

**Н.Е. Ережепов, Н.Қ. Искаков,
А.Т. Мақыжанова**

ЖАЛПЫ ГИДРОГЕОЛОГИЯ

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ
ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Н.Е.Ережепов, Н.Қ.Искаков, А.Т.Мақыжанова

ЖАЛПЫ ГИДРОГЕОЛОГИЯ

Қазақстан Республикасы
Білім және ғылым министрлігі оқу құралы ретінде ұсынған

Алматы 2005

ЖОК 556 (075)

ББК 26.35я73

Е 66

Е 66 Н.Е.Ережепов, Н.Қ.Искаков, А.Т.Мақыжанова.

Жалпы гидрогеология. Оқу құралы. - Алматы: ҚазҰТУ, 2005, б.

ISBN 9965 – 758 – 08 – 05

«Жалпы гидрогеология» оқу құралы оқу бағдарламасы бойынша жоспарланған 050706 «геология және пайдалы қазындылар орындарын барлау» мамандығының бакалаврлары мен «Гидрогеология, инженерлік геология және геоэкология» мамандығы бойынша оқитын студенттерге арналған.

Оқу құралы 10 тараудан тұрады және оларда жерасты суларының таралуы мен қозғалу заңдылықтары, сонымен бірге осы сулардың физикалық және химиялық қасиеттері, режимі жан-жақты қарастырылған. Гидрогеодинамикаға қатысты тарауында Дарси заңына сүйене отырып жерасты суларының қозғалу заңдылықтарын зерттеуде қазіргі уақытта өте жиі қолданылатын қағидалары мысал және сұлбалар түрінде келтірілген. Оқу құралының әр тарауының аяғында студенттердің өзін-өзі тексеру сұрақтары берілген.

Оқу құралы 180440 - «Гидрогеология, инженерлік геология және геоэкология» мамандығының күндізгі және сырттай бөлімінде оқитын студенттерге арналған «Жалпы гидрогеология» пәнінің жұмыс бағдарламасына сәйкес құрастырылған.

Сурет – 61. Кесте – 30. Әдебиеттер тізімі - 50 атау

ББК 26. 35я73

Пікір жазғандар: Т.Т.Махмұтов техн. ғыл. докторы, профессор,

Н.С.Сеитов геол. минерал. ғыл. докторы, профессор

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің 2005 жылғы басылым жоспары бойынша басылады.

Е $\frac{1804080000}{00(05) - 05}$

ISBN 9965 – 758 – 08 – 05

© ҚазҰТУ, 2005 ж.

КІРІСПЕ

Халық шаруашылығы, тұрмыстық қажеттіліктерді өтеу өмірінде жерасты суларының маңызы ерекше. Әсіресе жербеті сулары тапшы аудандарда жерасты суларының маңыздылығы артады, яғни адамдар, жануарлар, өсімдіктер тек жерасты суы есебінен ғана тіршілік ете алады.

Жерасты сулары ілімі *гидрогеология* деп аталатын ерекше ғылым ретінде қарастырылады. *Гидрогеология* – жерасты сулары, яғни бу тәрізді, қатты күйде кездесетін, әртүрлі таужыныстарында таралған суларды зерттейтін ғылым. Гидрогеологияның бір саласы болып табылатын “Жалпы гидрогеология” пәнінде жерасты суларының пайда болуы мен дамуы, олардың орналасу күйі мен жаралуы, қозғалу заңдары, таужыныстарымен әрекеттесулері, физикалық қасиеттері, химиялық, газдық, микробиологиялық құрамдарының зерттелуі және жоғарыда аталғандар негізінде жерасты суларының жіктелуі қарастырылады.

“Жалпы гидрогеология” оқу құралы 10 тараудан тұрады. Оқу құралында гидрогеологиялық жүйелер және олардың қасиеттері, жүретін процестері, гидрогеологиялық стратификациялауда системалық (жүйелік) тәсілді қолданудың ерекшеліктері, жербеті және жерасты суларының байланыстары, геотермия, таужыныстарының су – физикалық қасиеттері, сулы горизонттардың коллекторлық қасиеттері, таужыныстары мен олардың қабаттарындағы жерасты суларының түрлері мен қозғалу заңдары, судың химиялық қасиеттерінің негізгі көрсеткіштері, гидрогеологиялық жүйедегі жерасты суының режимі мен балансын зерттеу, шаруашылық әрекеттердің гидрогеологиялық жағдайлардың өзгеруіне әсері қарастырылады.

Әр тараудың соңында тексеру сұрақтары мен мысал есептер және олардың шығарылу жолдары келтірілген.

Оқу құралы “Гидрогеология, инженерлік геология және геоэкология” мен 050805 - “Су ресурстары және суды пайдалану”, 050706 - “Пайдалы кен қазындылары кенорындарының геологиясы және барлау” мамандықтарында мемлекеттік тілде оқитын студенттердің теориялық білім алуына тиімді және гидрогеологиялық өндіріс орындарының мамандары практикада жұмысты жеңілдету мақсатында қолдануына, сонымен қатар орта және жоғары оқу орындарының оқытушылары дәріс ретінде пайдалануына болады.

1. ГИДРОГЕОЛОГИЯ ПӘНІ

1.1. Гидрогеологияның анықтамасы мен даму тенденциясы

Жерасты суы туралы ілімді гидрогеология деп атайды. Бұл анықтама жүз жылдан артық гидрогеология туралы барлық трактаттар мен оқулықтарда кездеседі.

Жан-жақты қамтып ғылыми және қолданбалы тұрғыдан толығырақ ашатын анықтама “Геологиялық сөздікте” берілген (1-том, 1955ж.). Жерасты суларының пайда болуын (генезисін), таралуы мен орналасу жағдайларын, олардың қозғалу заңдылықтарын, химиялық және физикалық қасиеттерін, атмосфералық және жербеті суларымен өзара байланыстарын, тіршілік пен шаруашылықта пайдаланудағы маңызын зерттейтін ғылымды гидрогеология деп атайды.

Сірә, олардың ішіндегі дәлелдісіне академик Ф.П.Саверенскийдің анықтамасын алуға болады, ол “Жерасты сулары” ұғымына тек таужыныстарының қуыстары мен кеуектерінде таралатын үнемі жылжып қозғалыста болатын және оны алып пайдалануға жарайтын тамшылы-еркін суларды ғана жатқызады. Бұл анықтама қазіргі уақытта да ғылым мен практикада кең қолданылады.

Жерасты сулары осы мағынада негізгісі болғанымен, гидрогеологияның жалғыз ғана объектісі емес. Судың (H_2O) басқа түрлері – жерастындағы мұз, әртүрлі физикалық, химиялық байланысқан сулар, су мен будың қоспасы, бұларға “су” деген сөзді қосуға болмайды. Сондықтан, гидрогеологияны “жерасты суы” туралы ғылым деп атау, оның толық мағынасын ашпайды. Гидрогеологияның зерттейтін пәні анағұрлым кеңірек. Айталық, мысалы жерасты суларының таралу заңдылықтарын немесе қалыптасу процестерін білу үшін, жер қойнауында таралған қатты және газ тәрізді (бу) фазаларын, физикалық және химиялық байланысқан H_2O түрлерін зерттеп білуіміз керек.

Гидрогеологияның дәлірек анықтамасын берместен бұрын, оның қажеттігін тудырып отырған себептерді ретроспективті (өткенді шолу) тұрғыдан қарастырайық.

Гидрогеология – геологиялық пән. Өзінің атынан көрініп тұрғандай (грек сөздерінен құралған: “гидро”-су, “гео”-жер, “логос” – сөз, ілім) – жер қойнауындағы суды –зерттейтін пән.

Жер қойнауындағы судың тарихын (өзгерістерін) білу үшін, оны таужыныстарынан бөліп жеке қарастыруға болмайды, оны зерттеу тек жер қыртысының даму тарихын талдау негізінде жүргізіледі. Гидрогеология геологияның көптеген пәндерімен (литология, тектоника және т.б.) тығыз байланыста. Сонымен бірге, оны кең мағынада алғанда, ол

гидрогеологияның бір саласы, өйткені оның зерттейтін пәні – Жердің біртұтас гидросферасының жерастылық құрастырушысы болып табылады.

1- кесте

Гидрогеологияның құрамдық бөлімдері

Атаулары	Мазмұны
Теориялық бөлімдері	
Жалпы гидрогеология	Жер қойнауындағы судың пайда болуы мен таралу заңдылықтары, жерасты гидросферасы туралы ілімнің негіздері
Гидрогеодинамика	Жерасты суларының қозғалысы, режимі және ресурстары, гидрогеологиялық модельдеу (үлгілеу)
Гидрогеохимия	Жерасты гидросферасындағы химиялық элементтердің миграциялану заңдылықтары, жерасты суларының құрамы мен оның қалыптасуы
Гидрогеотермия	Жерасты гидросферасының өзгешеліктері мен термикалық қасиеттері
Жерасты гидросферасының тарихы (палеогидрогеология)	Жерасты гидросферасының пайда болуы мен эволюциялануы, жер қойнауындағы судың геологиялық әрекеті мен оның геологиялық процестердегі ролі
Әдістік және қолданбалы бөлімдері	
Гидрогеологиялық зерттеулердің әдістемесі (әдістемелік гидрогеология)	Гидрогеологиялық зерттеулерді жүргізудің әдістері (түсірме-съемка), іздеу мен барлау, режимдік, тәжірибелік, лабораториялық және камералдық жұмыстар
Жерасты суларын пайдалану (барлаулық гидрогеология)	Жерасты суының мол жиналған орны туралы ілім және жерасты суларын елді мекендерді ауыз сумен қамтамасыз етуге пайдалану, жерді мелиорациялауда, шипалық, өнеркәсіптік және термоэнергетикалық мақсаттарда пайдалану
Жерасты суларының зиянды әсерімен күресу (инженерлік гидрогеология)	Пайдалы қазба кен орындарындағы жерасты суларының жерді мелиорациялауға, өнеркәсіптік және басқа да қурылыстық түрлерге тигізетін әсері
Жерасты гидросферасын қорғау (техногендік гидрогеология)	Жерасты гидросферасы, ресурстарының ластануы мен таусылуы, қорғау шаралары мен оның режимін менгеру
Аймақтық гидрогеология	Жерасты гидросферасын аймақтық тұрғыдан зерттеу және жерасты сулары мен басқа компоненттерді (құрамбөліктерді) жан-жақты сипаттау.

Гидрогеология геология мен гидрология сияқты екі түпдеректер арасында пайда болып, ол осы уақытқа дейін және әрі қарай даму үстінде. Жер туралы басқа ғылымдар сияқты фундаментальді ғылымдардың жетістіктерімен (физика, химия, математика, биология)

және шектес салалардың мағлұматтарымен (геохимия, геофизика, гидрология), сонымен қатар гидрогеологиялық жаңа ақпараттарды пайдаланумен сапасы арта түсіп, ол комплексті (кешенді) ғылымға айналды. Н.И.Плотниковке (1976) сүйене отырып, шартты түрде теориялық әдіс пен қолданбалы бөлімдерін айыруға болады (1- кесте).

XX ғасырдың екінші жартысынан бастап гидрогеология дамуының жаңа кезеңі басталды. Оны Б.М.Кедровтың (1971) еңбегіндегі таным сатыларының атауларын пайдаланып, гидрогеологияда байқалатын құбылыстар мен фактілерді жинау басым болғанда “жинаулық” сатыдан пәннің өзіне тән заңдылықтарын ашып және онда байқалатын процестерді түсіндіруге тырысу басым болған кезде “түсіндірулік” сатысы басталып, сонымен қатар жер қойнауындағы қазба байлықтарды қарқынды игеру барысында гидрогеологияда болжау элементтері көбейіп “болжаулық” саты пайда болды.

XX ғасырдың 70-жылдары ғылымдар арасында болған пікірталастық барысында көрсетілгендері, біріншіден гидрогеология құбылыстар туралы ғылымға, ілімнен процестер мен заңдылықтар туралы ғылымға айналуы, екіншіден, оның зерттеу пәні дербестікке ұмтылатын кез-келген ғылымдар сияқты, жоғарыда айтылғандай өзінің екі ұшты тиянақсыздығымен сипатталатын жерасты суы емес нақты материалдық жүйе алынуын талап етеді.

Мұндай, материалдық жүйе гидрогеологияның зерттейтін объектісі ретінде жер бетінен төмен қарай таралған су қабығы алынады. Ол таужыныстарымен тығыз байланысты болғандықтан, өзінің гетерогендігімен (әртектілігімен) сипатталады. Тек жалғыз осы ерекшелігі үшін оны жерасты сулары деп атауға болмайды. Мұндай су қабығы жерасты гидросферасы (Саваренский, 1947; Овчинников, 1955; Ж.С.Сыдықов, 1973; Пиннекер, 1975) деп немесе Н.И.Плотниковтың (1976) терминін алсақ *гидрогеосфера* деп аталады.

Жерасты гидросферасы жер ішіндегі барлық су молекулаларын (H₂O) толығымен қамтып жекеленген материалдық жүйе болып табылады. Оның құрамдық компоненттері еркін (бір-бірімен байланысқан кеуектер арқылы еркін қозғалыста болатын) және байланысқан (көбінесе, саз бен саздақтың өте ұсақ түйірлі бөлшектері 0,01-0,001 мм су молекулаларын өзіне тарту арқылы), H₂O сұйық, бу түрінде және қатты күйде (мұз) болады, соңғы екеуі термодинамикалық жағдай өзгергенде бір түрден екінші күйге ауысады. Сөйтіп, жерасты гидросферасы жер бетінен төмен қарай мантияға дейін алғанда, “судың” барлық аталған түрлері литосфераның бір бөлігі болып саналады.

Енді дәлелденген анықтамасын берейік. Гидрогеология – жерасты гидросферасы туралы ғылым. Ол жерасты гидросферасының пайда болуы

тарихын, құрамы мен ресурсын (қорын), оны құрастыратын компоненттердің (күрам бөліктерін) кеңістікте таралу заңдылықтарын, онда байқалатын процестерді және оның қоршаған ортамен өзара байланысын, сонымен бірге – жерасты гидросферасының шаруашылықта пайдалану маңызын және керісінше адам әрекетінің гидросфераға тигізетін әсерін зерттейді. Осы аумақтағы анықтамада гидрогеологияның теориялық және практикалық мазмұны жан-жақты қамтылған. Жерасты сулары емес, жер қыртысындағы сулы жүйелер және оларда жүретін процестерді, яғни жерасты гидросферасының тарихы деп қысқаша гидрогеологияның мәнін анықтауға болады.

Жерасты гидросферасын танымдық және шаруашылықта пайдалану тұрғысынан алғанда, жерасты суы оның “басты” құрамбөлігі болып табылады. Тек зерттеу тенденциясы (бет алысы) өзгереді. Жерасты гидросферасында таралған барлық құрамбөліктерін бір-бірімен табиғи тығыз байланыста қарастырып, сонымен бірге жерасты гидросферасын тұтастық тұрғыдан алып, су алмасуы мен оның массасының тасымалдану процестері жан-жақты зерттеледі.

2. ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР, ОЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІ ЖӘНЕ ЖҮРЕТІН ПРОЦЕСТЕР

2.1. Жүйе туралы жалпы ұғым

Гидрогеологияны ойдағыдай дамытудың және санқилы ғылыми, техникалық, халықшаруашылық проблемаларын шешу сапасын көтерудің бірден – бір алғы шарты жүйелі тәсілді кеңінен пайдалану. Геология саласында, оның ішінде гидрогеологияда логикалық – математикалық аппараттарды жасауға жұмсалып жатқан барлық күш – жігер, аталған жүйелік тәсілді кеңінен қолданудың құралы ретінде пайдалануға бағытталуы керек.

Жүйелік тәсілді толығырақ және дәлірек қарастырып көрелік. “Жүйе” деген ұғымның жалпы анықтамасына келсек, табиғатта бір – бірімен тығыз байланысатын заттар мен құбылыстардың және олар туралы білімнің объективті бірлігі жүйе деп аталады. “Жүйе” материалдық (табиғи гидрогеологиялық объектілер) және идеалдық (гидрогеологиялық объектілердің белгілері, сызбалары және тағы басқа моделдері) түрде болып келеді.

Жүйені құрайтын бөліктерінің (жүйешелері мен элементтері) орналасу жағдайлары мен бір – бірімен байланыстары жүйенің құрылымы деп аталады да, құрамдық бөліктері бірыңғай біртұтас жүйеге бірігеді.

Жүйенің маңызды қасиеттерінің бірі – жүйені құрайтын бөліктерін (жүйешелерін) жеке алғанда байқалмайтын, тек тұтасымен алғанда ғана байқалатын энердментті (жананың пайда болуы) қасиеті. Мысалы, бәрімізге белгілі геологиялық картаны алатын болсақ, ол таңбалары мен пішіндері әртүрлі болып келетін шартты белгілердің жиынтығы. Егер әрбір таңба мен шартты белгіні жеке алып қарастыратын болсақ, геологиялық мазмұнды ешқандай дерек ала алмаймыз. Ал, оларды тұтас жүйенің бөліктері ретінде қарастыратын болсақ, таңбалар мен белгілердің жиынтығы зерттеліп отырған территорияның геологиялық құрылымы мен қасиеттерін көрсететін үлгісі (моделі) болып табылады. Бұл арада әртүрлі таңбалар мен белгілердің таралу кеністігінің қатынастары арқылы өрнектелетін құрылымы, осы картаның энердменттік қасиетін көрсетеді.

Жүйе элементтерінің өзара байланысы, құрылымдық – функционалдық бірліктері және тұтасымен алғанда жүйе түзуші заттар мен факторлардың жиынтығы жүйенің ұйымдастырушысы деп аталады.

2.2. Гидрогеологиялық жүйе туралы ұғым

Бір – бірімен және сыртқы қоршаған ортамен тығыз байланыста болып, бірыңғай тұтастықты құрайтын гидрогеологиялық элементтердің жиынтығы гидрогеологиялық жүйе (ГГЖ) деп аталады.

Табиғи гидрогеологиялық жүйе (ГГЖ) және табиғи техногендік жүйе (ТГЖ) болып екі түрге бөлінеді. ТГЖ – нің құрамына таужыныстары, жерасты сулары және инженерлік құрылыстар кіреді. Гидрогеологиялық жүйемен (ГГЖ) шектесетін техногендік жүйелердің (ТГЖ) барлығы сыртқы ортаға жатады. ГГЖ материалдық (табиғи гидрогеологиялық объектілер) және идеалдық (гидрогеологиялық объектілердің сызбалық модельдері) болуы мүмкін.

Көрсеткіштері айтарлықтай өзгермейтін және біркелкі болып келетін қандай да бір көлемдегі геологиялық кеңістік “Геологиялық дене” деп аталады. Кез келген геологиялық денеде таралатын жерасты сулары литосфераның дербес фазасы болатындықтан, жерасты гидросферасы деп аталады. Бірақ, жерасты сулары таужынысынан бөлек кездеспейтіндіктен және гидрогеологияның зерттеу объектісі жерасты сулары болғандықтан “гидрогеосфера” деген ұғымды қабылдаған жөн (9). Гидрогеосфераның жеке бөліктері категориялары әртүрлі гидрогеологиялық дене ретінде алынады. Гидрогеосфераның біршама бөлігін қамтып, гидрогеологиялық қасиеттері мен көрсеткіштері бойынша біркелкі болып келетін кеңістік “Гидрогеологиялық дене” деп аталады. Көрсеткіштері мен қасиеттерінің шұғыл өзгеретін жерлері гидрогеологиялық шекарасы болып қабылданады.

Кез келген жүйенің негізгі сипаттамаларына келесілер жатады:

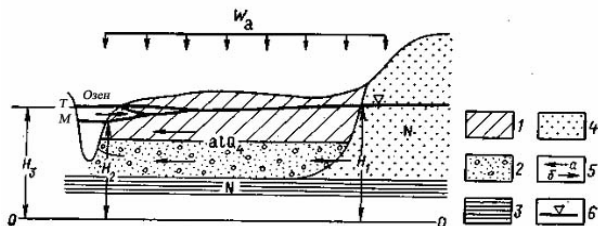
- 1) құрайтын элементтері немесе жүйешелерді тұтасымен алғандағы жүйелердің қасиеттері;
- 2) құрайтын элементтердің арасындағы белгілі қатынастары, өлшемдері және пішіндерімен кескінделетін, жүйенің құрылымы;
- 3) сыртқы орта мен элементтер арасында жүретін әрекеттесулер мен байланысу сипаттары;
- 4) жүйенің қандай да бір элементтері бойынша басқалардан ерекшеленетінін көрсететін, жүйенің сыртқы және ішкі шекаралары.

Жүйе және оны құрайтын элементтердің қасиеттері өздеріне тән сандық (сан және өлшем), жартылай жуық шама (аз, көп және басқа да сөздермен) немесе сапалық түрдегі (мөлдір, ащы және басқа да сөздермен) белгілерімен сипатталады. Белгілер нақты сан түрінде берілетін болса, оны қаралып отырған жүйенің көрсеткіштері деп атайды. Көрсеткіштер кеңістік пен уақыт аралығы бойынша өзгеретін болса, онда сол қаралып отырған жүйенің қасиеттеріндегі өзгергіштікті сипаттайды. Жүйенің қасиеттері мен көрсеткіштері заңды немесе кездейсоқтық түрде, кейде

екеуін де қамтып, үздіксіз немесе дискретті түрде де өзгерулері мүмкін. Егер жүйе алып жатқан кеңістіктің барлық нүктелерінде қандай да бір аталған белгілері бойынша тепе – теңдік сақталып, көрсеткіштерінің мәні айтарлықтай өзгермесе, онда жүйе біртекті болып саналады, ал егер бірнеше біртекті жүйешелерден немесе көрсеткіштері әртүрлі бірнеше элементтерден тұратын болса гетерогенді жүйе деп аталады.

Таужыныстарының физика – механикалық қасиеттерін сипаттайтын көрсеткіштерінің (механикалық құрамы, кеуектілігі және т.б.) саздақ қабатынан (бір жүйешеден) құм қабатына (екінші жүйешеге) дискретті түрде өзгеретіндігі 1- суретте көрсетілген. Осындай көрсеткіштермен сипатталатын жүйе екіқабатты, яғни гетерогенді деп аталады.

Гидрогеологиялық жүйенің құрылымы жалпы алғанда кеңістіктік – уақыттық тұрғыдан қарастырылады. Кеңістіктік сипаты ГТЖ элементтерінің кеңістік бойында салыстырмалы түрде орналасуын анықтаса, ал уақыттық тұрғы – элементтердің уақыт бойында жүретін өзгерістерін анықтайды.



1- сурет. Сулы горизонттың сызбасы:

1 – 2 – қазіргі аллювиальды сулы таужыныстары (1 – саздақтар; 2 – құмдар мен киыршықтастар); 3 – 4 – шөгінді неоген таужыныстары (3 – сүтірек саздар; 4 – сулы құмдар); 5 – жерасты суының қозғалу бағыты (A – M меженьдік деңгейі; b – P су тасқыны кезіндегі деңгейі); 6 – грунт суының деңгейі; W_a – атмосфералық жауын – шашындар есебінен жүретін қоректену

Егер жүйе физикалық уақыт барысында өзгермесе статикалық, ал өзгеріске ұшырайтын болса динамикалық деп аталады. Гидрогеологиялық жүйеде жүретін әрекеттесулер мен байланысулар табиғи жағдайдағы зат пен энергия алмасуының әралуан түрлері арқылы айқындалады. Негізгі термодинамикалық параметрлерге жататындары: заттың қысымы, температурасы, тығыздығы немесе концентрациясы. Кез келген жүйеде жүретін энергия – немесе масса алмасуы физикалық өрістердің (заттың қысымы, температурасы және тығыздығы) әрекеттері арқылы сипатталады.

Шөгінді немесе жартасты таужыныстарының кеуектері мен жарықшақтарында гидростатикалық қысымның әсерінен болатын жерасты суларының қозғалыстары, минералдылықтары (еріген тұздардың мөлшері), әртүрлі сулардың бір – бірімен алмасуы және сол сияқты басқа да процестер, сулы қабаттарда табиғи түрде үздіксіз жүріп жатады.

1 – суретте қазіргі төрттік шөгінді таужыныстарында таралған грунт суының өзен суымен көлбеу бағытта суалмасуы және (W_a) – атмосфералық жауын – шашындардың саздақ қабаты арқылы сүзіліп өтуі нәтижесінде грунт суының атмосферамен тік бағыттағы суалмасуы көрсетілген. Егер атмосфералық жауын – шашындар мен өзен суларының температуралары және минералдылықтары жерасты суының температурасы мен минералдылығынан өзгеше болып келсе, онда жылуалмасу мен тұзалмасу процестері де жүреді.

Гидрогеологиялық жүйенің күрделі сипаттамаларының бірі, оның шекаралары, себебі шекаралас жатқан жүйелер (сыртқы шекаралары) немесе жүйешелердің (ішкі шекарасы) ерекшеліктері мен қасиеттері бір–бірімен қабысады да, осы шекаралар арасында өзара әрекеттесулері мен байланысу процестері жүреді.

Гидрогеологиялық денелерді бөліп тұратын шекаралар келесі топтарға бөлінеді:

1) геологиялық, геоморфологиялық, литологиялық – фациалдық және тектоникалық;

2) өзен, көл, теңіз және батпақ жиектерімен (контур), жербеті гидросферасының жерасты гидросферасынан бөлініп жату шектері;

3) гидрогеосфераның жердің беті арқылы атмосферамен шектесуі;

4) суды нашар өткізетін және сүткізбейтін қабаттар арқылы сулы таужыныстарының бөліну шектері;

5) жербетінен алғанда бірінші болып таралатын грунт сулы горизонты, жоғарғы жағында орналасатын суға қанықпаған аэрация белдемінен грунт суы деңгейінің бетімен бөлінеді;

6) сулы және сүткізбейтін таужыныстары, өзенге салынған инженерлік объектілердің шектері арқылы бөлінеді.

Жоғарыда аталған гидрогеологиялық денелерді бөліп тұратын шекаралардың алғашқы бесеуі табиғи жағдайдағы шекараларға, ал соңғы алтыншысы жасанды шекара санатына жатады. 1, 2, 3 – суреттерде грунт және арынды сулы горизонттарға қатысты болатын шекаралардың әралуан түрі келтірілген. Шекараларды планда көлбеу және қимада тік бағытта бөлуге болады.

Сулы қабаттан төмен орналасатын сутірек қабаттың беті сулы қабаттың төменгі шекарасы болып саналады, ал жоғарғы шекарасы ГГЖ – де таралатын суға (грунт немесе арынды) байланысты

анықталады. Жер бетінен алғанда бірінші болып таралатын *грунт сулы* қабатының жоғарғы шекарасы, судың қысымы атмосфералық қысымға тең болатын еркін пьезометрлік бет арқылы өтіп, жербеті гидросферасымен және атмосферамен белсенді байланыста болуымен сипатталады (2 – сурет). Екі сүеткізбейтін қабаттың ортасында орналасатын, жабынының үстіңгі жағында артық арыны болатын $\Delta H_{арм}$ және өздерінің таралу аудандары бойынша атмосфера, жербеті гидросферасымен байланыстары мүлде болмайтын сулы қабаттар *арынды сулар* деп аталады (3 – сурет).

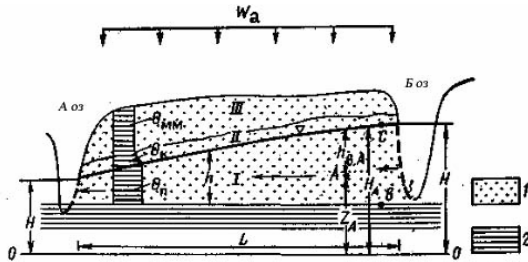
Гидрогеологиялық жүйенің ішкі және сыртқы шекараларын ажыратып алғаннан кейін, жүйеге тән ішкі және сыртқы байланыстарға тән әрекеттесулерді анықтаудың мүмкіндігі туады. Гидрогеологиялық жүйенің уақыт барысында өзгеріске ұшырауы – оның режимі деп аталып, ол заттың тасымалдануы мен энергия алмасуы арқылы жүреді. Режим тұрақтанған (стационарлық), мерзімдік (периодтық) және тұрақтанбаған болып үш түрге бөлінеді. Тұрақтанған режимде жүйе уақыт барысында өзгеріске ұшырамайды, мерзімдікте – белгілі бір уақыт аралығында жүйенің режимі қайталанып тұрады, ал тұрақтанбаған режимде үнемі өзгерісте болып, зат пен энергияның бір жүйеден екіншісіне тасымалдануы байқалады.

ГГЖ сыртқы ортамен байланыста болса ашық, ал ешқандай байланысы болмаса жабық жүйе деп аталады. Ашық жүйенің толық энергиясы кинетикалық, потенциалдық және ішкі энергиялардың қосындысына тең болып келеді. Энергияның бір жүйеден екіншісіне алмасуы әрқашан жүріп тұрады. Сыртқы ортамен әрекеттесуі нәтижесінде жүйедегі кинетикалық және потенциалдық энергиялар өзгерістерге ұшырап, H - гидродинамикалық арын градиентінің әсерінен су қозғала бастайды да, Бернулли теңдеуі бойынша оның шамасын табуға болады

$$H = h_C + z + \frac{v^2}{2g}, \quad (2.1)$$

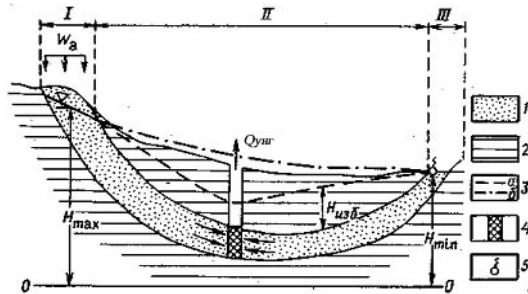
мұнда h_C - судың пьезометрлік биіктігі, z - салыстыру жазықтығы бойынша арын өлшенетін нүктенің орналасу биіктігі, v - судың қозғалу жылдамдығы, g - еркін түсу үдеуі. Пьезометрлік биіктік, қарастырылып отырған нүктедегі P - гидростатикалық қысымның шамасын анықтайтын Δ_C - тығыздықтағы су бағанасының көтерілу биіктігін сипаттайды, яғни

$$h_C = \frac{P}{\Delta_C}. \quad (2.2)$$



2 – сурет. Грунт суына қатысты қарапайым ГГЖ сұлбасы: I – құмды таужынысынан тұратын суға қанығу белдемі; II – капиллярлы ылғалдылығы бар құмдар (капиллярлы қайма белдемі); III – суға қанықпаған құрғақ құмдар (азрация белдемі); 1 – құмдар; 2 – суға қаныққан, сүеткізбейтін саздар.

Эпорадағы ылғалсығымдылықтың таралуы: θ_{MM} - максималды молекулалық, θ_K - капиллярлы, θ_T - толық. Үзік сызықпен Б өзенінің сыртқы қоректену аймағы мен А өзенінің арылу аймағының өзен арнасындағы контурлары көрсетілген



3 – сурет. Табиғи – техногенді ГГЖ – сұтарту ұңғымалары арқылы пайдаланылатын арынды судың суы горизонты:

1 – сулы құмдар; 2 – сүеткізбейтін саздар; 3 – пьезометрлік бет (А - сұтарту кезінде, б – сұтартқанға дейін); 4 – сұтарту ұңғымасының сүзгісі (ішкі су арылу облысы); 5 – қайнар бұлақ (сыртқы су арылу облысы); бағыт (стрелка) арқылы судың ұңғымаға қарай қозғалысы көрсетілген; $H_{арт}$ - сұтарту кезінде жабыннан (үстінгі жамылғы қабаттан) асып жатқан артық арын; I - инфилтрациялық қоректену облысы, II - гидростатикалық арын қалыптасатын облысы, III – судың арыны мен арылуының даму облысы

Бернулли тендеуінің (2.1) алғашқы екі мүшесі қозғалыстағы судың потенциалдық энергиясының қорын, үшіншісі – кинетикалық энергияны көрсетеді.

Жоғарыда келтірілген 1 – суретте ашық гидрогеологиялық жүйе көрсетіліп, жаз айындағы өзен суының H_2 - деңгейінің H_3 - көктемдегі су тасу кезіндегі шамасына көтерілуінен, судың қозғалу бағытының өзгеруі байқалады. Мұндай жағдайда өзен суының H_3 - көктемдегі энергия қоры жерасты суына беріліп, нәтижесінде жерасты суының деңгейі көтеріледі де, аэрациялану белдеміндегі құрғақ таужыныстарының суға қанығу процесі жүреді.

Энергияның ешқандай жұмыс атқарылмай берілуі, сыртқы ортамен байланысы болмайтын жабық жүйеге тән қасиет. Жабық жүйені құрайтын элементтердің арасында тек жылуалмасу немесе диффузиялық зат тасымалдану процесі жүруі мүмкін.

Егер геологиялық денелерді сүткізгіштік немесе суға қанығу дәрежесі бойынша бөлетін болсақ, онда шөгінді және жартасты таужыныстарының қималарында гидрогеологиялық денелер ретінде сәйкес алғанда сулы, суды нашар өткізетін, сутірек қабаттарды және жарықшақты сулы, жарықшақты емес сүткізбейтін белдемдерді (зоналарды) бөлер едік.

Гидрогеологиялық жүйені құрайтын элементтер бір – бірімен байланыстары мен түйіндесетін шекаралары бойынша тура, тура емес және жанама қатынастар болып үш түрге бөлінеді. Егер элементтер немесе жүйелер ортақ шекаралар арқылы тікелей қатынаста болса, ондай жүйені немесе элементті тура байланыстағы жүйе деп атайды. Мысал ретінде көктемдегі өзен суының деңгейі көтерілгенде грунт суына тигізетін тікелей әсерін немесе сутарту барысында ұнғыма сүзгісі арқылы сулы қабатпен болатын байланысуларды және басқаларын келтіруге болады.

Егер екі жүйенің арасындағы байланыс қаралып отырған жүйенің элементі арқылы жүретін болса, онда екі жүйе тура емес қатынас арқылы байланысады. Мысалы атмосфералық жауын – шашынның грунт суымен байланысы аэрациялану белдемі арқылы жүреді және т.б.

Егер гидрогеологиялық жүйеге екінші жүйенің әсері үшінші жүйе арқылы берілсе, ол жанама байланыстағы жүйе деп аталады. Мысалы өзенге құйылатын сарқынды судан өзен суы ластанып, өз кезегінде ол тікелей байланыста болатын грунт суының ластануына әкеледі.

Гидрогеологиялық жүйелер санаты (категориясы) бойынша элементарлық, жергілікті және аймақтық деп үш түрге бөлінеді.

Элементарлық гидрогеологиялық жүйе кіші бірнеше бөліктен тұрады. Мысал ретінде өзен суымен шектесетін және табиғи жағдайдағы байланыста болатын біркелкі сулы қабатты алуға болады. Араларындағы байланыс тек тура түрде болуы мүмкін.

Жергілікті ГГЖ бірнеше элементарлық жүйелерден тұрады және құрылымы элементарлық жүйелердің орналасуымен, өзара байланыстарымен анықталады. Біреуінің жұмыс істеуі екіншісіне әсерін тигізуі мүмкін. Мысалы сулы қабатқа бұрғыланған бірнеше ұнғымалардан тұратын сұтартқыштардың бір – бірімен байланыста болып жұмыс істеуі. Мұндай жағдайда сұтартқыштағы ұнғымалардың өзара әрекеттесу өрістерінде бір – бірімен байланысатын алқабы қалыптасады.

Аймақтық гидрогеологиялық жүйелер көбінесе табиғи – техногендік жүйешелерден құралатын жергілікті гидрогеологиялық жүйе немесе табиғи техногендік жүйелерден тұрады да, құрылымдары біркелкі болмайды. Егер кейбір жүйелер бір – бірімен ешқандай байланыспаса (бір – бірінен алшақ орналасқан сұтартқыштар), бірақ табиғи жүйелері өзара әсерлесетін болса (сулы қабаттың өзен суымен әсерлесуі), онда табиғи техногендік жүйе байланысатын алқап қалыптасады, ал техногендік жүйешеді мұндай алқап қалыптаспайды.

Гидрогеологиялық жүйені санаты бойынша бөлу көбінесе алып жатқан көлемдері бойынша емес, құрылымы мен оларды құрайтын жүйешелердің өзара байланыс сипаттары бойынша ажыратылады. Өртүрлі санаттағы ГГЖ туралы мағлұматтар 2 – кестеде келтіріледі.

Өзара әрекеттесу өрісі деген терминді жерасты суларының қозғалыстарын зерттеуге қатысты қалай түсінуге болатынын қарастырайық.

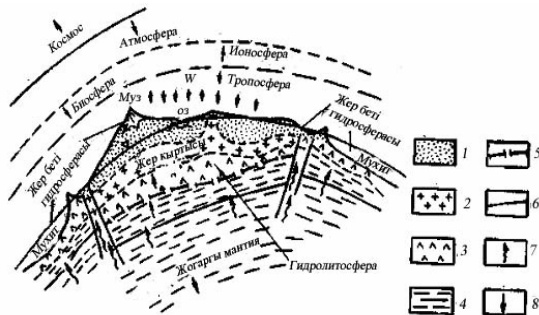
Көлемі белгілі гидролитосфералық жазықтықта таралған сулы горизонт өзен суымен шектесіп жататындықтан табиғи түрдегі немесе сулы горизонтқа бұрғыланған бірнеше ұнғымадан тұратын сұтартқыш арқылы жасанды түрдегі байланыстары өзара әрекеттесу өрісі деп аталады да, нәтижесінде әралуан гидрогеологиялық процестер туындайды.

ГГЖ типтері мен элементтері

ГГЖ деңгейлері, белгілері бойынша бөлінуі		Құрылымы		
Масштабы бойынша	Литологиялық–генетикалық	Кеуекті - қабатты	Қабатты - желілі	Жарықшақты - желілі
Планетарлы (нолдік)	Формациялық	Гидролитосфера (ГЛС)		
Мегааймақты (бірінші)		Күрделі гидрогеологиялық алаптар (ГГА) Қарапайым гидрогеологиялық алаптар (ГГА) Сулы, суөткізбейтін кешендер	Күрделі ГГА мен ГТМ бөлінуі Қарапайым ГГА мен ГТМ бөлінуі Сулы қабаттар, жарықшақты белдемдер және ірі жарылымдардың бірігуі	Күрделі гидрогеологиялық массивтер (ГТМ) Қарапайым ГТМ Аймақтық сулы белдемдер мен жарылымдардың бірігу белдемдері
Макроаймақты (екінші)		Фациалдық	Сулы, суөткізбейтін горизонттар	Сулы қабаттар, белдемдер, жаралымдардың бірігіп келуі
Мезоаймақты (үшінші)	Сулы, су өткізбейтін қабат		Сулы қабат, жергілікті белдемдер мен жарылымдар	Сулылықтары әртүрлі аймақтық белдемдер, жарылымдар, желілер
Аймақтық (төртінші)	Минералды-таужынысты	Сулы, суөткізбейтін линзалар	Сулы линзалар, жергілікті жарылымдар	Сулылықтары әртүрлі жергілікті жарылымдар
Макрожергілікті (бесінші)		Сынама, үлгі Кеуектер	Сынама, үлгі Кеуектер-жарықшақтар	Сынама, үлгі Жарықшақтар
Мезожергілікті (алтыншы)	Минералды-таужынысты	Сынама, үлгі Кеуектер	Сынама, үлгі Кеуектер-жарықшақтар	Сынама, үлгі Жарықшақтар
Жергілікті (жетінші)		Сынама, үлгі Кеуектер	Сынама, үлгі Кеуектер-жарықшақтар	Сынама, үлгі Жарықшақтар
Микрожергілікті (сегізінші)	Минералды-таужынысты	Сынама, үлгі Кеуектер	Сынама, үлгі Кеуектер-жарықшақтар	Сынама, үлгі Жарықшақтар

2.3. Гидрогеосфера туралы ұғым

Пайда болу тегі, орналасу жағдайлары, таралуы мен дамуы, суға қанығуы және суды бойынан өткізу дәрежелері бойынша әртүрлі болып келетін таужыныстары қабаттарының гидрогеологиялық жиынтықтары жер қыртысында кеңінен таралған. Сұйықтарды бойынан жақсы өткізетін таужыныстарының қабаттары сулы горизонттар мен кешендерді құраса, суды нашар өткізетін немесе мүлде өткізбейтін қабаттар сутіректерді құрайды (1, 2 –суреттер). Алып жатқан аумағы мен құрылымы, таралған су мөлшеріне байланысты сулы қабаттар бір – бірінен суөткізбейтін қабаттар арқылы бөлініп, жерасты суларының гидрогеологиялық немесе артезиандық алаптарын қалыптастырса, ал мағмалық немесе метаморфтық таужыныстарының жарықшақтарында әртүрлі дәрежеде суланған белдемдер жиынтығы гидрогеологиялық массив құрайды. Жерқыртысында таралатын барлық түрдегі жерасты суларының алаптары мен массивтерінің жиынтығын тұтас гидрогеологиялық жүйе ретінде қабылдап, гидролитосфера деп атайды (4 – сурет).



