x_0 ga teng bo'lgan quduqning sarfi.

R - quduqlar sistemasining ta'sir radiusi.

Bu tenglama radiusi x_0 bo'lgan yakka quduqning sarfini anglatadi.

Agar bir-biriga ta'sir etuvchi quduqlar r_0 radiusli aylanma bo'yicha joylashgan bo'lsa va ularning markazida ya'ni A nuqtada suvning dinamik satxi h

bo'lsa quduqlar sistemasining umumiy sarfi r_0 radiusli barcha quduqlar sarfining yig'indisiga teng bo'ladi.

10.2. Bir-biriga ta'sir etuvchi nomukammal quduqlar tenglamasi

Forxgeyler bir-biriga ta'sir etuvchi nomukammal grynt quduqlarining sarfini tenglamasini taklif etadi:

$$\Sigma Q_{\text{гесов}} = \frac{\pi K n (H^2 - h^2)}{\ln \frac{R^n}{x_1 x_2 \dots x_n}} \frac{1}{B_0}$$

Huddi shunday bosimli suv uchun taklif etadi:

$$\Sigma Q_{\text{гесов}} = \frac{2\pi K M S n}{\ln \frac{R^n}{x_1 x_2 \dots x_n}} \frac{1}{B_0}$$

Bu yerda V_0 -nomukammallik koeffitsienti. O'z navbatida grynt qudug'i uchun:

$$B_0 = \sqrt{\frac{l}{h}} \sqrt[4]{\frac{2h-l}{h}}; \quad \frac{1}{B_0} = \sqrt{\frac{h}{l}} \sqrt[4]{\frac{h}{2h-l}};$$

Bosimli suv uchun:

$$B_0 = \sqrt{\frac{l}{M}} \sqrt[4]{\frac{2M-l}{M}}; \quad \frac{1}{B} = \sqrt{\frac{M}{l}} \sqrt[4]{\frac{M}{2M-l}};$$

Agar nomukammal grynt qudug'i yonbag'ri va tekis tubidan suv olsa:

$$B_0 = \sqrt{\frac{l+0.5*r}{h}} \sqrt[4]{\frac{2h-l}{h}}; \quad \frac{1}{B_0} = \sqrt{\frac{h}{l+0.5*r}} \sqrt[4]{\frac{h}{2h-l}};$$

Bu tenglamalarda:

l -filtrning suv ushlagich qatlamga tushirilgan uzunligi;

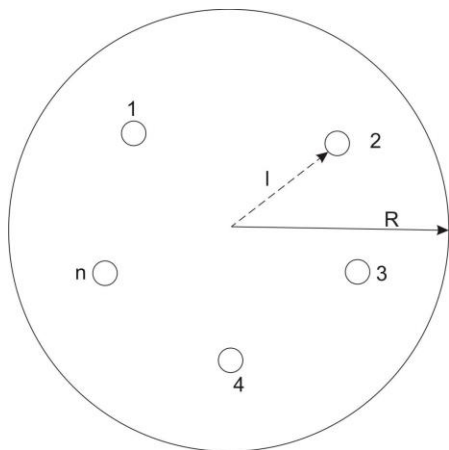
h -suvning dinamik satxi;

M -bosimli suv ushlagich qatlamning qalinligi;

n - quduqlar soni.

10.3. Bir-biriga ta'sir etuvchi quduqlar sarfini hisoblash uchun empirik tenglamalar

1. bir-biriga ta'sir etuvchi quduqlar aylanma konturi bo'yicha kompakt joylashgan bo'lsa ularning sarfi V.N.Shelkachev bo'yicha quyidagi tenglama bilan hisoblanadi:



$$Q = \frac{2,73KMS}{\lg \frac{R^{2n} - l^{2n}}{nR^n l^{n-1} r}}$$

Bu tenglamada:

Q -sarf m³/sut

K -sizilish koeffitsienti, m/sut

S -quduqda suv satxining pasayishi, m

R -depression voronkaning ta'sir radiusi, m

n - quduqlar soni

l -markaziy nuqtadan quduqgacha bo'lgan masofa, m

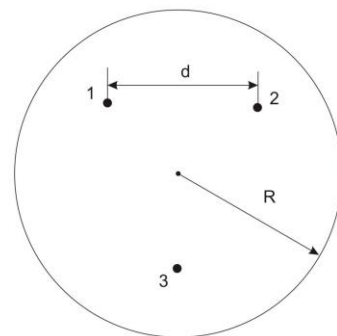
2. bir-biriga ta'sir etuvchi quduqlar soni

2 ta bo'lsa L.S.Leybenzon quyidagi formulani taklif etadi:

$$Q = \frac{2,73KMS}{\lg \frac{R^2 - a^2}{2ar}}$$

Bu yerda: a -quduqlar orasidagi yarim masofa, m

3. biriga ta'sir etuvchi quduqlar 3 dona bo'lib teng tomonli uchburchak bo'lib joylashgan bo'lsa Masket quyidagi hisoblash formulasini taklif etadi:



$$Q = \frac{2,73KMS}{\lg \frac{R^3}{d^2 r}}$$

Bu yerda: Q -quduq sarfi m^3/sut

S -quduqda suv satxining pasayishi, m

R -depression voronkaning ta'sir radiusi, m

S -quduqda suv satxining pasayishi, m

K -sizilish koeffitsienti m/sut

M -suv ushlagich qatlamining qalinligi m

Quduqlar 3 ta bo'lganda suv satxining ta'sir varonka ichida xoxlagan nuqtasidagi pasayishini hisoblash tenglamasi Masket bo'yicha quyidagicha:

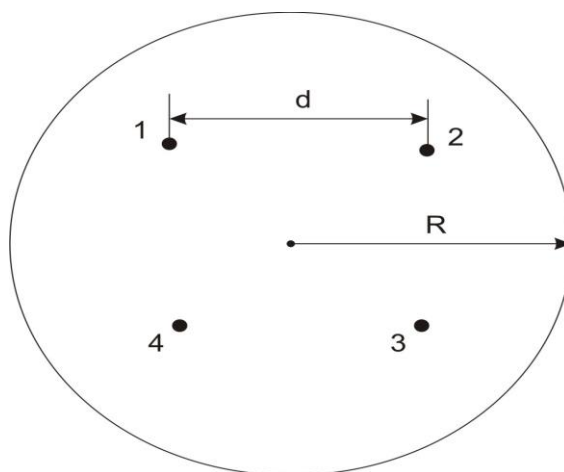
$$S_x = S - \frac{Q}{2,73KM} \lg \frac{x_1 x_2 x_3}{d^2 r}$$

Bu yerda: S -quduqda suv satxining pasayishi, m

$x_1 x_2 x_3$ — satxi aniqlanayotgan nuqtadan quduqlargacha bo'lgan masofa, m

S_x -quduqlardan $x_1 x_2 x_3$ masofadagi nuqtada suv satxining pasayishi, m

4. bir-biriga ta'sir etuvchi quduqlar soni 4 ta bo'lib, ular kvadrat shaklida joylashgan bo'lsa, ularning sarfi quyidagi Masket tenglamasi bo'yicha hisoblanadi.



$$Q = \frac{2,73KMS}{\lg \frac{R^4}{\sqrt{2}d^3r}} \text{ va } S_x = S - \frac{Q}{2,73KM} \lg \frac{x_1x_2x_3x_4}{\sqrt{2}d^3r}$$

Bu yerda: Q -quduq sarfi m^3/sut

S_x – suv satxi aniqlanayotgan nuqtadagi satx, m

S –quduqlar zonasida suv satxining pasayishi, m

M -suv ushlagich qatlamning qalinligi, m

K -sizilish koeffitsienti

d - quduqlar orasidagi masofa

r -quduqlar radiusi

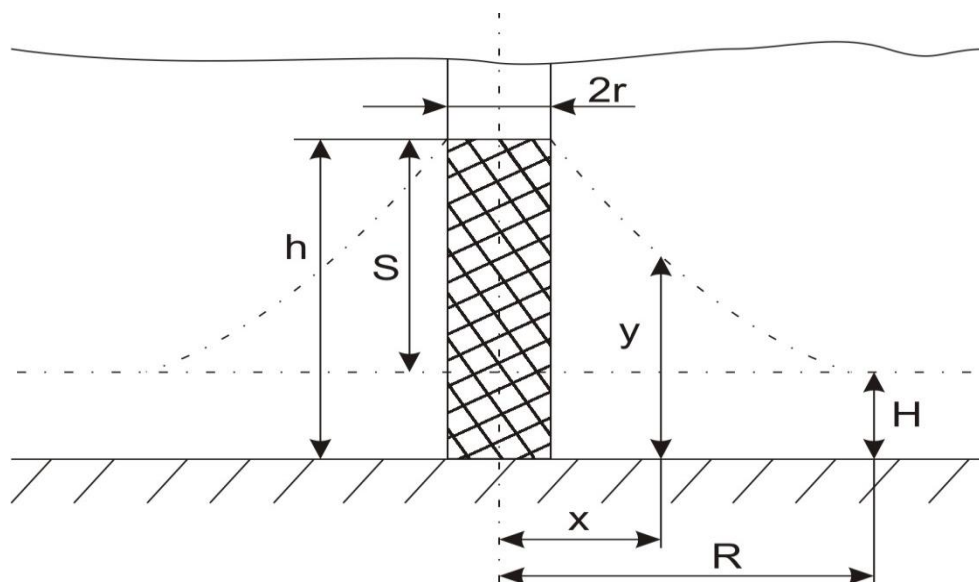
$x_1x_2x_3x_4$ -satxi aniqlanayotgan nuqtadan quduqlargacha masofa, m.

Takrorlash va tekshirish uchun savollar

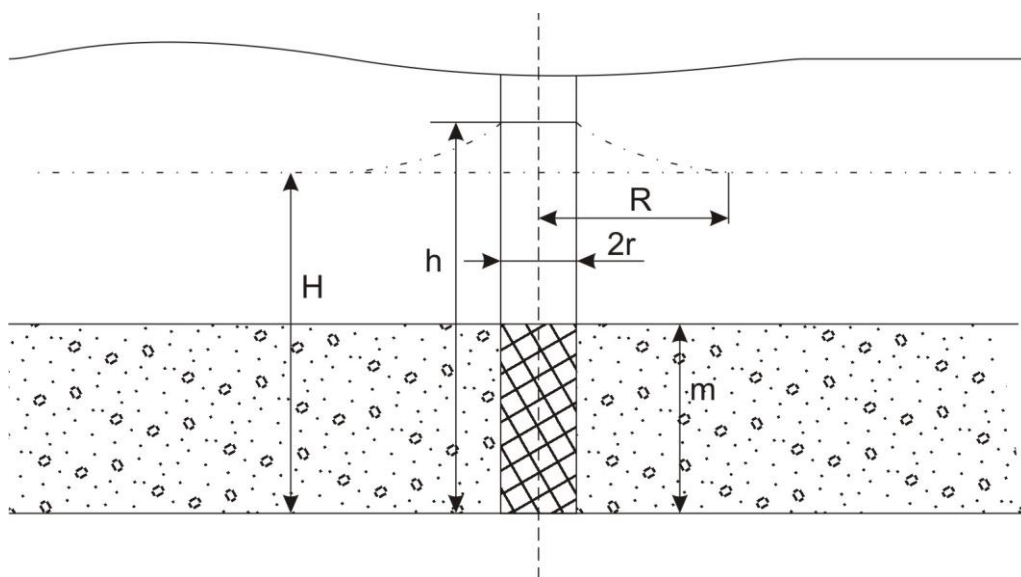
1. Bir-biriga ta'sir ko'rsatuvchi quduqlarga oqib keladigan suv sarfining hisoblash tenglamalari qanday?
2. Bir-biriga ta'sir etuvchi nomukammal quduqlar tenglamasi qanday?
3. Bir-biriga ta'sir etuvchi quduqlar sarfini hisoblash uchun empirik tenglamalari qanday?