4 – сурет. Гидролитосфераның атмосфера, жербеті гидросферасы, биосфера және жоғарғы мантиямен байланысы: 1 – шөгінді жамылғы; 2 – гранит қабаты; 3 – базальт қабаты, 4 – атмосфера; 5 – жер қыртысының төменгі шекарасы (Мохорович шекарасы); 6 – гидролитосфераның жоғарғы және төменгі шекаралары; 7 – эндогенді судың келіп күйылуы (ювенильді); 8 – экзогенді судың күйылуы (атмосфералық жауын – шашындар, өзен және басқа да жербеті сулары)

Тексеру сұрақтары

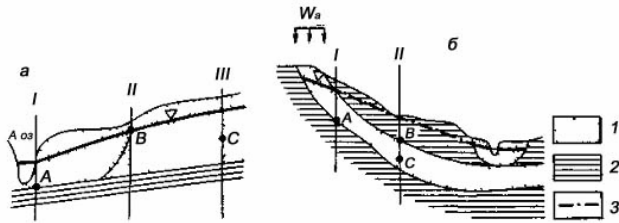
1. Жүйе және құрылым деген ұғымдарға анықтама беріңіз?
2. Гидрогеологиялық жүйе дегеніміз не? Мысал келтіріңіз.
3. Гидрогеологиялық элемент дегеніміз не?
4. ГГЖ – нің негізгі сипаттамаларын атаңыз?
5. Ашық және жабық ГГЖ дегеніміз не?
6. Жүйенің эмердженттік қасиеті дегенді қалай түсінесіз?
7. ГГЖ – де болатын өзара әрекеттесу өрісі дегеніміз не және түрлерін сипаттаңыз?
8. Гидролитосфера деген не?

2.4. Гидрогеосферадағы судың түрлері және қозғалу жағдайлары

А.В.Лебедев таужыныстарының сумен әрекеттесу түрі мен агрегаттық күйлеріне қарай судың бес түрін бөлген: химиялық байланысқан, физикалық байланысқан, сұйық, еркін түрде, бу түрінде және қатты мұз түріндегі су (3 – кесте).

Химиялық байланысқан су минералдардың кристалдық торына H^+ және OH^- молекула немесе иондар түрінде кіреді. Температура мен қысымның өзгерулері және физикалық – химиялық өзара әрекеттесулері химиялық байланысқан суларды еркін суларға айналдырып немесе бір – бірімен қайтадан байланыстырып, сусыздану (дегидратация) мен сулану (гидратация) процестерінің алмасуын тудырады.

Физикалық байланысқан су таужынысының қаңқасын құрайтын бөлшектерінің айналасында немесе кристалды таужыныстарындағы жарықшақтардың бетінде су молекулаларының әртүрлі қалыңдықтағы жарғағы (пленка) түрінде кездеседі. Таужынысымен физикалық байланысы молекулалық және беттік тартылу күштеріне (электрлік, осмостық, коллоидтық және т.б.) тікелей тәуелді болып келеді. Таужынысы бөлшегінің тартылу өрісінде су молекулалары (иондары) бөлшекке қарай бағытталады да, өрістің әсер ету белдемінде трансляциялық секірулер (скачкалар) болуы мүмкін. Негүрлым бөлшекке жақындаған сайын су молекулаларының (иондарының) реттелуі мен байланысы күшейе түседі де, таужынысы бөлшегінен алыстаған сайын құрылымдық байланысы азая береді (5 – сурет).



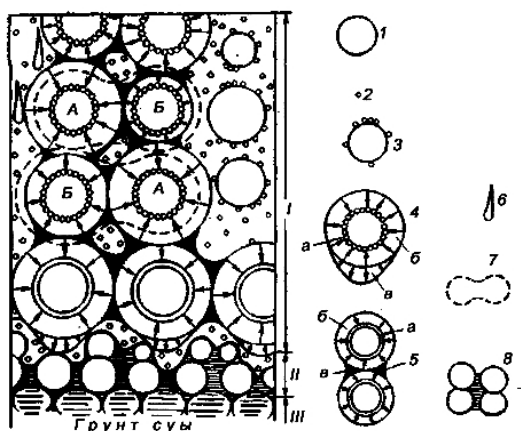
5 – сурет. Грунт (а) және арынды сулы (б) ГГЖ:
 1 – сулы қабат; 2 – сүтірек; 3 – арынды сулардың пьезометрлік қисығы;
 I, II, III – қиылысулардың нөмірі

Таужыныстарының қуыстары мен жарықшақтарындағы су ерітінділерінің зарядталған молекулалары (иондары) арасындағы әрекеттесулерді бірінші болып зерттеген О.Я.Самойлов болды (1946 ж). Физикалық байланысқан су берік және босаң байланысқан болып екі түрге бөлінеді. *Берік байланысқан су* таужынысымен тартылу механизміне байланысты гигроскопиялық және адсорбциялық болып екі түрге бөлінеді. Гигроскопиялық су таужынысы бөлшектеріндегі ауа ылғалдылығы 94 % шамасынан асқан кезде табиғи түрде тартылу жолымен, адсорбциялық су сұйық күйдегі ерітіндіден судың зарядталған молекулаларын (иондарын) таужынысы бөлшектерінің жұтуы арқылы пайда болады және бұл процесте дымқылдану жылуы бөлінеді. Құрамында берік байланысқан суы бар таужынысын белгілі температураға дейін қыздырғанда су бу түрінде бөлініп шығады. Олардың таужынысындағы максимальды мөлшері гигроскопиялық немесе максимальды ылғал сыйымдылықтарымен (θ_{MM}) анықталады.

Судың түрлері және гидрогеосферадағы қозғалысы

Судың агрегаттық күйі	Таужыныстарындағы сулардың түрлері	Таужынысындағы су түрінің сәйкес ылғал сыйымдылығы	Қозғалыс түрі	Қозғалыстың негізгі факторлары
I. Қатты	Мұз	-	Гравитациялық қозғалыс, сублимация, еруі	Ауырлық күші, қызу
II. Газ тәрізді	Бу	Табиғи (гигроскопиялықтан капиллярлығы дейін)	Бу тәрізді (газдың сүзілуі)	Су буымен қанығу қысымының градиенті
III. Тамшылы-сұйық	1. Химиялық байланысқан: а) цеолитті, ә) кристалды, б) конституциялы	- -	Молекулалы-атомды	Қыздыру: а) 100 ⁰ С дейін ә) 100-400 ⁰ С б) 400 ⁰ С артық
	2. Физикалық байланысқан: а) гигроскопиялық, ә) адсорбциялық, б) жарғақты (пенкалы)	Максимальды гигроскопиялы Максимальды адсорбциялы Максимальды молекулалы (күмдар үшін), ең аз далалық (саз, саздақ үшін)	Молекулалық Молекулалық Жарғақты (пенкалы)	Молекулалық күштер, гидратация энергиясы -//-/ Молеулалық күштер, ылғалдылық градиенті

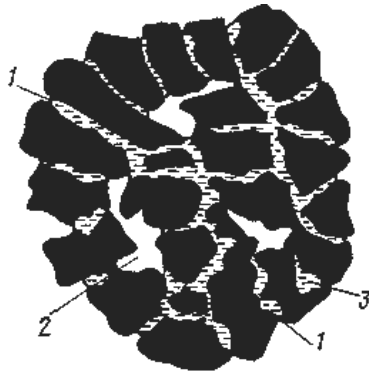
	<p>3.Еркін, гравитациялық: а) түйіндесетін, ә) капиллярлы, агрегатты капилляр., сорбциялы-тұйық, қабатты таужыныстарында капиллярлы-аспалы, жеке капиллярлы б) инфильтрациялық еркін сіңетін жеке инфильтрациялық в) жеке еркін (грунт және арынды сулар)</p>	<p>Максимальды молекулалы (күмдар үшін), ең аз далалық (саз, саздақ үшін) Ең аз капиллярлы Ең аз капиллярлы Ең аз капиллярлы Капиллярлы Ең аз немесе максимальды молекулалы -//-// Толық</p>	<p>Жарғақты-капиллярлы Жарғақты капиллярлы Жарғақты капиллярлы Капиллярлы Жаңбыр түріндегі ылғалтасымалдану Инфильтрация Сүзілу Миграция</p>	<p>Менискалық күштердің алынып тасталуы Капиллярлы күштер, ылғалдылық градиенті Булаңу Капиллярлы-гравитациялық күштер Капиллярлы-гравитациялық күштер, капилляр потенциалының градиенті Судың өз салмағынан болатын күш Гидростатикалық қысым мен капиллярлық сорылу; капиллярлы градиент потенциалы Гидро және геостатикалық қысымдар, арын градиенті Гидро және геостатикалық қысымдар, сорбциялық күштер және физика-химиялық әрекеттесулердің бірігіп әсерлесулері</p>
IV. Сындалы	Диссипировалық	-	Молекулалық - атомды	Қысым мен температура градиенті



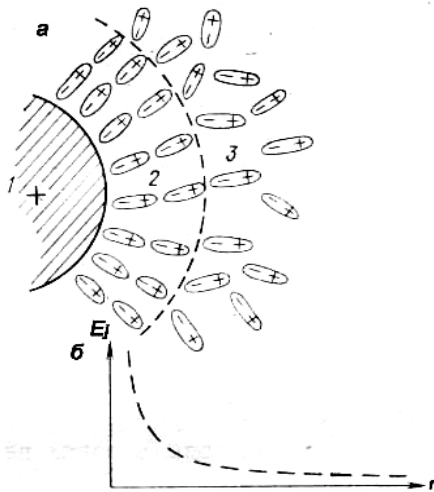
6 – сурет. Аэрациялану белдеміндегі сулардың орналасу сұлбасы
 Белдемдер: I – аэрация; II – капиллярлы жиек (кайма); III – суға қанығу;
 I – таужыныстарының бөлшектері; 2 – бұл түріндегі су молекулалары; 3 – толық
 гигроскопиялы емес бөлшектер; 4 – (А) гигроскопиялы бөлшектер, (Б) босан
 байланысқан немесе жарғақты және (В) гравитациялық сулар; 5 – (А) адсорбцияланған
 бөлшектер, (Б) жарғақты, (В) капиллярлы түйіндескен сулар; 6 – инфильтрацияланатын
 сулар; 7 – судың А бөлшегінен В бөлшегіне қарай қозғалысы кезінде жарғақтың
 қалыңдығын жұқа жарғақпен теңестіру контуры; 8 – капиллярлы су

Босан байланысқан су, таужынысын құрайтын бөлшектің айналасындағы су молекулаларынан тұратын қабаттың шеткі бөлігін құрайтын болса жарғақты (пленка) су деп аталады. Таужынысының ылғал сыйымдылығы максимальды гигроскопиялықтан көбірек болса, онда таужынысындағы жарғақты (пленкалы) су, жарғағының қалың бөлігінен жұқа бөлігіне қарайғы бағытта молекулалы күштер мен ылғалдылық градиентінің әсері арқылы қозғалады (8 – сурет).

Ылғал сыйымдылықтың таужыныстарындағы максимальды шамасы құмдар үшін θ_{MM} – максимальды молекулалық, ал саздар үшін $\theta_{ДЫ}$ – далалық ылғал сыйымдылық шамаларымен анықталады. Егер таужынысындағы ылғал сыйымдылық көрсетілген шамадан артық болатын болса, онда еркін немесе гравитациялық су пайда болады. Жарғақты (пленкалы) су таужынысындағы кеуектік кеңістігінің біршама бөлігін алып жатқандықтан еркін су қозғалатын кеуектердің көлемін азайтады (8 – сурет).



7 – сурет. Саздақты құрылымда таужыныстарында агрегатты-капиллярлы аспалы сулардың ұсталып тұруының сұлбасы (А.А.Роде бойынша): 1 – аспалы капиллярлы ылғалдың шетін көмкеріп тұратын менник; 2 – ауамен толған қуыстар; 3 – агрегаттың ішкі жағындағы капиллярлы-аспалы ылғалдың жиектері



8 – сурет. Су молекуласының (а) бөлшегі маңайында тартылып тұруының сұлбасы мен олардың E_i - молекулалық байланыс энергияларының (б) бөлшегі бетінен

Γ - арақашықтығына тәуелділігінің сызбасы: 1 – таужынысының бөлшегі;
2 – молекулалары белгілі бір тәртіппен орналасқан физикалық байланысқан су; 3 – еркін су

Еркін су таужынысының кеуектік кеңістігіндегі орналасу жағдайы мен қозғалу механизміне қарай капиллярлық-асылынқы, капиллярлық және еркін (гравитациялық) су болып ажыратылады.

Капиллярлы- асылыңқы су көбінесе жер бетінен алғандағы бірінші сулы горизонттың аэрациялану белдемінде кездеседі.

Меншікті капиллярлы су грунт суының денгейінен аэрациялану белдемі бойынша жоғары көтеріліп капиллярлық белдемше түзеді. Себебі, таужынысы кеуектерінің өлшемдері әртүрлі болғандықтан, олардың жоғары көтерілу биіктіктері де әрқалай болып келеді.

Меншікті гравитациялық су гидролитосферада грунт және арынды сулар түрінде кездеседі де, гидростатикалық немесе геостатикалық күштердің әрекетінен қозғалады.

2.5. Геологиялық орта, оның гидрогеологиялық қасиеттері

Кез келген гидрогеологиялық жүйе негізгі төрт компоненттен тұрады: қатты түрдегі таужынысы, сұйық, газ және тірі организмдер. Әрқайсысының өзіне тән физикалық өрістері болып, олар геологиялық ортаны сипаттайды. Осы түсінікті беретін геологиялық орта: 1) таужынысының қаңқасы мен қуыстарын құрайтын қатты минералдық заттар; 2) таужыныстарындағы қуыстарды толтырып, белгілі бағытта қозғалыста болатын, көп компонентті ерітінді түріндегі жерасты суы мен басқа да сұйықтар; 3) таужыныстарындағы қуыстарда ерікті түрде кездесетін газдар; 4) жерасты сулары мен газдарда кездесетін тірі организмдердің (бактериялар мен микроорганизмдер) қасиеттерімен ерекшеленеді.

Геологияда таужыныстары қатты минералдық заттардың ассоциациясы есебінде алынады (11). Гидрогеологияда қарапайым ГГЖ үшін физикалық ортаның екі компоненті – қатты минералдық зат (таужынысы (ТЖ)) және жерасты сулары (ЖАС) қабылданады (ТЖ ↔ ЖАС) – және ортаның гидрогеологиялық қасиеттері де осы тұрғыдан қарастырылады.

Сулы қабатқа қатысты геологиялық орта екі фазалы (ТЖ ↔ ЖАС), ал аэрациялану белдемі – үш фазалы (ТЖ ↔ ЖАС ↔ ауа) жүйеден тұрады. Геологиялық ортаның басты гидрогеологиялық қасиеттеріне қабаттың сүеткізгіштігі, ылғал өтімділігі, ылғал сыйымдылығы, суқайтарымдылығы, сусіңіруі, денгейі немесе пьезоөтімділігі жатады. Осылардың жиынтығы ГГЖ – нің сүзілулік және сыйымдылық қасиеттерін сипаттайды.

Сүеткізгіштік, ылғал өтімділік, ылғал сыйымдылық, суқайтарымдылық, сусіңіру (суға қанығудың тапшылығы) таужыныстарының алып жатқан көлемінен тәуелсіз болатын геологиялық

ортаның қасиеттеріне жатады да, нәтижесінде кез келген жүйе мен гидрогеологиялық элементтердің қасиеттері болып саналады. Суөтімділік, деңгейі және пьезоөтімділік, таужынысының қандай да бір үлгісі (монолит) ретінде емес, біршама көлемін, мәселен қабат, қат – қабат және т.б. қамтығанда жүйенің қасиетін тұтасымен сипаттайды.

Таужыныстарының кеуектері мен жарықшақтары гравитациялық еркін сумен толық қанығып, судың арын градиенті болған жағдайдағы таужынысының бойынан суды өткізу қабілеті *суөткізгіштік* деп аталады да, k - сүзілу коэффициентімен сипатталып, тәулігіне метрмен (м/тәу) өлшенеді.

Таужыныстарының бойына суды сіңіруі немесе ұстап тұру қабілеті *ылғал сыйымдылық* деп аталады. Суды бойында ұстап тұру, сіңіру механизмдері бойынша ылғал сыйымдылық гигроскопиялық, адсорбциялық, молекулалық, капиллярлық және толық болып бөлінеді. Аэрациялану белдеміндегі ылғал сыйымдылықтардың таралу эпюрасы 2 – суретте келтірілген. Ылғал сыйымдылықтың көрсеткіші θ - шамасы көлемдегі процентпен беріледі.

Таужыныстарының құрамындағы су деңгейінің немесе қысымының төмендеуі кезінде еркін гравитациялық суды қайтару қабілеті *суқайтарымдылық* деп аталады. Су қайтару механизмі бойынша таужыныстарының гравитациялық және серпімді суқайтарымдылықтарын ажыратуға болады. Бірінші жағдайда таужынысының көлемі ауырлық күші әсерінен жарықшақтары мен кеуектерінен ағып шығатын судың нәтижесінде құрғайды. Бұл орайдағы таужынысының суқайтарымдылық қасиетінің көрсеткіші μ - гравитациялық су қайтару коэффициенті деп аталады. Екінші жағдайда судың серпімді кеңеюі мен таужынысының көлеміндегі кеуектіліктің кемуіне байланысты, суға толығымен қаныққан таужынысының көлемі, суды ешқандай қосымша құрмамай ақ береді. Бұл қасиеттің көрсеткіші μ^* - серпімді су қайтару коэффициенті деп аталады. Бұл қасиет суқайтарымдылыққа қарама – қарсы ұғым болып қабылданады.

Белгілі бір қима бойынша жүйені сипаттайтын тұрақты таужынысынан тұратын қабатты суға толығымен қанықтыру барысында, қабаттың суды бойынан өткізу қабілеті *суөтімділікті* сипаттайды. Суөтімділіктің T - шамасы тәулігіне шаршы метрмен (м²/тәу) өлшенеді және суөтімділік көрсеткішімен сипатталады

$$T = km \quad (2.3)$$

мұнда m - сулы қабаттың қалыңдығы (м), k - сүзілу коэффициенті (м/тәу).

Деңгейі және пьезоөтімділік су өткізу қабілетін сипаттайды да, тәулігіне шаршы метрмен өлшенеді ($m^2/тәу$). Грунт сулары үшін

$$a = \frac{T}{\mu} \quad (2.4)$$

арынды сулар үшін

$$a^* = \frac{T}{\mu^*} . \quad (2.5)$$

Тексеру сұрақтары

1. Геологиялық орта дегеніміз не?
2. Геологиялық ортаның басты гидрогеологиялық қасиеттерін атаңыз?
3. ГТЖ мен таужынысының сүзілулік және сыйымдылық қасиеттерін қандай көрсеткіштері сипаттайды?
4. Басты гидрогеологиялық көрсеткіштердің қасиеттері мен өлшем бірліктерін атаңыз?

2.6. ТЖ ↔ ЖАС жүйесінің негізгі гидрогеологиялық күйлері

“Тау жынысы ↔ жерасты сулары” жүйесінің негізгі гидрогеологиялық күйлеріне бойынан суды өткізуі, ұстап тұруы және суды беру қасиеттері жатады. ТЖ ↔ ЖАС жүйесінің осындай күйлерін талдау барысында гидрлитосфера кимасының гидрогеологиялық стратификациясы құрастырылады.

Таужыныстарының суға қанығу дәрежесі K^θ - салыстырмалы ылғалдылық коэффициенті арқылы анықталады да, бірлік өлшем немесе процентпен бағаланады

$$K^\theta = \frac{\theta_{ТАБ}}{\theta_{ТОЛ}} , \quad (2.6)$$

мұндағы $\theta_{ТАБ}$ - гигроскопиялық және далалық ылғалдылыққа қатысты өзгертін табиғи ылғалдылық; $\theta_{ТОЛ}$ - еркін және физикалық байланысқан суларға қаныққан таужынысының толық ылғал сыйымдылығы.

ТЖ ↔ ЖАС жүйесінің күйлері

Өткізгіштік дәрежесі бойынша k , м/тәу	Суға қанығу дәрежесі бойынша K^θ	Еркін суды бойыннан өткізу және беру қабілеті бойынша μ	Таужынысы
Су өткізгіш $> 10^{-1}$	Суға қаныққан $\geq 0,9$ Суға қанықпаған $< 0,9$	Сулы $> 0,01$	Құмдар, жарықшақты әктастар, граниттер және т.б. Құмдар, жарықшақты әктастар, граниттер және т.б.
Салыстырмалы суөткізгіш $< 10^{-1}$ ($k_0 > 10^{-7}$)	Суға қаныққан $> 0,9$ Суға қанықпаған $< 0,9$	Салыстырмалы түрде сутірек $0,01 > \mu > 0,001$ Салыстырмалы түрде су өткізбеуі мүмкін	Саздақтар, онша жарықшақты емес құмтастар және т.б. Саздақтар, онша жарықшақты емес құмтастар және т.б.
Су өткізбейтіндер $< 10^{-3}$ ($k_0 \leq 10^{-7}$)	Суға қаныққан $> 0,9$ Суға қанықпаған $< 0,9$	Су өткізбейтіндер $> 0,001$	Тығыз саздар, саздақтар және т.б. Тығыз жарықшақты емес граниттер және басқалары

$K^\theta < 0,10$ болғанда таужыныстарының күйлері абсолютті құрғақ, тек құрамында берік байланысқан су бар, $0,10 < K^\theta \leq 0,90$ таужыныстары әртүрлі дәрежеде суға қаныққан, $K^\theta \geq 0,90$ суға толығымен қаныққан деп қабылданады. 4 – кестеде ТЖ ↔ ЖАС жүйесінің негізгі күйлерінің қатынастары келтірілген.

Тексеру сұрақтары

1. ТЖ ↔ ЖАС жүйесінің негізгі гидрогеологиялық күйлері қандай принциптермен ажыратылады?
2. Сулы қабат пен суға қанығудың қандай айырмашылығы бар?
3. Егер K^θ 0,1 – 0,9 аралығында өзгеруі ылғалдылықтың қандай аралығына сәйкес келеді?
4. Салыстырмалы түрде сутірек қабат суөткізетін қабаттан қалай ажыратылады?
5. μ мен k - сүзілу коэффициентінің қандай мөндерінде таужыныстары жақсы коллекторларға жатады?

2.7. Негізгі гидрогеологиялық процестер мен олардың сипаттамалары

Гидрогеологиялық жүйедегі механикалық энергиялардың өзгеруімен тікелей байланыста болатын негізгі гидрогеологиялық процестерге сүзілу және сіңіп – сүзілу (инфильтрация жатады). Жерасты суларының ақырын қозғалатындығын және $\frac{v^2}{2g}$ - арын

жылдамдығын ескере отырып 2 – суреттен көріп отырғанымыздай, мысалы A - нүктесі үшін гидродинамикалық арыннан H - гидростатикалық арынға көше отырып, салыстыру жазықтығының үстінен A - нүктесіндегі потенциалдық энергияның қорын анықтауға болады

$$H_A = \frac{P_A}{\Delta_C} + z_A = h_{C,A} + z_A \quad (2.7)$$

Гидростатикалық арынды толық қанығу белдеміндегі негізгі күш ретінде қарапайым түрде пьезометрлік деңгей деп те атайды. Ол L - сүзілу учаскесінің қабылданған ұзындығына әсер ету кезінде ΔH - арын айырмашылығы қалыптастыратын, I - арын градиентімен бағаланады,

$$I = \frac{H_2 - H_1}{L} = \frac{\Delta H}{L} \quad (2.8)$$

Сонымен, *сүзілу процесі* – таужыныстарының кеуектері суға толығымен қаныққан кезде, таужыныстарының жарықшақтары мен кеуектерінде арын градиентінің әсерінен жүретін, еркін жерасты суларының механикалық қозғалысы.

Ағын шығыны таужыныстарының кеуектері мен жарықшақтары арқылы қозғалып, сулы қабат құрайтын еркін сулардың мөлшері арқылы анықталады да, тәулігіне метрмен (м/тәу) өлшенеді. Осындай өлшеммен өлшенетін сүзілу жылдамдығы сулы қабаттағы су қозғалысын сипаттайды. ТЖ ↔ ЖАС жүйесіндегі жерасты суының қозғалу жылдамдығын анықтаудың формуласы төмендегідей

$$v = \frac{Q}{F} \quad (2.9)$$

мұнда F - су қозғалысы перпендикуляр бағытта болатын, ағынның көлденең қимасының ауданы, ол келесі тәуелділікпен анықталады

$$F = h \cdot B \quad (2.10)$$

мұнда h - сулы қабат қалыңдығы; B - ағынның пландағы ені.

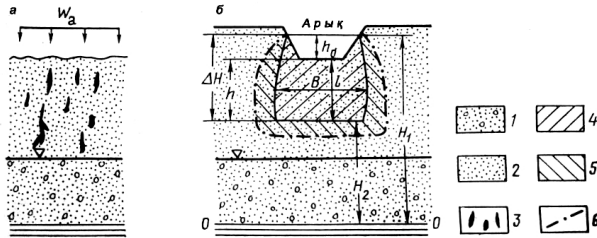
Аэрациялану белдемінде *инфильтрация* немесе *ылғалтасымалдану* процесі жүреді. Қалыпты инфильтрация процесі де, сүзілу процесі сияқты гидродинамикалық көрсеткіштермен сипатталады (9.б-сурет). H_1 – гидростатикалық арынның максималды шамасы, арықтағы h_0 – су бағанасының көтерілу биіктігі мен арықтың l – ұзындығына тең болатын h – инфильтрациялық ағын қалыңдығы арқылы қалыптасады (9 – сурет).

Инфильтрациялық процестердің бірігіп әсер ету күштерін градиент арқылы өрнектеуге болады

$$I^W = \frac{\Delta H + h_R}{h} = \frac{h_0 + h + h_R}{h}, \quad (2.11)$$

мұнда $\Delta H = H_1 - H_2 = h_0 + h$.

Инфильтрациялық ағынның шығынын Q^W арқылы белгілей отырып, (2.9) формула арқылы инфильтрациялық қозғалыс жылдамдығын табуға болады,



9 – сурет. Өртүрлі инфильтрациялық процестердің сұлбасы (а - еркін сіңу, б – қалыпты инфильтрация): 1 – қанығу белдемі; 2 – аэрациялану белдемі (толық қанықпаған); 3 – судың жекелеген тамшыларының инфильтрациялануы (“жерасты жаңбырлату”); 4 – толық ылғалдылыққа тең болатын инфильтрацияланатын ағын белдемі; 5 - h_K - капиллярлы белдемнің әсері; 6 – аэрациялану белдемнің “күрғақ” таужынысы мен инфильтрацияланатын ағындарының жапсарласулары

мұнда F^W – пландағы инфильтрациялық ағынның көлденең қимасының ауданын көрсетеді

$$F^W = B \cdot L \quad (2.12)$$

мұнда B - төмен қарай ағатын ағынның ені (6, б – суретті қараңыз),

L - пландағы ағынның ұзындығы (6, б – суретте пландағы арықтың ұзындығы).

Тексеру сұрақтары

1. Гидрогеологиялық жүйедегі механикалық энергиялардың өзгеруімен жүретін негізгі гидрогеологиялық процестерді атаңыз?
2. Арын градиенті дегеніміз не және сүзілу және инфильтрация процестерінде олар қалай өрнектеледі?

2.8. Гидрогеологиялық жүйенің негізгі элементтері

Екі элементтен тұратын гидрогеологиялық жүйені қарастырайық – 2, 3 суреттердегі грунт және арынды сулардың қабаттары. Кез келген гидрогеологиялық жүйеге тән негізгі элементтерді атасақ: 1) сыртқы шекарасы және оның таралу облысы; 2) қоректену және арынның қалыптасу облысы;

3) ағыстың арылу облысы; 4) пьезометрлік бет.

Гидрогеологиялық жүйенің таралу облысы – қабылданған шекарада геологиялық ортаның (гидролитосфералық кеңістік) алып жатқан аумағы. Грунт суынан тұратын ГГЖ шекарасы (2,3 суреттер) А және Б өзендерінің контурларын (қырынан алғанда), грунт суының деңгейін (жоғарғы шекарасы) және қабаттың табанында орналасқан су өткізбейтін саздардың жабынын (төменгі шекарасы) қамтиды.

Гидрогеологиялық жүйенің қоректену және арынының қалыптасу облысына – жүйенің қоректенуі (немесе энергия мен зат массаларының алмасуы) жүретін сусыйыстырушы (немесе суөткізуші) таужыныстарының жербетіне гипсометрлік түрде шығып жатқан және пьезометрлік деңгейлер мен арындардың максималды белгілері байқалатын жерлері кіреді.

Арылу облысына – судың жербетіне шығып жатқан жерлері, яғни батпақ, бұлақ, бастаулар және жербетіне жерасты суларының басқа да шығу көздері, сонымен қатар пьезометрлік деңгейлері минималды болатын жерлер жатады. Гидрогеологиялық жүйе шекарасында орналасуына байланысты жерасты суларының қоректену және арылу облыстары *сыртқы* және *ішкі* болып екіге бөлінеді. *Сыртқы облыстары* ГГЖ-нің периферия бойынша орналасып, қасында орналасатын ГГЖ – нің элементтері болып саналады. Бұған қоректенудің негізгі облысы жатады. *Ішкі облыстары* қарастырылып отырған жүйенің ішкі жағын қамтып, жүйенің қоректенуі мен арылуындағы жергілікті облыстары болып табылады.

Пьезометрлік бет гидро- және геостатикалық арындар мен қысымдардың ГГЖ шекарасында таралуын сипаттайды. Планадағы сызбада пьезометрлік беттері немесе белгілері бірдей болатын

нүктелерді қосатын теңсызықтар (изосызықтар) түрінде кескінделеді. Грунт сулары үшін гидроизогипс, ал арынды суларда – пьезогипс деп аталады.

Планда ГГЖ – нің қоректену және арылу облыстарын бөліп көрсету үшін қажет болатындар: а) ГГЖ – нің таралу шекарасы көрсетілетін гидрогеологиялық карта; ә) ГГЖ – нің пьезометрлік бетінің картасы, грунт сулары үшін гидроизогипс, арынды суларда пьезогипс; б) жербетінен алғанда грунт суының орналасу деңгейі мен арынды сулы таужыныстарының жабыны; в) гидрогеологиялық кималар.

Тексеру сұрақтары

1. Гидрогеологиялық жүйенің негізгі элементтерін атаңыз?
2. Гидроизогипс дегеніміз не?
3. Пьезогипс дегеніміз не?

3. ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ СТРАТИФИКАЦИЯЛАУДА СИСТЕМАЛЫҚ (ЖҮЙЕЛІК) ТӘСІЛДІ ҚОЛДАНУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

3.1. Гидрогеологиялық стратификациялау туралы түсінік

Көптеген авторлар гидрогеологиялық стратификациялауды, яғни қабаттарға бөлуді әртүрлі анықтайды, бірақ барлығыда геологиялық қиманың гидрогеологиялық тұрғыдан елеулі түрде ерекшеленетін қабаттарға немесе көлемдерге бөлінетінін айтады.

Г.Н.Каменский бойынша “Гидрогеологиялық элемент” (ГГЭ) деген термин енгізілген. Гидрогеологиялық элемент деп әртүрлі дәрежеде суға қаныққан геологиялық денелерді айтады. Бұл түсінік салыстырмалы, өйткені әр деңгейдегі гидрогеологиялық жүйелер үшін гидрогеологиялық элементтердің құрылымы мен көлемі әртүрлі болып келеді. ГГЖ-нің гидрогеологиялық элементтері өзіне тән иерархиялық, яғни бір-біріне бағыныпқылы қатар түзеді. Бұл әрбір келесі гидрогеологиялық жүйенің ГГЭ-тер деңгейі төменірек ГГЖ-нің элементтері негізінде құралады. Деңгейі төменірек бір ГГЖ-ден екінші гидрогеологиялық жүйеге ауысқанда ГГЭ-нің күрделенуіне байланысты ГГЖ-нің де күрделеніп гидрогеологиялық кеңістікте көлемінің ұлғаюына әкеледі.

Осыған байланысты әр деңгейдегі гидрогеологиялық жүйелер құрылымдық тұрғыдан бір-бірімен тығыз байланыста болады да, ГГЖ-нің әрқайсысы өзіне тән гидрогеологиялық стратификациялаудың негізгі элементтері (ГГСНЭ) деп аталады. Белгілі деңгейдегі гидрогеологиялық элементтердің кеңістікте орналасуы осы деңгейдегі ГГЖ-нің гидрогеологиялық құрылымы болып саналады.

Сонымен гидрогеологиялық стратификациялау деп гидрогеосферадағы әр деңгейдегі ГГЖ-ні бөлу және оның гидрогеологиялық құрылымын құрайтын стратиграфиялық негізгі элементтерін ажыратып бөлуді айтады. Ең кіші гидрогеологиялық жүйе ретінде 2 кесте бойынша бесінші деңгейдегі жүйені (сулы, шамалы сулы және сүтірек қабаттар және локальді немесе жергілікті зоналар, жарылымдар алынады. Гидрогеологиялық жүйелердің жіктемесін жергілікті және аймақтық стратификациялау деп екіге бөледі.

Біріншісіне қарайтын аудан мен кима бойынша гидрогеологиялық стратификациялаудың негізгі элементтерін анықтап ажырату негізінде бөлінетін үшінші, төртінші, бесінші деңгейлердегі ГГЖ-ні жатқызсақ, екіншісіне макро- және мегааймақтық деңгейлерге сәйкес ажыратылған әртүрлі типтегі қарапайым алаптар мен гидрогеологиялық массивтер негізінде бөлінетін күрделі ГГЖ

алынады. Гидрогеологиялық стратификациялаудың құрылымдық схемасы 5-кестеде көрсетілген.

Геологиялық ортадағы таужыныстарының гидрогеологиялық көрсеткіштері бойынша ерекшеленіп ажырайтын екі типіне қатысты гидрогеологиялық стратификациялаудағы негізгі элементтерінің қатары мынадай: 1) қабат, горизонт, кешен түріндегі геологиялық денелер, көбінесе борпылдақ не шамалы цементтелген шөгінді таужыныстары; 2) блоктар, массивтер, дайкалар (желілер) түзе алатын кристалды магмалық, метаморфтық әртүрлі дәрежеде жарықшақты болып келетін таужыныстары. Локальды (жергілікті) таралған гидрогеологиялық стратификациялаудың негізгі элементтерін қарастырайық.

5 – кесте

Гидрогеологиялық стратификациялаудың құрылымдық сұлбасы

Геологиялық ортаның типі	Стратификация					
	Жергілікті			Аймақтық		Глобальды
Шөгінді таужыныстары	Қабат	Горизонт	Кешен	Қарапайым гидрогеологиялық бассейн	Күрделі гидрогеологиялық бассейн	Гидросфера
Жанартаулық және метаморфтық таужыныстары	Жергілікті жарылымдар, белдемдер	Аймақтық жарылымдар, белдемдер	Аймақтық жарылымдар белдемдердің тұтасуы	Қарапайым гидрогеологиялық массив	Күрделі гидрогеологиялық массив	

3.2. Гидрогеологиялық стратификациялау принциптері

Платформалық аймақтардағы шөгінді таужыныстарынан құралған жамылғының геологиялық қимасын стратификациялауда, яғни гидрогеологиялық әртүрлі қабаттарға бөлуде “стратиграфиялық - гидрогеологиялық” принциптің негізін жасаған ғалымдар А.С.Рябченков, М.Е.Альтовский болса, оны әрі қарай жан-жақты дамытқан Н.И.Толстихов, И.К.Зайцев, И.К.Гавич, В.Е.Пиннекер, Ж.С.Сыдықов және т.б. (5,35). Гидрогеологиялық стратификациялаудың жүйелік принципі “таужынысы жерасты суы” жүйесінің стратиграфиялық және гидрогеологиялық белгілерін жан-жақты қарастырып, оларды толық қамтуға негізделген. Бұл белгілері бойынша геологиялық қимада суға қаныққан, суға қанықпаған, су өткізетін, суды шамалы өткізетін және сүтірек немесе су өткізбейтін қабаттар болып бөлінеді. Қазіргі уақытта мұндай жұмыстар жүргізу үшін геологиялық немесе гидрогеологиялық мақсатқа қазылған ұңғымалардағы геофизикалық

зерттеулерді (ҰГЗ), яғни каротаждық диаграммаларды гидрогеологиялық тұрғыдан интерпретациялау арқылы әртүрлі қабаттарға ажыратып бөледі.

3.3. Гидрогеологиялық стратификациялаудың негізгі элементтері (ГГСНЭ)

Борпылдақ, босаң немесе шамалы цементтелген шөгінді таужыныстарынан құралған ГГЖ үшін ең кіші ГГЭ-ке қабат жатады. Бұл стратиграфиялық тұрғыдан алғанда белгілі геологиялық уақыт аралығында пайда болған, суөткізгіштігі мен сусыйымдылық қасиеттерінің және қалыңдығының біршама тұрақтылығымен сипатталатын таужынысы сулы қабат деп аталады. Қабаттардың мынадай типтері бөлінеді: сулы, шамалы сулы, сутіректі, суөткізетін, суға қанықпаған қабаттар.

Аталған қабаттар гидрогеологиялық-стратиграфиялық ұғымдарды құрастырудың негіздері ретінде алынатын алғашқы “кірпіштері” болып табылады. Бір немесе бірнеше қабаттарда таралған судың қозғалысы мен қалыптасуының жалпылығына байланысты барлық қабаттарға бірыңғай ортақ пьезометрлік деңгейімен сипатталатын қабаттар сулы горизонт, ал егер екі сулы горизонттан құралатын, бірақ бір-бірінен шамалы су өткізетін қабат арқылы бөлінетін сулы горизонттар сулы комплекс немесе сулы кешен деп аталады.

Осыған байланысты әр деңгейдегі гидрогеологиялық жүйелер құрылымдық тұрғыдан бір-бірімен тығыз байланыста ГГЖ-нің әрқайсысы өзіне тән гидрогеологиялық элементтерімен сипатталады. Олар гидрогеологиялық стратификациялаудың бастапқы элементтері (ГГСБЭ) деп аталады. Берілген деңгейдегі гидрогеологиялық элементтердің кеңістікте орналасуы осы деңгейдегі ГГЖ-нің гидрогеологиялық құрылымы болып табылады. Сонымен, гидролитосферадағы әр деңгейдегі ГГЖ-ні бөлу және олардың гидрогеологиялық құрылымын құрайтын стратиграфиялық негізгі элементтерін ажырату *гидрогеологиялық стратификациялау – деп аталады.*

Ең кіші гидрогеологиялық жүйе ретінде 2 – кесте бойынша бесінші деңгейдегі жүйе (сулы, шамалы сулы және сутірек қабаттар мен локальды зоналар, жарылымдар) алынады. Гидрогеологиялық жүйелердің классификациясын (2 – кесте) және келтірілген анықтамаларды ескере отырып, локальды (жергілікті) және аймақтық стратификациялау бөлінеді. Біріншісіне – қарастырылатын аудан мен қима бойынша гидрогеологиялық стратификациялаудың бастапқы элементтерін ажыратып анықтау негізінде үшінші, төртінші және бесінші деңгейлердегі ГГЖ-ні бөлуді жатқызсақ, екіншісіне – макро

және мегааймақтық деңгейлерге сәйкес ажыратылған әртүрлі типтегі қарапайым бассейндер мен гидрогеологиялық массивтер негізінде бөлінетін күрделі ГГЖ-ні бөлу алынады. Гидрогеологиялық стратификациялаудың құрылымдық сұлбасы 5 – кестеде көрсетілген.

Геологиялық ортадағы таужыныстарының көрсеткіштері бойынша ерекшеленіп ажырайтын екі типке қатысты гидрогеологиялық стратификациялаудағы бастапқы элементтерінің қатары мынадай: а) қабат және комплекс түзе алатын көбінесе борпылдақ және шамалы цементтелген шөгінді таужыныстары; б) блоктар, массивтер және дайқалар түзе алатын кристалды магмалық, метаморфтық әртүрлі дәрежедегі жарықшақты болып келетін таужыныстары. Жергілікті стратификациялаудың бастапқы гидрогеологиялық элементтерін ажыратып бөлудің принциптерін қарастырайық.

Қабаттардың барлығына ортақ ағын судың қалыптасуы олардағы гидростатикалық немесе геостатикалық арынның пайда болуымен байқалса, ағын су қозғалысының бағыты оның қоректену және арылу аймақтарының кеңістікте орналасуымен анықталады.

Сулы горизонттың негізгі ГГЭ-тері болып сулы, шамалы сулы, сүтіректі қабаттар саналады да, кеңістіктегі саны, формасы (пішіні) олардың бір-бірімен арақатынасы, орналасуы горизонттың құрылымын түзеді. Шамалы сулы, сүтіректі қабаттар сулы қабатшаға қарағанда бағыныңқылы жағдайда болады да, олардың қима және аудан бойынша таралу ұстамдылығының біркелкілігі әр дәрежеде байқалады.

Бір немесе бірнеше сүтіректік немесе шамалы сүтірек қабаттардан құралған, бір-бірінен орналасу жағдайларымен және кеуек ішіндегі қысым (немесе арын) қалыптасуының ортақтылығымен байланысқан қабаттар *сүтірек және шамалы сүтіректі горизонт* деп аталады.

Шамалы сүтіректі қабаттармен бөлінген, бірнеше сулы қабаттардан құралған, бірақ олардағы сулар бір-бірімен гидравликалық байланысқандықтан пьезометрлік беттері жақын (үқсас) болып келетін және қабаттардағы сулардың қозғалысы, сапасы мен қорларының қалыптасу жағдайларының жалпылығымен сипатталатын қабаттар сулы комплекс деп аталады.

Барлық қабаттардағы жерасты суларының мөлшері мен сапасының қалыптасу жағдайларының жалпылығы, олардың гидрогеологиялық даму тарихының ортақтығымен анықталады. Бұдан байқалатыны барлық сулы қабаттарда және оларды бөліп жатқан шамалы суөткізетін қабаттарда бірыңғай гидравликалық жүйе қалыптасады. Әрбір сулы қабаттарда және оларды бөлуші шамалы сүтірек қабаттардың әрқайсысының өзіне тән пьезометрлік беттері

болады да, олардың пішіні мен қалыптасу жағдайлары біркелкі болып келеді. Сонымен сулы комплекстің сулы горизонттан айырмашылығы сулы қабаттардың арасында суды нашар өткізетін (салыстырмалы түрде сутіректі) тұрақты таралған шағын қабаттардың болуы. Мұндай қабаттардағы судың қозғалысы негізінен көлденең бағытта (қабаттың бойымен), ал оларды бөлетін шамалы суөткізетін қабатта су тік бағытта қозғалады. Сулы комплекстің жоғарғы сулы горизонтында грунтты сулар кездесуі мүмкін. Ол флювиогляциалдық гравий мен құмдардағы сулы горизонттар бір-бірінен шамалы суөткізетін саздақ қабатымен бөлінген, бірақ жоғарғы қабаттағы грунт суының деңгейі төменгі арынды сулы қабаттың деңгейінен жоғарырақ орналасқандықтан, грунт суы саздақ қабаты арқылы ағып өтіп арынды сулы қабатты қоректендіреді.

Су өткізгіштіктері мен сусыйымдылықтары өте аз болатын шамалы сутіректі немесе сутіректі қабаттардан тұратын, онша қалың емес сулы қабаттарда кездесетін, олардағы қабатшалар қысымының қалыптасуы және гидрогеологиялық көрсеткіштерінің таралуларының жалпылығымен сипатталатын қабаттардың жиынтығы *шамалы сутіректі* (немесе *сутіректі*) *комплекс* деп аталады.

ГГЖ ретінде алынған белгілі бір ауданның геологиялық даму барысында түзілетін гидродинамикалық, гидрогеохимиялық, гидрогеотермиялық зоналардың қалыптасуының жалпылығымен, яғни гидрогеологиялық зоналылығының бірыңғай типтілігімен сипатталатын бірнеше сулы, шамалы сулы және сутіректі горизонттардың немесе комплекстердің жиынтығы *жерасты суларының бассейні* деп аталады.

“Жерасты сулары бассейні” түсінігімен жергілікті (локальді) стратификациялаудың иерархиялық қатары аяқталады, сонымен бірге бұл термин аймақтық стратификациялауды сипаттайтын қатар үшін де бастапқы элемент болып табылады.

Жерасты суы бассейнінің басты элементтеріне сулы, шамалы сулы, сутіректі горизонттар мен комплекстер жатады. Олардың саны, формасы және кеңістікте орналасуы бассейнің гидрогеологиялық құрылымын түзеді. А.М.Овчинниковтың және Г.Н.Каменскийдің еңбектерінде (15,32) көрсетілгендей алып жатқан аумағы бойынша бассейндер кіші, орташа, ірі болып бөлінеді де, оларда арынды, арынсыз (грунт) жерасты сулары таралуы мүмкін.

Жерасты суы бассейнін түзетін сулы және шамалы сулы горизонттар мен комплекстер синклиналды, антиклиналды, моноклиналды, горизонтальді жағдайда орналасып, бір немесе бірнеше геологиялық құрылымдарға байланысты таралып, бір немесе

бірнеше геоморфологиялық элементтер мен ландшафтық-климаттық зоналарды қамтуы мүмкін. Осыған байланысты құрылымы және гидрогеологиялық зоналылығының сипаты бойынша әртиптегі жерасты суларының бассейндері қалыптасады (35). Олар қарапайым және күрделі болуы мүмкін. Біз ары қарай жерасты сулары бассейндерінің қарапайым типтерін ғана қарастырамыз. 5-суретте жерасты суының екі бассейні келтіріліп, оның біреуінде (а) өзен аңғарының шөгінділеріндегі грунт сулы горизонттынан тұратын болса, ал екіншісінде (б) жоғарғы және төменгі жағынан сутірек кабаттарымен шектелген арынды сулы горизонт көрсетілген.

Жарықшақтанған магмалық және метаморфтық таужыныстарында кездесетін жерасты сулары, шөгінді таужыныстарына қарағанда басқаша орналасып таралады: 1) магмалық және метаморфтық таужыныстары қимасының жербетінен алғандағы жоғарғы зонасы (100 м және одан да көп тереңдіктегі) үгілу жарықшақтығымен қамтылған; 2) геологиялық қолайлы жағдайда магманың жоғары көтеріліп, суынып кристалдану процесінде пайда болған литогендік жарықшақтар; 3) жер қыртысына толық не терең бойлаған ірі жарылыстар және одан әр бағытта туындайтын бүйірлік жарылыстар мен жарықшақтар зонасы. Мұндай жағдайларда план және қима бойынша түрлі жарықшақтану зоналары (массивтер, блоктар, дайкалар (желілер) және т.б.) түзіледі. Таужыныстарының аталған жағдайларында сулы, шамалы сулы, сутірек (суөткізбейтін) қабатшаларды бөлуге болмайды. Барлық жағдайларда (зоналарда, жарылыстарда және т.б.) сутірек ролін магмалық және метаморфтық таужыныстарының тығыз жарықшақтанбаған бөліктері атқарады. Сулы, сусыз, сутірек зоналарды, жарылыстар мен желілерді бөліп және олардың иерархиялық қатарын, яғни гидрогеологиялық стратификациялаудың бастапқы элементтерін (ГТСБЭ) ажыратуға болады. Бірақ ГТСБЭ-тері үшін ортақ қабылданған түсініктер мен терминдер жоқ, сол себептен (31,35,43) жұмыстарда қолданылған терминдерді (сулы зона, жарылыс, желі, массив) алып, олардан иерархиялық қатар құраймыз. Бұнда “зона”, “жарылыс”, “желі” түсініктерін бір дәрежедегі (рангтегі) деп санап, бірақ жарықшақтанудың жаратылуына (генезисіне) және сипатына қарай олар әртүрлі аумақта таралуы мүмкін. Магмалық және метаморфтық таужыныстарында үгілу жарықшақтануы байқалатын болса, онда “зона” түсінігі қолданылады да, ал егер оларда тектоникалық және литогендік жарықшақтану байқалса – “жарылыс”, “желі” терминдері қолданылады. Бірінші жағдайда жарықшақтану аумағының көлденен

бағыттағы мөлшері тік бағыттағы мөлшерден едәуір артық болса, екіншісінде жарықшақтық дамуы керісінше тік бағытта көбірек болады.

Ең кіші гидрогеологиялық элементтер ретінде *жергілікті (локальді) сулы зонаны, жарылысты, желілерді* аламыз. Бұл магмалық және метаморфтық таужыныстарында геологиялық бір мезгілде (кезеңде, жаста) пайда болған, сәйкес алғанда тектоникалық, литогендік немесе үгілу жарықшақтарының гравитациялық суға толған локальды жүйесі болып табылады. Олардың әрқайсысы өзіне тән болатын өзгермелі сүзілу қасиеттерімен сипатталады.

Аймақтық жарықшақтағы сулы жүйе жарықшақты сулы жүйеге карағанда коректену және арылу зоналарының болуымен, сүзілу қасиеттерінің кеңістіктегі өзгермелілігімен ерекшеленеді. Зоналық жарықшақтар мен жарылыстар жүйелері әр жасты таужыныстарына қатысты болуы мүмкін.

Бұндай анықтауда локальды сулы желі, жарылыс және зона “сулы қабатша” түсінігіне, ал аймақтық – “сулы горизонт” түсінігіне эквивалентті деп саналады.

Тексеру сұрақтары

1. Гидрогеологиялық стратификациялау дегенді қалай түсінесіз?
2. Жерасты суының бассейні дегеніміз не?
3. Сүтіректі горизонт дегеніміз не?

4. ЖЕРБЕТІ ЖӘНЕ ЖЕРАСТЫ СУЛАРЫНЫҢ БАЙЛАНЫСТАРЫ

4.1. Жербеті мен жерасты суларының байланыстары туралы түсінік

Жербеті және жерасты суларының бір – бірімен байланыстарына қатысты проблемелар ғылыми тұрғыдан қызығушылық туғызып, гидрогеологиялық жұмыстардың практикасында өте үлкен маңызға ие (10, 14, 27).

Жербеті және жерасты суларының байланыстарын зерттеу дегеніміз – гидрогеосфераның атмосфера мен гидросфера шекараларында, сонымен қатар гидросфераның ішкі жағында жүретін заттар мен энергия алмасулары кезіндегі процестерді сипаттайтын, сулы кешендер мен сулы горизонттар арасындағы байланыстарды да зерттеу. Себебі, жерасты суларының негізгі қоректену көзі жербеті сулары болғандықтан, табиғатта жүретін суалмасу, жербеті және жерасты суларының белгілі бір дәрежедегі сипаттары мен байланысу ерекшеліктері арқылы анықталады. Сондықтан, суалмасу процестеріне баға беруде объектінің тек гидрогеологиялық жағдайлары ғана емес, сонымен қатар территорияның метеорологиялық, климаттық және гидрологиялық ерекшеліктері де белгілі болуы керек. Гидрогеологиялық объектінің күйімен бірге метеорологиялық, климаттық және гидрологиялық факторлардың уақыт пен кеңістік бойынша өзгеруі, гидрогеологиялық жүйенің (ГГЖ) жоғарғы шекарасының таралуын және геологиялық ортаның құрылымын, зерттелетін объектінің гидрогеологиялық жағдайлары (немесе гидрогеологиялық күйі) мен ГГЖ ішіндегі жерасты суларының байланыстарын анықтайды.

Жербеті және жерасты суларының байланысу типтері. Жерасты суларының қозғалыстары негізгі гидрогеологиялық процестерге сәйкес болып келеді және *сүзілулік* пен *сіңіп – сүзілулік (инфильтрациялық)* типтерді ажыратуға болады. Байланыстың әрбір типінің белгілі сипаты, бағыты және қарқындылығы болады. Гидрогеосфера мен гидросфера немесе атмосфера арасындағы шекараны бөліп тұратын таужынысы қабатындағы ылғалдың қозғалу процесін, типтің сипатына жатқызуға болады. Байланыстың бағыты, гидрогеосфера мен гидросфера немесе атмосфера арасындағы шекараны бөліп тұратын қабатқа қатысты, жерасты суы ағынының негізгі бағытымен анықталады. Қарқындылығы деп, гидрогеологиялық жүйеге өтетін суалмасудың ағу жылдамдығы айтылады.

Инфильтрациялық процестердің механизміне байланысты Г.Н.Каменский инфильтрациялық байланыстың екі түрін ажыратады: 1) гидросфера немесе атмосферадан таужынысына аз мөлшерде өтетін,

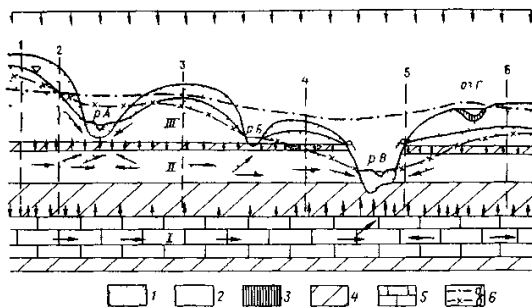
таужынысының кеуектерін толығымен толықтырмайтын, ауырлық күші әсерінен қозғалатын еркін сіңетін сулар (“жерасты жанбырлату”); ағынның төменгі шекарасына капиллярлы күштердің біруақытта әсер етуі нәтижесінде, таужыныстарының кеуектері мен жарықшақтары толығымен суға қаныққан кезде ағып өтетін сулар қалыпты инфильтрациялық сулар деп аталады.

Байланыстың әрбір түрін қысқаша сипаттайық.

Байланыстың инфильтрациялық түрі, атмосфералық жауын – шашындар ылғалын грунт суының деңгейіне дейін тасымалдайтын процесс жүретін аэрациялану белдемінде айқындалады. Аэрациялану белдемінің құрылымы, қалыңдығы, гидрогеологиялық қасиеттері, жауын – шашындардың уақыт пен кеңістікте таралу сипаттары және метеорологиялық – климаттық факторлар негізгі айқындаушылары болып саналады.

Аймақтық инфильтрациялық байланыстың көп жылдық кимадағы сипаты метеорологиялық факторларды ескере отырып, уақыт бойынша қалыптасқан деп қабылданады.

Жерасты ағысының атмосфералық жауын – шашындарға қатынасы арқылы анықталатын *жерасты ағысының коэффициенті*, байланыстың осындай түрінің сандық көрсеткіші болып саналады. Атмосфералық жауын – шашындардың көпжылдық немесе бір жыл ішіндегі ауытқуларын есептеуді аталған коэффициент белгілі бір дәрежеде қамтамасыз етеді.



10 – сурет. Жербеті және жерасты суларының байланысу жағдайларының сұлбасы: 1 – аллювиальды құмдар; 2 – геологиялық жастары әртүрлі құмдар; 3 – көлдік саздақтар; 4 – салыстырмалы түрде суөткізбейтін саздар; 5 – әктастар; 6 – пьезометрлік деңгейлер (а – бірінші сулы горизонттікі; б – екінші сулы горизонттікі). Жерасты суларының қозғалу бағыты бағыттағышпен (стрелка) көрсетілген (тік бағытта бағыттағыш өлшемі судың ағып өту қарқындылығын сипаттайды); I – III – сулы горизонттардың нөмірлері; кимадағы сандар (1 – 6) – кнылысулардың нөмірлері

Ылғалдың қозғалу бағыты грунт суының орналасу тереңдігіне тікелей қатысты болып келеді: мәселен, 2,5 – 3 м тереңдіктегі жерасты сулары жоғары қарай қозғалады; өте үлкен шамадағы тереңдікте – төмен қарай қозғалады; жерасты суының жоғары қарай қозғалуы, грунт суының өсімдіктің транспирациясына немесе булануға кеткендігін сипаттайды (10 – сурет).

Мұндай түрдегі байланыстың қарқындылығы мен ерекшелігі климаттық факторларға, өсімдік сипатына және аэрация белдемінің құрылымы мен қалыңдығына қатысты болып келеді.

Табиғатта жербеті мен жерасты суларының еркін инфильтрациялық түрлері (жаңбырлату) сирек кездеседі, негізінен су қоймаларының маңайында қалыптасады. Су қоймасының арнасында ағыстың гидравликалық тұтастығын қалыптастыратын, суды нашар өткізетін сазды таужынысы болған жағдайларда, жерасты суларының еркін инфильтрациялық түрлері қалыптасуы мүмкін (10 – сурет, Г көлінің маңайын қараңыз). Мұндай кезде байланыс бағыты төмен қарай бағытталады да, жербеті сулары – жерасты суының толықтыру көзі болып саналады.

Сүзілулік типтегі байланыс үшін байланыстың және екі түрі бөлінеді. Бірінші түрі өзен аңғарларында, көлдерде, батпақтарда жербеті және грунт суларының деңгей айырмашылықтары әсерінен жүретін байланысты сипаттайды; екінші түрі сулы горизонттардың ішінде өзара ағып жүретін кең ауқымды жерлерді қамтиды. Сүзілулік типтегі байланыстың түрлерін атайық: 1) белдемдік (зональдық) су қоймалары мен су орындарының ұзына бойын қамтиды; 2) аудандық (қабаттасып келетін сулы горизонттар таралған аймақтар) (10 – сурет, 1 – 6 қиылысуларды қараңыз).

Сүзілулік типтің белдемдік (зональдық) байланысы өздері жататын өзен арналарына, олардың гидрологиялық режиміне, құрылымына, сулы кешеннің гидрогеологиялық қасиеттері мен қалыңдығына және оларды бөліп тұратын аңғардағы суды нашар өткізетін қабатқа қатысты анықталады. Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде өзен аңғарларының тектоникалық белдемдерге қарай икемделіп жататыны анықталған, оны өзен аңғарларындағы температуралар мен гидрогеохимиялық аномалиялар дәлелдейді.

Сүзілулік типтің белдемдік (зональдық) гидравликалық байланысының сан түріндегі шамасы жерасты ағысының өзен ағысына қатынасымен бағаланады және *өзеннің жерасты қоректену коэффициенті* деп аталады.

Суалмасудың *сүзілулік типінің аудандық түрі* сулы горизонттар салыстырмалы түрде сүткізбейтін таужыныстарымен бөлінген,

көпқабатты жүйелерден тұратын артезиан бассейндерінде, тауаралық ойпаттарда кең таралған. Аталған таужыныстарының тік бағытта жүретін салыстырмалы сүөткізгіштігіне ($K_0 > 10^{-7}$ шамасында) және аралас горизонттардағы арын айырмашылықтарына байланысты, қабаттардың өзара байланысулары аймақтық ағу жолымен жүзеге асады. 10 – суреттегі сұлбада жербеті және жерасты суларындағы байланыстың негізгі түрлері мен типтері келтірілген.

4.1. Мысал есеп

10 – суретте көрсетілген учаске құрылымы бойынша I, II және III сулы горизонттардың арындары мен су деңгейлері қатынастарының мәліметтерін пайдаланып, А өзенінің аңғарында болатын байланыстардың типтерін сипаттау.

Шешуі. 1. Грунт суының деңгейі мен (III сулы горизонт) мен А өзенінің қимасы салыстырылады. Себебі грунт суының деңгейі өзенге қарай төмендейді де, өзен грунт суларын құрғатады (дренаждайды), яғни грунт суы мен А өзенінің арасындағы байланыс сүзілулік типтегі деп қабылданады, тұзу, жетілмеген, гидравликалық, белдемдік (зональдық) типті, байланыс бағыты – төменге бағытталған.

2. Біріншіге ұқсас салыстырмалы түрде қарастырып, грунт суының деңгейі мен II сулы горизонттағы арынның өзгеруін байқаймыз, яғни өзен аңғарына қарай екі жағалауда да арынның төмендейтіні байқалады. Бұл өзен аңғарының пьезометрлік деңгейге әсерін көрсетеді, грунт суының деңгейіне қарағанда II сулы горизонттың арын шамасының артықтығы байқалады. Шығатын тұжырым II сулы горизонт пен грунт суы ағысының арасындағы байланысы сүзілулік, суды нашар өткізетін қабат арқылы тереңнен жоғарыға қарай ағып өтеді, байланыс түрі жоғары қарай бағытталған.

3. I және II сулы горизонттар А өзенінің аңғарында бір – бірімен байланыспайды, себебі I сулы горизонттың пьезометрлік деңгейіне А өзенінің аңғары ешқандай әсер етпейді; I сулы горизонттың пьезометрлік қисығы II сулы горизонтқа қарағанда жоғары болатындығын ескере отырып, мынадай тұжырымға келуге болады, шамасы қиманың ұзына бойымен біршама жерге дейін I горизонттан II горизонтқа қарай ағатын тереңде жүретін кең ауқымды қамтитын жоғары бағытталған сүзілулік арылудың болуы мүмкін. Бұны дәлелдеу үшін салыстырмалы түрде сулы горизонттарды бөліп тұратын сүөткізбейтін қабаттың сүзілулік қасиеттерінің мәліметтерін білу қажет.

Тексеру сұрақтары

1. Жерасты суының атмосфера және гидросферамен байланысы қандай процестер арқылы жүзеге асады ?
2. Байланыстың бағытталғыштығы дегенді қалай түсінесіз?
3. Байланыстың сүзілулік және инфильтрациялық типтерінің негізгі факторларын атаңыз?

5. ГЕОТЕРМИЯ

5.1. Таужыныстары және олардағы жерасты суларының геотермиялық жағдайлары

5.1.1. Жер қыртысының температуралық режимі

Жер қыртысының температуралық режимі масса және энергия алмасуынан байқалатын жалпы процестердің бірі болып саналады. Геотермия - Жердің жылу өрісін зерттейтін ғылым саласы. Температураның жер қыртысында таралуы, жылудың ішкі және сыртқы көздеріне тікелей байланысты. Жылудың сыртқы (космостық) көзіне Жер беті арқылы жұтылатын Күн радиациясының (70 % - не дейін) мөлшері жатса, жер қыртысының ішкі терең қойнауындағы радиоактивтік элементтердің ыдырауынан, гравитациялық дифференциалануынан және ротациялық (шеңберлі) айналуынан бөлінетін энергиялар және басқа да жылу көздері жылу таралуының ішкі көзіне жатады.

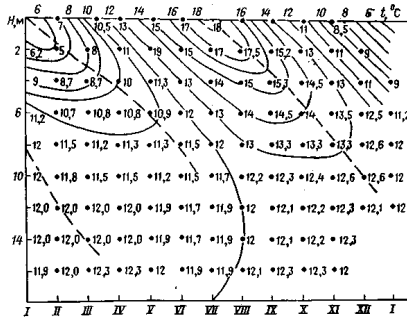
Сөйтіп әртүрлі жылу көздерінің үйлесуінен қалыптасатын геотермиялық өрістер жер қыртысының көлденең (планда) және тік (кимада) бағыттарында жүретін өзгергіштігімен сипатталады.

Жер қыртысында (кима бойынша) үш геотемпературалық зонаны ажыратуға болады: жоғарғы (немесе сыртқы) зонада жылудың негізгі көзі болып күн энергиясы саналса; тереңдегі (немесе ішкі) зонада жылу режимі эндогендік процестер арқылы анықталады. Осы екеуінің ортасында жылдық температурасы тұрақты болып келетін аралық зона орналасады.

Жоғарғы (сыртқы) зонаның температуралық режимі өзгермелі немесе стационарлы емес; күн радиациясының тәуліктік, маусымдық, жылдық және көптеген жылдар бойындағы өзгерістеріне байланысты ауытқулар тән.

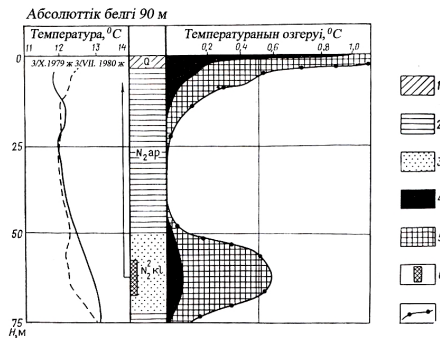
Жоғарғы зонадағы температураның таралуына тек күн радиациясы мен ауа – райы ғана емес, сонымен қатар жер бедерінің өзгеруі, таужыныстарының литологиялық құрамы және өсімдіктердің өзіндік әсерлері болады. Аталған факторлардың сипаттарына қарай күн радиациясы жер қыртысының әртүрлі тереңдіктеріне әсерін тигізіп, температуралардың тәуліктік ауытқуы 0,8 – 2,0 м және жылдық ауытқуы 20 – 40 м аралығын құрайды. Жер қыртысының қимасы бойынша әрбір 100 м тереңдеген кездегі температураның өсу шамасы *геотермиялық градиент (Г)* деп аталады. Температура бір градусқа артатын, метрмен өлшенетін тереңдік *геотермиялық саты* (геотермиялық градиентке кері шама) деп қабылданады. Геотермиялық сатының шамасы территорияның белгілі бір құрылымдарға жатуына, таужыныстарының геологиялық

жастары мен гидрогеологиялық жағдайларына байланысты жер қыртысының қимасы бойынша 1 – 100 м аралықтағы тереңдікте 1⁰С температураға артып отырады. Орташа мәні әр 33 м тереңдікке 1⁰С шамасын құрайды (11 – сурет).



11 – сурет. Учаскедегі бақылау станцияларының мәліметтері бойынша құрастырылған термоизоплеттер

Қандай да бір зерттелгелі отырған аудан бойынша бұрғыланған ұңғыманың оқпаны (ствол) арқылы жер қыртысындағы температураның өзгеру шамасын термограмма деп аталатын қисық түрінде құрастыруға болады (12 - сурет).



12 – сурет. Термограмма мен ұңғыма бойынша температураның өзгеру сызбасы:
 1 – саздақтар; 2 – саздар; 3 – құмдар; 4 – температураның тәулік бойында өзгеруі;
 5 – температураның жыл бойында өзгеруі; 6 – сүзгі; 7 – термограмма. Бағыт (стрелка)
 арқылы судың шыққан жері мен деңгейін көрсетеді.

Тексеру сұрақтары.

1. Жылу құрайтын негізгі температуралық зоналар мен олардың көздерін атаныз
2. Жоғарғы зонадағы температураның өзгеру режимдері қандай ?
3. Геотермиялық градиент және геотермиялық саты дегенді қалай түсінесіз?

5.1.2. Жылу тасымалдануындағы жерасты суының атқаратын ролі

Жерасты суы өзінің жоғары жылу сыйымдылығы мен қозғалғыштық қабілетіне қарай жер қыртысының белсенді жылу тасымалдаушы факторы болып саналады да, литосфераның температуралық өрісінің таралуына елеулі әсер етіп, Жер қыртыстарындағы жылулық ағындарды өзгертіп, гидрогеотемпературалық аномалиялардың пайда болуына ықпал етеді. Гидрогеотемпературалық өрістерді зерттеудің нәтижесінде соңғы кезде гидрогеологияның бірқатар ғылыми және практикалық мәселелерді шешу және жерасты сулары температураларының өзгеру заңдылықтары мен оларды сыйыстырушы таужыныстарының, кеністік пен уақыт аралығында жылу алмасу үрдістерін зерттейтін гидрогеотермия ғылымының қалыптасуына әкелді (12).

Гидрогеотермиялық зерттеулер гидрогеологияның бірден – бір маңызды әдісі болып саналады да, термальды суларды іздестіру мен олардың қорларын есептеуде және жерасты суларының қоректенуі мен арылу аймақтарын анықтауда пайдаланылады.

Тексеру сұрақтары

1. Геотермия деген не?
2. Гидрогеотермиялық зерттеулер қандай міндеттерді шешуде қолданылады?

5.1.3. Жер қыртысында жылу тасымалданудың түрлері

Таужыныстарының белсенді (активті) суалмасу зоналарындағы жылу тасымалдану *конвективтік* және *кондуктивтік* екі жолмен жүреді де, келесі теңдеумен өрнектеледі

$$q = V_z C_c T - \lambda \frac{dT}{dZ} \quad (5.1)$$

мұнда V_Z - сүзілу жылдамдығы; T - температура; C_C - судың көлемдік жылу сыйымдылығы; λ - таужынысының жылуөткізгіштік коэффициенті; Z - тік бағыттағы координата.

Көлемдік жылу сыйымдылық пен жылу өткізгіштік коэффициенті таужыныстарының жылуға қатысты негізгі параметрлері болып саналады. Олар таужыныстарының ылғалдылығына, тығыздығына, сүзілу қасиеттері мен флюидтік табиғатына тәуелді болып келеді.

(5.1) теңдеудің бірінші мүшесі жылудың *конвективтік*, екіншісі – *кондуктивтік* тасымалдануын сипаттайды. Жерасты суының сүзілу ағыны есебінен жүретін жылу тасымалданудың бірінші бөлігі конвективтік жылу ағынының қарқындылығы мен бағытын анықтайды. Таужыныстарында температуралық градиент болған кезде, жылу ағындарының бағытын анықтайтын таужыныстарының жылу өткізгіштігінің арқасында жылудың кондуктивтік түрде тасымалдануы (молекулалық жылу сыйымдылық) атомдық – молекулалық деңгейде жүреді.

Жалпы жылу ағынындағы жылудың конвективтік тасымалдануы Пекле белгісінің (критерийінің) мөлшерімен бағаланады

$$Pe = \frac{v_z C_C Z}{\lambda} \quad (5.2)$$

$Pe \leq 0,1$ болғанда конвективті құраушысы шамалы орын алса, $Pe \geq 10$ - кезінде конвективтік жылу тасымалдану жылу ағынында – негізгі орын алады және мұндай жағдай белсенді (активті) суалмасу зонасына тән. Н.А.Огильви есептеуі бойынша судың сүзілу жылдамдығы $1,3 \cdot 10^{-7}$ м/с (4 м/жылына) болғанда жылудың конвективті тасымалдануы шешуші роль атқарады.

Тексеру сұрақтары

1. Белсенді (активті) суалмасу зонасындағы жылу тасымалдануының қандай негізгі түрлері бар?
2. Жылу өткізгіштік және жылу сыйымдылық коэффициенті дегенді қалай түсінесіз?
3. Конвективті және кондуктивті жылу тасымалдану қандай процестер есебінен жүреді?

5.2. Термометрлік бақылаулар және оларды өңдеу

Термометрлік бақылаулар. Жердің бетіне жақын жатқан кабаттардағы температуралық режимге жүйелі түрде бақылаулар жүргізіледі. Тереңдігі 3 м дейін бұрғыланған ұңғымаларда ашылған кабаттардың температуралық режимдерін өлшеу (дәлділігі $0,1^{\circ}\text{C}$) топыраққа арналған термометрмен өлшенеді. Өлшеу ұңғыманың оқпаны бойымен жүргізіледі (40 м-ге дейінгі тереңдікте өлшеу интервалы 5 м, ал одан да ары қарай тереңдегенде – 25 м). Термометрмен өлшеу жұмыстарын жүргізер алдында ұңғыманың қабырғасы мен бекіткен құбыр арасын қатыратын цементтің беріктігі және зерттеліп отырған учаскеде ұңғыма бұрғыланғанға дейінгі бұзылмаған жылу өрісінің бұрғылауды “токтату арқылы” қалпына келуі тексеріледі (28). Термометрлік бақылаулардың нәтижелерін өңдеу бұрғыланған ұңғымалар бойынша термограммалар құрумен аяқталады (12 – сурет). Температуралардың тәулік және жыл бойындағы ауытқу зоналарындағы температураларды өңдеу кезінде, температуралар ауытқуының әртүрлі тереңдіктеріндегі хронологиялық сызбасы құрастырылып, температуралардың жылдық және тәуліктік ауытқу амплитудалары мен температуралық толқындар кезені есептеледі (11 – сурет).

Термоизплет құрастыруға арналған градация температуралардың ауытқу мөндеріне байланысты анықталады. Жер бетінен зерттеліп отырған тереңдікке дейінгі температуралары аз болатын, нүктелерді қосатын сызбадағы термоизплет қисығы, таужыныстарының қыс айларындағы тоназуын көрсетеді. Тереңде орналасқан температуралары жоғары болып келетін нүктелер арқылы жүргізілген қисықтар жаз айларындағы жылыну бағыттарын сипаттайды (11 – сурет).

Геотермиялық градиент (Γ) және геотермиялық саты (G) келесі тендеулермен есептеледі

$$\Gamma = \frac{T_2 - T_1}{H_2 - H_1} \quad (5.3)$$

$$G = \frac{H_2 - H_1}{T_2 - T_1} \quad (5.4)$$

мұнда: T_1, T_2 - H_1, H_2 тереңдіктердегі температуралар.

Ұңғымалар бойынша температуралардың шамалары жекелеп өлшенген кездегі, геотермиялық сатының орташа мөндерін анықтап көрелік

$$G = \frac{H - h}{T - t_{ж}} , \quad (5.5)$$

мұнда $t_{ж}$ - жер қыртысының жоғарғы шекарасының орташа жылдық температурасы (топырақ беті); T - ұңғыма бойынша алынған температуралардың жекелеген өлшемдері; h - температурасы тұрақты болатын қабаттың тереңдігі (арнайы анықтамалардан алынады). Егер геотермиялық сатының мәні белгілі болса, онда қандай да бір H - тереңдікке байланысты кез келген температураны есептеуге немесе T_1 - белгілі температураға сәйкес тереңдікті анықтауға болады

$$T_1 = t_{ж} + \frac{H_1 - h}{G} \quad (5.6)$$

$$H_1 = (T_1 - t_{ж}) \cdot G + h , \quad (5.7)$$

бұл теңдеулер термальды сулардың қандай тереңдіктерден көтерілгенін анықтау кезінде қолданылуы мүмкін.

5.1 Мысал есеп. Стационарлық бақылаулардың мәліметтері бойынша (6 – кесте) топырақ пен грунт температураларының 2, 6, 8, 12 м тереңдіктеріндегі өзгеру сызбаларын құру және әрбір тереңдік үшін жылдық тербеліс периоды мен ауытқу құлаштарын (амплитудаларын) есептеу; әрбір 1°C температураға термоизооплет сызбасын құру (масштабы көлденең бағытта 1 см : 1 м, тік бағытта 1 см : 2 м) және температуралардың тереңдік бойынша таралуына сипаттама беру; А.Н.Огильви әдісі бойынша жыл бойына тұрақты болатын температуралар таралатын тереңдікті анықтау.

Шешуі. 6 – кестенің мәліметтерін пайдалана отырып белгілі бір тереңдіктегі температура тербелістерінің бір жыл ішіндегі сызбасы (графикі) құрастырылады. Сызбадан көріп отырғанымыздай жер бетіндегі температуралардың тербеліс құлаштары (амплитудалары) 13°C құрайды, неғұрлым тереңдеген сайын тербеліс құлаштары кемиді де, 8 м тереңдіктегі температура $2,1^{\circ}\text{C}$ тең болады. Жер бетіндегі минималды температура – қаңтар айына, ал 8 м тереңдіктегі минималды температура наурыз айына сәйкес келеді; жер бетіндегі максималды температура – шілде айына, ал 8 м тереңдіктегі максималды температура қазан айына дәл келеді.

Тереңдікке байланысты температураның үздіксіз өзгеруін көрсету үшін термоизооплет сызбасы құрастырылады (11 – сурет); ордината осіне жер бетінен алғандағы тереңдіктер, абсцисса осіне айлар салынады, температураның белгілі мәндері бойынша интерполяция

әдісімен торлардың түйіндерінде әрбір 1⁰С температурада термоизплет жүргізіледі. Термоизплет сызбасы топырақтарда жылдың екі мерзімінде таралатын температураларды көрсетеді: біріншісі – қаңтар айынан наурыз айына дейінгі, яғни қыс айларындағы топырақтағы 5 – 12⁰С аралығындағы температуралардың таралуын; екіншісі – жылы температураның дендеп ену кезеңін сипаттайды, бұл кезде температура 13 – 18⁰С аралығын құрайды. Термоизплеттің иілетін нүктелері арқылы температураның минималды мәндерімен қыс айларындағы салқындауды көрсететін сызығы жүргізіледі. Сонымен қатар жаз айларындағы температураның қызатын кезеңдері де тура осындай жолмен орындалады. Жаз және қыс айларындағы температураларға байланысты жүргізілген екі сызық арасындағы аралық, уақытқа қатысты температуралық толқындардың ұзақтығын анықтайды және ол ұзақтық 6 айды құрайды; сызықтардың еңіс жерлері тереңдік бойынша минималды және максималды температуралардың кешігіп келуін көрсетеді. Тереңдік 10 м артық болғанда температура аздап қана өзгереді де, бұл зона тұрақты температуралар белдемдерінің бір – біріне жақын орналасуымен сипатталады.