11.ER OSTI SUVLARINING SHIMUVCHI QUDUQLARIDAGI HARAKATI

a) 55-rasm. Shimuvchi grynt qudug'i



56-rasm. Shimuvchi bosimli quduq



Vertikal inshootlar (skvajina shurf, shaxta qudug'i) faqat suv olish uchun emas, balki bosim bilan va erkin suv quyish uchun ishlatilishi mumkin.

Gidravlika nuqtai nazaridan quduqning suv shimishi undan suv chiqarishining aksini ko'rsatadi. SHuning uchun quduqlarning shimilishini hisoblaydigan tenglamalar quduqdan suv olish tenglamalarining huddi o'zini eslatadi. Faqat bu tenglamalarda suv chiqarish davrida suv satxining pasayishi S suv quyishidagi bosim qiymati bilan almashtiriladi. Suv quyish natijasida quduqdan suv chiqarish natijasida xosil bo'ladigan depression varonkaning to'nkarilgan (perevernuty) ko'rinishi xosil bo'ladi. bu varonka grynt suvlari uchun real ko'rinishga ega bo'lsa artezian suv quduqlari uchun p'ezometrik suv satxining bosim varonkasini xayoliy ko'rinishi bo'ladi.

Suv shimilayotgan quduqning sarf tenglamasi Dyupyui tenglamasini eslatadi. Faqat bu xolda quduqdan suv ketayotgani bu minus ishorasi bilan ishlatiladi.

$$Q = -2\pi Kxy \frac{dy}{dx} \quad (1)$$

Bu tenglamadan differentsial tenglama tuzsak:

$$-ydy = \frac{Q}{2\pi K} \frac{dx}{x} \quad (2)$$

Bu tenglamani integrallasak:

$$-\frac{y^2}{2} = \frac{Q}{2\pi K} \ln x + c \quad (3)$$

Agar bu tenglamani quduq markaziy o'kidani x_1 va x_2 masofadagi kesimlar uchun yozsak:

$$-\frac{y_1^2}{2} = \frac{Q}{2\pi K} \ln x_1 + c \quad (4)$$

$$-\frac{y_2^2}{2} = \frac{Q}{2\pi K} \ln x_2 + c \quad (5)$$

Bu tenglamalarni (5) chisidan (4) sini ayirmasak va Q ga nisbatan yozsak:

$$Q = \frac{\pi K (y_1^2 - y_2^2)}{\ln x_2 - \ln x_1} \quad (6)$$

Agar $y_1=h$, $y_2=H$, $x_2=R$ va $x_1=r$ bo'lsa, u xolda:

$$Q = \frac{\pi K (h^2 - H^2)}{\ln R - \ln r} \quad (7)$$

Agar 10-lik logarifmga o'tkazsak:

$$Q = \frac{1,366K (h^2 - H^2)}{\lg R - \lg r} \quad (8)$$

(8) tenglama shimiluvchi mukammal grynt qudug'ining sarf tenglamasi

Agar shimiluvchi quduq mukammal artezian qudug'i bo'lsa, uning sarfi huddi

shu yo'l bilan chiqariladi:

$$Q = \frac{2\pi KM (h - H)}{\ln R - \ln r} \quad \text{va} \quad Q = \frac{2,73KM (h - H)}{\lg R - \lg r}$$

Bu tenglamalardagi shartli belgilar qiymati:

h-quduqlarga suv quyilayotganda undagi suv satxining dinamik balandligi;

H-quduqlarga suv quyishdan oldin undagi suv satxining statik balandligi;

M-bosimli suv ushlagich qatlam qalinligi;

K-sizilish qalinligi;

R-quduqqa suv quyish natijasida xosil bo'lgan depression varonkaning radiusi

r-quduqning radiusi

Agar shimuvchi quduqlar quruq tog' jinsiga qurilgan bo'lsa, u xolda $N=0$ bo'ladi va tenglamalar quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

Grynt qudug'i uchun:

$$Q = \frac{2\pi KMh}{\ln R - \ln r} \quad \text{va} \quad Q = \frac{2,73KMh}{\lg R - \lg r}$$

Agar sizilish shimuvchi quduqlar nomukammal bo'lsa, bunday quduqlarning shimilish sarfini oldingi darslarda o'tgan nomukammallik koeffitsientini ishlatish bilan aniqlash mumkin.

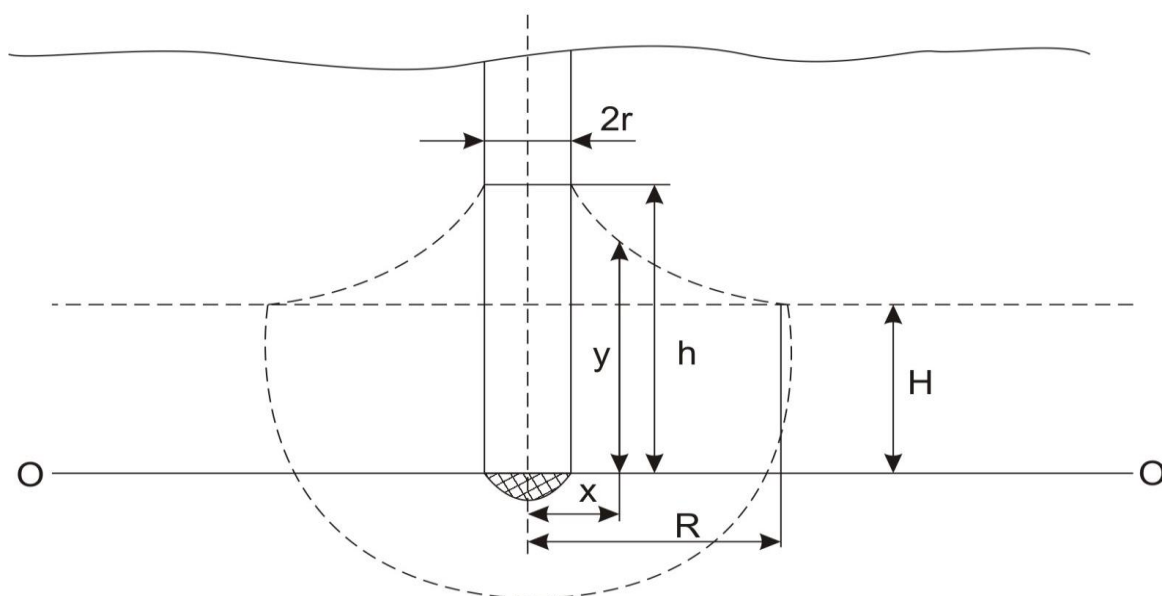
Nomukammal grynt qudug'i uchun tenglama:

$$Q_H = Q_C \sqrt{\frac{l}{h}} \sqrt[4]{\frac{2h-l}{h}}$$

Nomukammal bosimli suv quduqlari uchun:

$$Q_H = Q_C \sqrt{\frac{l}{M}} \sqrt[4]{\frac{2M-l}{M}}$$

11.1. Yarim sferik tubli nomukammal quduqning suv shimish sarfi tenglamasi.



57-rasm. Yarim sferik tubli nomukammal quduq

Agar suv shimuvchi quduqning tubi yarimsferik bo'lsa, u xolda suv harakat qiluvchi yarimsferik maydonning yuzasi teng bo'ladi:

$$\omega = 2\pi x^2 \quad \text{ga; nishabi} \quad J = \frac{dy}{dx}$$

Bunday quduqning sarf differentsial tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$Q = -2\pi K x^2 \frac{dy}{dx}$$

Bu tenglamadan differentsial tenglama tuzsak: $-dy = \frac{Q}{2\pi K} \frac{dx}{x^2}$

Bu tenglamani integrallasak: $-dy = \frac{Q}{2\pi K}$

Bu tenglamani integrallasak: $-y = \frac{Q}{2\pi K} \frac{1}{x} + C$

Bu yerda s-integrallash doimiy soni (postoyannaya integrirovaniya).

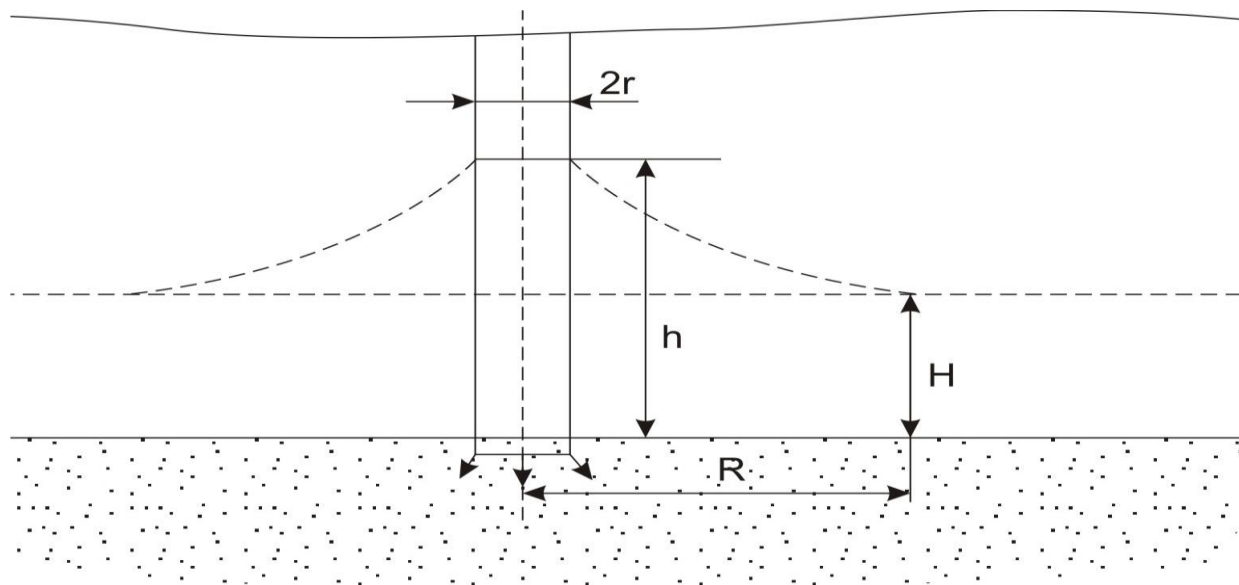
Agar $y=h$ df $x=r$, bo'lsa $C = -h + \frac{Q}{2\pi K} \frac{1}{r}$ bo'ladi. s-ni qiymatini yuqoridagi

tenglamaga qo'ysak. $Q = \frac{2\pi K(h-y)}{\frac{1}{r} - \frac{1}{x}}$

Agar $y=h$ va $x=R$ bo'lib $\frac{1}{R} = 0$ deb olsak, yuqoridagi tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$Q = 2\pi KJ(h-H)$$

11.2. Tekis tubli quduqqa shimilgan suvning sarf tenglamasi.



58-rasm. Tekis tubli quduq

Oldingi darslarimizda ko'rib chiqqanimizdek suv beruvchi nomukammal tekis tubli quduq tenglamasida h va H ishoralarini o'rnini almashtirsak quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$Q = 4 K r (h-N)$$

Bu yerda $h-N$ quduqda shimilish uchun beriladigan bosimning miqdori.

Takrorlash va tekshirish uchun savollar

1. Shimuvchi grynt qudug'i deganda nimalarni tushunasiz?
2. Shimuvchi bosimli quduq nima?
3. Vertikal inshootlar turlarini ayting?
4. Sizilish deganda nimalarni tushunasiz?
5. Yer osti suvlarining shimuvchi quduqlaridagi harakati nima?
6. Yarim sferik tubli nomukammal quduqning suv shimish sarfi tenglamasi qanday?
7. Tekis tubli quduqga shimilgan suvning sarf tenglamasi qanday?