6 – кесте

Стационарлы термометрлік станциялардағы ұңғымалар бойынша алынған температуралар

Тереңдік, м	А й л а р											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	5	7	10,5	13	15	17	18	16	13	11	8,5	6
2,0	6,2	6	8	11	13	15	17	17,5	15,2	13	11	9
4,0	9	8,7	8,7	10	11,3	13	14	15	15,3	14,5	13	11
6,0	11,2	10,7	10,8	10,9	10,8	12	13	14	14,5	14	13,5	12,5
8,0	12	11,5	11,2	11,3	11,3	11,5	12	13	13,3	13,3	13,3	12,6
10,0	12	11,8	11,5	11,5	11,2	11,5	11,7	12,2	12,3	12,4	12,6	12,6
12,0	12	12	12	12	11,9	11,7	11,9	12	12,1	12,2	12,3	12
14,0	12	12	12	12	11,9	11,7	11,9	12	12,1	12,2	12,3	12
16,0	11,9	12	12,3	12,2	12	11,9	11,9	12,1	12,3	12,3	12	11,9
18,0	12	12,1	12,3	12,3	12,2	12,1	12	12,1	12,3	12,3	12,1	12

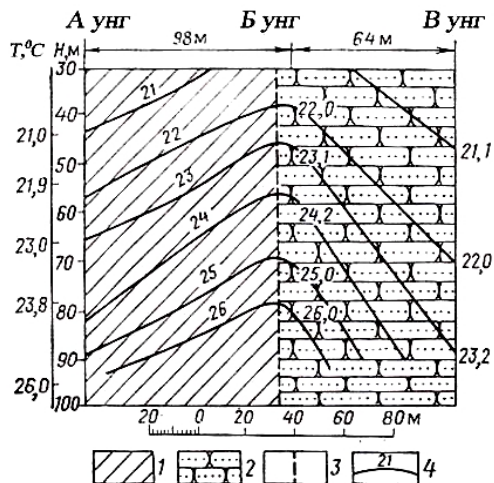
Тұрақты температуралар белдемінің тереңдігін нақты етіп анықтау үшін А.Н.Огильвидің жартылай логарифмдік масштабтағы сызбасын пайдаланамыз (15 – сурет), бұл сызба бойынша тербеліс амплитудасының (ТА) бір тәуліктегі төменгі мәндері таңдап алынады:

мәселен 4 м тереңдіктегі $TA_4 = 6,6^{\circ}C$, 6 м – $TA_6 = 3,8^{\circ}C$ және 8 м – $TA_8 = 2,1^{\circ}C$. Осы нүктелер арқылы 18,7 м тереңдікке сәйкес абсцисса осін қиятын түзу тұрақты температуралардың орналасу тереңдіктерін анықтайды.

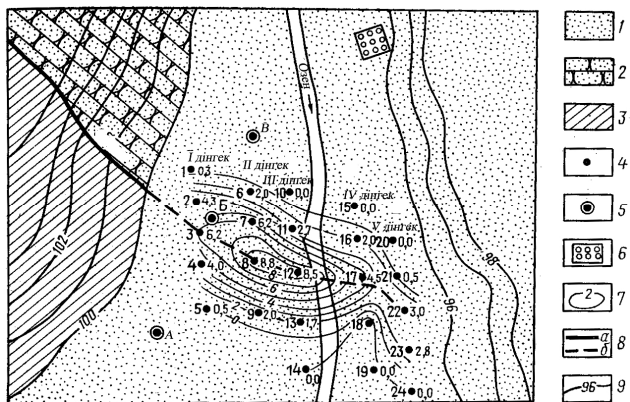
5.2 Мысал есеп

Аллювийдің қиыршықты – малтатасты таужыныстарынан құралған өзен аңғарындағы температуралық аномалиялардың ауытқуын анықтау мақсатында (14 – сурет), А – Б – В сызықтарының бойымен тереңге бұрғыланатын ұңғымалар бұрғыланып, гидротермиялық қима құрастырылған (13 – сурет); температураны өлшеуге арналған онша терең емес зондты ұңғымалардың бұрғылануы да қарастырылған (5 – кесте). Стационарлық жылу өрістері бақылау станцияларымен бақыланған (11 – сурет).

Шешуі. Бақылау және зондты ұңғымалардан алынған көрсеткіштерді салыстыра отырып, қалыпты жылу өрісінен ауытқитын температуралар анықталады да, гидроизоклин картасы құрастырылады. Максимальды изоклиндер $8,7 - 6^{\circ}C$ аралығын құрап, солтүстік – батыстан оңтүстік – шығысқа қарай созылып жатқан тұйық контурдан тұрады. Бұл изоклиндер қалыпты температурадан көбірек ауытқитын зонаны шектеп, арынды сулар ($18 - 20^{\circ}C$ температурадағы) ашылған жерлерді көрсетеді. А – Б – В қимасының (13 – сурет) мәндері бойынша жалпы геологиялық жағдай мен изоклин пішініндегі арылу көздері өзеннің оң жақ жағалауынан өзен аңғары бойымен жалғасатын лықсымамен байланысты және аллювиальды таужыныстары қабаттарының астынан ашылады. А – Б – В қимасы мен изоклиндердің контурларын пайдалана отырып лықсыма картаға түсіріледі (14 – сурет).



13 – сурет. Гидротермиялық профиль: 1 – саздар; 2 – құмтастар; 3 – лықсыманың орналасқан орны; 4 – гидрогеоизотерма және температурасы



14 – сурет. Термоизоклин картасы: 1 – аллювиальды құмдар; 2 – құмтастар; 3 – саздар; 4 – зондты ұңғымалар; 5 – барлау ұңғымалары; 6 – термометрлік станция; 7 – термоизоклиндер; 8 – лықсыма сызығы (а – қалыптасқан, б – болжамдық); 9 – жер бетінің горизонталдары

5.3 Жерасты суларының өзара байланыстарын геотермиялық әдіс арқылы зерттеу

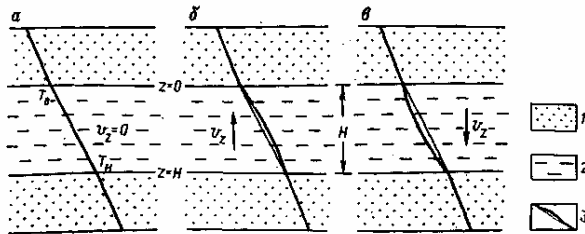
Аймақтық гидрогеологиялық және геотермиялық зерттеулер көрсеткеніндей сулы горизонттарды суды нашар өткізетін қабаттар бөліп жатқан жағдайда, жылу өрісінің тік бағытта алмасуынан байқайтын болсақ, таужыныстарының қабаттасып келген құрылымдарына тән қасиеттердің бірі, жерасты суларының бөліп тұратын қабаттар арқылы байланысулары.

Табиғи режимдегі тұрақты температуралар белдемінен төмен жататын, сулы горизонттардың арасындағы байланыстарды қабаттасып келген құрылымдардағы температуралардың таралуы арқылы сипаттайтын болсақ, алынған термограмманы талдау барысында үш сұлбаны ажыратуға болады:

1) бөліп тұратын қабат арқылы судың тік бағыттағы сүзілуі болмайтын, яғни температуралар тереңде сызықтық бағытта таралады, түзудің қиғаш бұрышы қабаттың жылуөткізгіштік коэффициенті бойынша анықталады (15, а – сурет); 2) бөліп тұратын қабат аралығындағы термограмма дөңес пішінді болғанда, судың төменде орналасқан сулы горизонттан жоғарғы горизонтқа қарай сүзілуі жүреді (15, б – сурет); 3) бөліп тұратын қабат аралығындағы термограмма ойыс пішінді болғанда, судың жоғарыда орналасқан сулы горизонттан төменгі горизонтқа қарай сүзілуі жүреді (15, в – сурет).

Термограмманың сызықтық емес дәрежесі мен пішіні тік бағытта жүретін сүзілудің шамасын анықтайды. Сүзілу жылдамдығы тік бағытта тұрақты болғанда, біртекті қабатта таралатын температураларды сипаттайтын формула келесідей болып жазылады (шамалары салыстырмалы болғанда):

$$\bar{T} = \frac{T_Z - T_0}{T_H - T_0} = \frac{\exp\left[\beta \cdot \frac{z}{H}\right] - 1}{\exp(\beta) - 1} \quad (5.8)$$



15 – сурет. Жылуөткізгіштігі бойынша бөліп тұратын біртекті қабат аралығындағы (интервал) термограммалардың сұлбалары (И.Т.Гаврилов бойынша): а – екі сулы қабат арасында ешқандай байланыс болмағанда; б – сүзілу төменгі қабаттан жоғарғы қабатқа қарай жүргенде; в – сүзілу жоғарғы қабаттан төменгі қабатқа қарай жүргенде; 1 – сулы горизонттар; 2 – суды нашар өткізетін бөліп тұратын қабат; 3 – термограмма

Салыстырмалы температураларды сипаттайтын қисықтың β - сызықтық емес дәрежесінің көрсеткішін анықтайық

$$\beta = \frac{\lambda}{C_0 \rho_0} v_z \cdot H \quad (5.9)$$

мұнда λ - қалыңдығы $-H$ болатын бөліп тұратын қабаттың жылу өткізгіштік коэффициенті; C_0 - қабаттағы сұйықтың меншікті жылу сыйымдылығы; β - сұйықтың тығыздығы.

Салыстырмалы температуралардың β - мәні әртүрлі болғандағы теориялық қисықтарын анықтаудың формуласын келтіріп көрелік

$$\frac{T_z - T_0}{T_H - T_0} = f \left[\beta \cdot \frac{z}{H} \right] \quad (5.10)$$

мұнда T_0 - қарастырылып отырған қабаттың жабынындағы, T_H - табанындағы және T_z - ортасындағы немесе ішкі жағындағы бір – біріне сәйкес келетін температуралардың мәндері.

β - мәнінің шамасы теріс таңбалы болғанда сүзілу төменнен жоғары, ал оң таңбалы болғанда керісінше – жоғарыдан төмен қарай жүреді. Салыстырмалы температуралар арқылы алынған қисықтың нақты мәндерін теориялық мәндермен салыстыра отырып, арнайы анықтамалық кестеден C_0, λ, σ_0 - мәндерін анықтап, тік бағыттағы сүзілудің жылдамдығы есептеледі. Егер, атқарылған жұмыстар

зерттеліп отырған қимадан алынған сынамалардың жылу өткізгіштік коэффициенттерінің шамаларын тікелей анықтаумен жалғаспаса, алынған нәтижелер бір – біріне жуық шамада болады. C_0 мен σ_0 көрсеткіштерінің мәндері арнайы анықтамалық кестелерден дәл анықталады. Аралас сулы горизонттар арасындағы ΔH - арын айырмашылығын біле отырып, суды нашар өткізетін грунттардағы сүзілу коэффициентінің мәндерін және судың ағып кету шығынын арнайы теңдеулермен анықтайды.

Тексеру сұрақтары

1. Геотермиялық градиент пен геотермиялық сатының шамалары қандай себептерге қатысты өзгереді?
2. Геотермиялық градиент пен геотермиялық сатының өзгерісі нені сипаттайды?
3. Термограмма сипаттары қандай факторларға байланысты?
4. Сулы горизонттарды бөліп тұратын қабаттарда термограмманың пішіндері қандай болады?

6. ТАУЖЫНЫСТАРЫНЫҢ СУ – ФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ. СУЛЫ ГОРИЗОНТТАРДЫҢ КОЛЛЕКТОРЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

Гидрогеологиялық жүйедегі таужыныстарының негізгі гидрогеологиялық қасиеттері (ылғалдылығы, ылғал сыйымдылығы, суқайтарымдылығы, сусіңіргіштігі (суды жұтуы) немесе сумен қанығудың тапшылығы, сүеткізгіштігі, ылғал өткізгіштігі, капиллярлық көтерілулері) таужыныстарының кеуектіліктеріне, гранулометриялық өлшемдеріне және кездесетін әртүрлі жерасты сулары мен басқа да көптеген факторларға байланысты болып келеді.

6.1. Таужыныстарының гранулометриялық өлшемдері

Таужыныстарының гранулометриялық өлшемдерін анықтау үшін, оны бөлшектерінің өлшемдері бір – біріне жуық болатын топтарға (фракцияларға) бөледі (7 – кесте).

Диаметрлері әртүрлі болып келетін бөлшектердің өлшемдері процентпен көрсетіледі де, сызбада интегралдық қисық немесе логарифмдік сызба түрінде кескінделеді. Қисықтың тік бағыты таужынысының біртектілігін көрсетеді, біртектілік дәрежесі біртектілік емес коэффициентімен анықталады

$$f = \frac{d_{60}}{d_e} \quad (6.1)$$

мұнда d_{60} - салмағы бойынша таужыныстарының құрамында 60 % - тен кем

7 – кесте

Бөлшектер өлшемі бойынша таужыныстарының топтарға бөлінуі

Бөлшектер	d , мм
Сазды	$< 0,005$
Тозанды:	
ұсақ түйірлі	0,005 – 0,01
ірі түйірлі	0,01 – 0,05
Кұмды:	
ұсақ түйірлі	0,05 – 0,25
орта түйірлі	0,25 – 0,5
ірі түйірлі	0,5 – 1,0
өте ірі түйірлі	1,0 – 2,0
Қиыршықты:	
ұсақ түйірлі	2,0 – 5,0
орта түйірлі	5,0 – 7,0
ірі түйірлі	7,0 – 10,0
Малтатасты	$> 10,0$

болатын бөлшектердің диаметрі; d_e - таужыныстарындағы басқа бөлшектердің барлығынан кем болатын бөлшектердің 10 % - ін құрайтын, әрекет етуші немесе тиімді (эффektivті) бөлшектердің диаметрі. Егер, таужынысында $f \leq 5$ болса біртекті, ал $f \geq 5$ - біртекті емес деп есептеледі.

Талдаудың бірнеше әдістері бар: түйірлері мен бөлшектерінің өлшемдері 0,1 – 10 мм аралығында болса, талдаудың елеуіштік әдісімен,

< 0,1 мм кіші болатын ұсақ фракциялар қалыпты суда тұндыру әдісімен анықталады (48). 8 – кестеде құмға байланысты әрекет ететін диаметрлерді анықтаудың мәндері келтірілген.

8 – кесте

Құмның әрекет ететін диаметрлерін анықтаудың журналы

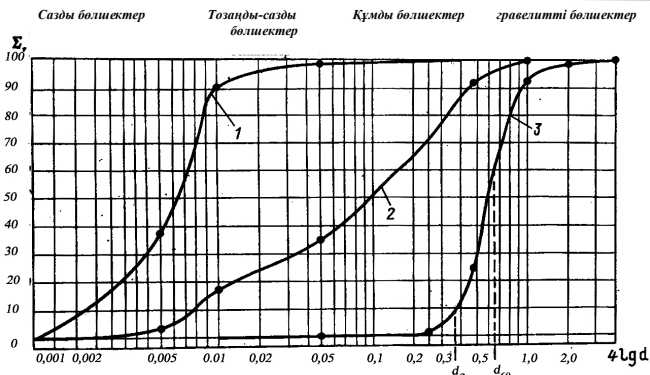
Таужынысы	Фракциялары бойынша гранулометриялық өлшемі, %					Әрекет ету диамет	Біртектілік емес коэфф.
	> 1	1,0 – 0,5	0,5 – 0,25	0,25 – 0,05	< 0,05		
Орта түйірлі құм	6,68	67,23	26,02	0,01	0,06	-	$\frac{067}{0637} = 1,676$
Проценттік өлшемдерінің қосындысы	100	73,32	26,09	0,07	0,06	0,37	

6.1. Мысал есеп

Лабораториялық жолмен құмның механикалық өлшемдері мен әрекет ету диаметрін анықтау.

Шешуі. 1. Салмағы 50 г болатын құмнан алынған үлгіні (сынама) елеуіштер жиынтығы арқылы өткізіп, салмағын өлшейді (өлшеу дәлдігі 0,1 г дейін) де, кезекті есептеулер бойынша әрбір фракцияның проценттік үлестері анықталады. Алынған нәтижелер 8 – кестеге түсіріледі.

2. 8 – кестенің бірінші жолындағы мәліметтер бойынша, солдан оңға қарайғы әрбір фракциялардың проценттік өлшемдерін қосу арқылы кестенің екінші жолы толтырылады, яғни проценттік мөлшерлері 100 % болуы керек.



16 – сурет. Таужыныстарының механикалық өлшемдерінің интегралдық қисығы:
1 – саз; 2 – саздақ; 3 – құм

3. 8 – кестедегі алынған мәліметтер бойынша логарифмдік сызба құрастырылады. Абсцисса осіне зерттеліп отырған фракция бөлшегінің ең үлкен диаметрі, ордината осіне – алдыңғы фракциялардың барлығының проценттегі қосындысы салынады. Фракциялар өлшемдері мен проценттік мөлшерлері арқылы анықталған нүктелер қисықпен қосылады. 16 – суреттен көріп отырғанымыздай, құмдардың механикалық мөлшерлерінің қисығы сызбаның оң жағына, саздар мен саздақтардікі – солға қарай ығысып орналасады.

4. Тиімді (эффeктивті) d_e - диаметрі анықталады. Ол үшін ордината осінен бөлшектің 10 % - ке тең нүктесі алынады да, осы нүктеден қисыққа қарайғы бағытта абсцисса осіне параллель болатын түзу жүргізіледі, түзудің қисықпен қиылысқан жерінен ордината осіне перпендикуляр түсіру арқылы іздеп отырған шама табылады (16 – сурет).

5. Тура осындай жолмен сызба бойынша d_{60} – диаметрінің шамасы анықталып, алынған мәндерді (6.1) формулаға қойып f - біртектілік емес коэффициенті есептеледі. Есептеулерден алынған мәліметтердің барлығы 8 кестеге толтырылады.

6.2. Таужыныстарының кеуектіліктері мен жарықшақтылықтары

Таужыныстарының кеуектіліктері мен жарықшақтары олардың гидрогеологиялық қасиеттеріне ықпал етіп (сүеткізгіштік, ылғал сыйымдылық, суқайтарымдылық және басқалары), жерасты суларының қозғалыстарына да бірқатар әсерін тигізеді.

Кеуектілікті сан түрінде өрнектейтін болсақ, таужынысының қуыстары алып жатқан V_n - көлемінің, таужынысының барлық V - көлеміне немесе таужынысының қатты бөлшектерінің алып жатқан көлеміне қатынасымен келтіруге болады

$$n = \frac{V_n}{V} \cdot \quad (6.2)$$

Бұл шама кеуектілік деп аталады. Сонымен қатар келтірілген кеуектілік немесе ε - келтірілген кеуектілік коэффициенті деген шама қабылданып, ол келесі формуламен өрнектеледі

$$\varepsilon = \frac{n}{(1 - n)} \cdot \quad (6.3)$$

Кеуектіліктерді қуыстары мен жарықшақтарының өлшемдері бойынша негізгі үш топқа бөледі (9 – кесте).

9 – кесте

Таужыныстарының кеуектіліктері бойынша ажыратылуы

Топтары	Өлшемдері, мм	
	Қуыстары	Жарықшақтары
Капиллярлы емес	$> 0,5$	$> 0,25$
Капиллярлы	$0,5 - 0,002$	$0,25 - 0,0001$
Субкапиллярлы	$< 0,002$	$< 0,0001$

Капиллярлы емес қуыстар мен жарықшақтарда жерасты сулары ауырлық күші мен гидростатикалық арын әсерлерінен еркін қозғалыста болады, капиллярлыда – белгілі бір капиллярлы күштер, субкапиллярлыда – сулардың барлығы бір – бірімен молекулалық күштер арқылы байланысып, мүлде қозғалмайды десе де болады.

Кеуектіліктер мен жарықшақтылықтың келесі түрлері ажыратылады: жалпы, ашық, динамикалық және тиімді (эффektivті).

Кеуектілікті зерттеудің әдістері. Таужыныстарының кеуектіліктерін анықтау: а) конструкциялары әртүрлі пьезометрлер мен суға қанықтыру әдістері арқылы лабораторияларда борпылдақ құмды таужыныстарының үлгісі (сынама) бойынша; ә) борпылдақ таужыныстарының тығыздықтары мен көлемдік массасын есептеу арқылы; б) табиғи, өздігінен ашылып жатқан (жартылай жартасты және жартасты таужыныстарының жарықшақтарын зерттеу кезінде) жерлерде далалық жағдайларда көзбен қарау арқылы (визуальды)

жүргізілетін зерттеулер арқылы; г) далалық жағдайда тәжірибелік гидрогеологиялық және геофизикалық зерттеулер арқылы.

Таужынысының тығыздығы мен қаңқасының көлемдік массалары белгілі болғандағы кеуектілік коэффициентін есептеудің формуласын келтірелік

$$n = \left(1 - \frac{\delta}{\Delta}\right) \cdot 100\% \quad (6.4)$$

Таужынысының Δ - тығыздығы қатты бөлшектерінің таужынысының алып жатқан жалпы көлеміне, ал таужынысы қаңқасының δ - көлемдік салмағы, қатты бөлшектер массаларының белгілі кеуектіліктегі таужынысының алып жатқан бүкіл көлеміне қатынасымен анықталады.

6.3. Ылғалдылығы

Ылғалдылықтың түрлері. Табиғи жағдайда таужынысының құрамында әртүрлі мөлшерде кездесетін судың мөлшері *таужынысының ылғалдылығы* деп аталады. Салмақтық және көлемдік ылғалдылықтарды бөлуге болады. Салмақтық ылғалдылық - θ таужыныстарының құрамында кездесетін су массасының құрғақ таужынысының массасына қатынасына тең. Көлемдік ылғалдылық - θ^0 таужыныстарының құрамындағы су көлемінің жалпы массаға қатынасымен анықталады. Салмақтық және көлемдік ылғалдылықтар бір – бірімен келесі қатынастар арқылы байланысады

$$\theta^0 = \theta \cdot \delta_T \quad (6.5)$$

Салыстырмалы ылғалдылық коэффициенті - K^θ таужынысының қуыстарының қандай бөліктерінде судың болатындығын сипаттайды және (2.6) формуламен анықталады, бұл формулада $\theta_K = n$. Таужынысының суға қаныққан белдеміндегі салыстырмалы ылғалдылық бірге тең ($K^\theta = 1$); азрациялану белдемінде 0,01 – 0,9 аралығында өзгереді.

Ылғалдылықты анықтаудың әдістері. Таужыныстарының ылғалдылықтарын анықтау әдістері екі топқа бөлінеді: біріншісі таужынысының құрамынан суды шығарып тастауды негізге алатын лабораториялық анықтаулар; екіншісі таужынысының кеуектерінен суды шығармай анықталатын әдіс, яғни зерттеудің далалық жағдайда орындалатын әдісі (электрліметрлік, электр сыйымдылық, радиоактивтілік және басқалары).

Лабораториялық жағдайда кең таралған зерттеулердің бірі термиялық, бұл кезде алдын – ала салмағы өлшенген таужынысының үлгісін (сынамасын) арнайы термостаттарда (105 °С) ыстық температурада кептіру арқылы таужынысының ылғалдылығын анықтайы

$$\theta = \frac{g_1 - g_2}{g_2 - g_0} \cdot 100\% \quad (6.6)$$

мұнда g_1 - ішінде табиғи ылғалдылықтағы таужынысы бар бюкстің массасы; g_2 - кепкен құрғақ грунты бар бюкстің массасы; g_0 - бос бюкстің массасы.

6. 2. Мысал есеп.

Ылғалдылықты термиялық әдіспен анықтау.

Шешуі. 1. Зерттеліп отырған таужынысының 3 – 10 г мөлшерін техникалық таразыда, 0,01 г дейінгі дәлдікпен өлшенген массасы (g_0) болатын бюкске салып, массасы (g_1) болатын алынған таужынысының үлгісі техникалық таразыда тартылады.

2. Ішінде таужынысы бар бюкс кептіргіш шкафқа немесе термостатқа салынады да, 105⁰С температурада 30 минуттан 6 – 8 сағатқа дейінгі аралықта g_2 - тұрақты массаға жеткенше кептіріледі. Таужынысы кептірілгеннен кейінгі алынған тұрақты масса 10 – кестеге түсіріледі.

4. Ылғалдылық (6.6) формуламен есептеледі.

10 – кесте

Таужынысының ылғалдылығын анықтаудың журналы

Бюкс нөмірі	Бюкс массасы, г	Ішінде ылғалды грунты бар бюкстің массасы, g_1 , г	Ішінде кепкен грунты бар бюкстің массасы, g_2 , г			Ылғалдылық, %
			I	II	III	

6.4 Ылғал сыйымдылық

Ылғал сыйымдылықтың түрлері. Судың біршама мөлшерін жұтуы және бойында ұстап тұру қабілеті таужыныстарының *ылғал сыйымдылығы* деп аталады. Ылғал сыйымдылықтарына байланысты таужыныстары келесі топтарға бөлінеді: ылғал сыйымдылығы жақсы

(шымтезек, саздар, саздақтар); ылғал сыйымдылығы нашар (бор, борпылдақ құмтастар); ылғал сыйымдылығы мүлде болмайтындар (жартасты таужыныстары, құмдар, малтатастар).

Сулардың түрлеріне байланысты ылғал сыйымдылық келесі түрлерге ажыратылады: *толық, капиллярлы, молекулалы және гигроскопиялы*. Алғашқы екеуі еркін, ал соңғы екеуі физикалық байланысқан сулардың мөлшерін анықтайды және бірлік өлшем немесе процентпен өрнектеледі.

Таужыныстарындағы кеуектердің сумен максимальды түрде толығымен қанығуын θ_T – *толық ылғал сыйымдылық* деп атайды. Ұлғал сыйымдылықтың алып жатқан жалпы көлемі кеуектіліктің көлеміне тең болады да 6.4 – формуламен есептеледі. Құмдардың толық ылғал сыйымдылығы лабораториялық жағдайларда қанығу әдісімен анықталады. Саздақты және сазды таужыныстарында сумен қанығу кезінде ісіну процесі жүретіндіктен, олардың жалпы көлемі кеуектердің алып жатқан көлемінен ісіну ылғалдылығына артық болып келеді.

Капиллярлы ылғал сыйымдылық – θ_K деп таужыныстарында капиллярлық күштер әсерінен тартылып тұратын сулардың мөлшерін айтады. Борпылдақ таужыныстарында әсіресе құмдарда кеуектердің көлемдері әртүрлі болатындықтан капиллярлық ылғал сыйымдылықтың мөлшері тік бағытта өзгереді: капиллярлық ылғал сыйымдылық грунт суы деңгейінің жоғарғы жағында толық ылғал сыйымдылықтың мәніне жуық болса, жоғарыға қарай көтерілгенде біртіндеп кемиді де, мәні максимальды молекулалық ылғал сыйымдылыққа жуықтайды.

Максимальды молекулалық ылғал сыйымдылық – θ_{MM} деп (А.В.Лебедев бойынша) таужыныстарының бөлшектерінде молекулалық күштер арқылы тартылып тұратын сулардың максимальды шамаларын айтады.

Сазды таужыныстары капиллярлық күштер, коллоидты байланыстар және басқа да күштердің көмегімен көптеген мөлшердегі суларды ұстап тұра алады. Топырақтануда осындай суларды *далалық ылғал сыйымдылық* – $\theta_{ды}$ деп атап, мөндерін А.А. Роде бойынша процентпен (%) алғанда төмендегідей болады (11 – кесте):

11 – кесте

Роде бойынша далалық ылғалсыйымдылықтың мөндері

Таужыныстарының аттары	Проценттік мөлшерлері, %
Құм	3 – 5
Құмайт	10 – 12
Саздақтар мен саз	12 – 22 және одан да көп

Алевритті құмдардың фракциялары үшін максимальды ылғал сыйымдылық - θ_{MM} (А.В.Лебедев бойынша) 12 – кестеде келтіріледі.

12 – кесте

Алевриттердегі максимальды ылғал сыйымдылық

Фракциялардың диаметрдегі өлшемдері, d , мм	Максимальды молекулалық ылғал сыйымдылық - θ_{MM}
1 – 0,5	1,57
0,5 – 0,25	1,60
0,25 – 0,1	2,73
0,1 – 0,05	4,75
0,05 – 0,005	10,18
0,005 – 0	44,85

θ_{MM} мен $\theta_{ДЫ}$ таужыныстарының құрамы мен олардың меншікті беттеріне тәуелді болып келеді және қандай да бір нақты таужыныстары үшін олардың мөлшерлері тұрақты болып саналады.

А.В.Лебедев бойынша максимальды молекулалық (θ_{MM}) немесе далалық ылғал сыйымдылық ($\theta_{ДЫ}$) қандай да бір таужынысындағы байланысы аздаған су ылғалдылығының еркін суға айналу шекарасын анықтауда қолданылса, ол сонымен қатар осы таужынысының суқайтарымдылық коэффициентін есептеуде де пайдаланылады.

Максимальды гигроскопиялы ылғал сыйымдылық - $\theta_{Г}$. Ауаның құрамында болатын салыстырмалы ылғалдылық 94% - ті құрағандағы таужыныстарының табиғи жолмен бу түріндегі суды бойына сіңіруінің шектік мөлшері максимальды ылғал сыйымдылық деп аталады және нақты таужыныстары үшін оның мәні тұрақты болып келеді (12 – кесте).

Максимальды адсорбцияланған ылғал сыйымдылық – θ_{AD} деп таужыныстарының адсорбциялануы (жүту) арқылы берік байланыста болатын судың мөлшерін айтады.

6.5. Мысал есеп

Лабораториялық жағдайда сумен қанықтыру әдісі арқылы құмды таужынысының ашық кеуектілігі мен толық ылғал сыйымдылығын анықтау.

Шешуі. 1. Техникалық таразыда алдын – ала өлшенген салмағы белгілі бюкске құмды салып жай ғана нығыздап, бетінде судың жұқа пленкасы пайда болғанша ақырындап үстінен су құйып тұрады.

Бюкстегі құмның бетінде судың жұқа қабаты пайда болғаннан кейін, енді ішінде сулы құмы бар бюкс техникалық таразыға тартылады. Алынған мәліметтердің барлығы 10 – кестеге түсіріледі. Қанығу кезінде таужыныстарының кеуектерінен суды шығарып тастау үшін бір жағынан бюретканы енгізіп, ақырындап су құя бастайды. Құмды қанықтыруға кеткен судың мөлшері (шығыны) кестеге түсіріледі.

2. Суға қаныққан құм 105°C температурада кептіргіш шкафқа немесе термостатқа салынады да тұрақты массасына дейін кептіріледі. Кепкеннен кейін таразыға тартып (6.6) формуламен толық ылғал сыйымдылық шамасы анықталады.

3. Барлық таужыныстарының алып жатқан көлемдері - V бюкстің көлемі арқылы анықталып, (6.2) формуламен кеуектілік есептеледі.

6.5 Суқайтарымдылық

Суқайтарымдылықтың екі түрін ажыратуға болады: *гравитациялық және серпімді*. Жерасты суларының қалыптаспаған қозғалысын зерттеуде суқайтарымдылықты білу өте қажет. Бұл шама арқылы сулы горизонттардың суды сыйдырып тұру қасиеттері бағаланады (2 тақырыпты қараңыз).

Гравитациялық суқайтарымдылық - V_c , таужынысының құрамынан ағып шығатын гравитациялық судың нәтижесінде, су деңгейінің ΔH шамасына төмендеген кездегі, таужыныстарының қандай да бір көлемі беретін судың мөлшерімен сипатталады, яғни

$$\mu = \frac{V_c}{F\Delta H} \quad , \quad (6.7)$$

мұнда F - таужыныстарының алып жатқан көлемінің ауданы, м^2 .

Суқайтарымдылық процентпен немесе бірлік өлшеммен өлшенеді. Таужыныстарына қатысты орташа мәндері 13 – кестеде келтіріледі. Суқайтарымдылық уақытқа қатысты өзгеріп отырады, себебі судың ағып шығу процесі тез арада өте шығатын құбылыс емес. Оның шамасы таужыныстарындағы кеуектер мен қуыстардың өлшемдеріне, құрылымдарына және басқа да көптеген қасиеттеріне тәуелді. Қуыстары мен кеуектері, жарықтары үлкен өлшемді таужыныстарының суқайтарымдылықтары да жоғары болып келеді. Сазды ұсақ түйірлі құмдар, құмдақтар, саздақтар және жарықшақтары кішірек таужыныстары суды нашар береді де, суқайтарымдылықтарының аз шамасымен сипатталады (13 – кесте).

Таужыныстарындағы суқайтарымдылықтың шамалары

Таужыныстары	μ , бірлік өлшемдегі
Құмды саздақтар	0,005 – 0,05
Саздақтар	0,05 – 0,10
Құмдар:	
майдатүйірлі	0,10 – 0,15
ұсақтүйірлі	0,15 – 0,20
ортатүйірлі	0,20 – 0,25
ірітүйірлі және қиыршықты	0,25 – 0,35
Жарықшақты өктастар	0,0001 – 0,10
Жарықшақты құмтастар	0,02 – 0,03

Құмдардың суқайтарымдылықтары толық және максималды молекулалық ылғалдылықтың айырмасы арқылы анықталады

$$\mu = \theta_{II} - \theta_{MM} \quad (6.8)$$

Сазды таужыныстары үшін су қайтарымдылық толық және ең аз ылғал сыйымдылықтардың айырмасымен анықталады

$$\mu = \theta_{II} - \theta_{АЫ} \quad (6.9)$$

Егер қабаттың a - деңгей өткізгіштік коэффициентінің шамасы белгілі болса, гравитациялық суқайтарымдылықты μ - шамасына салыстырмалы түрде (2.7) формуламен анықтауға болады

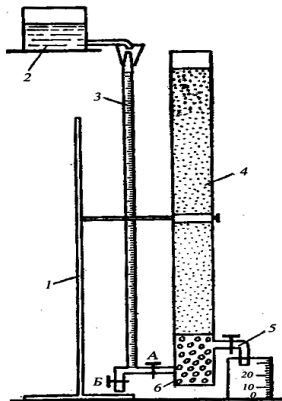
$$\mu = \frac{T}{a} \quad (6.10)$$

Лабораториялық жағдайларда құмды таужыныстары үшін гравитациялық суқайтарымдылық Н.Н.Биндеман ұсынған аспаппен анықталады (17 – сурет).

Аспап биіктігі 1,5 – 2 м, диаметрі 3 – 4 см болатын шыны немесе алюминий түтіктен тұрады. Түтіктің төменгі жағында суды ағызатын шүмек пен екі қысқышы бар пьезометр орналасады. A - қысқыш пьезометрді түтіктен ажыратады, B – қысқыш пьезометрден суды жіберуге арналған. Суқайтарымдылық түтіктен еркін ағып шығатын судың көлемімен анықталады. Судың көлемі пьезометрдегі су деңгейінің төмендеуіне сәйкес есептеледі.

Суқайтарымдылық шамасының есептелу формуласы

$$\mu = \frac{z}{\Delta h - h_K} \quad (6.11)$$



17 – сурет. Сукайтарымдылықты анықтауға арналған аспаптың сұлбасы (Н.Н.Биндеман бойынша): 1 – штатив; 2 – арын бергіш ыдыс; 3 – қысқышы бар пьезометр; 4 – түтік; 5 – суды ағызатын шүмек; 6 – қиыршықты сүзгі

мұнда h_K – судың капиллярлы көтерілу биіктігі; Δh – түтіктен ағып шығатын,

Z – су қалыңдығына байланысты пьезометрдегі су деңгейінің төмендеуі

$$z = \frac{V}{F} \quad , \quad (6.12)$$

мұнда V - түтіктен ағып шығатын судың көлемі; F - түтіктің көлденең қимасының ауданы.

6.6. Мысал есеп.

Лабораториялық зерттеулердің мәліметтері бойынша сукайтарымдылық шамасын есептеп, 14 – кестедегі берілген мәндер бойынша (6.8) формуланы пайдаланып құмның гравитациялық сукайтарымдылығын есептеу.

Шешуі. 1. 14 – кестеге сәйкес салмақтық толық ылғал сыйымдылықтың шамасы 16.3 %, ал $\delta = 1,8 \text{ г/см}^3$, $\theta_{II} = 29,3\%$ немесе бірлік өлшемде $\theta_{II} = 0,29$ шамасына тең кезінде көлемдік ылғал сыйымдылық (6.5) формула бойынша есептеледі. Салмақтық максималды молекулалық ылғал сыйымдылық 2% құрағанда, көлемдік

ылғал сыйымдылық 3,6% немесе бірлік өлшемде жуықтап алатын болсақ 0,04 шамасын құрайды.

2.(6.8) формула арқылы μ - құмның суқайтарымдылығы анықталады $\mu = 0,29 - 0,04 = 0,25$. Таужынысының әрбір үлгісіне (сынамасына) байланысты μ - құмның суқайтарымдылығын есептеп, эпюра құрастырылады.

14 – кесте

Капиллярлы және максимальды молекулалық ылғал сыйымдылықтарды есептеудің журналы

Үлгі (сынама) нөмірі	Үлгіні (сынаманы) төменнен жоғарыға қарай алу биіктігі, см	Салмақтық ылғалдылық, %	Ылғалдылық белдемі (зонасы)	Ылғал сыйымдылықтың түрлері және шамасы, %
1	90	2,05	Тұрақты ылғалдылық белдемі (зонасы)	Максимальды молекулалық ылғалдылық, 2 %
2	80	2,01		
3	70	1,94		
4	60	1,99		
5	50	2,10		
6	40	2,34	Ауыспалы ылғалдылық белдемі (зонасы)	Капиллярлы 2,4 – 16,3 % аралығында
7	30	6,51		
8	20	16,17		
9	10	16,32	Ең көп ылғалдану белдемі	Толық, 16,3 %
10	0	16,25		

6.6. Таужыныстарының сумен қанығуының тапшылығы (суды жұтуы)

Сумен қанығудың тапшылығы - $\mu_{Ж}$ немесе ылғалдылық дефициті деп θ_T - толық ылғал сыйымдылық пен $\theta_{ТАБ}$ - табиғи ылғалдылықтың айырмасын айтады

$$\mu_{Ж} = \theta_T - \theta_{ТАБ} \quad (6.13)$$

есептеулерде θ_T - толық ылғал сыйымдылық шамасының орнына n - кеуектілік шамасын пайдалануға да болады.

Кез келген таужынысының сумен қанығуының тапшылығы кеңістік пен уақыт бойында бірқатар өзгерістерге ұшырап, $\theta_{ТАБ}$ - табиғи ылғалдылық шамасының өзгеруіне тәуелді болып келеді. 3 – 5 метрден артық болатын тереңдіктердегі аэрациялану белдемінің таужыныстарындағы табиғи ылғалдылықтың өзгеруі онша көп емес, сондықтан сумен қанығудың тапшылығы мен су қайтарымдылық

шамалары бір – біріне тең болып келеді. Таужыныстарының сумен қанығуының тапшылығы лабораториялық зерттеулермен анықталады.

6.7. Таужыныстарының капиллярлық қасиеттері

Судың капиллярлық көтерілулерінің биіктігі мен жылдамдығы. Таужынысын толығымен суландырған кезде, судың тығыздығына байланысты капиллярлық көтерілу биіктігі келесі формуламен анықталады

$$h_R = \frac{2a^2}{d} \quad (6.14)$$

мұнда a^2 - капиллярлық тұрақтылық; d - капиллярдың диаметрі. Лапластың формуласы бойынша

$$a^2 = \frac{2\alpha}{\Delta_c}, \quad (6.15)$$

мұнда α - беттік керілу коэффициенті.

Таужыныстарының кеуектері неғұрлым кішірек болған сайын, капиллярлық көтерілу биіктігінің шамасы соғұрлым көбірек болады (15 – кесте).