YER OSTI SUVLARI DINAMIKASI FANIDAN AMALIY ISH VARIANTLARI

1-variant

A.K.Boldirev va G.N.Kamenskiy usullari bilan gruntning sizilish koeffitsientini aniqlash.

A) A.K.Boldirev usuli

Tekshirilishi kerak bo'lgan, lekin grynt suvi eng kami 1m yuqori chuqurlikka shurf qaziladi. Yuqoriga 2ta o'lchovi ma'lum idishda (10-20l) suv quyiladi. Shurfni ostiga 10 sm qalinlikda suv quyib, bir xil me'yorda ushlab turiladi. Shimilgan suvning miqdori va shurf asosini maydoni bizga ma'lum bo'lsa, u olda sizilish tezligi: $V=Q/\omega$; ayni paytda $V=K \cdot J$ siziliyotgan suvning qalinligi 10 sm bo'lsa, kam xato bilan $J=1$ qabul qilinadi.

Bu xolda: $K=V$

Boldirev usuli sizilish koeffitsientini xaqiqtdan kattaroq qilib beradi, chunki bu usulda 10sm balandlikdagi shurf deforlari orqali shimilish va kapillyar tortish kuchlari hisobga olinmaydi.

Boldirev usuli bilan qilingan tadqiqot natijasiga ko'ra sizilish koeffitsienti topilsin:

Shurf o'lchovi: 1·1m

Zumpfdagi suv balandligi 20sm.

Tajriba davomi 8 soat:

aot								
arf	0	0	3	10	23	35	45	54

Ychish $K=V=Q/\omega$; $Q=154-145=9$ l/chas= $0,216$ m³/sut.

B) Kamenskiy usuli.

Boldirev usulining ko'rinishi o'zgarganligi bilan farq qiladi. SHurfning ostida diametri 40sm zumpfga diametri 37,75 sm bo'lgan metall tsilindr qo'yiladi. Bu razmyerda tsilindrning maydoni 1000 sm² ga teng.

Tsilindr bilan zumpf oralig'i gil tuproq bilan berkitalid. Tsilindr ostiga 3-5 sm qalinlikda qum yoki graviy solinadi. Suvning satxi 12-14 sm balandlikda maxsus idish yordamida ushlab turiladi. Zumpfdagi suvning yig'indi qalinligi 10sm. shisha idishning xajmi 3-5l. U maxsus yog'och-taxta shtativga o'rnatiladi. Tajriba 5-6 soat davom etadi. Olingan natijalar quyidagi jadfalga yoziladi.

Tartib №	Tajriba joyi, tog' jins	o'lchovlar					Tajriba davomida quyilgan suvning sarfi W sm ³	Tajribaning vaqti T sek	Suv sarfi Q=W/T sm ³ /sek	Sizilish tezligi V=Q/ω sm/sek
		O'lchov NN	O'lchov vaqti			Butilka				
			soat	Min.	sek					

1	Toshkent	1	10	10^{15}	5	1500	100	5	$20\text{sm}^3/\text{sek}$	$20/1000=0$
2	suglinok	2		10^{20}	10	1400	200	10	k	02
3		3		10^{25}	15	1300	300	15	$20\text{sm}^3/\text{sek}$	$20/1000=0$
									k	02
									$20\text{sm}^3/\text{sek}$	$20/1000=0$
									k	02
										Sm/sek

Tajriba natijasida olindi $V=0.02$ sm/sek ya'ni $K=V=0.02$ sm/sek=17,3 m/sut

Tajriba tugagach, shurf qazishni davom ettirib granulometrik tarkib, namlik va laboratoriya usuli bilan sizilish koeffitsientini aniqlash uchun grunt namunalari olinadi.

2-variant.

Zamarin usulida sizilish koeffitsientini hisoblash murakkabroq. Bu metoda hisobga suvning shurf tagidagi zumpfnig yon devoridan bo'ladigan sizilish xam inobatga olinadi.

Sxemada ko'rsatilishcha:

$t_1, t_2, t_3..$ vaqtlar davomida

$R_1, R_2, R_3..$ radiusli I,II, III...sferalar suvga to'yingadi.

I sferaning xajmi:

$$V_1=4/3 \cdot \pi R_1^3$$

Bu xajmga suvga to'yingan sferadagi gruntan tashqari suv solingan zumpfnig xajmi- V_2 va zumpf tepasidagi xayoliy segient xajmi- V_3 kiradi. Ularning formulasi:

$$V_2=\pi \alpha^2 H$$

$$V_3=1/2 \cdot \pi \alpha^2 h + 1/6 \pi h^3$$

Bu yerda: α -shurf ostidagi zumpfnig radiusi

N-zumpfdagi suvning qalinligi

h-suv solingan zumpf tepasidagi xayoliy segmentning balandligi. Uning tarkibiy qiymati quyidagi tenglamaga teng bo'ladi:

F-A

I-sferaning suvga to'yingan qismining xajmi $-V_0$ teng bo'ladi:

$$V_0 = V_1 - V_2 - V_3$$

Izoxlarni o'rniga qo'ysak:

F-A

Tajriba o'tkazishdan oldin tog' jinslarida $-I$ sfera ichida bo'lgan tabiiy namlikning miqdori quyidagiga teng:

$$V_0 = (1-P)\gamma \cdot m$$

Bu yerda: γ -grunt zarrachalarining solishtirma og'irligi

m-tabiiy namlik

R-g'ovaklik

$$P = 1 - \delta/\gamma$$

Bu yerda: δ -quruq gruntning og'irligi

SHunday qilib I sferadagi shimilgan suvning miqdorini W_1 ni topamiz.

$$W_1 = V_0[P - (1-P)\gamma m]$$

Ikkinchi sferadagi shimilgan suvning miqdori- W_2 ni topish tenglamasi quyidagicha:

$$W_2 = 4/3 \cdot \pi(R_2^3 - R_1^3)[P - (1-P)\gamma m]$$

Keyingi sferadagi sizilgan suvning miqdori xam shunday topiladi.

SHimilish bo'layotgan sferik yuzani «ushbu sferik sharning yuzasi» deb quyidagicha topamiz:

$$\theta = 2\pi R(2R-h)$$

bu yerda: θ (teta)-sferik sharning yuzasi

shimilish oqimining o'rtacha qiymati

$Q_1 + Q_2/2$, $Q_2 + Q_3/2$ ga teng bo'ladi;

Bu xolda sizilishning o'rtacha tezligi

$V_2, V_3 \dots$ teng bo'ladi:

F-A

Ushbu tenglamalardan V ni aniqlab $V=f(t)$ grafigini chizamiz va undan V ning xaqiqatga yaqin qiymatini aniqlaymiz.

Keyin Zamarin usuliga masala echiladi:

YUqorida keltirilgan tajriba sxemasi va echim formulalaridan foydalanib Zamarin usuli bilan quyidagi masalani eching.

Masala.

Tajriba natijasida aniqlangan:

$$R_1=42\text{cm}$$

$$R_2=50\text{sm}$$

$$R_3=60\text{sm}$$

$$2a=40\text{sm}; a=20\text{sm}$$

$$N=15\text{sm}$$

$$h=R_1-\sqrt{R_1^2-a^2}$$

$$\delta=1.50 \text{ t/m}^3$$

$$m=25\%$$

$$P=45\%$$

$$\gamma=2,70 \text{ t/m}^3$$

$$t_1-3 \text{ soat} \quad t_2-5 \text{ soat} \quad t_3-7,5 \text{ soat}$$

keltirilgan formulalar echimidan keyin $V_{\text{ist.}}$ Aniqlanadi va $f(t_1)$, $f(t_2)$, $f(t_3)$ grafigiga qo'yib $V_{\text{ist.}}$ Aniqlanadi. $V_{\text{ist.}}=K$ - sizilish koefitsientining taqribiy miqdori.

3-variant.

N.N.Bindeman usuli bilan gruntning sizilish koefitsientini aniqlash.

Boshqa tadqiqotchilardan Bindeman usulining farqi shundaki, u kapilar kuchlar ta'sirini hisobga oladi. Tajribada kapilla zona va gravitatsion suv zonasidagi namlik miqdori aniqlanadi. Tajriba o'tgandan keyin yana skvajina qazib gruntning namlik miqdori aniqlanadi. Ularning ayirmasini bilib, shimilgan suvning sarfini bilgan holda "namlangan ellipsoid" tuziladi. Sizilish oqimi kesim

maydonining yuzasi aniqlangach, TSunker formulasidan foydalanib, Bindeman quyidagi tenglamani beradi:

$$Q = \omega K \frac{\alpha H_k + h + z - A}{z} \quad (1)$$

$$K = \frac{Qz}{\omega(H_k + z + h)}^{M/cym}$$

Bu yerda: Q-suvning shimilishga sarfi

ω - shimilish oqimining ko'ndalang kesimi maydoni

K-sizilish koeffitsienti

H_k -kapilyar bosim

h-shurf tagidagi suvning qalinligi

z-suvning shimligan chuqurligi

A-havoning qarshiligi

α - kapilyar balandlikning 50% ga teng bo'lgan koeffitsienti

TSunker formulasi bo'yicha:

$$A = \frac{U \cdot l_t}{K_t} \quad (2)$$

Bu yerda: U-suvning harakat tezligi

L_e -havo atmosfera bosimiga teng bo'lgan zona havo kolonnasining uzunligi

K_e -gruntning havo o'tkazuvchanlik koeffitsienti

Bu koeffitsient sizilish koeffitsienti bilan quyidagicha bog'liq:

$$K_e = K \frac{\mu}{\mu_e} \quad (3)$$

Bu yerda: μ -suvning yopishqoqligi

μ_e -havoning namligi

Qiymatlarni (2) formulaga qo'yib topamiz:

$$A = \frac{U \cdot l_e}{K} \frac{\mu}{\mu_e} = \frac{U \cdot l_e \cdot \beta}{K}$$

Bu yerda $\beta = \frac{\mu}{\mu_e}$

β – muhitning haroratiga aniqlik koeffitsienti.

U quyidagicha topiladi:

0	0	10	15	20	5	0
	0	0.	0.01	0.		0
	.0115	0135	56	0178	.0204	.0232

N.N.Bindeman fikricha va og'ir suglinok uchun

$$H_k = \frac{1.0 + 0.8}{2}$$

tog' jinsi	N _k
og'ir suglinok	1.0m
engil suglinok	0.8m
og'ir supes	0.6m
engil supes	0.4m
mayda qum(gillik)	0.3m
mayda toza qum	0.2m
o'rtacha qum	0.1m
yirik qum	0.05m

Keyin N.N.Bindeman usuliga masala echiladi.

Masala tadqiqot ishlari natijasida aniqlangan quyidagilar:

Q-suvning shimilishga sarfi=0.0072 m³/sut

ω-shimilish oqimining ko'ndalang kesimi maydoni-0.049 m²

K-sizilish koeffitsienti m/sut aniqlanadi

H_k-kapilyar bosim-0.9m

h-shurf tagidagi suvning qalinligi-0.1m

z-suvning shimilish chuqurligi-3.25m

A-xavoning qarshiligi

α -kapilyar balandlikning 50% ga teng bo'lgan koeffitsienti

echim: tenglamaga aniq raqamlarni qo'yib echamiz:

$$K = \frac{QZ}{\omega(H_k + z + h)} = \frac{0.0072 \cdot 3.25}{0.049(0.9 + 3.25 + 0.1)} = 0.19 \text{ м/сутки}$$

4-variant.

N.S.Nesterov usuli bilan gruntning sizilish koeffitsientini aniqlash.