15 – кесте

Әртүрлі таужыныстарының орташа капиллярлы көтерілу биіктіктері

Таужынысы	Капиллярлы көтерілу биіктігі, h_K , см	Максималды көтерілуге қажетті күндердің саны
Күм:		
Ірітүйірлі	3,0 – 12,0	80
Ортатүйірлі	12,0 – 35,0	180 – 188
Ұсақтүйірлі	35,0 – 120,0	188 – 160
Күмдақ	120 – 350	160 – 475
Саздақ	350 – 650	–
Жеңіл саз	650 – 1200	–

Таужынысын суландыру құбылысы беттік керілу күшінің әсерінен, капилляр қабырғаларындағы су бетінің ойыстануына әкеледі (19 – сурет). Ойыс меннискінің астыңғы жағынан P_0 - жазық бет қысымынан кем болатын P_1 - беттік қысым қалыптасады:

$$P_0 - P_1 = \frac{2\alpha}{R}, \quad (6.16)$$

мұнда R - менниск қисығының (ойысының) радиусы.

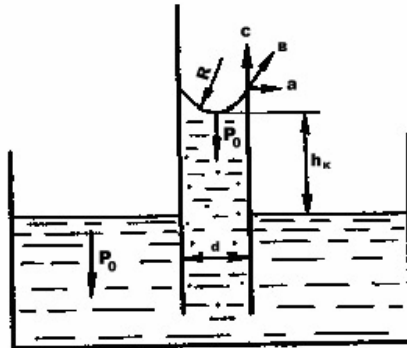
Суды капиллярға сығатын қысымның мұндай айырмашылығы *теріс капиллярлы қысым* деп аталады және бұл қысым капиллярдағы судың биіктігімен теңескенше көтеріле береді (19 – сурет).

Судың капиллярлы көтерілу жылдамдығы таужыныстарындағы кеуектердің өлшемдеріне, яғни гранулометрлік құрамдарына байланысты болып келеді де, максимальды мәні ірітүйірлі құмдарда және минимальдісі – саздақтар мен сазды таужыныстарында болады. Құмда капиллярдың шекті көтерілу биіктігі тез жүреді, ал саздақтар мен құмдақтарда 20 – сурет пен 16 – кестеден көрініп тұрғандай, бұл процесс бір немесе бірнеше жылға дейін созылады. Капиллярдың көтерілу биіктігінің жылдамдығын анықтайық

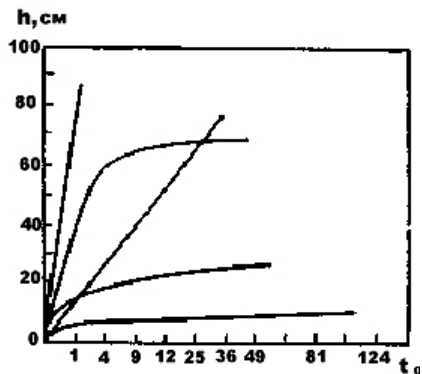
$$u = \frac{k_c}{n} \cdot \frac{h_k - h}{n}, \quad (6.17)$$

мұнда k_c - 8 – кесте. Фракциялардың проценттік мөлшерлері табиғи ылғалдылық – ($\theta_{ТАБ}$) кезіндегі “құрғақ” таужынысының ылғал өткізгіштік коэффициенті; h - бақыланған биіктік. Таужынысының суды көтеру қабілетіне ылғалдылығы, температурасы, тұздардың болуы және басқа да көптеген факторлар тікелей әсер етеді.

Судың капиллярлы қасиеттерін зерттеуде негізгі екі әдісті атауға болады: 1) арнайы аспаптар қолданылатын лабораториялық; 2) арнайы тәжірибелік – сүзілулік жұмыстар жүргізілетін және тік қазбалардың (шурф) қабырғаларын көзбен көру арқылы жасалатын далалық.

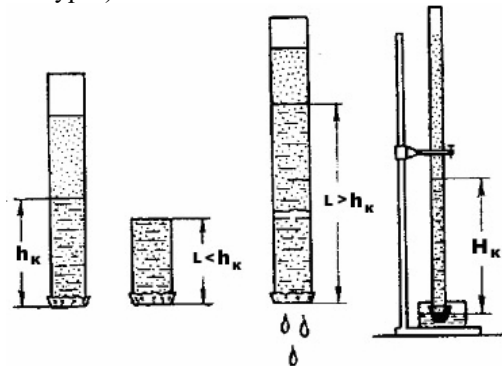


18 – сурет. Судың капиллярлы көтерілуі кезінде әсер ететін күштер



19 – сурет. Капиллярлы көтерілулердің сызбадағы қисықтары
Бөлшек өлшемдері, мм: 1) $< 0,01$; 2) $0,01 - 0,05$; 3) $0,05 - 0,1$; 4) $0,25 - 0,5$; 5) $0,5 - 1,0$

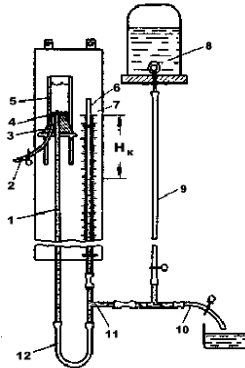
Құмды таужыныстарындағы сулардың капиллярлы көтерілу жылдамдықтарын лабораториялық жағдайда түтік арқылы жүргізілетін бақылаумен (20 – сурет) және арнайы жасалған – капилляриметрлер жүйесі деп аталатын Г.Н.Каменскийдің аспабымен анықтайды (21 – сурет).



20 – сурет. Таужыныстарының капиллярлық қасиеттерін зерттеуге арналған аспаптар

Каменскийдің капилляриметр биіктігі 10 см, диаметрі 3 - см болатын, ағашқа бекітілген миллиметрмен бөлінген шкаласы (7) бар цилиндрден (5) тұрады. Цилиндрдің төменгі жағында металлдан жасалған торкөз (сетка) (4) орналасады. Цилиндрдің төменгі жағы резеңкеден дайындалған екі тесігі бар тығынмен (3) бекітіледі:

резеңкедегі тесіктің бірі ауа кіретін түтікті қосуға, екіншісі – шыны түтік (1), резеңкеден дайындалған түтік (12) және үшбасты (тройник) түтік (11) арқылы шыныдан дайындалған, шкаланың қасына бекітілген түтікке (6) қосу қызметін атқарады. Үшбасты (тройник) түтікке қысқышы бар су ағызатын түтік (10) және арын бергіш ыдыстан (8) су жіберетін түтік (9) бекітіледі. Су және ауа жіберетін түтіктерге қысқыш орнатылады. Шыны мен резеңкеден дайындалатын түтіктердің диаметрлері 0,8 см артық болмауы керек, ал ұзындығы зерттеліп отырған таужынысына байланысты қабылданады.



21 – сурет – Каменскийдің капилляриметрі

6.8 Таужыныстарының сүеткізгіштіктері

6.8.1 Өткізгіштік және оны зерттеудің тәсілдері

Арын градиенті болған кезде, еркін суларды бойынан өткізу қабілетін таужынысының сүеткізгіштігі деп атайды. Сандық мөлшері k - сүзілу коэффициентімен анықталып, тәулігіне метрмен (м/тәу) немесе секундына сантиметрмен (см/сек) өлшенеді.

Бұл арынды градиенттің шамасы бірге тең болғандағы ($I = 1$) сүзілу жылдамдығы,

$$k = \frac{v}{I} . \quad (6.18)$$

Сүзілу коэффициентінің (k) шамасы таужынысындағы сұйықты сүзіп өткізетін кеуектер мен қуыстардың өлшемдеріне және олардың құрылымдарына байланысты болып келеді. Қандай да бір таужынысы

арқылы температуралары әртүрлі сулар, тұздықтар, газдар, мұнайлар сүзіліп өткен кезде, сүзілу коэффициентінің мәні әрқалай болып өзгереді де, есептеулер кезінде бірқатар қиындықтар тудырады. Сондықтан, кез келген градиент кезінде, таужынысының әртүрлі сұйықтарды бойынан өткізу қабілеті *өткізгіштік* деп аталады. Сандық мәні k_o - өткізгіштік коэффициентімен сипатталады. Ол тек кеуектер таралатын құрылымдардың өлшемдеріне ғана байланысты.

Сүзілу және өткізгіштік коэффициенттері келесі тәуелділікте болады

$$k = k_o \frac{\Delta_c}{\mu_g} = k_o \frac{g}{v} , \quad (6.19)$$

мұнда Δ_c - судың тығыздығы; μ_g - тұтқырлықтың динамикалық коэффициенті; g - еркін түсу үдеуі; v - тұтқырлықтың кинематикалық коэффициенті. Өткізгіштіктің СИ жүйесіндегі өлшем бірлігі $k_o = \text{м}^2$.

Өткізгіштіктің түрлері: абсолюттік немесе физикалық, эффективтік немесе фазалық және салыстырмалы. Біртекті сұйыққа немесе газға анықталатын өткізгіштік *абсолюттік* деп аталады. Қандай да бір фазаны анықтау кезінде, анықталатын фазаның құрамында (газ немесе сұйық) басқа да фазаның болуы *фазалық* өткізгіштік деп аталады. *Салыстырмалы* өткізгіштік - \bar{k} қандай да бір фазаға байланысты ортаның фазалық өткізгіштігінің абсолюттік өткізгіштікке қатынасымен анықталады. 22 – суретте k_{bl} - салыстырмалы ылғал тасымалдану коэффициентінің азрациялану белдеміндегі таужыныстарының $\bar{\theta}$ -салыстырмалы көлемдік ылғалдылық коэффициентіне байланысты болатын өзгеру сызбасы келтірілген

$$\bar{k}_{bl} = \frac{k_{bl}}{k} , \quad (6.20)$$

бұл жерде салыстырмалы ылғалдылықты анықтасак

$$\bar{\theta} = \frac{\theta_{TAB}}{\theta_o} , \quad (6.21)$$

мұндағы \bar{k}_{bl} - ылғал тасымалдану, k -сүзілу коэффициенттері.

Сүзілу және өткізгіштік коэффициенттері жерасты суларының қозғалыстарына байланысты кез келген гидрогеологиялық міндеттерді шешуде негізгі есептеу көрсеткіштері болып саналады.

Сүзілу коэффициентін анықтаудың әдістері: 1) далалық гидрогеологиялық; 2) лабораториялық; 3) есептеу; 4) далалық геофизикалық.

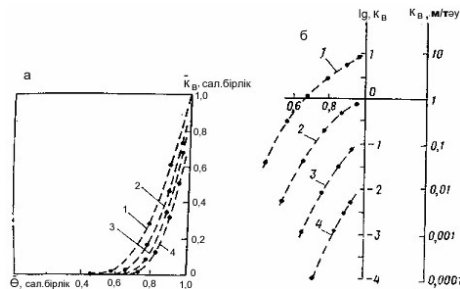
Таужынысының табиғи орналасқан қабатын далалық жағдайда зерттеу үшін, құны өте жоғары толығымен жаракталған ұнғымалар бұрғылануы керек. Және де мұндай жолмен анықталатын мөндер учаске бойынша зерттелетін таужыныстарының орташа көрсеткіштерін ғана береді.

Лабораториялық және есептеу әдістері өте қарапайым және арзан, сонымен қатар толық анықтаулар жүргізуге мүмкіндік береді, яғни:

1) жекелеген таужыныстары үлгілерінің (сынама) сүзілу коэффициенті;

2) минимальді және максимальді нығыздау кезінде құрылымдары бұзылатын құмды таужыныстарының және құрылымдары бұзылмайтын саздар мен саздақтар үлгілеріне (сынамаларына) жүргізілетін зерттеулер; 3) эмпирикалық формулалар әсер ететін факторлардың барлығын ескермейді; 4) көптеген лабораториялық аспаптардың конструкциялары жетілдірілмеген: яғни, таужынысы үлгісінен (сынамасынан) толығымен шығарылып тасталмайтын ауа және басқалары тәжірибенің сапасын төмендетеді. Таужыныстарының кейбір жекелеген көрсеткіштерін анықтауда лабораториялық әдіс өте тиімді:

1) таужынысының шағын қабатының сүзілу қасиеттерін; 2) үстінен күш түсірген кезде (жүктеме) судың минералдылығы, температурасы және басқа да көрсеткіштеріне тәуелді болатын сүзілу коэффициентінің өзгеруі.



22 – сурет. Ылғалтасымалданудың k_{Bl} - салыстырмалы коэффициентінің (а) және

$\lg k_{Bl}$ (б), θ - салыстырмалы ылғалдылыққа байланысты, $k_{Bl} = \theta^{3.5}$ формуласы

бойынша құрастырылған тәуелділіктерінің типтік қисығы.

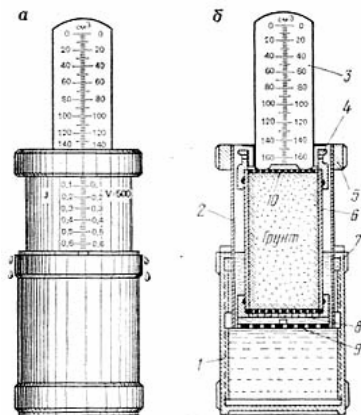
Таужыныстары: 1 – құм; 2 – құмдақ; 3 – саздақ; 4 – құмды саз

6.8.2 Таужынысының сүзілу коэффициентін анықтау

Лабораториялық тәсілдер. Сүзілу коэффициентін (k) анықтаудың екі жолы бар: 1) зерттеліп отырған таужынысының үлгісіне сырттан берілетін қысымды ескермейтін; 2) тәжірибе кезінде қосымша қысым беру жолымен, үлгінің кеуектілігін сақтап, тұрақты етіп ұстап тұратын сырттан берілетін қысымды ескеретін.

Онша ісінбейтін, байланыспаған құмды және байланысқан саздақты таужыныстарының сүзілу коэффициенттерін анықтауда бірінші тәсіл қолданылады. Каменскийдің, Спецгео, КФЗ (23 – сурет) (Знаменскийдің аспабы) аспаптарын пайдаланады. Каменскийдің түтігі арқылы тек құмды таужыныстарының сүзілу коэффициенті анықталады. Ал басқа аспаптарда тәжірибені құм, саздақ және басқа да таужыныстарына жүргізуге болады.

Байланысқан саздақты және сазды таужыныстарының сүзілу коэффициенттерін анықтауда екінші тәсіл қолданылады. Тәжірибелер таужынысының табиғи жағдайдағы құрылымдары мен алып жатқан көлемдерін сақтай отырып ПВ, Коломенский аспаптарының көмегімен монолиттерде жүргізіледі.



23 – сурет. КФЗ аспабы (*а* – жалпы түрі; *б* – кимадағы түрі). Суретте: 1, 2 – сыртқы және ішкі телескопиялық цилиндр; 3 – шкаласы бар Мариотт ыдысы; 4 – серіппе (пружина) арқылы бекітілетін қақпақ; 5 – Аспаптың бетін жабатын қақпақ; 6 – зерттелетін грунт салынған кескіш стакан; 7 – тәжірибе кезінде цилиндрдің шетінен грунтқа су жіберілетін тесік; 8 – кескіш стакан орналасатын төменгі торлы қақпақ; 9 – ішкі цилиндрдің төменгі торлы түбі.

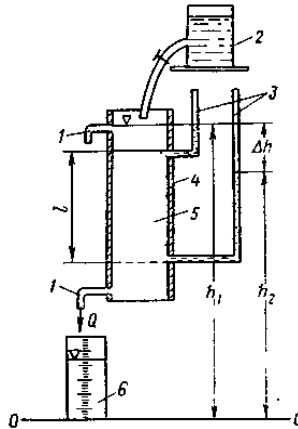
Судың қалыптасқан қозғалысы кезіндегі сүзілу коэффициенті принципті сұлбадағы Дарси аспабымен анықталады (24 – сурет). Су шығынының шамасы уақытқа қатысты жиналған ΔV_C - судың көлеміне қатысты болып келеді

$$Q = \frac{\Delta V_C}{t} \quad (6.22)$$

Судың қалыптаспаған қозғалысы кезіндегі сүзілудің негізгі теориялық тұжырымы Г.Н.Каменскийдің аспабымен орындалады (25 – сурет). Есептеу формуласын жазсақ, ол келесідей болады

$$k = \frac{l}{t} \ln \frac{h_0}{h_0 - S} = \frac{l}{t} \varphi \left(\frac{S}{h_0} \right) \quad (6.23)$$

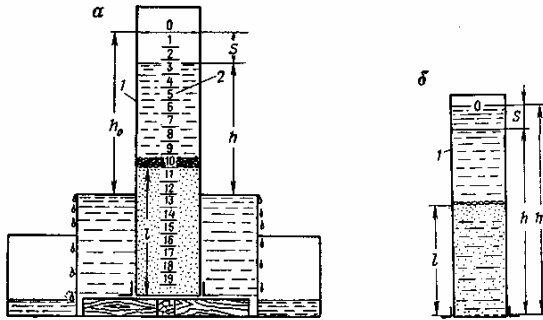
мұнда $\varphi \left(\frac{S}{h_0} \right)$ - 16 – кесте бойынша анықталатын функция; l - үлгінің ұзындығы (сүзілу жолы); h_0 - бастапқы арын; S - t уақыт аралығындағы су деңгейінің төмендеуі.



24 – сурет. Дарси аспабының сұлбасы (калыптасқан қозғалыс үшін)
 1 – су ағызатын түтіктер; 2 – арын бергіш ыдыс (бачок); 3 – пьезометрлік түтік;
 4 – жұмыс істеуге арналған цилиндр; 5 – зерттеліп отырған грунт;
 6 – ағып шыққан суды өлшейтін ыдыс.

$\varphi \cdot \left(\frac{S}{h_0} \right)$ функциясының мәні

$\left(\frac{S}{h_0} \right)$	$\varphi \cdot \left(\frac{S}{h_0} \right)$	$\left(\frac{S}{h_0} \right)$	$\varphi \cdot \left(\frac{S}{h_0} \right)$	$\left(\frac{S}{h_0} \right)$	$\varphi \cdot \left(\frac{S}{h_0} \right)$	$\left(\frac{S}{h_0} \right)$	$\varphi \cdot \left(\frac{S}{h_0} \right)$
0,00	0,00	0,25	0,288	0,50	0,693	0,75	1,386
0,01	0,010	0,26	0,301	0,51	0,713	0,76	1,427
0,02	0,020	0,27	0,315	0,52	0,734	0,77	1,470
0,03	0,030	0,28	0,329	0,53	0,755	0,78	1,514
0,04	0,040	0,29	0,346	0,54	0,777	0,79	1,561
0,05	0,051	0,30	0,357	0,55	0,799	0,80	1,609
0,06	0,062	0,31	0,371	0,56	0,821	0,81	1,661
0,07	0,073	0,32	0,385	0,57	0,844	0,82	1,715
0,08	0,083	0,33	0,400	0,58	0,868	0,83	1,771
0,09	0,094	0,34	0,416	0,59	0,892	0,84	0,838
0,10	0,105	0,35	0,431	0,60	0,916	0,85	1,897
0,11	0,117	0,36	0,446	0,61	0,941	0,86	1,966
0,12	0,128	0,37	0,462	0,62	0,957	0,87	2,040
0,13	0,139	0,38	0,478	0,63	0,994	0,88	2,120
0,14	0,151	0,39	0,494	0,64	1,022	0,89	2,207
0,15	0,163	0,40	0,51	0,65	1,055	0,90	2,303
0,16	0,174	0,41	0,527	0,66	1,079	0,91	2,408
0,17	0,186	0,42	0,545	0,67	1,109	0,92	2,526
0,18	0,196	0,43	0,562	0,68	1,139	0,93	2,659
0,19	0,210	0,44	0,580	0,69	1,172	0,94	2,813
0,20	0,223	0,45	0,598	0,70	1,204	0,95	2,996
0,21	0,236	0,46	0,616	0,71	1,238	0,96	3,219
0,22	0,248	0,47	0,635	0,72	1,273	0,97	3,507
0,23	0,261	0,48	0,654	0,73	1,309	0,98	3,912
0,24	0,274	0,49	0,673	0,74	1,347	0,99	4,605



25 – сурет. Г.Н.Каменскийдің құмның сүзілу коэффициентін анықтауға арналған аспабы (түтігі) (а - ірітүйірлі; б - ұсақтүйірлі)

6.8.3 Эмпирикалық формулалар бойынша сүзілу коэффициентін анықтау

Эмпирикалық формулалар арқылы орындалатын есептеулер сүзілу коэффициентінің шамасына әсерін тигізетін таужынысының механикалық құрамдарының, кеуектіліктерінің, бөлшектердің меншікті беттерінің, сүзілетін судың тұтқырлығы мен басқа да көптеген көрсеткіштерін пайдалануға негізделген. Солардың ішіндегі белгілілері Хазен, Сливтер, Замарин және басқаларының формулалары. Мұндай анықтауларды көбінесе біртекті немесе құмды таужыныстарына ғана жүргізуге болады.

Хазен формуласын жазып көрелік

$$k = C \cdot \tau \cdot d_e^2 \quad (6.24)$$

мұнда C - грунттың біртектілігі мен кеуектілігіне қатысты болатын эмпирикалық коэффициент; d_e - логарифмдік сызба бойынша анықталатын (16 – сурет) эффективті диаметр. (6.24) формула $f \leq 5$; $0,1\text{мм} < d_e < 3\text{мм}$ шарты орындалған кезде тиімді. Эмпирикалық коэффициент – C анықталған мөлшерлері: таза біртекті құмдарда 1200; тығыз біртекті емес құмдарда 400; ортатүйірлі біртекті құмдарда 800. Эмпирикалық коэффициент таужынысының кеуектілігіне байланысты келесі формуламен есептелуі мүмкін

$$C = 400 + 40 \cdot (n - 26) \quad (6.25)$$

6.7. Мысал есеп

17 – кестенің мәліметтерімен 6.1 есепті пайдалана отырып Хазеннің формуласы бойынша құмның сүзілу коэффициентін есептеу. Құмның кеуектілігі $n = 0,36$. Аэрациялану белдеміндегі таужыныстарының температурасы 10^0C .

Шешуі. 1. Құмның механикалық құрамының қисығы бойынша (16 – сурет) тиімді (эффektivті) диаметрдің шамасы анықталады, яғни $d_e = 0,37\text{ мм}$. d_{60} - диаметріндегі өлшемді тауып, (6.1) формула бойынша f - біртектілік емес шамасы есептеледі де, ол $f = 1,76$ құрайды.

2. Хазен формуласының қолданылу шектері тексеріледі. Тиімді диаметр - d_e бойынша алатын болсақ; $3\text{ мм} > 0,37\text{ мм} > 0,1\text{ мм}$ және f - біртектілік емес шамасы бойынша алсақ $1,76 < 5$, яғни формуланың қолданылу шектерін қанағаттандырады.

3. Эмпирикалық коэффициент – C (6.25) формуламен есептеледі

$C = 400 + 40(36 - 26) = 800$. Температураға байланысты болатын

түзету анықталады, $t = 10^0\text{C}$ кезінде $\tau = 1$.

4. (6.24) формула бойынша сүзілу коэффициенті есептеледі:
 $k = 800 \cdot 1 \cdot 0,637^2 = 112,3\text{ м/тәулік}$.

6.8. Мысал есеп

Павловецтің әдісі бойынша гранулометриялық құрамдары келесідей болатын құмдардың сүзілу коэффициентін анықтайық: 1 – 0,5 мм 27 %; 0,5 – 0,25 мм 30 %; 0,25 – 0,1 мм 30 %; 0,1 – 0,05 мм 10 %; 0,05 – 0,01 мм 3%. Грунт қаңқасының көлемдік салмағы – $1,8\text{ г/см}^3$, кеуектілігі – 0,32.

Шешуі. 1. Құм бес фракцияның жиынтығынан тұрады. 16 – кестенің мәліметтерін пайдалана отырып анықталатындары: $K_1 = 26$; $K_2 = 49,5$; $K_3 = 20,8$; $K_4 = 17$; $K_5 = 23$.

2. $k_5 = 4,8 \cdot 10^{-7} \cdot 26 \cdot 49,5 \cdot 20,8 \cdot 17 \cdot 23 = 5\text{ м/тәулік}$.

k_i шамасын анықтауға қажетті есептеу мәндері

Құмның тығыздығы Δ , г/см ³	Таужыныстарының фракциялары бойынша гранулометриялық мөлшерлері, %												
	k_1	> 0,5	k_2	0,25- 0,1	k_3 , %	0,1 – 0,05	k_4 , %	0,05 – 0,01	k_5 , %	0,01 – 0,005	k_6 , %	<0,005	k_7 , %
1,54	170,0	1	37,0	1	36,0	0,5	35	0,1	36,5	0,1	36,4	0,1	36,7
1,55	158,5	2	37,5	2	35,4	1	33,8	0,25	35,4	0,25	35,2	0,25	35,0
1,56	149,0	5	39,5	5	33,0	2	31,4	0,5	33,6	0,5	33,0	0,5	32,8
1,57	136,5	10	41,5	10	39,4	5	24,8	1	30,8	1	29,4	1	27,8
1,58	126,0	15	44,0	15	26,8	10	17,0	1,5	28,2	1,5	25,4	1,4	23,4
1,59	114,5	20	46,5	20	24,4	15	11,2	2	25,4	2	22,2	1	20,0
1,60	103,0	25	49,0	25	22,4	20	7,0	3	23,0	2,5	20,0	2,5	17,0
1,61	92,0	30	51,8	30	20,8	26	6,2	4	20,2	3	17,8	3	14,6
1,62	80,5	35	54,5	35	19,4	30	5,4	5	18,0	4	14,8	4	12,0
1,63	71,0	40	57,5	40	18,2	35	4,9	6	15,8	5	12,4	5	10,0
1,64	62,5	45	60,5	45	17,2	40	4,2	7	14,0	6	10,6	6	8,3
1,65	55,5	50	63,0	50	16,2	45	3,9	8	12,0	7	9,1	7	7,3
1,66	51,0	55	66,5	45	15,2	50	3,4	9	10,2	8	7,7	8	6,2
1,68	42,5	60	70,0	60	14,4	55	3,0	10	8,6	9	6,6	9	5,2
1,70	36,5	63	73,5	63	13,6	60	2,7	11	7,0	10	5,7	10	4,4
1,72	32,0	70	76,7	70	12,8	65	2,3	12	6,0	11	4,8	11	3,7
1,76	28,0	75	80,0	75	12,2	70	2,0	13	4,8	12	4,1	12	3,0
1,78	27,0	80	83,5	80	11,5	75	1,5	14	4,2	13	3,5	13	2,6
1,80	26,0	85	81,0	80	11,0	80	1,3	15	3,8	14	3,0	14	2,2
1,82	25,0	90	92,0	90	10,5	90	1,0	20	1,6	15	2,6	15	2,0
1,84	27,0	95	96,0	95	10,0	95	0,8	25	0,6	17	-	17	-
1,88	22,5	100,0	100,0	100	8,9	100	0,65	30	0,08	10	-	20	-

Ескерту. Жартылай қалың шрифтпен берілген мәндер, 6.8 есепті шығаруда пайдаланылады.

6.9. Қабаттардың коллекторлық қасиеттері

Гравитациялық немесе қабаттың серпімді күшінің әсерінен ағатын суды өзінің бойы арқылы өткізіп, басқа қабаттарға қарай жіберетін таужыныстарының қабаты *коллектор* деп аталады. Коллекторлардың түрлері: кеуекті (қуысты), жарықшақты және қуысты – жарықшақты, түзілуі бойынша – терригенді, хемогенді және басқалары.

Таужыныстарының коллекторлық қасиеттері, қабаттың сүзілу және суды сыйғызу қасиеттерін бірге алып сипаттайды. Гидрогеологиялық жүйедегі сияқты қабаттың суды бойынан өткізуі мен сыйғызу қабілеттерін тұтасымен алып қарайды. Таужыныстарының суды өткізу қасиеттерінің негізгі көрсеткіштері *T* - сүеткізгіштік пен *a* - деңгей- немесе пьезоөткізгіштік коэффициенттері. Екеуінің де өлшем бірліктері тәулігіне шаршы метрмен өлшенеді ($m^2/тәулік$). 18 – кестеде таужыныстарының гравитациялық сыйымдылық шамалары бойынша жіктеулері келтірілген.

18 – кесте

Таужыныстарының гравитациялық сыйымдылық шамалары бойынша сыныптауы

Таужыныстарының топтары	Сыйымдылық қасиеттері	Борпылдақ таужыныстары		Жарықшақты таужыныстары	
		μ	Мысал	μ^*	Мысал
1	Өте жоғары	0,3 – 0,2	Ірі түйірлі құмдар, кныршықты құм	0,15 – 0,1	Қуысты, күшті жарықшақтанған әктастар
2	Жоғары	0,2 – 0,1	Ортатүйірлі құмдар	0,1 – 0,005	Күшті жарықшақтанған әктастар, құмтастар
3	Орташа	0,1 – 0,01	Ұсақ түйірлі құмдар	0,05 – 0,01	Жарықшақты құмтастар, алевролиттер, әктастар
4	Әлсіз	0,05 - 0,01	Құмдақтар, саздақтар	$10^{-2} - 5 \cdot 10^{-3}$	Жарықшақты метаморфтық жанартаулық таужыныстары
5	Мүлде болмайды	0,01	Саздар	$5 \cdot 10^{-3}$	Әлсіз жарықшақтанған таужыныстары

19 – кестеде грунт және арынды сулы горизонттарға тән көрсеткіштердің мәндері келтірілген. Бұл кестеден шығатын тұжырым грунт пен арынды сулардың сүзілгіштік қасиеттері бірдей болғанмен де, суды сыйдыру қасиеттері үш – төрт ретке дейін өзгеше болып келеді. Сондықтан, грунт суларының суды сыйдыру қоры арынды суға қарағанда мыңдаған есе артық болып келеді және сутарту барысы, арынды суларға қарағанда грунт сулы горизонтына оншалықты әсер етпейді.

19 – кесте

Құм және жарықшақты әктастардан тұратын сулы горизонттардың коллекторлық қасиеттерінің көрсеткіштерін сипаттайтын мәндері

Сулы горизонт	Коллекторлық қасиеттерінің көрсеткіштері					
	m , м	k , м/тәу	μ	μ^*	T , м ² /тәу	a , м ² /тәу
Грунт сулары	10 – 20	5 – 10	0,1 – 0,25	–	50 – 200	$n \cdot 10^2 - n \cdot 10^3$
Арынды сулар	10 – 100	5 – 10	-	10^{-4}	50 – 1000	$n \cdot 10^5 - n \cdot 10^7$

20 – кестеде коллекторлық қасиеттері бойынша қабаттардың жіктеуінде негізгі үш коллекторды ажыратуға болады.

20 – кесте

Коллекторлық қасиеттері бойынша қабаттардың жіктелуі

Коллекторлық қасиеттері	Грунт сулары ($m = 10$ м)				Арынды сулар ($m = 50$ м)			
	k , м/тәу	μ	T , м ² /тәу	a , м ² /тәу	k , м/тәу	μ^*	T , м ² /тәу	a , м ² /тәу
Жоғары	≥ 10	$\geq 0,1$	≥ 100	$\geq 10^3$	≥ 10	$\geq 10^{-4}$	≥ 500	$\geq 10^5$
Орташа	10	0,1 – 0,5	100 - 10	$10^3 - 10^2$	10 - 1	$10^{-5} - 10^{-6}$	500 - 50	$10^6 - 10^7$
Төмен	< 1	< 0,05	< 10	< 10^1	< 1	< 10^{-6}	< 50	> 10^7

6.10. Лабораториялық мәліметтерді өңдеу

Жүргізілген зерттеулер барысында алынған лабораториялық мәліметтерді өңдеу туралы қысқаша түсінік. Сулы және су – физикалық қасиеттер туралы алынған лабораториялық мәліметтер кез келген гидрогеологиялық ақпараттар сияқты бірінші және екінші

кезектегі өңдеулерден өтеді. Мұндай өңдеулердің орындалуы мен мазмұны (8) оқу құралында өте жақсы талданған.

Бірінші кезектегі талдауға жататындары: 1) алынған ақпараттардың сапасына талдау жасау; 2) әсер ететін факторларға байланысты алынған мәліметтерді белгілі бір тәртіппен орналастырып, қорытынды кесте құрастыру.

Екінші кезектегі өңдеуге жататындары: 1) алынған ақпараттарды талдау және ары қарайғы өңдеу әдісін таңдау; 2) алынған ақпараттардың көлемін қысқартуға мүмкіндік беретін, қолда бар жіктеулер мен статистикалық тәсілдерді пайдалануды негізге алатын, ақпараттарды ықшамдау мен жүйеге келтіру; 3) алға қойылған ғылыми және практикалық міндеттерді шешуде өте қажет, таужыныстарының сулы, су – физикалық қасиеттерінің таралу заңдылықтарын ашып көрсетуге мүмкіндік беретін, арнайы қималар мен карталарды құрастыру.

Бірінші кезектегі өңдеу. Алынған ақпараттардың алғашқы талдауға жататындары: а) сулы қасиеттеріне қатысты алынған көрсеткіштерінің сан мөндерін, таужынысының қандай да бір генетикалық типіне тән белгілері бойынша салыстыру; ә) зерттеліп отырған таужынысының белгілі генетикалық және литологиялы – фациалды типке жататын барлық көрсеткіштерін, анықталған гидрогеологиялық жағдайларға байланысты салыстырмалы түрде талдау. Мұндай талдау таужыныстарының көрсеткіштерін анықтау кезінде туындайтын дөрекі алшақтықтарды ашып көрсетуге және оларды әрі қарайғы жүргізілетін талдаулардан алып тастауға мүмкіндік береді.

Әрі қарай есептеулерге қажет көрсеткіштер қорытынды кестеге түсіріледі. Оларға жататындары: таужынысының гранулометриялық құрамы, көлемдік массасы, таужынысы қаңқасының көлемдік массасы, кеуектілік, иілімділік саны, табиғи жағдайдағы ылғалдылық, ылғал сыйымдылықтың барлық түрлерінің көрсеткіштері, салыстырмалы ылғалдылық коэффициенті, сүзілу коэффициенті, гравитациялық суқайтарымдылық, капиллярлы көтерілу биіктігі және басқалары.

Екінші кезектегі өңдеу өте күрделі және қандай да бір нақты міндеттерді шешу мақсатында орындалады. Ақпараттарды өңдеудің әдістерін таңдау өте күрделі және көптеген жағдайларда субъективті сипатта болып келеді. Кейбір ұсыныстар (8) оқу құралында келтіріледі.

Өңделген көрсеткіштер бойынша алғашқы жіктеу. Таужынысының литологиялы – фациалды және генетикалық типтерін ескере отырып, тандалған жіктеудің өзгеру диапазонына тән белгілері бойынша, тәжірибе арқылы алынған көрсеткіштерінің мөндері салыстырылады. Салыстыру нәтижесінде белгілі қасиеті бойынша таужынысының типтік аты анықталады. Аттары бірдей көрсеткіштері топталады. Қабаттың сипаты,

белгілі қасиеттеріне байланысты, саны басым болып келетін көрсеткіштерін топтау арқылы анықталады. Таужыныстарының бөлінген топтары мен диапазондары кейбір кездері бір – бірімен сәйкес келмейтін көптеген жіктеулер болатындықтан, аталған жіктеу субъективті сипатта болады.

Алынған мәліметтерді жүйеге келтіру. Таужынысының гранулометриялық құрамдары бойынша орындалатын, жүйеге келтірудің сызба түрі химиялық талдауларға ұқсас болып келеді, негізінен Ферре үшбұрышы жиі қолданылады. Сызбада көрсеткіштер нүкте түрінде белгіленіп, оларды топтастыру таужынысының типтік атын анықтауға мүмкіндік береді. Егер, көрсеткіштердің (8 – 10) саны таужынысының қандай да бір литологиялы – фашиалды немесе генетикалық типіне жатса, онда алынған мәліметтерді әрі қарай статистикалық өңдеуге мүмкіндік туады. Статистикалық өңдеудің ішіндегі ең қарапайымы орташа арифметикалық мәндерді есептеп шығару, нәтижесінде алынған ақпараттар ықшамдалады және сулы горизонттың зерттелген бөлігіне көрсеткіштің есептелген бір мәні қабылданады.

Қималар мен карталарды құрастыру. Аэрациялану белдемінің таужыныстары мен сулы горизонттардан, далалық және лабораториялық зерттеу жолымен анықталған, таужынысының коллекторлық және негізгі гидрогеологиялық қасиеттерін сипаттайтын көрсеткіштерінің нәтижелері бойынша: а) аэрациялану белдеміндегі таужыныстарының тереңдеген сайын және уақыт аралығындағы ылғалдылықтарының өзгерулерін сипаттайтын капиллярлық потенциал немесе ылғалдылық изоплеттері; ә) сүеткізгіштік, сүетімділік, гравитациялық суқайтарымдылық, деңгей және пьезоөткізгіштік карталары мен профильдерін құрастыру; б) таужынысының кеуектілігі мен басқа да көрсеткіштерінің карталары мен профильдері құрастырылады (8).

Аудан және қандай да бір бағыт бойынша көрсеткіштердің өзгеруін сипаттайтын профильдер мен карталарды құрастыру, зерттеліп отырған қасиеттердің аймақтық өзгеру заңдылықтарын, жалпы гидрогеологиялық талдау дәлелдейтін болса ғана орындалады. Көрсеткіштердің өзгеруі теңсызықтар (изолиния) немесе зоналармен кескінделеді. Мұндай карталарды параметрлер немесе көрсеткіштер карталары деп атайды. Қолмен немесе арнайы бағдарламалар арқылы компьютерде құрастырылады.

7. ТАУЖЫНЫСТАРЫ МЕН ОЛАРДЫҢ ҚАБАТТАРЫНДАҒЫ ЖЕРАСТЫ СУЛАРЫНЫҢ ТҮРЛЕРІ МЕН ҚОЗҒАЛУ ЗАҢДАРЫ

7.1. Жерасты сулары қозғалыстарының негізгі түрлері және оларды зерттеудің әдістері

Жерасты суларының таужыныстары мен олардың қабаттарындағы қозғалыстарының негізгі түрлері сүзілу және сіңіп-сүзілу (инфильтрация) процестеріне қатысты анықталады. Олардың басты гидродинамикалық сипаттары: Q – жерасты сулары ағындарының шығыны, v – ағынның сүзілу жылдамдығы, H – гидростатикалық арын, I – арын градиенті, k – сүзілу коэффициенті. Ағынның геометриялық сипаттамаларын атап өтсек: F – ағынның көлденең қимасының ауданы, m – қимадағы суы арынды болып келетін қабаттың қалыңдығы, h – қимадағы грунт сулы қабатының қалыңдығы, B – пландағы ағынның ені, L – пландағы ағынның ұзындығы.

Сүзілу жалпы жағдайда А.Дарси теңдеуімен өрнектеледі

$$Q = vF = kIF . \quad (7.1)$$

Бұл заңдылық ағынның шығыны мен арын градиенті арасындағы сызықтық тәуелділікті анықтап, стационарлық (қалыптасқан) сүзілуді сипаттайды және Дарси заңы деп аталады.