Nesterov usuli bilan tadqiqot o'tkazilganda shurfning ostiga ikkita po'lat chambarak $-(d_1=0.25\text{m}, d_2=0.50\text{m}, h=0.20)$ bosib kirgiziladi. Grunt ustiga ozroq qum yoki graviy sepiladi. So'ng o'lchovi ma'lum bo'lgan ikki butildan ichki halqaga, ikkinchisidan-tashqi xalqaga suv quyialadi.

Faraz qilinadiki-ichki halqadan vertikal yo'nalishda shimiladi, tashqi halqadan esa-yon tomonga kapilyar namlikka sarf bo'ladi. ish tugagach skvajina qazilib shimilish chuqurligi aniqlanadi. Sizilish koeffitsienti quyidagi formula bilan topiladi:

$$K = \frac{QZ}{\omega(H_k + Z + h)}$$

Bu yerda: Q-ichkari xalqadan shakllangan sizilish oqimining sarfi

Z-suvning shimilgan chuqurligi

$\omega = \pi r^2$ -r radiusli ichki xalqadan ko'nadalang ksining maydoni

H_k -“quruq” tog' jinsida shimilish jarayonida xosil bo'lgan kapilyar bosim

h- ichki xalqadagi suvning qalinligi

Nesterov usuli bilan suglinokning sizilish koeffitsienti topilsin. SHarti:

UGV-8.5m da etadi;

Ichki xalqa diametri 0.25m

Tashqi xalqa diametri 0.50m. xalqada suv qalinligi 0.10m.

Tadqiqot 2 kun davom etadi.

Tadqiqot tamom bo'lgach 4m chuqurlikka ikkita skvajina qazilib olib, har 0.5m dan namuna olib, gruntning namligi aniqlanadi.

namuna nomeri	namuna olish chuqurligi m	Namlik%	
		tadqiqotda n oldin	tadqiqotda n keyin
1	0.05	19.1	28.1
2	0.5	20.4	23.6
3	1.0	20.9	23.1
4	1.5	20.8	22.8
5	2.0	19.7	21.7
6	2.5	19.8	20.9
7	3.0	18.7	19.3
8	3.5	18.5	18.3
9	4.0	18.6	18.4

$$\text{Ychish: } K = \frac{QZ}{\omega(H_k + Z + h)}$$

Grafikdan olsak $Q=0.3 \text{ l/soat} = 0.0072 \text{ m}^3/\text{sutka}$

Shimilish chuqurligi jadvaldan $Z=3.25 \text{ m}$

Ichki halqaning maydoni

5-varinat.

Suv o'tkazuvchanlik gorizontal yo'nalishda keskin o'zgaradigan turli xil qatlamlarda er osti suvlari harakatining asosiy tenglamalari.

1 va 2 uchastkadagi oqimlar uchun aloxida tenglamalar tuzamiz.

$$q = K_1 \frac{h_1^2 - h_s^2}{2l_1}$$

1-uchastka uchun:

$$h_1^2 - h_s^2 = \frac{2q \cdot l_1}{K_1}$$

$$q = K_2 \frac{h_s^2 - h_2^2}{2l_2}$$

2-uchastka uchun:

$$h_s^2 - h_2^2 = \frac{2q \cdot l_2}{K_2}$$

Bu tenglamaning chap va o'ng tomonlarini qo'shib yozsak:

$$h^2_s - h^2_2 = 2q \left(\frac{l_1}{K_1} + \frac{l_2}{K_2} \right)$$

Va nihoyat $q = \frac{h^2_1 - h^2_2}{2 \left(\frac{l_1}{K_1} + \frac{l_2}{K_2} \right)}$ bu tenglama oqim yo'nalishida suv

o'tkazuvchanlik keskin o'zgarganida grynt suvlari harakatining solishtirma sarf tenglamasidir.

Kanal tomondan daryo tomonga oqayotgan oqimning sarfini toping va depression egri chiziqni chizing. Suv o'tkazmas asos-gorizontali; suv ushlagich qatlam qum va graviydan iborat.

$$H_1 = 11.10 \text{ m} \quad K_1 = 40 \text{ m/sut}$$

$$H_2 = 8.50 \text{ m} \quad K_2 = 15 \text{ m/sut}$$

$$M = 4.10 \text{ m} \quad L = 45 \text{ m} \quad L = 215 \text{ m}$$

Echish:

Kanal yonidagi suv ushlagich qatlam qalinligi:

$$h_1 = 11.1 - 4.1 = 7.0 \text{ m}$$

daryo yonidagi suv ushlagich qatlam qalinligi:

$$h_2 = 8.5 - 4.1 = 4.4 \text{ m}$$

yuqori terrasadagi oqimning uzunligi, ya'ni kanaldan terrasalar chegarasigacha bo'lgan masofa:

$$L_2 = L - L_1 = 215 - 45 = 170 \text{ m}$$

Grynt suvi oqimning sarfi:

$$q = \frac{h^2_1 - h^2_2}{2 \left(\frac{l_1}{K_1} + \frac{l_2}{K_2} \right)} = 204 \text{ m}^3/\text{sut}$$

Depression egri chiziqning xolatini yuqori va pastki terrasalar uchun aloxida-aloxida aniqlaymiz.

Oqimning chap qismi uchun Dyupyui formulasidan foydalanamiz:

Chap tomon uchun:

$$y = \sqrt{h_1^2 + \frac{2qx}{K_1}}$$

Bu yerda: X- kanaldan xoxlangan kesimgacha masofa.

beramiz:	topamiz:
X ₁ =50m	U ₁ =6,63m
X ₂ =90m	U ₂ =6,61m
X ₃ =130m	U ₃ =5,98m
L=170m	U ₅ =5,62m

Oqimning o'ng tomonga harakati tenglamasi

$$y = \sqrt{h_2^2 + \frac{2qx}{K_1}} = 4.48 \text{ m}$$

Huddi shunday qilib topamiz

X ₁ =15m	U ₁ =4.84m
X ₂ =30m	U ₂ =5.25m
L=45m	U ₃ =5,62m

6-variant.

Grynt suvlarining shakllanmagan harakati tenglamalarini yozish.

Gidrogeologiyada ko'pchilik hisoblar shakllangan "harakat asoslari" naziryasiga moslashgan formulalar bilan olib boriladi. bu hisoblar ko'pincha taqribiy natijalarga olib keladi. Aniqroq natijalar suv harakatining shakllanmagan harakati formulalari asosida olinishi mumkin.

Bu boisda takrorlab o'tamiz:"shakllanmagan harakat" deb oqimning vaqt birligida o'zgaruvchan xolatiga aytiladi.

Tabiiy xolatda bunday harakat atmosfera yog'inlari suvlarining daryo, kanal va boshqa manbalar suvlarining notekis shimilishi natijasida yoki suvlarining yil va kun davomida notekis bog'lanish natijasida, yoki er osti suvlarining tabiiy rejimiga har xil texnogen omillar ta'sir natijasida ro'y beradi.

“Shakllanmagan oqim” nazariyasi frantsuz olimi J.Bussinesk, rus olimlari G.N.Kamenskiy, N.K.Girinskiy, N.N.Begrov va boshqalar shug’ullanishgan.

Frantsuz olimi J.Bussinesk bir turli qatlamlarda grynt suvlari harakati shakllanmagan harakatning differentsial tenglamasini ishlab chiqqan:

$$\frac{dH}{dt} = \frac{Kh}{M} \cdot \frac{d^2H}{dx^2} + \frac{W}{M} \quad \text{bu yerda: } N\text{-grynt suvlari satxining balanligi;}$$

t- vaqt;

M-gruntning bo’sh suvni chiqarish xususiyati;

h-suv ushlagich qatlamning o’rtacha qalinligi;

x-grynt suvlari oqimining boshlanish kesimidan hisoblangan gorizontal masofa;

W-shimilish (infiltratsiya)

Agar shimilish “0” ga teng bo’lsa:

$$\frac{dH}{dt} = \frac{Kh}{M} \cdot \frac{d^2H}{dx^2}$$

G.N.Kamenskiy fikricha er osti suvi balansining tenglamasi quyidagicha:

$$\Delta H \frac{M}{\Delta t} = \frac{Q_1 - Q_2}{\omega} + W$$

N-grynt suvlari satxining Δt vaqt birligi davrida o’zgarishi.

M-bo’sh suvni berish yoki to’yinishning etishmasligi;

ω -ajratilgan suv oqimi uchastkasining maydoni;

Q_1 va Q_2 –grynt suvi oqimining uchastkaga oqib kelishi va oqib ketish miqdori

W-atmosfera yog’ining yuqoridan shimilish (+) yoki grynt suvlarining bug’lanishga sarfi (-)

Agar uchastka maydoni ω ga teng bo’lsa, $\omega = b \cdot \Delta x$ u holda $Q_1 = b \cdot q_1$ va $Q_2 = b \cdot q_2$. ayni paytda 1 va 2, 2 va 3 kesimlar orasidagi solishtirma sarf teng bo’ladi:

$$\left. \begin{aligned} q_1 &= \frac{K_1 h_1 + K_2 h_2}{2} \cdot \frac{H_1 - H_2}{\Delta X} \\ q_2 &= \frac{K_2 h_2 + K_3 h_3}{2} \cdot \frac{H_2 - H_3}{\Delta X} \end{aligned} \right\}$$

Agar Δt davomida suv oqimi satxining o'zgarishi ΔN teng bo'lsa:

$$\Delta N = N_1^{11} - N_2^1$$

ishoralar qiymatlarini (3) tenglamaga qo'yib, "V" ga qisqartirib N_2^1 ishorani o'ng tomoniga o'tkazib, quyidagi tenglamani yozamiz:

$$H_2^{11} = H_2^1 + \frac{\Delta t}{2\mu\Delta x^2} [(K_1 h_1 + K_2 h_2)(H_1 - H_2)] - (K_2 h_2 + K_3 h_3)(H_2 - H_3) + \frac{W}{\mu} \Delta t$$

Bu tenglama G.N.Kamenskiy bo'yicha qiya va o'tkazmas asosda, yuqoridan shimilishi hisobga olganda, oqimning o'rtasidagi suv satxining tenglamasidir.

Biz bu tenglamani grynt suvlarining oqim sharoitiga qarab suv o'tkazmas asosda bo'lsa, tenglama quyidagi ko'rinishi oladi:

1. Agar suv ushlagich qatlam bir turlik bo'lib, nogorizontal suv o'tkazmas asosda bo'lsa, tenglama quyidagi ko'rinishi oladi:

$$H_2^{11} = H_2^1 + \frac{\Delta t}{2\mu\Delta x^2} [(h_1 + h_2)(H_1 - H_2)] - (h_2 + h_3)(H_2 - H_3) + \frac{W}{\mu} \Delta t$$

2. Agar 1 va 2 xamda 2 va 3 kesim orasidagi masofa bir biriga teng bo'lmas:

$$H_2^{11} = H_2^1 + \frac{\Delta t}{2\mu\Delta x^2} \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \cdot \frac{H_1 - H_2}{\Delta x_1} - \frac{h_2 + h_3}{2} \cdot \frac{H_2 - H_3}{\Delta x_2} \right) + \frac{W}{\mu} \Delta t$$

3. Agar suv satxining o'zgarishi Δt vaqt davomida ozgina bo'lsa, N_1 , N_2 , N_3 , h_1 , h_2 , h_3 larning qiymatini Δt vaqtning boshlang'ich davridagi miqdoriga teng deb olish mumkin. Bu xolda hisoblash natijasining aniqlagi kamroq bo'ladi.

Hisoblash tenglamasi bir turli qatlamda gorizontal asosda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$h_2^{11} = H_2^1 + \frac{K\Delta t}{2\mu\Delta x^2} (h_1^2 + h_3^2 - 2h_2^2) + \frac{W}{\mu} \Delta t$$

Bu yerda: h_2^{11} va h_2^1 kesimdagi suv ushlagich qatlamning Δt vaqtning boshlanish va oxirgi davrlaridagi qalinligi.