Енді осы Дарси формуласынан сүзілу жылдамдығын анықтап көрелік

$$v = kI . \quad (7.2)$$

(7.2) формуладан көріп отырғанымыздай сүзілу жылдамдығы есептелетін шама және таужыныстарының қаңқасындағы (скелет) қуыстарды ескермейді. Егер де таужыныстарының қаңқасындағы қуыстарды ескеріп, еркін қуыстық – жарықшақтарды динамикалық кеуектілік n_0 деп белгілесек, онда судың осы жазықтықтағы орташа нақты қозғалысының шамасын есептейтін формула алынады,

$$u = \frac{Q}{n_0 F} = \frac{v}{n_0} . \quad (7.3)$$

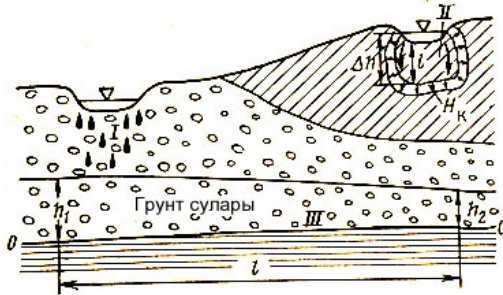
Сіңіп – сүзілу (инфильтрация) аэрациялану белдеміндегі таужыныстарының қуыстары сумен толмаған кезде жүреді (26 – сурет I және II белдемдер). Қалыпты сіңіп – сүзілуді қарастырайық (26 – сурет, II белдем). Жалпы жағдайдағы сіңіп – сүзілу ағынын анықтайтын формула

$$Q^w = k_{bl} \cdot F^w \cdot I^w . \quad (7.4)$$

мұндағы k_{bl} – аэрациялану белдеміндегі таужыныстарының суды өткізу қабілетін сипаттайтын (суға арналған) және таужыныстарының бастапқы ылғалдылығына байланысты болатын, ылғал тасымалдау коэффициенті; F^W - ағынның пландағы көлденең қимасының ауданы (судың төмен қарай ағатын қозғалыстары перпендикуляр бағытта болады) 2.12 формуламен анықталады; I^W – судың төмен қарай ағатын қозғалысын анықтайтын арынның орташа градиенті, 2.11 формуламен анықталады.

Сіңіп – сүзілу (инфильтрациялық) жылдамдығының қозғалысын Дарси тендеуі түрінде жазып көрелік,

$$v^W = k_{bl} \cdot I^W \quad (7.5)$$



26 – сурет. Жерасты суларының әртүрлі қозғалыстарының сұлбасы
I – сіңіп – сүзілу (еркін сіңу); II – қалыпты сіңіп – сүзілу; III – сүзілу

Сүзілу және сіңіп – сүзілу процестері (үрдістер) ГГЖ – дегі потенциалды энергияның өзгерістерін сипаттайтын қозғалыстың механикалық түрін береді.

n - кеуектілігі және r - радиусы капиллярлы түтік моделіндегі таужыныстарының қандай да бір көлемін қарастырайық. Мұндағы сүзілудің орташа жылдамдығын өрнектесек, болады.

$$v = \frac{\Delta_c r^2 n}{8\mu_b} I \quad (7.6)$$

(7.2) және (7.6) формулаларды салыстыра отырып, келесі формула алынады

$$k = \frac{\Delta_c r^2 n}{8\mu_d} \quad (7.7)$$

(7.7) формула сүзілу еселеуішінің сүзілетін судың минералдылық шамасына, температурасына және химиялық құрамына байланысты

болатындығын көрсетеді, себебі аталған факторлар судың Δ_C - тығыздығы мен μ_D - тұтқырлығына тікелей әсер етеді.

(7.7) формуланы (6.24) формуламен салыстыра отырып

$$k = k_{II} \frac{\Delta_C}{\mu_D} = k_{II} \frac{g}{v} \quad (7.8)$$

таужынысының сүеткізгіштік коэффициентін $k_{II} = \frac{r^2 n}{8}$ формуласымен анықтауға болады.

Ылғал тасымалдау коэффициентін анықтайтын болсақ, ол С.Ф.Аверьянов бойынша келесідей болады

$$k_M = k\theta^n = k \left(\frac{\theta_I - \theta_{HB}}{\theta_{II} - \theta_{HB}} \right)^n, \quad (7.9)$$

мұндағы θ - аэрациялану белдеміндегі таужыныстарының салыстырмалы ылғалдылығы, $n = 3,5$ тең болатын эмпирикалық коэффициент.

Сүзілу және сіңіп – сүзілу (инфильтрация) процестерін зерттеу бірнеше сатылардан тұрады:

1. Тәжірибелік жолмен k, I, v, Q негізгі гидродинамикалық сипаттар және ол процестерге тән негізгі ерекшеліктерді, соның ішінде бірінші кезекте су ағынының шығыны мен (немесе ағу жылдамдығы) әсер ететін арын градиентінің арасындағы сызықтық байланыстардың санын анықтау.

2. Таужыныстарының қуыстарындағы жерасты суларының қозғалыстарына әсер ететін геологиялық және басқа да факторларды Дарси тендеуіне сүйене отырып, тәжірибелік және есептеу жолымен анықтау.

3. Таужыныстарының қуыстарында жерасты суларының әртүрлі гидрогеологиялық жағдайлардағы қозғалыстарын сипаттайтын заңдылықтарды ашып көрсету.

Сүзілу және сіңіп – сүзілу (инфильтрация) процестерін зерттеудің әдістері: 1) аспаптар арқылы лабораториялық (тәжірибелік) зерттеу; 2) далада орындалатын арнайы гидрогеологиялық және геофизикалық жұмыстар;

3) таужыныстарының қуыстарында әртүрлі гидрогеологиялық жағдайларда болатын жерасты суларының қозғалыстарын сипаттайтын, математикалық тәуелділіктің теориялық сарапталуы; 4) арнайы модельдейтін құрылғылар арқылы жерасты суының қозғалыстарын модельдеу процесі.

7.2 Жерасты суларының сүзілу процестерін тәжірибелік түрде зерттеу

Лабораториялық жағдайларда таужыныстары үлгісін (сынамасын) тәжірибе арқылы зерттеу кезінде Дарсидің жасаған сұлбасы қолданылады да (25 және 27– суреттер), (7.1) тендеу басқаша болып түрленеді

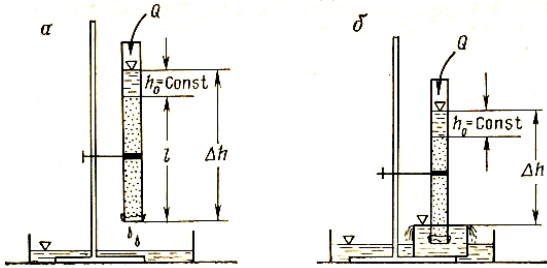
$$Q = kF \frac{\Delta h}{l}, \quad (7.10)$$

мұндағы Q - тәжірибе арқылы анықталатын ағынның шығыны; F - аспаптың көлденең қимасының ауданы; l - үлгінің (сынаманың) ұзындығы; Δh - ұзындығы (l) учаскедегі ағын арынының айырмашылығы (см); $\Delta h = h_1 - h_2$.

Сүзілу жылдамдығын анықтайық

$$v = k \cdot \left(\frac{\Delta h}{l} \right). \quad (7.11)$$

Сүзілу процесі 26 – суреттегідей (III белдем) тәуелділікпен сипатталады.



27 – сурет. Сүзілу процесін лабораториялық жағдайда зерттеуге арналған аспап (а, б тәжірибенің орындалу сатылары)

7.1 есеп.

Дарси сұлбасы бойынша сүзілу процесін зерттеу.

1. 27, а – суреттегідей қарапайым аспапты жинау. Ол үшін диаметрі 2–3 см, ұзындығы 70–80 см болатын шыны түтікті алып, төменгі жағын шүберекпен (марля) орап, түтіккі штативке бекітеді. Түтіккің $\frac{1}{3}$ бөлігі ірі немесе орта түйірлі құммен толтырылады ($l = 15 - 20$ см). Түтікке миллиметрлі қағазбен жазылған шкала желімделеді.

2. (h_0) тереңдіктегі қабатта судың деңгейін өзгертпей тұрақты ұстап тұрып, құмның үстінгі жағынан түтікке су құйып отырады. Жүріп жатқан процестер шыны тәрізді түтіктің сыртынан бақыланады. Түтіктің шүберек байланған төменгі жағынан су тамшылай бастаған уақыт белгіленеді де, судың қозғалысын анықтайтын факторда осы кезде қандай өзгерістер болғандығы көрсетіледі.

3. Дарси сұлбасының аспабында стационарлы сүзілудің талабына жауап беретін арындардың айырмашылықтары жасалады. Арынды градиент келесі формуламен анықталады

$$I = \frac{\Delta h}{l} \quad (7.12)$$

4. Түтіктің төменгі жағы суы бар ыдысқа батырылып арындардың айырмашылықтары өзгертіледі. Осы кезде 27, б – суретте көрсетілгендей ыдыстағы су ыдыстың ернеуінен асып астыңғы жағындағы басқа бір шашкаға (поддон) төгілуі керек. Арынды градиенттің шамасын есептеу үшін тәжірибені бірнеше рет қайталай отырып, алынған нәтижелер арнайы кестеге түсіріледі (21 – кесте).

5. Жүргізілген тәжірибелердің барлық сатылары дәптерге немесе журналға жазылады.

Қажетті құрал – жабдықтар: шыны түтік, штатив, су құятын құты, шүберек (марля), суға арналған ыдыстар, поддон, секундомер, көлемді мензурка.

21 – кесте

Тәжірибенің нәтижелері

Тәжірибе нөмірі	h_0 , см	l , см	Δh , см	I	Q , см ³ /с	v , см/с	$\frac{I}{v}$
1	5	20	25	1,25	1,089	0,019	67,2
2	5	20	20	1	0,075	0,016	64
3	5	20	15	0,75	0,056	0,012	62,4
4	5	20	10	0,5	0,037	0,008	60,8

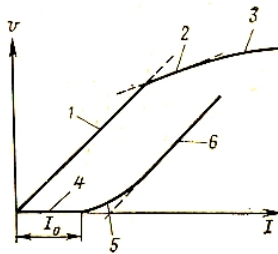
7.3 Дарси заңы қолданылатын тәжірибелік зерттеулер

Сүзілу жылдамдығы арын градиентімен байланысты болғандықтан Дарси заңы сүзілудің сызықтық заңы деп аталады (28 – сурет, 1 қисық). Мұндай тәуелділік кезінде гидростатикалық қысымның күші $\frac{\Delta h}{l}$ ішкі кедергі күшімен $\frac{v}{k}$ тең болып келеді.

Көптеген жағдайларда осы тәуелділік қабылданады. Алайда, Дарсидың сызықтық заңын қолдануға болмайтын жағдайлар да кездеседі. Мұндай кездерде Дарси заңын қолданудың жоғарғы және төменгі шектері туралы айтылады (28 сурет, 2, 3 қисықтар) және аталған жағдайлар арын градиентін арттыратын сутартқыш құрылымына жақын маңайда инженерлік құрылыстар жүрген кезде туындайды. Табиғи жағдайларда, жарықшақты таужыныстарында таралған сулы горизонттарда сүзілу коэффициенті k^I қандай да бір сандық мәніне ие болып v жылдамдық пен I градиент арасында тепе – теңдік сақталатын ауыспалы режим қалыптасады, (28 – сурет 2 қисық). Сүзілу жылдамдығы сындарлы (критикалық) мәніне жеткен кезде сызықтық тәуелділік бұзылады (28 – сурет 3 қисық). Мұндай кезде Дарси заңының жетілген түрін келтіруге болады

$$I = \frac{v}{k} \cdot (1 + \alpha v) , \quad (7.13)$$

мұндағы α - тәжірибелік жолмен анықталатын сызықтық емес параметрі.



28 – сурет. Дарсидың жетілген заңының сызбадағы кескіні және қолданылу шектері:

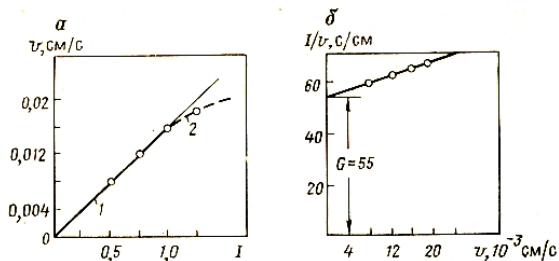
1 – Дарсидың сызықтық заңы ($v = k \cdot I$); жоғарғы шектің белдемі: 2 – сүзілудің ауыспалы режиміне арналған ($v = k^I \cdot I$) жуықтап алынған сызықтық тәуелділік;

3 – Дарси заңының жетілген түрі ($I = \frac{v}{k} \cdot (1 + \alpha v)$) қолданылатын сызықтық емес

тәуелділік; төменгі шектің белдемі: 4 - $I < I_0$ (сүзілудің бастапқы градиенті)

болғандағы $v = k \left(I - \frac{4}{3} I_0 \right)$ тәуелділігіне сәйкес сүзілу болмайтын белдем; 5 - $I > I_0$,

$k^{II} < k$ болғандағы тұтқыр иілімді қозғалу белдемі; 6 - $k^{II} = k$ болғандағы Дарси заңы бойынша жүретін сүзілу.



29 – сурет. Тәуелділік сызбалары: а - $v = f(I)$; б - $\frac{I}{v} = f(v)$;

1 – Дарси заңы бойынша сызықтық тәуелділік; 2 – Дарси заңы бойынша сызықтық тәуелділік бұзылғанда

Жылдамдық аз болғанда $\alpha v < 1$ формула сызықтық сүзілуді, ал $\alpha v > 1$ сүзілудің сызықтық емес режимін сипаттайды.

(7.13) формуласындағы тәуелділік негізінде $\frac{I}{v} = f(v)$ координатасында сызба құрастырылып, түзу сызық алынады (29, б – сурет)

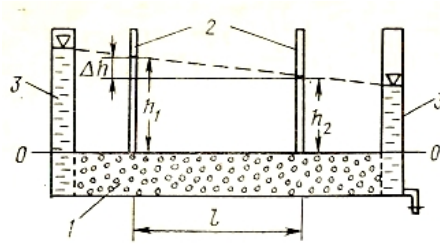
$$\frac{I}{v} = \frac{1}{k} + \frac{\alpha}{k} \cdot v, \quad (7.14)$$

$\frac{I}{v}$ ордината осін кесіп өтетін b - кесіндісі, $\frac{1}{k}$ шамасына тең. Осы кесіндінің шамасы бойынша сүзілу коэффициентінің мәні есептеледі

$$k = \frac{1}{b} \quad (7.15)$$

k - ның белгілі мәнінде C - түзудің бұрыштық коэффициентін біле отырып, сызықтық емес параметрді анықтауға болады

$$\alpha = C \cdot k \quad (7.16)$$



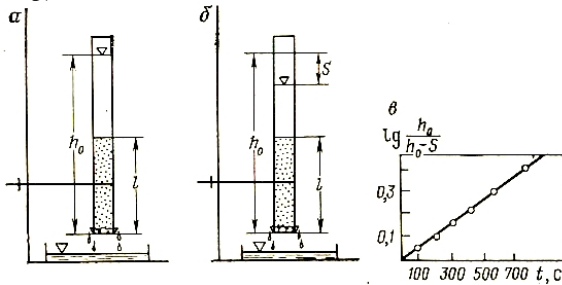
30 – сурет. Арынды режим кезіндегі сүзілуді зерттеуге арналған Дарси аспабының сұлбасы: 1 – құмды түтік; 2 – өлшегіш пьезометрлер; 3 – сүзілуге қажетті арын қалыптастыратын шекаралық су құйғыштар.

7.4. Стационарлы емес сүзілуді тәжірибеде зерттеу

Стационарлы емес (қалыптаспаған) сүзілу математикалық түрде t - уақыт кіретін теңдеулермен сипатталады. Солардың ішіндегі ең қарапайымы сүзілу коэффициентін

$$\lg \frac{h_0}{h_0 - S} = 0,435 \frac{k}{l} t$$

анықтау кезінде Г.Н.Каменский түтігімен орындалатын тәжірибе (31, а, б – суреттер).



31 – сурет. Сүзілу процесін лабораториялық жағдайда зерттеуге арналған аспап (Г.Н.Каменский бойынша): а – тәжірибенің басы; б – тәжірибенің ортасындағы күйі;

в – тәуелділік сызбасы $\lg \frac{h_0}{h_0 - S} = f(t)$.

Егер де $\lg \frac{h_0}{h_0 - S} = f(t)$ тәуелділігімен сызба құрастыратын болсақ,

онда ол координатаның басынан бұрыштық C коэффициенті арқылы өтетін түзу сызық болады

$$C = 0,435 \frac{k}{l} . \quad (7.17)$$

Кез келген уақыттағы арын градиентін анықтайтын болсақ

$$I = \frac{h_0 - S}{l} , \quad (7.18)$$

мұндағы $S - h_0$ бастапқы арынға қатысты алғандағы уақыттың бір моментіндегі су деңгейінің төмендеуін көрсететін шама (31, а, б – суреттерді қараңыз).

Уақыттың кез келген моментіндегі шығынданатын арынның мәнін есептейтін болсақ, ол келесі формуламен анықталады

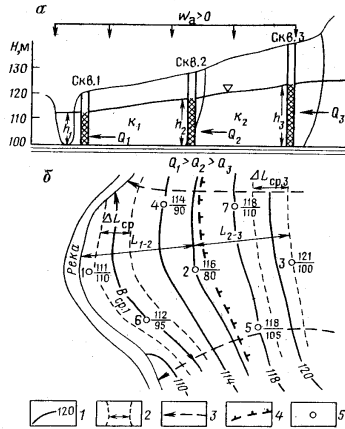
$$Q_i = kF \frac{h_0 - S}{l} . \quad (7.19)$$

7.5 Дарси теңдеуін ағынның табиғи шығынын анықтауда қолдану

Қыс айларындағы межендік мәніне немесе жаз – күз айларындағы грунт суларының деңгейі жерасты ағысына сәйкес болған жағдайда, қарастырылып отырған уақыт моментінде қандай да бір учаскеде жүретін сүзілуді, қалыптасқан деп (немесе қалыптасқанға жуық) қабылдайтын болсақ, онда Дарси заңы бойынша ағын шығыны (7.1) формуламен анықталады, формулада таңдап алынған учаскедегі $T_{\text{орт.}}$ - қабаттың су өткізгіштігінің орташа мәні, $B_{\text{орт.}}$ -пландағы ағынның орташа ені, $I_{\text{орт.}}$ - орташа арын градиенті (32 – сурет). $T_{\text{орт.}}$ шамасы (2.6) формуламен анықталады, $B_{\text{орт.}}$ – гидро–немесе пьезогипс карталарымен, жерасты суының ағыс бағытына перпендикуляр бағытта орналасқан орташа тең сызықтарының ұзындығы ретінде анықталады, $I_{\text{орт.}}$ – (2.11) формуламен анықталады, мұнда ΔH - сәйкес картадан алынатын гидро- немесе пьезогипс ($\Delta H = H_1 - H_2$) белгілерінің айырмасы, l - осы тең сызықтар (изогипс) арасындағы ең қысқа орташа арақашықтық.

Есептелетін участок жерасты суларының ағыстары жақсы зерттелген жерлерден таңдалынады (32, б – сурет).

Табиғи жағдайдағы су шығынын Дарси теңдеуі бойынша анықтау кезінде қажет болатындар: а) сынама алынған ұңғымалар орналасқан гидро – немесе пьезогипс карталарының сұлбалары; б) k, h немесе T көрсеткіштерінің ұңғымалар бойынша алынған мәліметтері.



32 – сурет. Дарси теңдеуі бойынша сулы горизонттың табиғи шығынын анықтауға арналған сұлба (а – гидрогеологиялық қима; б) – гидроизогипстері бар учаскенің планы):

- 1 – гидроизогипстің қараша айындағы мәні; 2 – есептелетін жолақ; 3 – грунт суы ағынының қозғалу бағытын көрсететін ағыс сызығының шекарасы; 4 – террасалардың шекаралары; 5 – ұңғыма (сол жағында – нөмірі, алымында – су деңгейінің белгісі, м; бөлімінде – қабаттың сүеткізгіштік шамасы, $m^2/гәу.$)

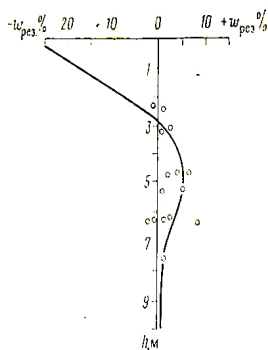
7.6 Дарси теңдеуі негізінде грунт суларының сіңіп – сүзілулік (инфильтрациялық) су алмасуының қарқындылығын анықтау

Инфильтрациялық (шашырап) қоректенудің мөлшерін гидроизогипс карталарын алдын ала талдау арқылы анықтауға болады. Жерасты суайрықтары мен тұйықталған гидроизогипстер қоректенудің аэрациялану белдемінен жүретінін сипаттайды. Керісінше жерасты “талыветтері” мен пьезоминимумдер грунт суларынан жүретін булануды немесе судың басқа жаққа ағып кетуін көрсетеді. Грунт суларының бетінен жүретін U - булану 3 – 4 м тереңдіктерде байқалады. Одан ары қарайғы тереңдіктерде булану

қарқындылықтары мүлде болмайды немесе нөлге тең деп қабылданады. W_a - инфильтрациялық қоректену бүкіл тереңдік бойында байқалады, алайда олардың қарқындылықтары неғұрлым тереңдеген сайын кемуі бастайды. Тұтасымен алғанда грунт суларының сулы теңдестіктігіндегі (баланс) бір жылдағы өзгеріс, олардың орналасу тереңдіктеріне байланысты қоректенудің нәтижелі $W_{нат.} = f(h)$ қисығымен сипатталады. Қоректенудің қисығы әрбір тереңдіктегі бір жылдағы қоректену мен буланудың айырмасы ретінде анықталады

$$W_{нат} = W_a - u \quad (7.20)$$

33 – суретте сары топырақты саздақтардағы грунт суларының режимдерін бақылау кезіндегі мәліметтер бойынша жылдық нәтижелі қоректенудің сызбасы келтірілген.



33 – сурет. Жылдық инфильтрациялық нәтижелі қоректенудің сызбасы

Инфильтрациялық суалмасудың қарқындылығын анықтаудың формуласы

$$W_a = \frac{Q_H - Q_C}{F^W} = \frac{\Delta Q^W}{F^W} \quad (7.21)$$

W_a - есептеудің нәтижесі гидроизогипс картасы мен алынған есептеу көрсеткіштерінің тура мәндері арқылы анықталады.

7.7. Дарси теңдеуі негізінде жерасты ағысының модулын анықтау

Жерасты ағысының модулы қандай тәуелділікпен анықталатынын есептеп көрелік. Егер де гидроизогипс картасы бойынша жерасты суының жиналу ауданын F , ал Дарси теңдеуі бойынша Q ағынның табиғи шығынын анықтайтын болсақ, онда

$$M_0 = \frac{Q_0 10^3}{F} \quad \text{және} \quad q = \frac{Q_0}{F}$$

формулалары бойынша жерасты ағысына баға беруге болады. Гидроизогипс картасы грунт суының стационарлыққа жуық болатын межендік күйін сипаттайды деп қабылдайтын болсақ, онда стационарлы қозғалыстағы жерасты ағынына түсетін сулардың барлығы жерасты ағысына шығындалады және ағыс модулы арқылы грунт суларының қоректену жағдайларына баға беруге болады.

7.8. Дарси теңдеуі негізінде жерасты суларының тереңдегі су алмасу қарқындылығын анықтау

Тереңдегі су алмасу көп қабатты жүйелердегі сулы горизонттар суды нашар өткізетін қабаттармен бөлінгенде және олардың арасында гидравликалық байланыстар байқалған жағдайда жүреді. Осындай байланыстардың қарқындылығы мен бір бағытта жүруі келесі жағдайлармен анықталады: а) бөліп жататын қабаттардың литологиялық фациалдық ерекшеліктері, олардың қалыңдықтары және сүзілгіштік қасиеттерімен; ә) сулы горизонттардың пьезометрлік деңгейлерімен; б) геологиялық – құрылымдық ерекшеліктерімен.

Бірінші және үшінші факторлар бір сулы горизонттан екіншісіне сүзілу жүретін гидрогеологиялық “терезелердің” немесе “ойықтардың” (“окно”) санын анықтайды.

Сонымен, суды нашар өткізетін сазды қабатта Дарси заңы қолайлы деп қабылдайық. Онда бір сулы горизонттан екіншісіне қарай тік бағытта жүретін сүзілу тереңге қарай ағу деп аталады да, Дарси теңдеуімен (7.1) анықталады және келесідей болып түрленеді (34 – сурет)

$$Q_{мер} = k_0 \cdot F_{мер} \cdot I_0 = k_0 \cdot F_{мер} \cdot \frac{\Delta H^0}{m_0} \quad (7.22)$$

мұнда k_0 - сүзілудің орташа коэффициенті, m_0 - берілген қандай да бір $F_{тер}$ аудандағы екі қабатты бөліп тұратын сазды қабаттың қалыңдығы, ол келесі формуламен анықталады

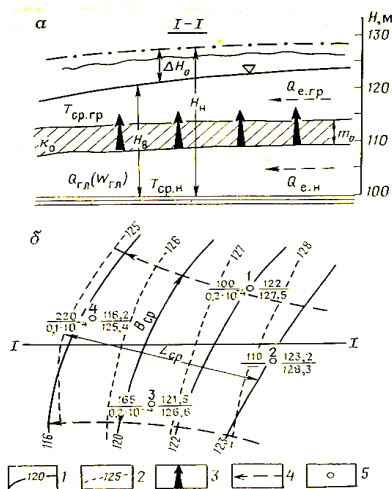
$$F_{тер} = B_{орт} \cdot L_{орт} \quad (7.23)$$

Бұл жағдайда $F_{тер}$ - пландағы қандай да бір учаскеде екі қабатты бөліп тұратын сазды қабаттың алып жатқан ауданы, $B_{орт}$, $L_{орт}$ - бөліп тұратын сазды қабаттың ені мен ұзындығы (34, б – сурет).

I_0 - арынды градиент шамасын анықтап көрелік

$$I_0 = \frac{H_{Ж} - H_{Т}}{m_0} = \frac{\Delta H^0}{m_0} \quad (7.24)$$

мұнда $H_{Ж}$, $H_{Т}$ - (бөліп тұратын қабатқа қатысты) сулы горизонттардағы сулардың жоғарғы және төменгі деңгей биіктіктерінің орташа белгілері (34, а – сурет); ΔH_0 - учаскедегі суды нашар өткізетін сазды қабаттармен бөлінген, екі сулы горизонттың арындарының орташа айырмасы.



34 – сурет. Дарси теңдеуі бойынша сулы горизонттарда тік бағытта жүретін су алмасудың қарқындылығын анықтаудың сұлбасы (а – кима; б – учаскенің планы): 1 – гидрозогипстер, м; 2 – пьезогипстер, м; 3 – судың тереңге қарай ағуының бағыты; 4 – грунт және арынды сулардағы жерасты ағыстарының бағыттары; 5 – барлау ұңғымасы: жоғарғы жағында – нөмірі, сол жағында: бөлшектің алымында – сүеткізгіштік шамасы, м²/тәу., бөлімінде – тереңге қарай қарқынды ағатын судың шамасы, м/тәу., оң жағында – су деңгейінің биіктіктері (алымында – грунт, бөлімінде – арынды сулар).

Тереңге қарай ағу қарқындылығының орташа шамасы W_{TEP} , м/тәу., (7.2) формула арқылы есептеледі, ол (7.24) формуланы ескере отырып былайша түрленеді

$$W_{TEP} = k_0 \cdot \frac{\Delta H^0}{m_0} = k_0 \frac{H_m - H_{жс}}{m_0} . \quad (7.25)$$

Егер $F_{мер}$ – “сужинағыш” ауданында, $Q_{мер}$ – судың ағысы қалыптасатын шама деп қабылдайтын болсақ, (5.6) формулаға сәйкес тереңдегі су алмасудың қарқындылығын тереңдегі қоректену модулы деп те қабылдауға болады.

Тереңдегі су алмасудың қарқындылығын Дарси теңдеуін пайдалана отырып анықтау кезінде қажет болатындары: бір–бірімен гидравликалық байланысатын арынды сулар үшін пьезогипс немесе грунт және арынды сулар арасында гидравликалық байланыс болған жағдайда пьезо – және гидроизогипс карталары; бөліп тұратын сазды қабаттардың k_0 және m_0 шамалары.

7.9. Геологиялық – құрылымдық, литологиялық – фациалдық және физика – географиялық факторлардың сүзілуге тигізетін әсерлеріне Дарси теңдеуі негізінде баға беру

Дарси теңдеуін пайдаланып және сулы горизонтта жүретін сүзілуді стационарлы деп қабылдай отырып, сүзілудің сипатына әсер ететін геологиялық – құрылымдық, литологиялық – фациалдық және физика – географиялық факторларды зерттеуге болады. Геологиялық – құрылымдық топқа пландағы сулы горизонттардың қалыңдығы мен енінің өзгеруін, литологиялық – фациалдық факторға – сүзілу коэффициентін, физика – географиялық факторға – инфильтрациялық қоректенудің болуын немесе болмауын жатқызамыз. Аталған факторлардың әсерінен (яғни, депрессия қисығының пішіні бойынша) ағын градиентінің өзгеруі зерттеледі. Гидро – немесе пьезогипс карталары мен гидрогеологиялық қималарда пьезометрлік қисықты интерпретациялау және құрастыру үшін аталған факторлардың әсерлерін білу өте маңызды.

Дарси теңдеуін арын градиентінің қабылданған функциясына қатысты жазып көрелік

$$I = \frac{Q}{kmB} . \quad (7.28)$$

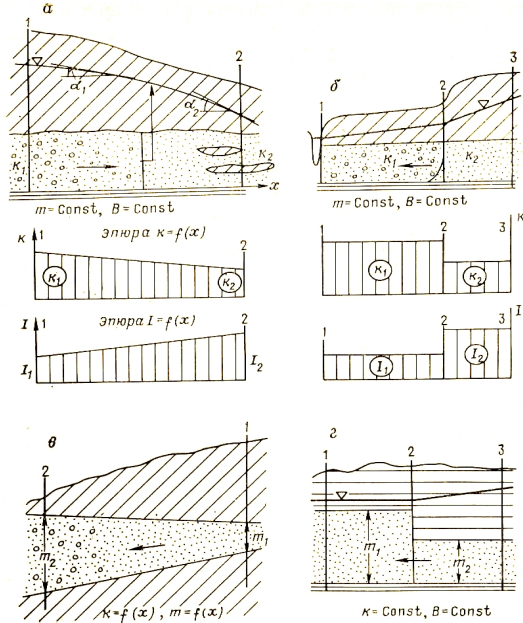
Егер инфильтрациялық қоректену болмаған жағдайда ($W_a = 0$), қабаттың табаны суды мүлде өткізбейді және мұндай жағдайда ағынның шығыны қозғалу бағыты бойынша өзгермейді, яғни $Q = const$. (7.28) теңдеуінен k, m, B аргументтері мен I - функциясы арасындағы кері байланыс бірден анықталады, осы кері байланысты пайдалана отырып, жиі кездесетін гидрогеологиялық жағдайлардың кейбіреулеріне талдау жүргізіледі.

7.2. Мысал есеп

Пьезометрлік беттің пішініне сүзілу коэффициентінің өзгерістерінің әсерін зерттеу. Сүзілу коэффициенті әртүрлі заңдар бойынша өзгертін сулы қабаттың бірнеше сұлбаларына талдау жүргізу. Алынған заңдылықтарды эпюра түрінде сызбада көрсету. 35, а, б – суреттерде қабаттың құрылу сұлбасы мен k - ның қабылданған өзгеру заңдары көрсетілген.

Шешуі. 1. 35, а – суреттегі сұлбаны қарастырайық. Қалыңдығы - m және ағын ені - B тұрақты арынды сулы горизонт келтірілген. Сулы таужыныстарының ақырындап алмасатын литологиялық – фашиалдық өзгерістері байқалады, эпюрадан көріп отырғанымыздай сүзілу коэффициенті де кеми бастайды. (7.28) теңдеуден I - арын градиентінің артатыны анықталады. Математика курсынан білетініміздей градиенттің геометриялық мағынасы α - жазық осіне түсірілетін жанаманың тангенс бұрышы. Ендеше, пьезометрлік қисық жазықтық осінде дөнестеніп тұруы керек.

2. 35, б – суреттегі сұлбаны қарастырайық. Құмдарының ені мен қалыңдығы тұрақты болатын субарында сулы горизонт кескінделген. 1 – 2 учаскелердегі құмдардың сүзілу коэффициенттері - k_1 және 2 – 3 учаскелерде - k_2 тұрақты. Бұл жағдай эпюрада көрсетілген. (7.28) теңдеу бойынша I - градиентте осындай заңдылықпен, бірақ кері пропорционалды түрде өзгеруі керек, яғни 1 – 2 учаскелерде $I_1 = const$, 2 – 3 учаскелерде $I_2 = const$ және $I_1 < I_2$ шарты сақталуы керек. Математика курсынан білетініміздей градиенттің тұрақты шамасы түзу сызық бойында байқалады. Сонымен, кимадағы пьезометрлік қисық екі учаскеде де түзу сызық түрінде кескінделеді, алайда түзудің еңістік шамалары әрқалай.



35 – сурет. Дарси теңдеуі негізінде сүзілу коэффициентінің өзгеруі мен қабат қалыңдығының жерасты суларының қозғалу сипаттарына әсерлерін зерттеуге арналған сұлба: а – сулы горизонттың литологиялық – фашиалдық құрамдарының ақырындап өзгеруі; б – сүзілу қасиеттерінің бірден өзгеруі (кесекті – біртекті емес); в – қабат қалыңдығының ақырындап өзгеруі; г – қабат қалыңдығының бірден өзгеруі; 1 – 3 – қиылысулардың нөмірлері.

3. Талдаудан мынадай жалпы тұжырым шығаруға болады: егер де k - шамасы неғұрлым көбірек болса, онда I - шамасы азырақ, яғни табанында пьезометрлік бет керісінше болып келеді. Мұндай жағдай пьезогипс (немесе гидроизогипс) картасында кескінделеді: ағынның қозғалу бағыты бойынша теңсызықтардың (изолиния) қиылысулары k - ның өзгеру сипатына байланысты артады немесе кемиді. Осы қасиеттері гидро – немесе пьезогипс карталарын интерпретациялау кезінде пайдаланылады: теңсызықтардағы қиылысулардың өзгеру сипаттары бойынша сулы таужыныстарының сүзілу қасиеттерінің өзгерістерін салыстырмалы түрде сипаттауға болады.

7.3. Мысал есеп

Сулы горизонт қалыңдығының пьезометрлік бет пішініне әсерін зерттеу. 35, а – суреттегі көрсетілген сұлбаның құрылысын қарастырайық.

Шешуі. 1. 35 – суретті талдаудың көрсетуі бойынша 1 – 2 және 2 – 3 учаскелердегі сулы горизонттың қалыңдығы тұрақты, яғни $m_1 = const, m_2 = const$ және $m_1 > m_2$. Онда (7.28) теңдеу бойынша арынды градиенттің өзгерісі сулы горизонт қалыңдығының өзгеруіне кері пропорционалды деп қабылданады. Тура осындай жағдай 7.2 есепте де байқалған (35, б - сурет). Депрессия қисығы әрбір учаскеде түзу сызық түрінде болады, 1 – 2 учаскелерде $I_1 = const$, 2 – 3 учаскелерде $I_2 = const$ және $I_1 \ll I_2$ шарты сақталуы керек.

2. Талдаудан мынадай жалпы тұжырым шығады: пьезометрлік беттің пішінінде сулы горизонт қалыңдығының өзгеруінен жүретін әсерлер, сүзілу коэффициентінің әсеріне ұқсас болып келеді. Мұндай жағдайлар гидро – немесе пьезогипс карталарын интерпретациялау кезінде бірқатар қиындықтар туындатады. Егер де арын градиентінің өзгеруіне жүргізілетін талдауды сулы горизонттың су өткізгіштік шамасына қатысты алғанда $T = km$, және бұрғылау мен геофизикалық жұмыстардың мәліметтерін пайдаланған жағдайда ол қиындықтардың біразынан арылуға болады.

7.4. Мысал есеп

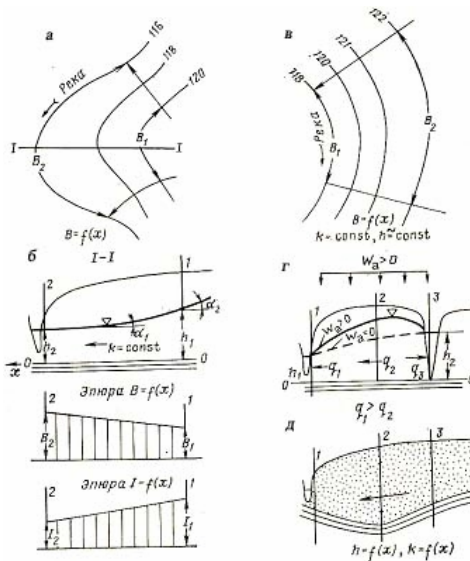
Пьезометрлік беттің пішініне пландағы ағын енінің өзгеруі болатын әсерлерді зерттеу. 36, а, б - суреттердегі сұлбаны қарастырайық. Планада ағын енінің өзгеруі заңдылықтарын көрсету.

Шешуі. 1. 36, а, б – суреттерін талдау нәтижесінде учаскеде аллювиальды құмдардан тұратын грунт сулары таралған. Гидроизогипс картасы ағын енінің, ағынның қозғалу бағытына қарай ($B_1 = B_2$ бағытында) планда өзгертінін сипаттайды. Бұл өзгеріс $B = f(x)$ эпюрасымен де көрсетілуі мүмкін (36, б – сурет).

2. $k = const$ шартын қабылдап (7.28) теңдеу бойынша ағын қалыңдығы аздап ғана өзгереді деп келесілер анықталады: арын градиентінің өзгеруі ағын енінің өзгеруіне кері пропорционалды. Осыдан шығатын тұжырым, арын градиенті ағынның қозғалу бағытына қарай кемиді. Мұндай жағдайда қимадағы депрессия қисығы көлбеу оське қатысты дөңес пішін қабылдайды.

3. Жалпы тұжырымдай келсек, жоғарыда аталған факторлардың үшеуі де, яғни k, m, B пьезометрлік бет пішінінің өзгеруіне бірдей

әсер етеді және аталған әсерді зерттеу үшін қолда бар барлық гидрогеологиялық материалдарды пайдалану керек.



36 – сурет. Дарси теңдеуі негізінде ағын ені мен инфильтрациялық қоректенудің жерасты суларының қозғалу сипаттарына әсерлерін зерттеуге арналған сұлба: а – б – радиалды - таралатын ағын (а – гидроизогипстердің планы; б – гидрогеологиялық кима); в - радиалды – бірігетін ағын (гидроизогипстердің планы); г – грунт суларының екі өзен арасындағы терендік деңгейлерінің күйі: инфильтрациялық қоректену болатын кезде ($W_0 > 0$) және

инфильтрациялық қоректену болмайтын кезде ($W_0 = 0$); д – ағын қалыңдығы мен сүеткізбейтін қабаттың табынын сипаттайтын сұлба.

7.5 Мысал есеп

Грунт суының қозғалу сипатына инфильтрациялық қоректену шамасының әсерін зерттеу. 36, г – суреттегі сұлбаны қарастырайық. Инфильтрациялық қоректенудің болуы немесе болмауының грунт суының қозғалу жағдайларына қалай әсер ететіндігін анықтайық. 36, г – суретте талдаудың нәтижелері келтіріледі.