4. Agar suv ushlagich bir turli qatlamning qalinligi h suv satxining tebranish miqdoriga nisbatan juda katta bo'lsa, hisoblash uchun quyidagi tenglama ishlatiladi:

$$h_2^{11} = H_2^1 + \frac{2K\Delta t}{\mu\Delta x^2} \left(\frac{h_1 + h_3}{2} - h_2 \right) + \frac{W}{\mu} \Delta t$$

Bu tenglama bilan hisoblashni osonlashtirish uchun Δt va Δx qiymatlari shunday qabul qilinadiki, bu xolda $\frac{2Kh \cdot \Delta t}{\mu\Delta x^2} = 1$ bo'lsin. Bunday xolda bu tenglama quyidagi sodda ko'rinishga ega bo'ladi:

$$h_2^{11} = h_2^1 - h_2 + \frac{h_1 + h_3}{2} + \frac{W}{\mu} \Delta t$$

5. Agar tajriba vaqti Δt ning miqdori kuzatish o'tkazilayotgan umumiy vaqt qiymatidan anicha kichkina bo'lsa, bu xolda $h_2 \approx h_2^1$ va $h_1 + h_3 \approx h_1^1 + h_3^1$ deb, ya'ni suv ushlagich qatlamning qalinligi Δt vaqtning o'rtasida emas, balki boshlanish qismida olinsa bu tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$h_2^{11} = \frac{h_1 + h_3}{2} + \frac{W}{\mu} \Delta t$$

6. Yuqorida biz μ ni to'yinish miqdorining etishmasligi yoki suv borish miqdori deb belgiladik.

Gruntsunoslikda uning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$\mu = n - m \cdot \delta$$

To'yinishning etishmasligi; $\mu = n - W_n \delta$

Agar 1 va 2, 2 va 3 kesimlar orasidagi masofalar teng bo'lmasa, tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\mu = \frac{2K\Delta t}{(H_2^{11} - H_2^1)(\Delta X_1 + \Delta X_2)} \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \frac{H_1 - H_2}{\Delta X_1} - \frac{h_2 + h_3}{2} \frac{H_2 - H_3}{\Delta X_2} \right)$$

7. Shimiqlash W ning miqdorini yilning xoxlagan fasllarida grynt natijasidan foydalanib quyidagi tenglamalar bilan hisoblash mumkin:

A) agar nogorizontal asos bo'lsa:

$$W = \mu \frac{H_2^{11} - H_2^1}{\Delta t} - \frac{K}{2\Delta X^2} [(h_1 + h_2)(H_1 - H_2) - (h_2 + h_3)(H_2 - H_3)]$$

B) agar asos gorizontal bo'lib, 1-2 va 2-3 kesimlar orasidagi masofa teng bo'lmasa tenglama quyidagicha bo'ladi:

$$W = \mu \frac{h_{12}^{11} - h_{12}^1}{\Delta t} - \frac{K}{\Delta X_1 + \Delta X_2} \left(\frac{h_{12}^2 - h_{12}^1}{\Delta X_1} - \frac{h_{12}^2 - h_{12}^3}{\Delta X_1} \right)$$

Daryo vodiysidan poymadan yuqori terrasaning hududida grynt suvlari satxining ko'tarilishi va bu ko'tarilishning terrasa bo'ylab tarqalishi oldindan hisoblab bering. Grynt suvi satxining daryodagi suv satxi ko'tarilishidan oldingi xolati ma'lum; daryodagi suv satxining ko'tarilish rejasi xam ma'lum.

Daryo terrasasi sizilish koeffitsienti $K=11$ m/sutka bo'lgan mayda qum tog' jinsi bilan to'lg'izilgan. YUqoridan shimilish miqdori $W=0.0005$ m/sutka. Qunning suv beruvchanligi $\mu=0.20$. Suv o'tkazmas asos gorizontal holatda; uning o'rtacha balandligi 43.22m. har bir skvajinalar orasidagi masofa 200m dan.

Hisobni quyidagi formula yordamida olib boramiz:

$$h_{12}^{11} = h_{12}^1 + \frac{K\Delta t}{2\mu\Delta x^2} (h_{11}^2 + h_{13}^2 - 2h_{12}^2) + \frac{W}{\mu} \Delta t$$

Suv satxining o'zgarishi aniqlanayotgan vaqt davomiyligi $-\Delta t$ ning qiymatini 10 sutkaga teng deb qabul qilamiz. O'zgaruvchan porodalarining qiymatini yuqoridagi tenglamaga qo'yib, doimiy ifodalarning qiymatlarini hisoblaymiz:

$$\frac{W}{\mu} \Delta t = \frac{0.0005}{0.20} 10 \cong 0.02$$

$$\frac{K \cdot \Delta t}{2\mu \cdot \Delta x^2} = \frac{11 \cdot 10}{2 \cdot 0.20 \cdot 200^2} = 0.007$$

Yuqorida keltirilgan formula yordamida daryoda suv ko'tarilishi boshlangandan 10 kundan keyingi er osti suvlarining satxini hisoblaymiz:

$$\begin{aligned} \text{11-skvajinada: } h_{11}^{11} &= h_{11}^1 + 0.007(h_p^2 + h_{12}^2 - 2h_{11}^2) + 0.02 = \\ &7.97 + 0.007(7.48^2 + 8.35^2 - 2 \cdot 7.98^2) + 0.02 = 7.98 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{12-skvajinada: } h_{12}^{11} &= h_{12}^1 + 0.007(h_{11}^2 + h_{13}^2 - 2h_{12}^2) + 0.02 = \\ &8.34 + 0.007(7.98^2 + 8.56^2 - 2 \cdot 8.35^2) + 0.02 = 8.35 \end{aligned}$$

$$\text{13-skvajinada: } h_{13}^{11} = 8.55 + 0.007(8.35^2 + 8.68^2 - 2 \cdot 8.56^2) + 0.02 = 8.56 \text{ m}$$

14-skvajinada: yuqorida keltirilgan tenglama bilan hisoblaganda ko'tarilish 0.01m va $h_{14}^{11}=8.68\text{m}$ bo'ladi.

Endi yer osti suvlarining 21.IV, ya'ni daryoda suv satxining ko'tarilishidan 20 kundan keyingi holatini hisoblaymiz. Hisob uchun daryodagi suv satxining o'rtacha, ya'ni 16.IV dagi balandligini olamiz. Skvajinalardagi suv satxining balandlik qiymati ya'ni hisob davrining boshlang'ich nuqtasidagi holati olinadi.

Hisoblar shuni ko'rsadiki, daryodagi suv satxining 1.45m ga ko'tarilishi 2 oy davomida er osti suvining satxini xam daryodan 400-500m masofagacha ko'tarilishga olib keladi.

isoblash kesimlari	.IV. dagi grynt suvlari oqimini ng qalinligi	Daryoda suv satxining ko'tarilishi davrida grynt suvi oqimining qalinligi					
		0 sutkada n keyingi 11.IV da	0 sutkada n keyin 21.IV da	0 sutka dan keyin 1.V. da	0 sutka dan keyin 11.V da	0 sutkada n keyin 21.V. da	0 sutkadan keyin 1.VI. da
aryo	,43	,76	,78	,88	,75	,53	,23
1-skv	,97	,98	,02	,10	,24	,34	,39
2-skv	,34	,35	,35	,36	,38	,41	,45
3-skv	,55	,56	,57	,58	,59	,60	,61
4-skv	,67	,68	,69	,70	,71	,72	,73

7-variant.

Yer osti suvlarining gidrotexnik inshootlar ostidagi harakati va suv omborlardan sizilishi.

To'g'onlar qurish natijasida daryo va boshqa suv xavzalarida suv omborlari paydo bo'ladi. Xosil bo'ladigan suv ombori vaqt o'tishi bilan suvga to'ladi va suvgv to'lgan sari undan suv sizilishi ro'y beradi. Ayni paytda sizilish yuqori b'efadan quyi b'efga ikki, bir-biriga ulangan yo'nalishda bo'ladi:

1. to'g'on kengligida uning ostidan yuqori b'efdan quyi b'ef tomon sizilish;

2. to'g'onning ikki yonidan yarim ellips shakldagi oqim chiziqlari yo'nalishida to'g'onni chetlab oqish

Suv ombori loyixalaganda joyning geomorfologik va rel'ef tuzilishini, gruntning litologik tarkibini va gidrogeologik sharoitlarini o'rganib, hisoblab, gidrogeologik va injenerlik geologik prognoz ishlab chiqish kerak.

Suv omboridan sizilish sarfi tenglamasi:

$$q_n = q - q_1$$

Bu yerda: q_n -sizilish sarfi

q –grynt suvlari oqimining suv ombori qurilishidan oldingi sarfi;

q_1 -grynt suvlarining suv ombori qurilgandan keyingi sarfi

Agar grynt suvlarining harakat yo'nalishi daryo tomon bo'lsa daryo grynt suvlari hisobiga to'yinadi. Agar grynt suvlarining oqimi yo'nalishi daryodan bo'lsa grynt suvlari daryo suvlari hisobiga ko'payadi.

Suv ombori suvga to'lg'izilayotgan davrda omborning osti va qirg'oqliklariga sizilish bo'ladi. Lekin bu sizilish ostki va qirg'oq tog' jinslari suvga to'yingunicha bo'lib, bu «vaqtincha sizilish» deyiladi. Suv ombori suvga to'yinib, yon-atrofiga shakllangan sizilish oqimi tashkil topadi. Bunday oqim «doimiy sizilish oqimi» deyiladi.

Agar suv ombori suvning satxi va qo'shni daryo suvining satxi bir xil nuqtada bo'lsa doimiy sizilish oqimi $-q = 0$ ga teng bo'ladi. $-q = 0$. ya'ni suv omboridan sizilish oqimi yo'q.

Agar suv omborida suv satxi qo'shni daryo suv satxidan baland bo'lsa $q_n > q$ bo'ladi, ya'ni doimiy sizilish oqimi daryodagi sizilish oqimidan katta bo'ladi.

Sizilishning gidrodinamik to'g'ri grafik va formulalar bilan hisoblash usullari xamda laboratoriya o'lchamlari asosida tuziladi.

Suv ombori qurilish natijasida xosil bo'lgan suv gorizontlarning quiy va yuqori b'eflari nuqtalarning balandliklari ayirmasi sizilishni harakatga keltiruvchi

potentsial energiya hisoblanadi. Bir xil potentsial qiymatli nuqtalarni birlashtiruvchi chiziqlar.

Ekvipotentsial chiziqlar deyiladi. Sizilish harakati ekvipotentsial chiziq'larga normal yo'nalishda bo'ladi. bu chiziqlar "oqim chiziqlari" deb atalid. Oqim chiziqlari bilan ekvipotentsial chiziqlarning plandagi yoki kertikal kesimidagi qo'shma izoxi er osti suvlari oqimining gidrodinamik setkasini tashkil qiladi. Idel xaoltda gidrodinamik setka kvadrat shaklida bo'ladi. oqim ostida to'liqsiz kvadratlar xam bo'lishi mumkin.

Agar bosim gradientining o'rtacha qiymati

$$J_{cp} = \frac{\Delta H}{\Delta S} \quad \text{bo'lsa}$$

ΔH -ikki qo'shni ekvipotentsial chiziqlar oarsidagi bosimning pasayishi

ΔS -ikki qo'shni ekvipotentsial chiziqlar orasidagi o'rtacha masofa. Darsi qonuniga muvofiq sizilishning o'rtacha tezligi quyidagicha bo'ladi:

$$V_{cp} = K \cdot J_{cp} = K \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

Huddi shunday sizilish sarfining inshootning 1 pog.m. kengligidagi miqdori quyidagi tenglama bilan aniqlanadi.

$$q = K \cdot \Delta H \left(\frac{\Delta l}{\Delta S} m + \frac{\Delta l^1}{\Delta S^1} \right)$$

Sizilish sarfini aniqlash tenglamalari.