Шешуі. 1. Суайрықтан өзенге қарай қозғалу кезінде $q_1 > q_2, q_3 > q_2$, су әртүрлі бағыттарда қозғалады. Грунт суларында жерасты суайрықтары болады.

2. Басқаша болатын жағдайларды қарастырайық: инфильтрациялық қоректену мүлде жоқ. Грунт суының ағу бағытындағы өзгерістер

бақыланады. Егер де көптеген жылдар бойы инфильтрациялық қоректену байқалмаған болса, грунт суының деңгей көрсеткіші төмендей бастайды да (36, г – сурет А және Б өзендеріндегі су деңгейлері) h_1 және h_2 белгілерінің қатынастарымен анықталады. Ағынның шығыны кемиді де, грунт суының ағу бағыты бойынша өзгеруін тоқтатады.

7.10 Инфильтрация процесін зерттеу және оның көрсеткіштерін анықтау

7.10.1 Инфильтрацияны тәжірибе арқылы зерттеу

Аэрациялану белдеміндегі таужыныстарының сумен толық қанықпаған жағдайында инфильтрация процесін жалпы түрде гравитациялық және сорбциялық (молекулалық және капиллярлық) күштер әсерінен жүретін ылғалдың молекулалық және еркін түрінде тасымалдануы деп қабылдауға болады. Мұндай инфильтрацияны ылғалтасымалдаушы деп атайды да, инфильтрация процесінің көрсеткіштері k_{BI}, H, I таужыныстарының ылғалдылығына байланысты болып келеді. Егер таужынысының қима бойынша ылғалдылығы тұрақты және максимальды молекулалы ылғалдылыққа немесе ең аз ылғал сыйымдылыққа тең болса, онда сорбциялық күштің әсерін судың капиллярлы көтерілу биіктігінің жарты шамасымен $H_K \approx \frac{1}{2} h_K$ бағалап, орташа градиентті $I^w = \frac{\Delta H + h_K}{h} = \frac{h_0 + h + h_K}{h}$ формуласымен есептеуге болады.

Осындай жағдайдағы инфильтрацияның стационарлы процесі (7.4) және (7.5) формула түріндегі Дарси теңдеуімен сипатталады. (7.5) формуланы Z - координатасының ұзына бойымен тік бағытта жүретін қозғалыс ретінде (37 – сурет) қабылдап, ылғал тасымалдауға түрлендірейік

$$v^w = k_{BI} \frac{\Delta H}{\Delta z}, \quad (7.29)$$

мұндағы H шамасы Бернулли теңдеуіне сәйкес анықталады

$$H = \frac{P_{\Delta}}{\Delta_C} + z = -\psi + z \quad (7.30)$$

мұнда Ψ - суды сорудың биіктігі; z - H арын өлшенетін жазықтықтың үстіндегі салыстыру нүктесінің геометриялық биіктігі.

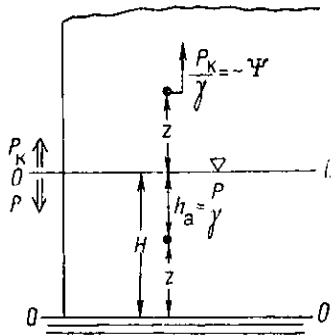
Суды сорудың қысымы - P_K гидростатикалық қысымға ұқсас болып келеді де, паскальмен (Па) өлшенеді және пьезометрлік биіктікке Ψ ұқсас анықталады

$$\frac{P_K}{\Delta_C} = -\Psi, \quad (7.31)$$

мұнда Δ_C - судың көлемдік салмағы. Тұщы сулар үшін $P_K = -\Psi$. Минус белгісі суды сорудың қысымы ауырлық күшіне қарсы бағытта болатындығын көрсетеді.

Салыстыру жазықтығы ретінде грунт суының орналасу деңгейі қабылданады (37 – сурет). Мұнда $\Psi = 0$, таужынысының ылғалдылығы толық ылғал сыйымдылыққа тең және суды сору күшінің әсері тоқтайды. Z - шамасы гравитациялық күштің әсерін (ауырлық күші) сипаттайды.

Суды сорудың биіктігі қысым сияқты таужыныстарының ылғалдылығына байланысты болып келеді. Есептеуге қажетті $\Psi(\theta)$ тәуелділігін (7.29) теңдеу бойынша тәжірибелік жолмен табу керек. Содан кейін грунт суы деңгейінен Z_1 және Z_2 арақашықтықтағы екі нүктедегі ылғалдылықты өлшеп, $\Psi(\theta)$ тәуелділігі бойынша Ψ_1 мен Ψ_2 мәндері анықталады, екі нүкте арасындағы



37 – сурет. Аэрациялану белдемі мен қанығу белдеміндегі инфильтрация процесі кезіндегі H арынды құраушыларды көрсететін схема

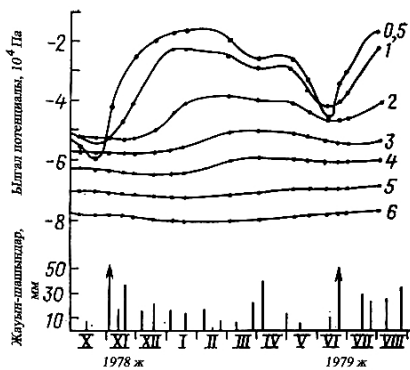
Δz аралықты біле отырып $\frac{\Delta H}{\Delta z}$ орташа градиент табылады, ең

соңында k_{bl} белгілі мәні арқылы V^W шамасы есептеледі.

Ылғал тасымалдау коэффициенті (7.9) формуласымен анықталып сүзілу коэффициентіне ұқсас болады және $\theta_e = \theta_n$, яғни толық ылғал сыйымдылық кезінде м/тәулік немесе см/секундпен өлшенеді. 37 – суретте ылғал тасымалданудың (инфильтрация) негізгі көрсеткіштері келтірілген.

Ылғал потенциалының уақыт бойынша өзгеруі (Ψ) 38 – суретте келтірілген.

Егер инфильтрация градиенті бірге тең болса ($I = 1$), k_{BI} шамасы ылғал тасымалдау жылдамдығына тең болады ($k_{BI} = v^W$). Инфильтрацияланатын судың мөлшері (7.4) формуласымен анықталады.



38 – сурет. Ылғал потенциалының (Ψ) уақыт бойынша өзгеруі сызбасы (А.М.Лаврентьев бойынша)

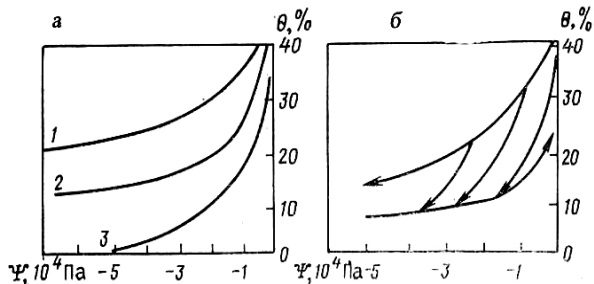
7.10.2 Ылғал тасымалдау көрсеткіштерін тәжірибе арқылы зерттеу

Ылғал тасымалданудың негізгі көрсеткіштеріне жататындары: суды сору қысымы P_K , суды сорудың биіктігі Ψ және k_{BI} ылғал тасымалдау коэффициенті. Бұлардың барлығы ылғалдылықтың функциялары. Өртүрлі таужыныстарында әрқалай болып келеді және тәжірибелер арқылы анықталады. Егер таужынысындағы су тұщы болса, $\Delta C = 1 \text{ г/см}^3$, онда $P_K = \Psi$. Өртүрлі таужыныстарына арналған $\Psi = f(\theta)$ сызбасының тәуелділік қисығы 39, а – суретте, ал 40 – суретте кеуектіліктері әрқалай болып келетін сары топырақ тәрізді (лестәрізді) құмдақтар мен саздақтарға қатысты А.М.Лаврентьевтің тәжірибелік жолмен алған $P_K = f(\theta)$ тәуелділігінің қисығы келтірілген.

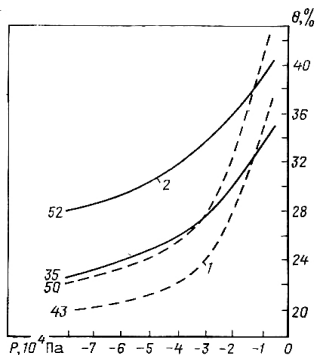
Ψ мен θ арасындағы байланыс суға қаныққан таужынысының үлгісін құрғату немесе керісінше құрғақ үлгіні суландыру кезіндегі процеске қатысты анықталады. Бірінші жағдайда Ψ -ның әрбір мәніне θ - ылғалдылықтың максимальды мәні сәйкес келеді; екінші жағдайда Ψ -ның бірінші жағдайдағы мәніне θ - ылғалдылықтың минимальды мәні сәйкес келеді (39, б – сурет). Ψ - суды сору биіктігінің бірдей мәніндегі θ - ылғалдылықтың әртүрлі мәндері арасындағы байланыстарды *гистерезис* деп атайды (41). А.М.Лаврентьевтің лабораториялық зерттеулерінің мәліметтері бойынша, құрғату – суландыру циклидері неғұрлым артқан сайын суды соратын қысымның бірдей шамасында ылғалды ұстап тұрудың артатындығы байқалады. Бұл таужыныстарының гранулометриялық (түйірлі) құрамдарының өзгеруі және қуыстық аралықтың құрылымымен түсіндіріледі: бөлшектердің талқандалуы жүріп, фракцияларға ажыратылады, кеуектілік кеміген кезде сазды бөлшектердің саны артады (22, 23 – кестелер).

k_{bl} мен θ арасындағы байланыстарды сипаттау үшін әртүрлі тәуелділіктерді пайдаланады; (7.9) тәуелділігі тәжірибе арқылы көптеген таужыныстарында дәлелденді. 24, а – суретте (7.9) формула бойынша $n = 3,5$ тең болғандағы құмдарға, құмдақтарға, саздақтарға және жеңіл саздарға арналған k_{bl} - ылғал тасымалдаудың салыстырмалы коэффициентінің типтік қисықтарының θ - салыстырмалы көлемдік ылғалдылықтарына тәуелділік сызбалары келтірілген.

24, б – суретте $\bar{\theta}$ - салыстырмалы ылғалдылыққа байланысты $\lg k_{bl}$ - типтік қисықтарының тәуелділіктері келтірілген. Қисықтар келесі мәндермен құрастырылған: құм - $k = 10$ м/тәу, $\theta_{mm} = 0,14$, $\theta_{II} = 0,44$; құмдақ - $k = 1$ м/тәу, $\theta_{mm} = 0,2$, $\theta_{II} = 0,45$; саздақ - $k = 0,1$ м/тәу, $\theta_{mm} = 0,45$; саз - $k = 0,01$ м/тәу, $\theta_{mm} = 0,3$, $\theta_{II} = 0,48$.



39 – сурет. (1) саздақтар, (2) құмдақтар, (3) құмдардың ылғалдылықтарына байланысты болатын Ψ - ылғал потенциалының (а) типтік тәуелділіктері және гистерезистің $\Psi = f(\theta)$ (б) тәуелділігіне әсері. Бағыттар (стрелки), ылғалдылықтың арту бағытындағысы - ылғалдануды, ылғалдылықтың кему бағытындағысы – құрғауды анықтайды.



40 – сурет. Суды соратын P - қысымның θ - ылғалдылыққа байланысты өзгеруінің тәжірибелік қисығы (А.М.Лаврентьев бойынша):

1 – сары топырақ тәрізді (лесстәрізді) құмдақ; 2 - сары топырақ тәрізді (лесстәрізді) саздақ; қисықтың маңындағы сандар – жалпы кеуектілік шамасы, %.

22 – кесте

Сулану және құрғау циклдерінің санына байланысты кеуек көлемдерінің өзгеруі

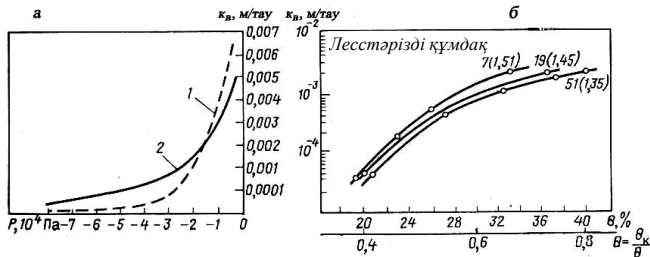
Циклдер саны	Диаметрлері әртүрлі кеуектердің көлемі (%), мкм		
	> 15	15 – 3,5	< 3,5
1	15,2	15,7	18,2
2	12,6	13,6	18,8
3	10,8	11,4	20,4

Су құю кезінде аэрация белдемі таужыныстарының кеуектіліктері мен гранулометриялық құрамдарының өзгерулері

Сынамалау тереңдігі, м	Кеуектілік, %	Фракциялар бойынша гранулометриялық (%) құрамдары, мм		
		1 – 0,05	0,05	< 0,005
0,25	53/43	32,6	47,7	19,7
		26,63	45,8	28,6
0,75	53/53	27,2	54,4	18,4
		27,0	51,4	21,6
1,00	47/40	33,4	47,6	19,0
		30,7	52,1	17,2

Ескерту. Бөлшектің алымында су құйғанға дейінгі, бөлімінде – су құйғаннан кейінгі мәндері келтірілген

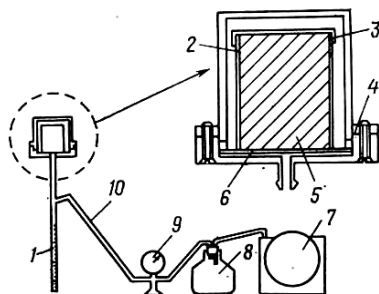
Типтік қисықтар сары топырақ тәрізді таужыныстарында А.М.Лаврентьевтің тәжірибелік жолмен алған $k(\theta)$ тәуелділіктерінде жақсы үйлеседі (41, а – сурет). k_{BI} - ылғал тасымалдаудың салыстырмалы коэффициенті P_K - суды сору қысымының шамасы абсолюттік өскен кезде таужынысындағы ылғалдың азаюына байланысты кемитін тәуелділікке ие болады (41, б сурет).



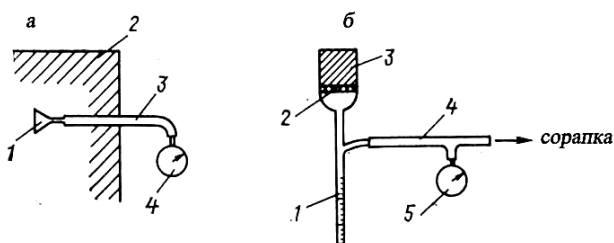
41 – сурет. k_{BI} ылғал тасымалдау коэффициентінің $P(a)$ және $\theta(b)$ тәуелділіктерінің сызбасы (А.М.Лаврентьев бойынша): 1 – сары топырақ тәрізді (лесстәрізді) құмдақ; 2 - сары топырақ тәрізді (лесстәрізді) саздақ

Капилляриметрлік өлшеу әдісі өлшемі кішірек болатын мембраналы сүзгі арқылы, зерттеліп отырған тау жынысының капиллярлы қуыстарынан суды ығыстырып шығару принципіне негізделген. Таужынысы үлгісінен суды ығыстыру форвакуумдық

сораптың (насос) көмегімен пайда болатын капилляриметр жүйесі арқылы іске асады. Капилляриметрлік қондырғының принципиялды сұлбасы 42 – суретте көрсетілген. Тәжірибе стационарлы және стационарлы емес режимде жүргізіледі. Бір уақытта бірден алты үлгіні зерттеуге болады. Қондырғы $P(\theta)$, $k_c(\theta)$ және $k_c(P)$ тәуелділіктерін бір уақытта алуға мүмкіндік береді.



42 – сурет. Капилляриметр қондырғысының сұлбасы: 1 – буферлі ыдыс (емкость); 2 – стакан; 3 – қақпақ; 4 – резиналы тығындағыш; 5 – грунт үлгісі (образец); 6 – мембраналы сүзгі; 7 – сорап (насос); 8 – буферлі ыдыс (емкость); 9 – вакуумметр; 10 – теріс болатын қысымды алып кету жүйесі



43 – сурет. Тензиометрдің (а) және капилляриметрдің (б) принциптік сұлбалары. Тензиометр: керамикадан жасалған датчик; 2 – грунт үлгісі (образец); 3 – вакуумды түтік (шланг); 4 – вакуумметр. Капилляриметр: 1 – буферлі ыдыс; 2 – тесіктері кішкене пленкадан немесе керамикалық пластинкадан дайындалған мембраналы сүзгі; 3 – шеттері өткір кескіш стакан; 4 – өлшегіш бюретка; 5 – вакуумметр

Тензиометрлік әдіс көп жағдайларда капилляриметрлік әдіске ұқсайды, таужыныстарының қуыстары мен керамикалық сүзгідегі судың қысымдарын пайдаланады (43, а – сурет).

Айырмашылықтары, аспаптардың жұмыс істеу принципінде. Тензиометрдің жұмыс істеу принципі капилляриметрге қарағанда 108

пассивті, себебі оны ылғал потенциалы нөлден төмен болатын таужыныстарына қондырған кезде, тензиометрлік жүйедегі еркін сулар керамикалық датчиктен таужынысына тамшылайды. Мұндай жағдай топырақ ылғалы мен тензиометрдің еркін суы шамалары бойынша салыстырылмаған және “таужынысы – тензиометр” жүйесінде тепе – теңдік болғанға дейін жүреді. Капилляриметрдің жұмыс істеу сипаты керісінше белсенді (активті). Оны жұмысқа қосу үшін сейілту немесе қысымдар айырмасын қалыптастыру керек. Сол кезде таужынысы мен капилляриметр арасында айырмашылық болғанда, капилляриметр тензиометр сияқты жұмыс істейді. Тензиометрді лабораториялық және далалық жағдайларда пайдалануға болады. Нәтижелерді өңдеу кезінде θ_i - көлемдік ылғалдылық сейілудің Ψ_i - әрбір сатысында келесі формуламен есептеледі

$$\theta_i = \delta(W_0 + \Delta W); \quad \Delta W = \left(\frac{\sum \Delta Q}{m} \right) \cdot 100, \quad (7.32)$$

мұнда δ - таужынысы қаңқасының көлемдік массасы; W_0 - тәжірибеден кейінгі таужынысының салмағына қатысты ылғалдылығы; ΔW - тәжірибе кезіндегі таужынысының салмағына қатысты ылғалдылығының өзгеруі; $\sum \Delta Q$ - судың алып жатқан жалпы көлемі, ол $\Psi \geq \Psi_i$ сейілту кезіндегі тәжірибе барысында алынады; m - құрғақ таужынысының массасы.

Жүп мәндері бойынша $\Psi = f(\theta)$ “ылғалдылық – ылғалды сорып шығаратын қысым” тәуелділіктері құрылады.

Тексеру сұрақтары

1. Ылғал тасымалдану процесінің сүзілу және сіңіп – сүзілу (инфильтрация) процестерінен қандай айырмашылығы бар?
2. Ылғал тасымалдау параметрлері дегеніміз не?
3. Ылғалдылық пен қысымға байланысты өзгертін типтік тәуелділікті сызыңыз?
4. Ылғал тасымалдау коэффициенті сүзілу коэффициентінен қалай ажыратылады?
5. Гистерезис дегеніміз не?

8. ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ (ГГЖ) ГИДРОГЕОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

Гидрогеохимиялық жүйелердің негізгі қасиеттері мен көрсеткіштерін, оларды өңдеудің кейбір тәсілдерін, қарапайым гидрогеохимиялық байланыстарды және гидрогеохимиялық құрылымның сызбадағы кескіндерін арнайы кималар мен карталар арқылы көрсетелік.

8.1 Жерасты суларының химиялық құрамы және физикалық қасиеттері

Жерасты сулары құрамына минералды, газды, органикалық компоненттер, араласып жүретін бөлшектер және микроорганизмдер (тірі заттар) кіретін күрделі табиғи ерітінді. Минералды компоненттер еркін иондар, диссоциацияланбаған молекулалар мен комплексті қосылыстардан тұрады. Жерасты суларының құрамындағы еркін қозғалатын иондар басым болып келеді де судың химиялық типін, диссоциацияланбаған молекулалар мен комплексті қосылыстар – аз мөлшерде кездесіп, судың спецификалық құрамын анықтайды. Судың құрамында кездесетін барлық компоненттердің қосындысы жерасты суының жалпы минералдылығын анықтайды.

Минералды компоненттер – макро-, микро-, ультракомпоненттер мен радиоактивтілерге бөлінеді. Негізгі макрокомпоненттерге жататындары: аниондар HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} және катиондар Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} . Алты ион негізгілері болып саналады, яғни HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} және олар барлық химиялық талдауларда анықталады. Микрокомпоненттерге бірнеше ондаған иондар жатады, солардың ішіндегі негізгілерін атасақ: Al , Mn , Cu , Zn , Pb , Br , I , N (аммоний, нитрат және нитрит түрлерінде) және т.б. Ультракомпоненттерге жер бетінде сирек кездесетін әртүрлі иондар, ал радиоактивтілерге – радий, радон, уран, торий сияқтылар жатады.

Органикалық заттар комплекстік қосылыстардан тұрады. Олар: фенолдар, органикалық қышқылдар, көмірсутектері, битумдар, гумустер. Жерасты суларындағы органикалық заттардың жалпы мөлшері $C_{орг}$. органикалық көміртегі немесе тотығушылықтың бірнеше түрлері (бихроматты, перманганатты, иодатты) бойынша O_2 оттегі арқылы анықталады.

Газдарға келетін болсақ түзілу тегі бойынша келесі топтарға бөлінеді: 1) атмосфералық (N_2 , O_2 , CO_2 , He , Ar); 2) микроорганизмдердің әсеріне

байланысты органикалық және минералдық заттарға ыдырау кезінде қалыптасатын биохимиялық ($CH_4, CO_2, N_2, H_2S, H_2, O_2$, ауыр көмірсутектер); 3) химиялық, температура мен қысым тұрақты болғанда (Cl, S, CO_2 , сульфидтер) және температура мен қысым жоғары болғанда метаморфтық ($CO_2, H_2S, H_2, CH_4, N_2, HCl, HF$ және т.б.) күйге алмасатын химиялық реакциялардың әсерінен пайда болады; 4) радиоактивті (He, Rn). Жерасты суларында белсенділіктері жоғары болып келетіндері (CO_2, N_2, O_2, H_2S және т.б.). Аттары аталған және аталмаған газдардың жерасты суындағы мөлшерін А.М.Овчинников бойынша анықтасақ, олардың жерасты суына тән үш күйін ажыратуға болады: 1) жерасты сулары онша тереңде орналаспағанда, тотықтырғыш (CO_2, N_2, O_2 және т.б.); 2) жерасты сулары тереңде орналасқанда, тотықсыздандырғыш (CH_4, H_2S, N_2 және т.б.); 3) магма әрекетінен қалыптасқан жерасты суларының облыстары, жерасты сулары өте тереңде, мұнай және газ кен орындарының маңайында орналасқанда (CO_2 және т.б.).

Жерасты суларының құрамында болатын *тірі организмді* көптеген микроорганизмдер құрайды. 1 мл судағы бактериялардың сандары ондаған және бірнеше мыңдаған клеткаларға жетеді. Олар ГГЖ –де жерасты суларының химиялық және газдық құрамдарын қалпына келтіреді. Сапрофиттің шірінді бактериялары ГГЖ-нің биосферамен әрекеттесуінің нәтижесінде, су алмасудың белсенді белдемінде болатын оттегі арқылы органикалық белоктық заттарға ыдырап, судың бактериологиялық тазартылуын қамтамасыз етеді. Тереңде орналасқан жерасты суларында бактериялардың өмір сүруінің арқасында биохимиялық түзілімдегі газдар қалыптасады, бұны біз ГГЖ-нің ішкі әрекеттесуі деп атауымызға болады.

Жерасты суларының құрамында сутегінің (дейтерий 2H , тритий 3H), оттегінің ^{16}O , көміртегінің $^{12}C, ^{13}C, ^{14}C$, күкірттің $^{32}S, ^{34}S$, радиогенді радиоактивті уран-торий қатарлары $^{238}U, ^{234}U, ^{226}Ra$ және басқаларының изотоптары да кездеседі. Судың радиоактивтілігі радон, радий эманацияларының мөлшерімен анықталады.

Судың негізгі химиялық қасиеттері мен күйлерін минералды және газды компоненттер анықтайды: кермектілігі, жеміргіштігі, қышқылдылығы, сілтілілігі, тотығу–тотықсыздану күйлері. Судың басты физикалық қасиеттеріне жататындары иісі, дәмі, түсі, лайлылығы, температурасы, тығыздығы, электрөткізгіштігі.

Судың аталған барлық қасиеттері мен күйлері: а) далалық және стационарлық жағдайларда әртүрлі лабораториялық әдістермен орындалатын химиялық, газдық және органикалық талдауларға үлгі алу; ә) жерасты суларының шыққан жерлерін (су көздері, ұңғымалар және басқалары) далалық жағдайда арнайы қондырғылармен (түз өлшегіш және басқа да аспаптар) тексеру арқылы зерттеледі.

Тексерудің нәтижелері арнайы өңделген талдаулармен белгілі бір жүйеге келтіру арқылы толықтырылады. Алынған мәліметтер бойынша гидрогеолог жерасты суларының жіктеулерін жүргізіп, гидрохимиялық профилдер мен карталар құрастырады. Кейіннен оларды: а) ашылған жерасты суларының химиялық типтерінің белгілі бір сулы горизонттар мен кешендерге жататын жатпайтындығын; ә) сулы горизонттар мен жербеті суларының арасында гидравликалық байланыстың бар жоқтығын анықтауда; б) жерасты сулары құрамдарының қалыптасу жағдайлары туралы пікірлер айтқан кезде; в) жерасты суларының тұрмыс пен өнеркәсіп қажеттіліктеріне, емдік - шипалық мақсаттарға жарамдылығына баға беру үшін; г) басқа да пайдалы қазбаларды барлау және зерттеу кезінде негізгі критерийі ретінде пайдаланады.

Соңғы үшеуінің негізгі мақсаты жерасты суларының құрамында болатын спецификалық элементтерді, яғни белсенді (активті) реакциялар шамалары, тотығу – тотықсыздану потенциалы, жалпы минералдылық, газдық құрамы, органикалық заттарды зерттеу.

8.2 Судың химиялық қасиеттерінің негізгі көрсеткіштері

Судың кермектілігі судағы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Mn^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} иондарының мөлшерімен сипатталады. Қалыпты суда Ca^{2+} , Mg^{2+} иондарынан басқа иондардың мөлшері өте аз болып келеді, сондықтан жалпы кермектілік шамасын екі ионның эквиваленттік шамаларының қосындысы арқылы анықтайды.

Суды қайнату арқылы жоюға болатын кермектілік Ca^{2+} , Mg^{2+} иондарымен байланысатын HCO_3^- ионының мөлшеріне сәйкес болып келеді. Карбонаттық кермектілік HCO_3^- ионымен байланысатын Ca^{2+} , Mg^{2+} иондарының ммольдегі мөлшерлерін есептеу арқылы анықталады. Жойылмайтын немесе тұрақты кермектілік Ca^{2+} , Mg^{2+} иондары мен SO_4^{2-} , Cl^- иондарының қосылыстарынан түзіледі.

МЕСТ (ГОСТ) 2874 – 82 бойынша ауыз судың жалпы кермектілігі $7 \text{ мг} \cdot \text{ЭКВ}/\text{дм}^3$ шамасынан аспауы керек.

Жемірліктің келесі түрлерін атауға болады: көмірқышқылды, сульфатты, оттекті және басқалары. Көмірқышқылды жемірлік бетон мен таужыныстарының сілтіленуі мен еруіне, ал сульфатты – жарылуына, талқандалуына әсер етеді. Металдар үшін ең қауіптісі оттекті жемірлік (коррозия). Жемірліктердің көрсеткіштерін атасақ: көмірқышқылды – зерттелген судың кальциймен қанығуы жетіспегенде, сульфатты – МЕСТ арқылы реттеліп отыратын SO_4^{2-} ионының шектеулі мөлшерлері. Темірдің коррозиясы темірді сутегімен алмастыру кезінде судың құрамында оттегінің, жемірлік көмірқышқылының және күкіртсутегінің болуымен түсіндіріледі. Марганец пен күкіртті темірдің тұздары, магний тотығы, органикалық заттар, майлар катализатор бола тұрып оттегінің қозғалысын арттырады. Хлоридтер, нитраттар, температураның жоғары болуы коррозияны күшейтеді, ал сульфаттар әлсіретеді.

Сутегі ионының концентрациясы, немесе рН белсенді (активті) реакциясы судың қышқылды – сілтілі қасиеттерін сипаттайды. Суда H^+ ионы басым болған жағдайда ($\text{pH} < 7$) сутегі ионының концентрациясы қышқылдық қасиет көрсетеді. Егер H^+ ионы OH^- ионынан кем болып келсе, онда су сілтілі реакцияға алмасады ($\text{pH} > 7$), ал H^+ және OH^- иондарының судағы мөлшерлері бірдей болса ($\text{pH} = 7$), онда бейтарап қасиет көрсетеді. Көптеген жерасты суларында рН шамамен 6 – 8 аралығында, ал кенді шоғырлардың тотығу белдемдерінде (зоналарында) $\text{pH} < 5$ болып келеді. рН колориметрлік және электрліметрлік әдістер арқылы анықталады (34, 43).

Eh тотығу – тотықсыздану потенциалы судың құрамындағы валенттіліктері өзгеріп тұратын барлық элементтердің тотығу – тотықсыздану күйлерінің тепе – теңдіктерін сипаттайды. Арнайы аспаптармен бағаланып, өлшем бірлігі милливольтпен (мВ) өлшенеді (43). Оттегінің тотықтырғыш ретіндегі судағы құрамы $7 \text{ мг}/\text{дм}^3$ көбірек болған кезде, судағы *Eh* шамасы +350 мен +700 мВ аралығында өзгереді, ал күкіртсутегінің әсерінен тотықсыздану жағдайында *Eh* мөлшері минус 100 мВ шамасынан кем болып келеді. Органикалық қосылыстар тотықсыздану үрдісін тездету нәтижесінде *Eh* минус 300 мВ дейін тіпті одан да көбірек өзгереді. Элементтердің миграциялық қабілеттері қандай да бір жағдайларға тәуелді болып келеді. Мәселен,

Fe^{2+} , Mn^{2+} тереңде орналасқан сулы горизонттардан жоғарғы горизонттарға өтіп, гидрототық түрінде тотығып шөгеді.

8.3 Судың химиялық талдауларын кескіндеудің түрлері мен формалары және оларды өңдеу

8.3.1 Химиялық талдаулардың түрлері мен формалары

Химиялық талдаулардың төрт түрін ажыратамыз: далалық, қысқартылған, толық, арнайы.

Далалық талдау далалық гидрохимиялық лабораторияның көмегімен орындалады. Анықталатындары: судың физикалық қасиеттері, pH , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , NO_3^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , NH_4^+ , $CO_2 \uparrow$, жалпы кермектілік; есептелетіндері: Na^+ , K^+ (жекелеп), Mg^{2+} , жалпы минералдылық, карбонаттық кермектілік. *Қысқартылған* талдау стационарлық лабораторияда дәл анықтайтын әдістер арқылы орындалады да, далалық жағдайда анықталған элементтердің барлығын қамтиды. Қосымша SiO_2 мен жемір CO_2 және басқаларымен толықтырылады.

Толық талдаудың қысқартылған талдауға қарағанда анықтайтын элементтері көбірек. Қандай да бір нақты мақсаттар үшін жүргізілетін зерттеу жұмыстарында (мәселен, емдік-шипалық қасиеті бар суларды зерттеу кезінде микрокомпоненттер, газдар, органика және басқалары) *арнайы* талдау қолданылады және жоғарыда аталған талдаулардың барлығын қамтиды.

Химиялық талдаулардан алынған нәтижелер үш түрде өрнектеледі: 1) 1 дм^3 (немесе 1 кг) судағы еріген заттардың масса бірліктерімен; 2) миллимольмен өлшенетін эквиваленттік мөлшерде; 3) заттардың эквиваленттік мөлшерлерінің проценттерімен.

8.3.2 Жерасты суларының химиялық талдауларын өңдеу

Жерасты суларының химиялық талдауларын өңдеу бірнеше сатыдан тұрады: 1) лабораториялық мәліметтер бойынша алынған заттардың эквиваленттік мөлшерлерін процентке алмастырып есептеу; 2) судың жалпы минералдылығын есептеу; 3) кермектіліктің түрлерін есептеу.

Иондардың эквиваленттік мөлшерлерін процентпен анықтау. Иондардың арасындағы сандық қатынастарды анықтау үшін талдаудың нәтижелері эквиваленттік түрде берілуі керек. Эквиваленттік форма судың кермектілігін анықтауды жеңілдетіп, талдаудың дұрыс орындалуын

тексеруге мүмкіндік береді. Өлшем бірліктердің СИ жүйесіне сәйкес эквивалент миллимольмен (ммоль) есептеледі, сондықтан эквивалентті есептеу әрбір ионның миллиграмдық шамасын өзінің иондық салмағы мен валенттілігіне бөлу арқылы анықталады. Немесе тағы бір оңай жолы әрбір ионның миллиграмдағы шамасын арнайы кестемен берілетін есептеу коэффициенттеріне көбейту арқылы анықталады (42).

Кез келген тұздың ерітіндісі бейтарап электрлі күйде болады, себебі олардың құрамындағы аниондар мен катиондардың сандары бір – біріне тең. Әрбір A_i немесе K_i ионның (A_i - кез-келген анион, K_i - кез келген катион) эквиваленттегі проценттік үлесін есептеу үшін, сол ионның (анион немесе катион), яғни $\sum A = 100\%$ немесе $\sum K = 100\%$ қосындысын 100% тең деп алып, әрбір жеке ионның проценттік үлесі анықталады. Ол үшін келесі пропорция құрылады: $\sum A - 100\%$, $A_i - X\%$ және $\sum K - 100\%$, $K_i - X\%$

осыдан анықтайтын болсақ

$$X\% = \frac{A_i \cdot 100\%}{\sum A} \quad \text{және} \quad X\% = \frac{K_i \cdot 100\%}{\sum K}, \quad 8.1$$

яғни пропорция арқылы жекелеп әрбір анион мен катионның проценттік үлестерін анықтауға болады.

Талдаудың алшақтығы (қатесі) 2 – 5 % шамасынан аспаған кезде ғана талдау жарамды деп қабылданып, есептеу жұмыстарын әрі қарай жүргізуге болады. Талдаудың алшақтығы келесі формуламен есептеледі:

$$X = \left(\frac{\sum A - \sum K}{\sum A + \sum K} \right) \cdot 100\% \cdot \quad 8.2$$

мұндағы $\sum A, \sum K$ – аниондар мен катиондардың эквиваленттік қосындылары, ммоль.

(8.2) формула бойынша талдаудың алшақтығын (қатесін) есептеу қысқартылған химиялық талдауларға жарамайды, тек далалық талдауларға ғана жарамды. Себебі (Na^+, K^+) сілтілі металға жататындықтан, сілтілік құрамдары катион қосындысы мен анион қосындысының айырмасы арқылы анықталады.

Жерасты суларының құрамында кездесетін микрокомпоненттерді анықтаудың нәтижелері (мкг/л немесе мкг/дм³) 1 литр немесе 1 дм³ судағы микрограмм өлшемімен өрнектеледі. Егер, микрокомпоненттер өте көп мөлшерде кездессе, онда макрокомпоненттер сияқты анықталады. Газдардың мөлшері мг/л (мг/дм³), мл/л, см³/л өлшенеді.

Жалпы минералдылықты анықтау. Ол үшін орындалған талдауға сәйкес судың құрамында кездесетін барлық иондардың, молекулалардың және басқа да қосылыстардың миллиграмдағы қосындысын анықтайды. Жалпы минералдылықтың шамасын, суды қайнату арқылы құрғақ немесе тығыз қалдықтары бойынша анықтауға болады. Еріген газдар, әртүрлі жеңіл қосылыстар мен органикалық заттар суды қайнату кезінде ауаға ұшып кетеді де, гидролиз немесе кристалдыгидраттар процесі жүруі мүмкін. Осылардың барлығы құрғақ қалдықты анықтау кезінде аздаған қиындықтар тудырады. Құрғақ қалдықты тәжірибелік жолмен анықтау мен жалпы минералдылық шамасын есептеудің арасындағы айырмашылық 3% - тен аспауы керек.

Кермектіліктің түрлерін анықтау. Жалпы кермектілік 1 дм³ судағы Ca^{2+} , Mg^{2+} иондарының миллиграмм – эквиваленттегі қосындысымен, карбонаттық– Ca^{2+} , Mg^{2+} иондарымен байланысатын HCO_3^- ионының шамасымен аныкталады. HCO_3^- ионының мөлшері Ca^{2+} , Mg^{2+} иондарының эквиваленттік өлшемдерінің қосындыларынан асып кеткен жағдайда, кермектіліктің барлығы карбонаттық деп аталады. Судың тұрақты кермектілігі жалпы және карбонаттық кермектіліктердің айырмасы арқылы аныкталады (8.1 есепті қараңыз).

8.3.3 Талдауларды сызба түрінде кескіндеу

Жерасты суларының химиялық құрамдарын ерекше жазу түрін М.Г.Курлов немесе су құрамы формуласымен көрсетеді. Формула, бөлімінде проценттік мөлшерлері кему тәртібімен жазылатын аниондар, ал алымында – осындай тәртіппен катиондар жазылатын псевдобөлшектен тұрады.

Әр компонентті сәйкес символдармен белгілей отырып, бөлшектің алдыңғы сол жағынан M минералдылық (г/л немесе г/дм³) шамасы, тағы да солға қарай газдар мен басқа да спецификалық компоненттердің (мг/л немесе мг/дм³) мөлшерлері жазылады. Бөлшектің оң жағынан $Eh, pH, T(^{\circ}C)$, перманганатты тотығушылық пен тығыздықтың (минералдылығы жоғары сулар үшін) және ұңғыма, бұлақ немесе басқа да сүзкіздері өнімдерінің (дебиттерінің) (м³/тәу) бір тәуліктегі мәліметтері арқылы сипатталатын көрсеткіштері жазылады. Барлық катиондар мен аниондардың бірден артық болатын эквиваленттерінің проценттік мөлшерлері формулаға кіреді.

Эквиваленттерінің мөлшерлері 25 % артық болатын иондардың барлығы судың химиялық атын анықтауға қатысады. Судың құрамы

проценттік мөлшерлері көбінен азына қарай, бірінші аниондар кейіннен катиондар бойынша аталады. Иондық құрамының алдында көрсетілетін спецификалық компоненттер мен газдық құрамдары да аталады. Тек геохимиялық, емдік немесе шипалық және өнеркәсіптік маңызы бар микрокомпоненттер ғана көрсетіледі.