Tabiiy xolda to'g'on osti, to'g'on yoni va suv omboridan sizilish bir-biri bilan bog'liq va mukammal sisitemasini tashkil etadi.

Ko'pincha bu sistema modellashtirib echiladi, ba'zi xollarda u shunday mukammal bo'ladiki, uni echish umuman mumkin bo'lmay qoladi.

Shuning uchun bu echim oddiylashtirib asosan 3 qismdan iborat bo'ladi:

1. to'g'on ostidan sizilish sarfi
2. to'g'on yon bag'rlaridan sizilish sarfi
3. suv omboridan sizilish sarfi.

- 1.bir turlik tog' jinslarida to'g'on ostidan sizilish sarfi

G.N.Kamenskiy fikricha agar $\frac{b}{m} \geq 0.2$ bo'lsa bu xolda oqimning to'g'on ostidan umumiy sarf tenglamasi quyidagicha bo'ladi.

$$Q = KHL \frac{m}{2b + m}$$

K-sizilish koeffitsienti

$N=N_v-N_N$ –bosim potentsiali-to'g'onidagi bosim

L-to'g'on uzunligi

m-suv sizilayotgan qatlamning qalinligi

b-to'g'on flyutbetining yarim kengligi

1^a-huddi shunday hisoblash tenglamasi.(N.N.Pavlovsqiy fikricha)

$$Q = KHLq_r$$

K-sizilish koeffitsienti m/sut

Q-umumiy sarf (m³/sut)

$N=N_v-N_N$ - yuqori quyi b'efdagi suv balandligi ayirmasi to'gondagi suv bosimi (m)

L-to'g'on uzunligi (m)

q_r -to'g'onning 1 metr uzunligiga va sizilish koeffitsientining 1 m/sut qiymatiga sizilish sarfi

To'g'onning mexanik suffoziyaga bardoshi.

Sizilish quyi b'efda vertikal yo'nalishda yuqoriga qaragan bo'ladi.

Bunday harakatda agar tezlik ancha katta bo'lsa grunt zarrachalari sizilishi, ya'ni mexanik suffoziya ro'yi berishi mumkin. Suffoziyani yuzaga keltiradigan tezlik kritik tezlik deyiladi. Bu tezlikni hisoblash xam o'rganilgan. Gidrotexnik inshootlarni hisoblaganda quyidagi jadvaldan foydalaniladi.

za											
rrachaning				.8	.5	.3	.1	.08	.05	.03	.01
o'lchovi α											

mm											
kri											
tik tezlik	2.1	7.3	.85	.83	.97	.88	.06	.79	.19	.74	.98
s											
m/sek											

To'g'oning gruntini siqib ko'tarishga bardoshi.

Gruntning xajm birligiga ta'sir etuvchi gidrodinamik bosimi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$E = \gamma \cdot J$$

E –bosim t/m³

γ -suvning solishtirma og'irligi

Joqimning o'lchanayotgan nuqtadagi gradienti;

Quyi b'efda gidrodinamik bosimning siqib ko'tarishga qarshi gruntning o'z og'irligi turadi.bu og'irlik quyidagi tenglama bilan hisoblanadi:

$$Q_1 = \gamma_1 - \gamma(1 - n)$$

Q_1 -sizilish zonasidagi grunt xajm birligining og'irligi t/m³

γ_1 -quruq gruntning solishtirma og'irligi

γ -suvning solishtirma og'irligi

n-gruntning g'ovakligi

to'g'oning quyi b'efida muvozanat saqlanish uchun E va Q_1 qiymatlari teng bo'lishi kerak. Bu tenglamalardan quiydagi tenglama kelib chiqadi:

$$J_{kp} = \frac{\gamma_1}{\gamma} - (1 - n)$$

Quyi betdagi oqib ko'taruvchan kuchga bardosh berishi uchun sizilish oqimining xaqiqiy gradienti kritik gradientdan kichik bo'lmagani lozim ya'ni:

$$J \frac{J_{kp}}{m}$$

Bu yerda m- zaxira koeffitsienti.

I^b tog' jinslari 2 turda bo'lganda sizilish sarfi (Kamensqiy formulalari).

Faraz qilingan shartlar:

A) $K_1 K_2 \geq I IO$

b) m_1 qiymati m_2 dan ancha katta;

v) sizilish oqimi yuqori va quyi betlarda m_1 qalinlikda faqat vertikal harakatda m_2 qatlamda $2v$ masofada faqat gorizantal yo'nalishda.

Sizilish sarfi tenglamasi.

$$\frac{L(H_b - H_h)}{\frac{2b}{m_2 k_2} + 2\sqrt{\frac{m_1}{k_1 k_2 m_2}}}$$

Bu yerda Q- umumiy sarf.

L- to'g'on uzunligi

H_v va H_n yuqori va quyi beflardagi suv qalinligi;

$2v$ to'g'on flyutbetining qalinligi.

M_1 m_2 yuqori (suv o'tkazuvchan) va pastki (ko'p suv o'tkazuvchan) qatlamlarining qalinligi

K_1 K_2 qatlamlarning sizilio' koeffitsienti.

YUqori suv kam o'tkazuvchan qatlamdagi suv bosimining pasayishi.

Tag'in yon bag'ridan sizilish sarfi.

A) oddiy xolat grunt bir turli turkumdan iborat.

Qabkl sharti:

Grunt bir turli atmosferadan yordamchi shimilish yo'q. To'g'on atroflama oqim chizig'i yarimsferik shaklda.

Bosimli oqim uchun:

$$Q_H \frac{K * m * H}{\pi} \ln \frac{b}{r}.$$

Bosimsiz oqim uchun:

$$\frac{K(h_1^2 - h_2^2)}{2\pi} \ln \frac{B}{r}$$

Bu yerda: Q_H va Q_{bn} bosimli va bosimsiz oqimlarining sizilish sarfi.

K- sizilish koeffitsienti

M- sizilish ro'y berayotgan qatlamining qalinligi

H- to'g'ondagi bosim

$H_1 h_2$ – yuqori va quyi beflardagi suv satxining suv o'tkazmas qatlamgacha qalinligi.

V – to'g'on yon bag'ridagi uchastkasining yuqori biefidan boshlab o'lchangan kengligi.

CH- to'g'on qirg'oq ko'nturining radiusi.

$$r = \frac{2l}{\pi} \text{ dan aniqlanadi.}$$

Bu yerda $2L$ to'g'onning qirg'oq tomonidan kengligi.

Gidrotexnik inshootlardan sizilishni hisoblash uchun bir qator o'ta mukammal echimlar bor. Ularni kokret sharoitlarda adabiyotlardan foydalanib echish mumkin.

To'g'on ikki qavatli qatlamga qurilgan. Yuqori qatlamning qalinligi $m_1=5m$, pastki qatlamning qalinligi $m_2=15m$. Qatlamlarning sizilish koeffitsientlari: $K_1=5$ m/sut. va $K_2=60$ m/sut. To'g'on flyutbetining kengligi $2v=50m$, to'g'ondagi bosim $N=10m$, to'g'onning uzunligi $L=70m$.

Masala sharti: 1) to'g'on ostida o'tadigan suvning sizilish sarfini aniqlash; 2) oqimni pastki b'efga chiqaverishidagi bosim gradientining aniqlash.

Echish: to'g'on ostidan o'tayotgan sizilish sarfini quyidagi tenglama yordamida hisoblaymiz:

$$Q = \frac{L(H_B - H_H)}{\frac{2b}{m_2 K_2} + 2\sqrt{\frac{m_1}{K_1 K_2 m_2}}} = \frac{70 \cdot 10}{\frac{50}{15 \cdot 60} + 2\sqrt{\frac{5}{5 \cdot 60 \cdot 15}}} = 5737 m^3 / cym$$

Sizilish gradientining quyidagi tenglama yordamida hisoblaymiz:

$$J = \frac{H_B - H_H}{2\left(m_1 + b\sqrt{\frac{K_1}{K_2} \cdot \frac{m_1}{m_2}}\right)} = \frac{10}{2\left(5 + 25\sqrt{\frac{5}{60} \cdot \frac{5}{15}}\right)} = 0.54$$

8-variant.

Nomukammal grynt va artezian quduqlariga oqib kelayotgan er osti suvining harakat tenglamalari.

Nomukammal quduqlarga suv filtr yuqorisidan va ayni paytda filtrdan quyiroyq zonalardan ham oqib keladi. Suv satxining teng pasayishda mukammal quduqlarning sarfi nomukammal quduqlarning sarfiga qaraganda har doim ko'proq bo'ladi.

A) devorlaridan suv oqib kiradigan artezian quduqning sarf tenglamasi.

F.Farxgemeyrning empirik tadqiqotlari natijasida olingan tenglama:

$$\frac{Q_{cob}}{Q_{hecov}} = \sqrt{\frac{M}{l}} \cdot \sqrt[4]{\frac{M}{2M-l}}$$

M- suv ushlagich qatlamning qalinligi

l-filtrning suv kiruvchi qismining uzunligi.

Yuqoridagi tenglamadan:

$$Q_{hecov} = Q_{cob} \sqrt{\frac{1}{M}} \sqrt[4]{\frac{2M-l}{M}} = \frac{2.73KMS}{\lg R - \lg r} \cdot \sqrt{\frac{l}{M}} \sqrt{\frac{2M-l}{M}}$$

P.P.Klimentov fikricha, quduqning nomukamalligiga tuzatish koeffitsienti:

$$B = \frac{Q_{hecov}}{Q_{cob}}$$

$\frac{M}{l}$ yoki $\frac{h}{l}$ qiymatiga qarab quyidagi qiymatga ega:

$\frac{h}{l}$	$\frac{M}{l}$	.5	.0	.5	.0	.0	.0	.0	.0	0.0
$B = \frac{Q_{hecov}}{Q_{cob}}$	$\frac{Q_{hecov}}{Q_{cob}}$	.88	.78	.71	.66	.57	.52	.47	.41	.37
$\frac{Q_{cob}}{Q_{hecov}}$	$\frac{Q_{cob}}{Q_{hecov}}$	.14	.28	.41	.52	.74	.93	.10	.42	.69

Agar suv ushlagich qatlamning qalinligi filtrning ishchi uzunligidan ancha katta bo'lsa, hisoblash tenglamalarida aktiv qalinlik degan tushuncha- M_a -kiritiladi.

Aktiv qalinlik M_a Zamarin fikricha quyidagi qiymatlarga teng:

Agar $S=0.2$ (s+l) bo'lsa M_a (Ha)=1.3 (s+l)

Agar $S=0.3$ (s+l) bo'lsa M_a (Ha)=1.5 (s+l)

Agar $S=0.5$ (s+l) bo'lsa M_a (Ha)=1.7 (s+l)

Agar $S=0.8$ (s+l) bo'lsa M_a (Ha)=1.85 (s+l)

Agar $S=1.0$ (s+l) bo'lsa M_a (Ha)=2.0 (s+l)

B. Quduq tubidan suv olganda

Bunday artezian quduqlarning sarfini aniqlash uchun F.Ferxgeymer quyidagi tenglamani taklif etadi:

$$Q = 2\pi \cdot r \cdot S \cdot K$$

B.1. agar quduqning ostki suv kiruvchi qismi tekis bo'lsa-F.Ferxgeymer quyidagi tenglamani taklif etadi:

$$Q = 4 \cdot r \cdot S \cdot K$$

Nomukammal grynt suviga qurilgan quduqqa oqayotgan er osti suvining tenglamasi.

Bosimli suvlarga qurilgan nomukammal quduqlarning sarfini aniqlovchi usulga o'xshab F.Ferxgeymer nomukammal grynt o'quqlarining sarfini hisoblash uchun quyidagi tenglamani taklif etadi:

$$\frac{Q_{cob}}{Q_{heco6}} = \sqrt{\frac{h}{l}} \cdot \sqrt[4]{\frac{h}{2h-l}}$$

$$Q_{heco6} = Q_c \sqrt{\frac{l}{h}} \sqrt[4]{\frac{2h-l}{h}} \quad Q_{heco6} = 1.365 \frac{K(H^2 - h^2)}{\lg R - \lg r} \cdot \sqrt{\frac{l}{h}} \sqrt[4]{\frac{2h-l}{h}}$$

Bu yerda: l-filtr ishchi qismining uzunligi (dlina rabochey chasti filtra), yoki nomukammal quduqday suv stolbasining qudo'k tubidan balandligi.

Agar suv ushlagich qatlam filtr uzunligiga nisbatan ancha qalin bo'lsa E.A.Zamarin aktiv qalinlik ajratadi. Aktiv qalinlik qiymati yuqorida keltirilgan jadvaldan aniqlanadi va tenglama N va h o'rniga N_a va h_a qo'yib echiladi.

Agar grynt quduqlari faqat ostki qisimdan suv oladigan bo'lsa yuqorida keltirilgan qatlamlar o'z kuchini saqlab qoladi.

Agar grynt qudug'i yon atrofi va ostki qisimdan suv oladigan bo'lsa, E.A.Zamarin quyidagi tenglamalarni keltiradi:

a) agar quduq osti yarim sferik formada bo'lsa:

$$Q_{\text{heco}} = 1.365 \frac{K(H_1^2 - l^2)}{\lg R - \lg r} + 2\pi SK$$

b) agar quduq osti tekis bo'lsa:

$$Q_{\text{heco}} = 1.365 \frac{K(H_1^2 - l^2)}{\lg R - \lg r} + 2rSK$$

Bu yerda: N_1 -statik suv yuzasining quduq ostidan balandligi
l-filtr ishchi qismining uzunligi.

Qumdan iborat suv ushlagich tog' jinsida nomukammal artezian qo'dug'i qazilgan. Quduq yonbag'ridan suv oladi. Suv ushlagich qatlamning qalinligi 38.69m, filtrning uzunligi 8m, quduq skvajinaning radiusi 0.1m, ta'sir radiusi $R=100$ m, sizilish koefitsienti $K=24.05$ m/sut , otkachka davrida quduqda suv satxining pasayishi $S=1$ m. Quduqning sarfini hisoblang.

Ychish:1.Zamarin jadvali bo'yicha aktiv qalinlik Ma ni aniqlaymiz.

Eslatamiz, agar $S=0.2(S+L)$ bo'lsa $Ma=1.3(S+L)$

Bizda $8=0.1(8+1) \Rightarrow$

$Ma=1.165(8+1)=1.165 \cdot 9=10.5$ m

1. sarf tenglamasi

$$Q = \frac{273KMaS}{\lg R - \lg r} \cdot \sqrt[4]{\frac{L}{Ma}} \sqrt[4]{\frac{2Ma - L}{Ma}} = \frac{2.73 \cdot 24.05 \cdot 10.5 \cdot 1}{\lg R - \lg r} \sqrt[4]{\frac{8}{10.5}} \cdot \sqrt[4]{\frac{2 \cdot 10.5 - 8}{10.5}}$$

$m^3/sutka$

9-variant.

Quduq diametrining uning sarfiga ta'siri.

VARIANT

Hisoblash tenglamalarining ko'pchiligida quduq radiusi logarifm ishorasi ostida ishtirok etadi. SHuning uchun uning qiymatini o'zgarishi quduq sarfining barobar o'zgarishiga olib kelmaydi.

Quduqning diametri kattalashganda uning sarfi birmuncha osha boradi. Bu oshgan sarfni aniqlash uchun qayta hisoblash koeffitsientidan foydalaniladi.

Skvajina-kichik diametrli quduq uchun Dyupyui bo'yicha sarf tenglamasi:

$$Q_C = 1.365 \frac{K(2H - S)S}{\lg R_C - \lg r_C}$$

Shu sharoitda shaxta qudug'i uchun sarf tenglamasi:

$$Q_{III} = 1.365 \frac{K(2H - S)S}{\lg R_{III} - \lg r_{III}}$$

1 va 2 tenglamalardan:

$$\frac{Q_{III}}{Q_C} = \frac{\lg R_C - \lg r_C}{\lg R_{III} - \lg r_C} \quad \text{yoki} \quad Q_{III} = Q_C \frac{\lg R_C - \lg r_C}{\lg R_{III} - \lg r_C}$$

Bu yerda:

Q_{sh} -shaxta qudug'iga oqib kelayotgan suvning maksimal sarfi

R_{sh} -shaxta qudug'ning ta'sir radiusi

r_{sh} -shaxta qudug'ining radiusi

Q_s -tajriba o'tkazilayotgan skvajinaning sarfi

R_s -skvajinaning ta'sir radiusi

r_s - skvajina radiusi

$\frac{\lg R_C - \lg r_C}{\lg R_{III} - \lg r_{III}}$ quduq radiusi o'zgargandagi uning sarfini qayta hisoblash

koeffitsienti

2. Quduqning ta'sir radius iva uni aniqlash.

Quduqning ta'sir radiusi ko'pchilik olimlarning fikricha bir necha o'zgaruvchan sharoitlarning funktsiyasidir.

$$R=f(t, K, S, \gamma)$$

Bu yerda: t-suv chiqarishning davomiyligi

K-sizilish koeffitsienti

S-suv satxining pasayishi

γ -cheklovchi sharoit, plastning qalinligi, uning plandagi va boshqa maxalliy omillarga uzviy bog'liq tushuncha.

Quduqdan suv uzluksiz davr ichida chiqarilganda uning depression voronkasi va sarfi shakllangan xolga keladi, ta'sir radiusi maksimal bo'ladi. Bunday quduqlarining sarf tenglamasi soda xolda quyidagicha yoziladi:

Bosimli suvlar uchun:

$$Q = 2KJMR_n$$

Bu tenglamadan:

$$R_n = \frac{Q}{2KJM}$$

Grynt suvlari uchun:

$$Q = 2KJHR_n$$

Bu tenglamadan:

$$R_n = \frac{Q}{2KJH}$$

Bu tenglamadan

Odatda ta'sir radiusi quduqlardan tajriba suv chiqarishlari natijasida kuzatuvchi skvajinalarda suvning rasmiy xolatini o'lchash natijasida hisoblanid. Hisoblash uchun Dyupyui-Kerkis tenglamalaridan quyidagicha foydalaniladi:

$$A) \text{ bosimli suvlar uchun: } \lg R = \frac{S_1 \lg x_2 - S_2 \lg x_1}{S_1 - S_2}$$

$$B) \text{ grynt suvlari uchun: } \lg R = \frac{S_1(2H - S_1)\lg x_2 - S_2(2H - S_2)\lg x_1}{(S_1 - S_2)(2H - S_1 - S_2)}$$

Agar suv chiqarish davrida kuzatuvchi quduq bitt bo'lsa bu xolda Dyupyui tenglamasi quyida 2 tako'rinishda yozilishi mumkin:

$$\left. \begin{aligned} Q &= 1.365 \frac{K(H^2 - h^2)}{\lg R - \lg r} \\ Q &= 1.365 \frac{K(H^2 - h_1^2)}{\lg R - \lg x_1} \end{aligned} \right\}$$

Bu tenglamalarni chap va o'ng tomonlarini tenglashtirib olamiz:

$$\frac{H^2 - h^2}{\lg R - \lg r} = \frac{H^2 - h_1^2}{\lg R - \lg x_1}$$

Huddi shunday tenglamani artezion quduqlari uchun xam olish mumkin:

$$\frac{S}{\lg R - \lg r} = \frac{S_1}{\lg R - \lg x_1} \quad \text{va} \quad \lg R = \frac{S \lg x_1 - S_1 \lg r}{S - S_1}$$

Bu tenglamalarda:

N-suv satxining statik satxi

h-suv satxining markaziy quduqdagi dinamik satxi

h₁-suv satxining kuzatuvchi quduqdagi dinamik satxi

r-markaziy quduqning radiusi

x₁- markaziy quduqdan kuzatuvchi quduqgacha masofa

S- markaziy quduqdagi suv satxining pasayishi

S₁- kuzatuvchi quduqdagi suv satxining pasayishi.

Agar suv chiqarish davrida kuzatuvchi quduq umuman bo'lmasa, suv chiqarish bita markaziy quduqdan olib borilsa, bu xolda xam biroz noaniqlik bilan ta'sir radiusini aniqlash mumkin.

Bizga ma'lum Dyupyui tenglamasi: grynt suvlari uchun:

$$Q = 1.365 \frac{K(H^2 - h^2)}{\lg R - \lg r}$$

Ba'zi paytlarda ta'sir radiusining qiymati suv ushlovchi qatlamlarga xos ravishda tanlanishi mumkin.

Masala. Mukammal grynt suvlari qudug'idan suv olganda. Aniqlangan suv ushlagich qatlam qalinligi N=10m, suv ushlagich qatlam qumdan iborat, sizilish koefitsienti 6 m/sut.

Otkachka davrida suv satxining pasayishi S=5m. quduqning ta'sir radiusi R_c=1000m. quduqning radiusi r_{c1}=20 sm, r_{c2}=30 sm, r_{c3}=40 sm bo'lganda skvajinaning sarfini hisoblang.

Hisoblash tenglamasi

$$Q_c = 1.365 \frac{K(2H - S)S}{\lg R_c - \lg r_c}$$

$$\text{Yozamiz } Q_C = 1.365 \frac{K(2H - S)S}{\lg \frac{R_C}{r_C}}$$

$$Q_{C_1} = 1.365 \frac{6(2 \cdot 10 - 5)5}{\lg \frac{100}{0.2}} = \frac{450}{\lg 5000} = \frac{450}{3.7} = 122 \text{ m}^3 / \text{cym}$$

$$\text{ychim: } Q_{C_2} = 1.365 \frac{6(2 \cdot 10 - 5)5}{\lg \frac{100}{0.3}} = \frac{450}{\lg 3300} = \frac{450}{3.52} = 128 \text{ m}^3 / \text{cym}$$

$$Q_{C_3} = 1.365 \frac{6(2 \cdot 10 - 5)5}{\lg \frac{100}{0.4}} = \frac{450}{\lg 2500} = \frac{450}{3.4} = 132 \text{ m}^3 / \text{cym}$$

Hisoblash natijasi qursatadiki skvajina radiusi $r_{c1}=20$ sm bo'lganda skvajina sarfi $Q_{c1}=122 \text{ m}^3/\text{sut}$, $r_{c2}=30$ bo'lganda $Q_{c2}=128 \text{ m}^3/\text{sut}$, $r_{c3}=40$ sm bo'lganda $Q_{c3}=132 \text{ m}^3/\text{sut}$. Ya'ni skvajina sarfi uning radiusiga proporsional oshmayapti.

10-variant.

Bir-biriga ta'sir ko'rsatuvchi quduqlarga yo'nalgan er osti suvlari oqimini hisoblash tenglamalari.

Yer osti suvlarining o'zgarmas harakati sharoitida bir quduqlarning ta'sir radiusi ularning oarsidagi masofadan katta bo'lsa, u xolda ularning bir-birlariga ta'siri paydo bo'ladi.

Bir-biriga ta'sir qiluvchi burquduqlarning suv bosimi tushish ta'siri, har qachon har bir burqudug'ining bosimining tushish miqdoridan ko'p bo'ladi yoki yuzaning tushishi bir xil bo'lsa, unda bir-biriga ta'sir qiluvchi burqudug'larning umumiy sarfi kamayadi.

Bir-biriga ta'sir qiluvchi burqudug'larning hisoblash uchun suprinazatsiya uslubidan foydalaniladi. Bunda umumiy javob har bir burqudug'i ta'sirini oddiy algebraik qo'shish yo'li bilan topiladi.

Bir-biriga ta'sir qiluvchi burqudug'larini hisoblash ularni sarfining va yuzasining topish bilan cheklanadi.

Agar burqudug'ining sarfi topilishi kerak bo'lsa, u xolda quduqdagi suv yuzasining tushish qiymati berilgan bo'lishi kerak va aksincha.

O'ziga joylashgan bir-biriga ta'sir qiluvchi burquduqlarni hisoblash uchun Forxgeymer sxemasi qo'llaniladi.

Agarda bir nechta –“P” ta bir-biriga ta'sir etuvchi mukammal quduqlar qazilgan bo'lsa, ular quduqlar oralig'ida “A” nuqtadan $X_1, X_2, \dots, X_n$ masofada joylashgan bo'lsa bu xolda bu quduqlarning umumiy sarfi Forxgeymer fikri bo'yicha quyidagi tenglamalar bilan aniqlanadi.

Mukammal artezian quduqlari uchun tenglama:

$$Q = \frac{2TKMS}{\ln R - \frac{1}{n} \ln x_1 x_2 \dots x_n}$$

Mukammal bosimsiz grynt quduqlari uchun umumiy sarf tenglamsi:

$$Q = \frac{TK(2H - S)S}{\ln R - \frac{1}{n} \ln x_1 x_2 \dots x_n}$$

Bu tenglamalarda:

S-quduqlar o'rtasidagi “A” nuqtadagi suv satxining pasayishi.

n-burquduqlar soni

$x_1, x_2, \dots, x_n$ -markaziy “A” nuqtadan har bir quduqgacha bo'lgan masofa.

R- xamma quduqlar ishlaganda xosil bo'lgan depression voronkaning radiusi.

Bir-biriga ta'sir etuvchi quduqlar joylashgan zonada xoxlagan nuqtada suvning pasaygan dinamik satxi-“y” ni aniqlash uchun bosimsiz grynt quduqlari ishida Forxgeymerning quyidagi tenglamasi mavjud: ma'lumki $(2H - S)S = H^2 - h^2$

$$H^2 - h^2 = \frac{Q}{\pi K} \ln \frac{x_1}{r_1} + \frac{Q_2}{\pi K} \ln \frac{x_2}{r_2} + \dots + \frac{Q}{\pi K} \ln \frac{x_n}{r_n}$$

Bu tenglamani u ga nisbatan echask:

$$y = \sqrt{H^2 - \left(\frac{Q}{\pi K} \ln \frac{x_1}{r_1} + \frac{Q_2}{\pi K} \ln \frac{x_2}{r_2} + \dots + \frac{Q}{\pi K} \ln \frac{x_n}{r_n} \right)}$$

Agar quduqlar sarfi teng bo'lsa, ya'ni:

$$Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n = \frac{\Sigma Q}{n}$$

Agar bir-biriga ta'sir etuvchi quduqlar aylanma bo'ylab kompakt joylashgan bo'lsa:

Bu xolda quduqlar joylashgan aylanma X_0 radiusli faraziy katta quduqni tashkil etadi. Depression voronka esa R radiusga ega bshladi, bu xolda hisob tenglamsi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$Q = \frac{\pi K (2H - S) S}{\ln R - \ln x_0} = \frac{1.365 K (2H - S) S}{\lg R - \lg x_0}$$

$$\text{YOki } Q = \frac{\pi K (H^2 - h^2)}{\ln R - \ln x_0} \quad \text{va} \quad H^2 - h^2 = \frac{Q}{\pi K} (\ln R - \ln x_0)$$

Bu tenglamada: Q -radiusi x_0 teng bo'lsa quduqning sarfi;

R - quduqlar sistemasining ta'sir radiusi.

Bu tenglamadan ko'rinish turibdiki, ya'ni bu tenglama yakka quduqning sarf tenglamasini eslatadi.

Agar bir-biriga ta'sir etuvchi quduqlar r_0 radiusli aylanma bo'yicha joylashgan bo'lsa va ularning markazida suvning dinamik satxi x bo'lsa quduqlar sistemasining umumiy sarfi r_0 radiusi barcha quduqlar sarfining yig'indisiga teng bo'ladi.

Bir-biriga ta'sir etuvchi nomukammal quduqlar tenglamasi.

Agar nomukammal artezian quduqlari faqat yonbag'ridan suv olsa (osti yopiq bo'lsa) bir-biriga ta'sir etuvchi quduqlar sistemi zonasida suv satxining pasayishi (dinamik satx) hisoblash tenglamsi Forxgeymer to'yicha quyidagicha yoziladi:

$$h^2 = H^2 - \frac{\Sigma Q}{2\pi K M S n} \cdot \frac{1}{B_0} \ln \frac{R^n}{x_1 \cdot x_2 \dots x_n} \quad (1)$$

l- quduqlarning (filʼtirning) suvning ushlagich qatlamga tushirilgin uzunligi.

M- bosimli suv ushlagich qatlamining qalinligi.

Huddi shunday Forxgeymer nomukammal grynt (bosimsiz) quduqlari sistemasi bir-biriga taʼsir etib ishlaganda bu zonada suvning dinamik satxini hisoblash uchun quyidagi tenglama taklif etadi:

$$h^2 = H^2 - \frac{\Sigma Q}{\pi K n} \cdot \frac{1}{B} \ln \frac{R^n}{x_1 \cdot x_2 \dots x_n} \quad (2)$$

Agar suv ushlagich qatlamining qalinligi suv harakati aktiv zonadan ancha koʻproq boʻlsa (I) va (2) tenglamalaridagi V_0 va V oʻrniga Zamarin boʻyicha aktiv qalinlikni ishlatish maqsadga muvofiq boʻladi.

Adabiyotda bir-biriga taʼsir etuvchi quduqlarning sarfini hisoblashda boshqa avtorlarning xam tenglamalri mavjud.

Masalan:

1. V.N.Shelkachev aylanma konturi boʻyicha kompakt joylashgan bir necha bir-biriga taʼsir etuvchi quduqlarining sarfini hisoblash uchun quyidagi tenglamani beradi.

$$Q = \frac{2.73 \cdot K \cdot m \cdot s}{\lg \frac{R^{2n} - l^{2n}}{n R^{n*} \cdot \ln - 1r}}$$

Q-sarf, m³sut

K-sizilish koef. m/sut

S-suv satxining quduqqa pasayishi m

R-depression voronkaning taʼsir radiusi m

n-quduqlar soni

l-markaziy nuqtadan quduqgacha boʻlgan masofa m

2. agar bir-biriga taʼsir etuvchi quduqlar 2 dona boʻlsa, L.S.Leybenzon quyidagi tenglamani taklif etadi:

$$Q = \frac{2.73 \cdot KMS}{\lg \frac{R^2 - a^2}{2dr}}$$

3. agar bir-biriga ta'sir etuvchi quduqlar 3 dona bo'lib teng tomonli uchburchak bo'ylab joylashgan bo'lsa Masket quyidagi tenglamani taklif etadi:

$$Q = \frac{2.73 \cdot KMS}{\lg \frac{R^3}{d^2 r}}$$

S-quduqda suv satxining pasayishi

d-quduqlar orasidagi masofa m

R-depression voronkaning radiusi m

Quduqlar 3 ta bo'lganda xoxlagan nuqtadagi suv satxining pasayishini hisoblash tenglamasi Masket bo'yicha quyidagicha:

$$S_x = S - \frac{Q}{2.73 \cdot KM} \lg \frac{x_1 x_2 x_3}{d^2 r}$$

4. agar quduqlar 4 ta bo'lib kvadrat shaklida joylashsa: Masket tenglamasi:

$$Q = \frac{2.73 \cdot KMS}{\lg \frac{R^4}{\sqrt{2} d^3 r}}$$

Bir-biriga ta'sir etuvchi artezian quduqlarning sarfini aniqlang, agar ular:

A) teng tomonli uchburchak burchaklariga,

B) kvadrat burchaklariga

V) oltiburchak burchaklariga va

G) ikkita quduqdan iborat bo'lib doira-simon depression voronka xosil qilsa. Quduqlar orasi d.

Depression voronka radiusi $R=750$ m berilgan aniqliklar:

$D=100$ m, $r=0.075$ m, $S=15$ m, $K=20$ m, $M=8$ m.

Echish: sistema 2 quduqdan iborat bo'lsa har bir quduqning sarfi:

$$Q = \frac{2.73 \cdot KMS}{\lg \frac{R^2 - a^2}{2ar}} = \frac{2.73 \cdot 20 \cdot 8 \cdot 15}{\lg \frac{750^2 - 50^2}{2 \cdot 50 \cdot 0.075}} = 1363$$

Sistema 3 quduqdan iborat bo'lsa:

$$Q = \frac{2.73 \cdot KMS}{\lg \frac{R^3}{d^2 r}} = \frac{2.73 \cdot 20 \cdot 8 \cdot 15}{\lg \frac{750^3}{100^2 \cdot 0.075}} = 1140 \text{ m}^3/\text{sut}$$

Sistema 4 ta kvadrat burchaklariga joylashgan quduqlardan iborat bo'lsa:

$$Q = \frac{2.73 \cdot KMS}{\lg \frac{R^4}{\sqrt{2} d^3 r}} = \frac{2.73 \cdot 20 \cdot 8 \cdot 15}{41 \lg 750 (\lg 1.41 + 31 \lg 100 + \lg 0.075)} = 1012 \text{ m}^3/\text{sut}$$

Quduqlar sistemasi oltiburchak bo'ylab joylashgan bo'lsa, va $L=d=100 \text{ m}$ bo'lsa, bu sistemadagi har bir quduqning sarfi:

$$Q = \frac{2.73 KMS}{\lg \left(\frac{750^{12} - 100^{12}}{6} - (\lg 6 + 61 \lg 750 + 51 \lg 100 + \lg 0.075) \right)} = 864 \text{ m}^3/\text{sut}$$

ADABIYOTLAR

1. Бочевер Ф.М. Теория и практические методы расчётов эксплуатационных запасов подземных вод. -М., Недра, 1968.
2. Гавич И.К. Гидрогеодинамика.-М., Недра, 1988.
3. Мироненко В.А. Динамика подземных вод. -М., Недра, 1983.
4. Шестаков В.М. Динамика подземных вод. -М., Изд. МГУ, 1999.
5. Справочное руководство гидрогеолога. Том -1.-М, Недра, 1979.
6. Скабллонович И. А, Седенько М.В. Гидрогеология, инженерная геология и осушение месторождений М.: Недра, 1973

7. Sodiqov Ya.S. Gidrogeologik hisoblashlar fanidan ma'ruzalar matni. TDTU, 2000,-121 b.
8. Shermatov M.Sh., Umarov.U.U., Raxmedov I.I. «Gidrogeologiya». T.: UzMU bosmaxonasi, 2011,292 b.
9. Sodiqov Ya.S., Agzamova.I.A. «Meliorativ gidrogeologiya va injenerlik geologiyasi», O'quv uslubiy qo'llanma.-T.: TDTU bosmaxonasi, 2012, 81 b.
10. Mirsaidova M.U., Agzamova.I.A. «Umumiy gidrogeologiya», O'quv uslubiy qo'llanma.-T.: TDTU bosmaxonasi, 2012, 137 b.
11. Agzamova.I.A., Qayumov A.D. «Gidrogeologiya va injenerlik geologiyasi» - T.: Faylasuflar bosmaxonasi, 2013, 122 b.
12. <http://www.geologu.pu.ru/Books/Shwarts/Svarts.html>