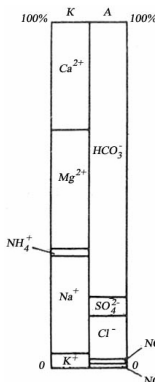
Курлов формуласының (су құрамының формуласы) жалпы түрдегі толық жазылуы:

$$S_p, газ, M \frac{HCO_3 SO_4 Cl}{CaVgNa} Eh, pH.T(^{\circ}C) \cdot \quad (8.3)$$

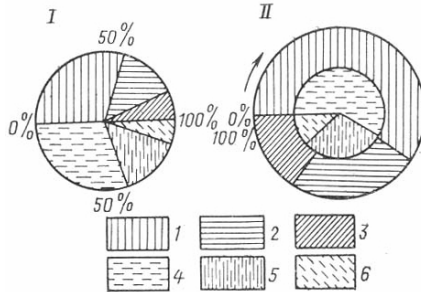
Мысал ретінде кез келген жерасты суы орнының химиялық құрамынан формула келтірелік

$$Al_{288}Cu_{188}Mn_{30}Fe_{34}H_1CO_21218M5,5/125 \frac{SO_4 99}{Ca49Al38Cu7Fe2Mn1H1} pH3$$

Суға жүргізілген талдауды Роджерстің қысқартылған диаграммасымен келтіруге болады. Ол қатар орналасқан екі төртбұрыштан тұрады (44 – сурет).



44 – сурет. Роджерстің қысқартылған диаграммасы, %



45 – сурет (I, II). Толстихинның циклограммасы
Иондар: 1- Ca^{2+} ; 2- Mg^{2+} ; 3- $Na^{+}+K^{+}$; 4- HCO_3^{-} ; 5- SO_4^{2-} ; 6- Cl^{-}

Әрбір төртбұрыш 100 бөлікке бөлінген, төртбұрыштың сол жағында төменнен жоғары қарай катиондардың эквиваленттерінің проценттік мөлшерлері, ал оң жағынан – аниондардікі жазылады. Иондар белсенділіктерінің кему тәртібі бойынша орналасады (Фрезениустың ережесіне сәйкес).

Катиондар: $K^{+}, Na^{+}, NH_4^{+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}$, ауыр металдар, H^{+} .

Аниондар: NO_3^- , Cl^- , Br^- , I^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , $HSiO_3^-$, HCO_3^- , HS^- , OH^- .

Сызба түрінде Толстихин дөңгелегінің көмегімен кескіндеуге болады. Дөңгелектің радиусы жалпы минералдылық шамасына тең. Дөңгелекті тең етіп екіге бөледі де, төменгі бөлігінде сағат тілімен аниондардың проценттік мөлшерлері Фрезениустың ережесі бойынша кескінделеді, ал жоғарғы жағындағы жарты дөңгелекте – сағат тіліне қарсы бағытта осындай тәртіппен катиондар орналасады (45 (I) – сурет). Кейбір кездерде дөңгелек-диаграмманы (циклограмма) бір-бірінің сыртынан салынған екі дөңгелек түрінде (ішкісі – аниондарды, сыртқысы – катиондарды кескіндейді) құрастыруға да болады (45 (II) – сурет).

8.3.4 Химиялық және газды құрамдары бойынша жерасты суларын жіктеу

Әртүрлі принциптерге негізделген көптеген гидрохимиялық жіктеулер (17, 30, 34) бар. Жіктеу – дегеніміз қандай да бір көрсеткіштері бойынша бір типті жерасты суларының бірнеше топтарға бөлінуі. Гидрохимиялық жіктеулерді көрсеткіштеріне байланысты келесі топтарға бөлуге болады: минералдылық дәрежелеріне қатысты, басым болатын компоненттері бойынша, компоненттердің арақатынастары арқылы, бальнеологиялық қасиеттерін ескере отырып басым микрокомпоненттер және басқа да белгілеріне қарай. Аталған жіктеулердің ішінде жиі қолданылатындарын келтірейік.

Минералдылық дәрежесі бойынша жерасты суларының келесі топтарын атауға болады, г/кг (мг/дм³): тұщы 1- ге дейін, тұздылау 1 – 25, тұзды 25 – 50, тұздықтар >50.

Кермектілік шамасы бойынша: 24 – кестеде келтіріледі.

24 – кесте

Судың кермектілік дәрежесі бойынша

Су	Кермектілігі, мг экв/дм ³
Өте жұмсақ	1,5 дейін
Жұмсақ	1,5 – 3,0
Әлсіз кермекті	3,0 – 6,0
Кермекті	6,0 – 9,0
Өте кермекті	> 9

Еріген және бос газдардың мөлшерлері 25 – кестеде келтіріледі.

25 – кесте

Газдық құрамы бойынша

Құрамында газы бар су	Газдың мөлшері, мл/л
Өте төмен	< 50
Төмен	50 – 100
Орташа	100 – 1000
Жоғары	>1000

Судың құрамындағы спецификалық және сирек кездесетін элементтерінің саны бойынша: 26 – кесте.

26 – кесте

Шипалық қасиеті бар минералды сулардың құрамындағы компоненттердің нормасы

Судың аты	Компоненттер	Тұщы және минералды сулардың шекарасындағы мәндері	Минералды суларды белгілеудің төменгі шегі
Көмірқышқылды	Еркін көмір қышқылы	0,250	0,750
Сульфидті	Күкіртеутегінің қосындысы	0,001	0,010
Радонды	Радон	47,25*	135*
Радийлі	Радий	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹¹
Темірлі	Темір	0,001	0,010
Марганецті	Марганец	0,001	0,005
Литийлі	Литий	0,001	0,005
Барийлі	Барий	0,001	0,005
Стронцийлі	Стронций	0,002	0,100
Бромды	Бром	0,005	0,025
Иодты	Иод	0,001	0,010
Фторлы	Фтор	0,0005	0,002
Қалайылы	Қалайы	0,0001	0,001
Борлы	Бор қышқылы	0,005	0,025
Кремнийлі	Кремний қышқылы	0,025	0,050

* Радонның құрамы литрде минус бір дәрежемен және секундта минус бір дәрежемен келтірілген

Басым болып келетін иондар мен олардың арақатынастарына байланысты жіктеу өте кең таралған, атап айтсақ: В.А.Сулин, Г.Н.Каменский, О.А.Алекин, А.М.Овчинников және басқалары.

Табиғи сулар туралы гидрогеохимиялық жүйесі А.М.Овчинниковтың жерасты суларының қалыптасуы және олардағы газдар мен иондардың арақатынасын анықтауға негізделген жіктеуі (46 – сурет). Сызба түрінде бір – біріне жалғасып қосылып жатқан үш квадратпен кескінделеді: жоғарғысы – тотықтыруға қатысатын газдардың құрамын көрсетеді (O_2, N_2, CO_2 және т.б.); ортаңғысы – тотықсыздандыратын (CH_4, H_2S, N_2 және т.б.); төменгісі – метаморфтық (CO_2 және т.б.). Аниондардың ($Cl^-, HCO_3^- + SO_4^{2-}$) проценттік эквиваленттік мөлшерлері әрбір квадраттың ордината осіне, катиондардікі – абсцисса осіне салынады ($Na^+ + K^+, Ca^{2+} + Mg^{2+}$).

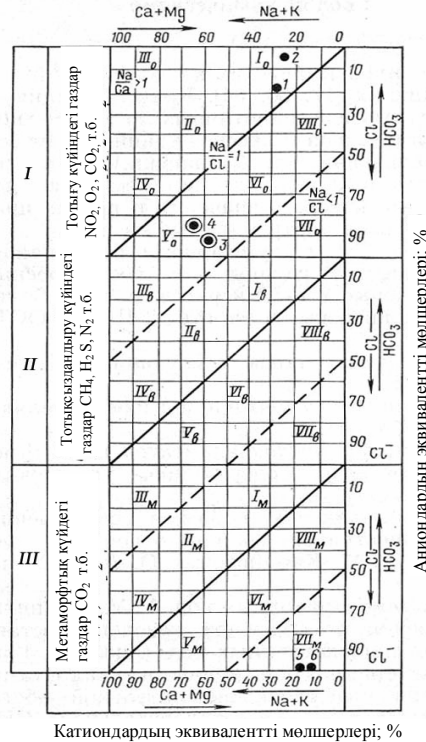
Әрбір квадрат диагональды бөлінген, квадраттың ортасын қақ бөлетін диагональдың ортасына $\frac{rNa^+}{rCl^-} = 1$, диагональдың төменгі жағына

$\frac{rNa^+}{rCl^-} < 1$, жоғарғы жағына $\frac{rNa^+}{rCl^-} > 1$ қатынастарының шамалары

орналасады. Әрбір квадратта қандай да бір жағдайды көрсететін рим цифрі мен индексі бойынша судың сегіз типі бөлінеді. Судың талдауы нүктелер түрінде кескінделеді.

Аталған жіктеудің артықшылығы сулардың құрамындағы газдар мен иондардың бір - біріне ұқсас қатынастарын ескере отырып, суларды бірнеше класқа бөледі. Сонымен қатар басқа жіктеулердегі сияқты SO_4^{2-} ионын Cl^- ионымен емес HCO_3^- ионымен біріктіріп қарастыру өте қолайлы. Кемшілігі $Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, SO_4^{2-}$ иондары бар типтегі суларды жеке анықтауға қажетті минералдылық шамаларының болмауы.

Жекелеген компоненттердің қатынастары арқылы жіктеуге Н.И.Толстихиннің "Табиғи сулардың нөмірленуі" деген жіктеуі жатады. Көп жағдайларда талдауларды жүйеге келтіру сызба түрінде орындалады.



46 – сурет. А.М.Овчинниковтың табиғи сулардың гидрогеохимиялық жүйелері бойынша жерасты суларының химиялық талдауларын жіктеу: I – онша терең емес орналасқан жерасты сулары мен жербеті су қоймалары; II – мұнай және газ орындарының сулары; III – магмалық әрекеттерден газдалған көмірқышқылды сулар: 1 – 6 талдау нөмірлері (1, 2 – I_о; 3, 4 – V_о; 5, 6 – VII_м)

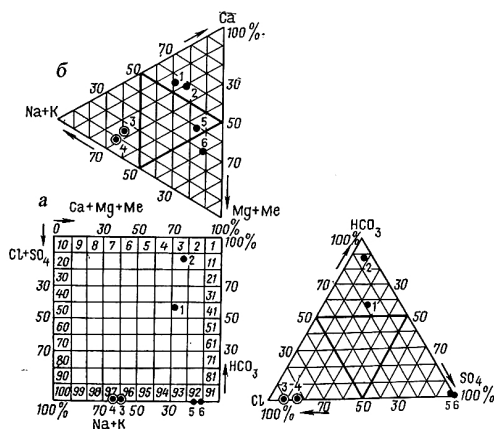
8.3.5 Жерасты суларының химиялық талдауларын сызба түрінде жүйеге келтіру

Жерасты суларының бастапқы талдаулары белгілі бір сулы горизонттарға қатысты, коректену облысынан алшақтығына қарай немесе қандай да бір сәйкес белгілері бойынша топтап, кесте түрінде жүйеге келтіріледі. Жүйеге келтірудің сызба арқылы орындалатын тәсілі ең көрнектісі.

Әртүрлі сулы горизонттардың суларын салыстыру, судың минералдылығы, құрамдарының өзгеруі бойынша оларға тән болатын заңдылықтарды анықтау, сан түріндегі материалдарды, ақпараттарды

жинау бір жүйеге келтірудің негізгі мақсаты болып саналады. Алайда сызба әдісі табиғаттың көп жақтылығын ескермейтіндіктен, генетикалық сұрақтарды шеше алмайды. Талдаулардан алынған нәтижелер Толстихиннің сызба - квадратына нүктелер түрінде түсіріледі. Квадраттың сол жағынан жоғарыдан төмен қарай $Cl^- + SO_4^{2-}$ иондарының эквиваленттік проценттік мөлшерлері; оң жағынан төменнен жоғары қарай HCO_3^- ; үстіңгі жағында солдан оңға қарай $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ мен ауыр металдар (Me), төменгі жағында $Na^+ + K^+$ иондары жазылады. Квадраттың тік және көлденең жақтары 10 бөлікке бөлінген. Квадраттағы талдаудың барысы координаттың екі осінің қиылысуымен анықталады (47 а,б – суреттер).

Квадраттың жоғарғы жағындағы талдау нәтижелерінің топталынуы судың басым химиялық құрамын көрсетеді: квадраттың төменгі сол жақ бұрышы хлоридті- және сульфатты – натрийлі, жоғарғы сол жағы – гидрокарбонатты – натрийлі, жоғарғы оң жағы – гидрокарбонатты – магнийлі – кальцийлі, ортасы – аралас құрамды суларды көрсетеді. Минералдылықтың өзгергені нүктелердің шамасымен немесе пішіндерімен көрсетіледі.



47 а,б – суреттер. Н.И.Толстихинның квадраты мен Феррениң үшбұрышы бойынша жерасты суларының химиялық талдауларын жүйеге келтірудің сызбасы (сызбада компоненттердің эквиваленттік мөлшерлері келтірілген, %): 1 – 6 – талдау нөмірлері (1, 2 - $HCO_3 - Ca$; 3, 4 - $Ca - Na$; 5, 6 - $SO_4 - Mg - Ca$)

Алайда бір ғана квадратты пайдалану ыңғайсыз, себебі Ca^{2+} , Mg^{2+} және Cl^- , SO_4^{2-} иондарының қосынды мөлшерлері кескінделеді. Оларды жеке анықтау үшін, тура квадрат сияқты масштабтағы Ферренің үшбұрыш – сызбасын пайдаланады (47, б – сурет). Бір үшбұрыш катиондық, екіншісі аниондық құрамды көрсетеді. Үшбұрыштың үшіншісіндегі иондардың эквиваленттік мөлшерлері 100% құрайды. Талдаулар нәтижелері үшбұрыштың табанына параллель жататын үш сызықтың қиылысуымен анықталады.

Үшбұрыштың үшіншісіндегі талдауларды топтау судағы бір–біріне сәйкес болатын басым иондарды көрсетеді; ортасында құрамдары бойынша аралас сулар орналасады. Үшбұрыш – сызбалар әрбір ионның мөлшерін анықтауға мүмкіндік береді, бірақ аниондар мен катиондардың созылып кеткен кескіндері талдауларды салыстыруда біршама қиындықтар тудырады. Толстихиннің квадраты мен Ферренің үшбұрышын біріктіру талдауларды салыстыруды жеңілдетеді. Химиялық талдауларды жүйеге кілтіруде арнайы оқулықтарда сипатталатын басқа да көптеген сызбалар пайдаланылады, мәселен А.А.Бродскийдің квадрат – сызбасы, А.Шеллердің логарифмдік сызбасы және басқалары (7, 17, 30, 34).

8.4 Өртүрлі мақсаттарға жарамды суларға баға беру

Ауызсуға баға беру. Ол судың физикалық қасиеттері (іісі, түсі, қалқып жүретін заттар, температура), химиялық және бактериологиялық құрамдары. Химиялық құрамына баға беруде, біріншіден судың құрамына кіретін негізгі элементтердің концентрациялары (Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Mg^{2+} және басқалары) белгілі бір шектен аспауына және дәмі жағымсыз немесе ауызсуға жарамсыз болмауына; екіншіден судың ластануы (NH_4^- , SO_3^- , NO_2^- және басқалары) O_2 бойынша тотығуын немесе басқа да тотықтырғыштарды көрсететін элементтердің құрамдарына; үшіншіден адам ағзасына зиян келтіретін микрокомпоненттер мен судың бактериологиялық құрамдары МЕСТ 2874 – 82 талаптарына сәйкес келіп, белгілі нормадан аспауына көңіл бөлінуі керек.

Кейбір компоненттердің шекті құрамдары судың әртектілігіне байланысты өзгеріп, ауызсудың сапасына баға беруде басқа нормалар да қолданылуы мүмкін.

Судың жемірлігіне баға беру. Жемір көмір қышқылы судың кальций карбонатымен қанығуының жетіспеушілігін сипаттайды. Жемірлік көмір қышқылының шамасын, CO_3^- ионымен байланысатын еркін CO_2 көмір

қышқылының құрамдарын пайдаланып Ф.Ф.Лаптевтің құрастырған сызбасымен есептейді (48, 49 – суреттер). 48 – суретте келтірілген сызбамен HCO_3^- , Ca^{2+} иондарының эквиваленттік мөлшерлерінің 1,25 – 0,75 кезіндегі шамалары; ал басқа жағдайларда 48 – сурет пайдаланылады. Сулардың жемірлік қасиеттеріне баға беру 8.1 есепте келтіріледі. Карбонаттық кермектілігі 1,4 мг-экв/дм³ құрайтын, 1 дм³ судағы байланысқан көмір-қышқылының шамасы 30 мг кем болатын суларды, басқа көрсеткіштерін есептемей – ақ жемірлік деп атауға болады.

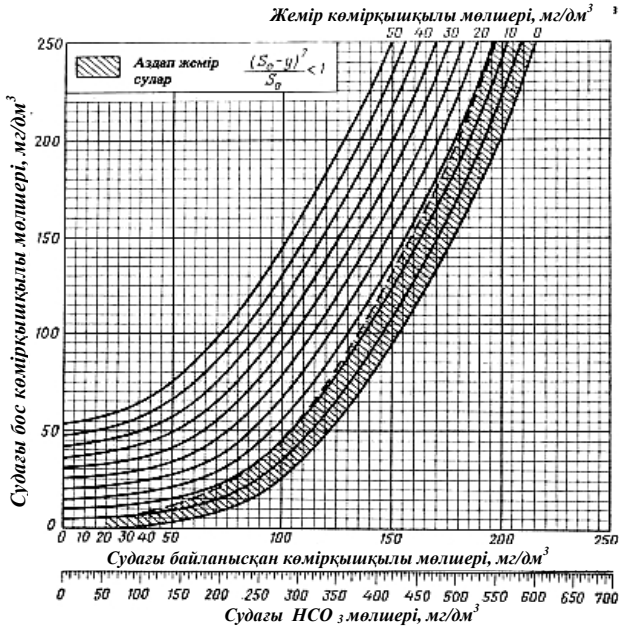
Сульфаттық жемірлік SO_4^{2-} ионының мөлшерімен анықталады, егер SO_4^{2-} ионының судағы мөлшері 250 – 800 мг/дм³ аралығында өзгерсе су әлсіз жемір, > 800 мг/дм³ артық болса жемір деп есептеледі.

Қышқыл сулардың ($pH < 7$) коррозияға ұшырату қабілеті жоғары. Судың коррозиялық қабілетіне көптеген иондар әсер етеді. Мәселен, қышқыл сулар үшін K_K коррозия коэффициентінің шамасын анықтап көрелік:

$$\begin{aligned} \text{қышқыл суларда } K_K &= rH^+ + rAl^{3+} + rFe^{2+} + rMg^{2+} - rCO_3^{2-} - HCO_3^-; \\ \text{сілтпелі суларда } K_K &= rMg^{2+} - rHCO_3^- \end{aligned} \quad (8.4)$$

мұндағы r - иондардың эквиваленттік құрамдары.

K_K мәнінің шамасына байланысты сулардың келесі топтарын ажыратуға болады (27 – кесте).



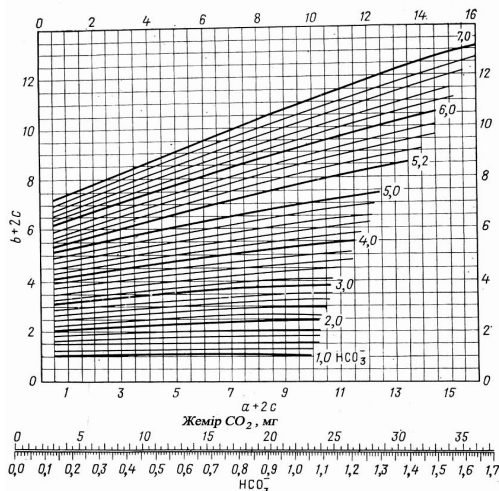
48 – сурет

Ф.Ф.Лаптев бойынша HCO_3^- , Ca^{2+} иондарының 1,25 – 0,75 ммоль шамалары кезіндегі жемір көмірқышқылын анықтаудың сызбасы (1 дм³ судағы иондардың эквиваленттік мөлшері, ммольмен есептеледі, *a* – Ca , *в* – HCO_3^- , *с* – бос жүретін CO_2)

27 – кесте

Коррозия коэффициентінің шамасына қарай сулардың топтарға бөлінуі

Сулардың топтары	K_K мөнінің шамасы
Коррозияға ұшырататын	$K_K > 0$
Жартылай коррозияға ұшырататын	$K_K < 0$, бірақ $K_K + 0,05 \text{Ca}^{2+} > 0$
Коррозияға ұшыратпайтын	$K_K + 0,05 \text{Ca}^{2+} < 0$
* Ca^{2+} мөлшері иондық түрде қабылданады	



49 – сурет

Ф.Ф.Лаптев бойынша HCO_3^- , Ca^{2+} иондарының шамалары басқа болғанда

8.1 мысал есеп.

28 – кестеде келтірілген №1 жерасты суының химиялық талдауын өңдеу.

Шарты:

1. Иондардың эквиваленттік мөлшерлерін есептеу;
2. Талдаудың алшақтығын (кететін қатесін) есептеу;
3. Аниондар мен катиондардың проценттегі эквиваленттік мөлшерлерін жеке – жеке анықтау;
4. Кермектіліктің барлық түрін есептеп, судың кермектілік дәрежесіне баға беру;
5. Судың құрамында болатын спецификалық элементтер мен жемір көмір қышқылының мөлшерін анықтау;
6. Судың жалпы минералдылығын, газдық құрамдарын, кермектіліктерін ескере отырып жіктеу;
7. Судың құрамын сызбада кескіндеу;
8. Курлов формуласын жазып, судың типін анықтау;
9. Судың ауызсуға жарамдылығына баға беру.

Шығаруы: 1. Есептеу бірнеше жолмен шығарылады:

- а) эквиваленттік массасы мен валенттіліктері бойынша миллимольдегі эквиваленттік мөлшерлерін есептеу арқылы.

$$\text{экв., ммоль} = \frac{A, \text{ мг} / \text{дм}^3}{\text{экв.масса}} = \frac{A, \text{ мг} / \text{дм}^3 \cdot \text{валенттілік}}{\text{Атомдық немесе молекулалық масса}}.$$

$$Na^+ \text{ үшін } \frac{26,3}{22,997} = 1,144 \text{ ммоль};$$

б) M есептеу коэффициентін пайдалану арқылы: экв., ммоль = $M \cdot A$ мг/дм³.

Na^+ ионының есептеу коэффициенті $M = 0,04348$, натрийдің миллимольдегі эквивалентін есептесек, $0,04348 \cdot 26,3 = 1,144$ болады; алынған нәтижелер 29 – кестеге түсіріледі.

2. Талдаудың алшақтығы немесе қатесі (8.2) формуламен есептеледі.

$$X = \left(\frac{\sum A - \sum K}{\sum A + \sum K} \right) \cdot 100\% = \left(\frac{4,000 - 4,069}{4,000 + 4,069} \right) \cdot 100\% = 0,856\%$$

талдаудың алшақтығы 5 % -тен кем, яғни қойылған шарт орындалады немесе талдау әрі қарай өңдеуге жарамды деп қабылданады.

3. Әрбір ионның есептелген эквиваленттік мөлшерлерін (8.1) формулаға салып процентке алмастырады. Ол үшін катионның немесе анионның қосындылары 100% тең деп қабылданады да, жекелеп әрбір ионның 100 проценттегі үлестері анықталады. Мысалы Na^+ ионының катиондар қосындысындағы, яғни 100 % ішіндегі алып жатқан үлесін анықтап көрелік.

$$\frac{\sum 4,069}{1,144} = X_{Na} \% ,$$

осыдан келіп 100 % катиондардың қосынды мөлшерлерінің ішіндегі Na^+ ионының проценттік үлесін анықтайық.

$$X_{Na} = \frac{100\% \cdot 1,144}{4,069} = 28,15\%.$$

Тура осындай жолмен кестедегі келтірілген басқа иондардың барлығының проценттік үлестері анықталады да, алынған нәтижелер 28 – кестеге толтырылады.

4. Кермектіліктердің барлық түрі есептеледі: жалпы кермектілік $Ca^{2+} + Mg^{2+} = 2,691$ ммоль шамасындағы қосындысына тең, талдаудың мәліметтері бойынша HCO_3^- ионының ммольдегі шамасы

$Ca^{2+} + Mg^{2+}$ иондарының қосындысынан артық болғандықтан судың кермектілігі карбонаттық деп аталады.

5. Суға тән болатын спецификалық элементтер жоқ. Жемір көмір қышқылы $\frac{HCO_3^-}{Ca^{2+}} > 1,25$ болғандықтан (49 – сурет), Ф.Ф.Лаптевтің сызбасымен анықталады.

$Ca^{2+}(a), HCO_3^-(b)$ және екі еселенген $CO_2(c)$ еркін бос жүретін көмір қышқылының эквиваленттегі қосындыларын анықтап көрелік: $a = 1,293$ ммоль; $b = 3,195$ ммоль; $c = \frac{17,6}{44} = 0,4$ ммоль; $a + 2c = 2,093$; $b + 2c = 3,995$.

Қисықта жатқан нүкте $HCO_3^- = 3,7$ ммоль шамасына сәйкес. Судың құрамындағы HCO_3^- тің нақты шамасы 3,195 ммольге тең, яғни $CaCO_3$ тың эквиваленттік шамасымен тепе – теңдікке келгеннен кейін, HCO_3^- шамасы 0,6 ммольге артады. Сызбаның төменгі шкаласы бойынша жемір CO_2 (кальций карбонатымен қанығудың жетіспеушілігі) анықтайтын болсақ, ол 13,2 мг шамасына сәйкес келеді.

6. Жалпы минералдылық шамалары бойынша тұщы суларға жатады. Суда еріген көмірқышқылы газдардың түзілуі барысындағы – химиялық реакцияларға қатысты газдардың тобына жатады, газдық құрамы өте төмен. Кермектілік дәрежесіне қатысты жұмсақ сулар.

7. Роджерс сызбасы тұрғызылады.

8. Судың талдауы М.Г.Курлов формуласы түрінде жазылады:

$$M_{0,3} \frac{HCO_3, 80Cl13SO_4, 6NO_3, 1}{Mg34Ca32Na32NH_4, 2} pH7,4; T8^0 C.$$

Гидрокарбонатты – натрийлі – кальцийлі – магнийлі су.

9. Судың ауыз суға жарамдылығына МЕСТ 2874 – 82 талаптарына сәйкес баға беріледі. Норма бойынша алдын – ала тазартып алмаса ауыз суға пайдалануға жарамсыз, себебі NH_4^+, NO_2^- иондарының концентрациялары нормада (МЕСТ 2874 – 82) көрсетілген шамадан артықтау. Сонымен қатар O_2 бойынша жоғарғы тотықтырғыштығымен сипатталады. Аталған көрсеткіштердің суда болатын мөлшерлері судың ластану дәрежесін көрсетеді.

Жерасты суының химиялык талдауын өңдөү

Талдау нөмүрү	Су орны	Саманалы алынган орыны	Сууун (рН) физикалык касиеттери	Суун бою күйүтү CO ₂	О бойнунда тотунган м/дм ³	Кургак м/дм ³	Катиондар, м/дм ³						Аниондар, м/дм ³						Шек таякчысынын титри
							Na	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺ Fe ³⁺	NH ₄ ⁺	Cl	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻		
1	38 үңгү	Осердин өңүрү жайылы жамааттын жогорку террасасы, аллювийлар (7,4)	Түссүз, иссиз, жытыраак, шөгүлдө аз шөгүлдө аз (7,4)	17,6	5,8	290	26,3	7,0	25,9	17,0	Жок	1,0	18,0	11,5	195,2	3,5	0,08	–	
2	452 үңгү	Ден өкөнүн жайылы жамааттын жогорку террасасы, аллювийлар (7,6)	Түссүз, иссиз, жытыраак, шөгүлдө аз шөгүлдө аз (7,6)	15,4	3,1	340	46,3		35,3	6,0	0,05 0,3	0,4	9,0	1,0	24	–	–	–	
3	5 булак	Жыгалар, өкөнүнүн өкөстөрү (Q=5дм ³ /сек)	Жылытрак, түссүз жеңе домсиз (7,3)	52,8	2,9	500	55,7		96,4	24,9	Жок	Жок	6,8	42,8	500,2	Жок	Жок	–	
4	308 үңгү	Жыра (бор кабаты)	Жылытрак, түссүз жеңе домсиз (7,5)	55,3	1,8	347	52,5	4,0	76,6	1,2	0,3 Жок	0,05	13,6	28,0	305,0	2,2	0,7	–	
5	184 үңгү	Су арык өткөү флювиогляциалды шөгүлдө аз шөгүлдө аз (7,6)	Түссүз, иссиз, жытыраак, шөгүлдө аз шөгүлдө аз (7,6)	5,9	–	428	58,4		56,1	29,6	0,3 0,1	0,1	12,5	100,4	307,3	18,0	0,3	–	
6	3 булак	Колк жарты аралы, музду шөгүлдө аз шөгүлдө аз (7,6)	Жылытрак, түссүз, иссиз, жытыраак, шөгүлдө аз шөгүлдө аз (7,6)	–	–	37,5	10,6		0,71	0,22	0,20	–	1,3	1,5	15,67	–	–	–	
7	5 куулак	Казань, аллювий куулар	Түссүз, иссиз, жытыраак, шөгүлдө аз шөгүлдө аз (7,6)	–	1,8	556	5,0		91,0	32,0	–	–	6,0	69,0	353,0	–	–	–	
8	3 куулак	Жогаргы карбон өкөстөрү	Түсү 4, жытыраактыгы 30 (7,9)	–	0,75	151,0	5,2		37,4	9,0	–	0,25	2,9	8,2	158,0	–	0,002	200	
9	6 куулак	Ортунгы карбон өкөстөрү	Түс 8,4, (7,7)	–	1,6	313,0	7,6		59,2	25,1	–	0,61	4,3	28,2	282,5	0,67	0,0054	–	
10	14 куулак	Ортунгы карбон өкөстөрү	Түс 7,7, жытыраактыгы >30 (7,7)	–	3,03	307,7	7,0		59,0	15,7	–	0,15	19,5	62,9	163,0	–	0,0066	>500	
11	16 куулак	Ортунгы карбон өкөстөрү	Түс 13,6, жытыраактыгы >30 (7,6)	–	2,03	658,0	35,67		117,3	52,9	–	0,8	76,5	149,5	390,0	0,03	0,0043	>500	
12	25 куулак	Ортунгы карбон өкөстөрү	Түс <2 (7,9)	–	2,5	457,6	14,0		45,2	33,8	–	0,59	98,1	48,0	242,0	0,77	0,802	>500	

Химиялық талдаудың нәтижелері

Нөмір тәртібі	Иондар		Мөлшері мг/дм ³	Эквиваленттік мөлшерлері	
				ммоль	%
1	Катиондар	K ⁺	7,0	0,179	4,40
		Na ⁺	26,3	1,144	28,10
		Mg ²⁺	17,0	1,398	34,40
		Ca ²⁺	25,9	1,293	31,80
		NH ₄ ⁺	1,0	0,055	1,30
Қосындылары:				Σ 4,069	Σ 100,0
2	Аниондар	Cl ⁻	18,0	0,508	12,70
		SO ₄ ²⁻	11,5	0,239	5,97
		HCO ₃ ⁻	195,2	3,195	79,88
		NO ₃ ⁻	3,5	0,056	1,40
		NO ₂ ⁻	0,08	0,002	0,05
Қосындылары:				Σ 4,000	Σ 100,0

8.5 Гидрогеохимиялық жүйелерді зерттеу және гидрогеохимиялық карталар мен профилдерді құрастыру

8.5.1 Гидрогеохимиялық жүйе туралы ұғым

Егер гидрогеологиялық жүйені (ГГЖ) тұтас жүйе ретінде қарастырсақ, онда анықтамаға сәйкес гидрогеохимиялық жүйені оның бір тармағы (жүйешесі) деп ажыратуға болады. Жерасты суының гидрогеохимиялық қасиеттерін зерттеуге көңіл бөлетін болсақ, онда судың гидрогеохимиялық қасиеттерін, күйлерін, байланыстарын және бір – бірімен әрекеттесулерін зерттейтін гидрогеохимиялық жүйені, жеке жүйе ретінде қарастыруға болады.

Судың гидрогеохимиялық қасиеттері мен күйлерінің басты көрсеткіштерін атасақ: судың жалпы минералдылығы, құрамындағы негізгі алты ионның (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-}) мөлшері, жерасты суларында жиі кездесетін микрокомпоненттер (Fe^{3+} , Fe^{2+} , Al^{3+} , Cu^{2+} , I^- , Br^- және судың спецификалық, шипалық қасиеттерін анықтайтын бірқатар басқа да элементтер), сонымен қатар pH , Eh көрсеткіштері мен CO_2 , H_2S , N_2 газдары, судың ауызсуға қатысты сапасына баға беруде бактериологиялық күйлерін сипаттайтын

органикалық заттар мен бактериялар. Аталған көрсеткіштер гидрогеохимиялық профилдер мен карталарда кескінделеді.

Сыртқы гидрогеохимиялық шекаралардың бөлінуі, оларға тән қарапайым байланыстар мен әрекеттесулерді қарастырайық.

8.5.2 Сыртқы гидрогеохимиялық шекаралары

Зерттеліп отырған ГГЖ (сулы горизонт, сулы кешен, сулы зона немесе белдем және т.б.) атмосфера, жербеті гидросферасы, инженерлік құрылыс ғимараттарымен шекараласады деп алуға болады. Осы аталған шекаралар арқылы гидрогеологиялық жүйеге (ГГЖ) минералдылықтары, құрамдары, газдық құрамдары, органикалық заттары, температурасы т.б. басқаша болып келетін сулар келіп құйылуы мүмкін. Салыстырмалы түрде суөткізбейтін қабат болып есептелетін, суды нашар өткізетін құмды саз қабаттарымен бөлінген жерасты суларының жабық түрдегі қоректену және арылу облыстары, сонымен қатар құрамдары мен минералдылықтары әртүрлі болып келетін жерасты суының, біртекті емес түзілімдегі гидрогеологиялық «ойық» («терезе») ашық жерлер, геологиялық құрылымдық, литологиялық фациалдық контурлар арқылы бір ГГЖ - ден екіншісіне барып құйылатын жерлері де аталған шекараларға жатуы мүмкін.

Сыртқы орта мен жүйенің арасында жалпы минералдылық шамалары, әртүрлі компоненттердің құрамдары және басқаларының бір-бірінен айырмашылықтары байқалған жағдайда, аталған контурлар мен белдемдер және олардың орналасқан аудандары сыртқы гидрогеохимиялық шекаралары деп қабылданады. Судың келіп құйылуына байланысты олардың ГГЖ-дегі таралу жағдайлары, заттардың массалары мен шығындалуын сипаттауы керек. Заттардың осылайша бағытталаып тасымалдануы, су деңгейлерінің мәндері арқылы қозғалу бағытын талдауы сияқты, судың жалпы минералдылық (немесе градиенттері) шамалары, құрамына тән болатын иондардың концентрациялары (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} және басқалары) және температурасының өзгерістері кезіндегі көптеген көрсеткіштерге қатысты туындауы мүмкін. Жалпы минералдылық немесе зерттеліп отырған компоненттің тең сызықтарының (изогипстерінің) концентрацияларына және басқа да көрсеткіштеріне перпендикуляр бағытта жүргізілетін сызықтар ағын массасының бағытын, ал изотермаға перпендикуляр сызықтар жылу ағынының бағытын көрсетеді. Сыртқы гидрогеохимиялық шекаралар газдардың құрамдары, pH , Eh , температура және басқа да көрсеткіштердің

өзгерістерімен сипатталатын геохимиялық жағдайдың күрт өзгеруімен де анықталуы мүмкін.

8.5.3 Гидрогеохимиялық жүйелердің қарапайым типтері

Қарапайым гидрогеохимиялық жүйелерге *конвективтік* және *диффузиялық* – молекулалық түрлерді жатқызуға болады. Еріген заттар массаларының конвективтік қозғалысы *конвективтік* түрдегі негізгі процесс болып саналады. Мұндай жағдайда су еріген заттарды өзіне қосып алады да, судың қозғалу бағыты бойынша жалпы минералдылығының өзгеруі байқалады және еріген көптеген компоненттердің құрамдары сүзілетін су ағынының V (м/сек) қозғалу жылдамдығына толығымен тәуелді болып келеді. Осындай өзгерістер кез – келген бір типті гидрогеохимиялық көрсеткіштері бойынша ажыратылатын изомина, изохорна немесе гидрохимиялық белдемдердің (зоналардың) шекараларында көрінеді. Судың жалпы минералдылық шамаларының бірдей нүктелерін қосатын сызықты *изомина*, ал қандай да бір гидрохимиялық көрсеткіштері бірдей құрамды концентрацияларын (мысалы, Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , pH және басқалары) қосатын сызықты *изохорна* деп атайды. Кейбір облыс шегінде аталған көрсеткіштердің белгілі бір шектеулі мөлшерде жүретін өзгерістері *гидрохимиялық зона* деп те аталады.

Δl изоминнің және Δt уақыттағы (тәуліктер, жылдар) зона шекараларының өзгерістері келесі формуламен есептелуі мүмкін

$$\Delta l = \frac{v}{n_a} \Delta t = \frac{k}{n_a} I \Delta t, \quad (8.5)$$

мұнда k, n_a - контурдың өзгеруі жүреді деген учаскедегі сулы горизонтты құрайтын таужынысының сүзілу коэффициенті мен белсенді кеуектілігі; I - (2.11) формуламен анықталатын, осы учаскедегі арынның орташа градиенті.

Молекулалардың тасымалдануы гидрогеохимиялық диффузиялық – молекулалық жүйеде негізгі процесс болып саналады. Ол физика және физикалық – химия курстары бойынша Фик заңы бойынша сипатталады. Физикалық химиядағы Фик заңы Дарсидің сүзілу заңына ұқсас және келесідей болып жазылады:

$$Q_c = D_M \cdot F \cdot I_c, \quad (8.6)$$

мұнда Q_c - орташа концентрациясы градиентінің (I_c) әсері арқылы, F (км², м²) көлденең қима ауданынан (м²/тәулік) жүріп өтетін заттардың ағыны немесе мөлшері; D_M - молекулалық диффузия жүретін ортаның қасиетін сипаттайтын көрсеткіш, яғни

диффузия коэффициенті. Фик заңы физикалық мағынасы бойынша Дарси заңындағы сүзілу коэффициентіне ұқсас және өлшем бірлігі де $m^2/тәулік$.

I_c концентрациясының градиенті келесі формуламен анықталады

$$I_c = \frac{C_1 - C_2}{\Delta l}, \quad (8.7)$$

мұнда C_1, C_2 - ұзындығы Δl болатын учаскенің шекарасында өлшенген қимадағы, зерттеліп отырған компоненттің концентрацияларының мәні.

Фик заңы заттардың изотермиялық жағдайындағы стационарлық ағынды сипаттайды. Бірнеше компоненттердің заттық мөлшерлерін қарастыру кезінде, олардың диффузиялық коэффициенттерінің теңсіздіктері бір уақытта деп қабылданады.

Қарапайым гидрогеохимиялық жүйенің жиынтығы арқылы күрделі жүйелерді қалыптастыруға болады, мәселен изотермиялық және изотермиялық емес басқа да жағдайлардағы физикалық – химиялық әрекеттесулердің болу, болмауын ескеретін, бір уақытта жүретін конвекция, дисперсия және диффузия (микро, макро) құбылыстарының жүйелері және тағы сол сияқтылар.

8.5.4 Сыртқы гидрогеохимиялық шекаралардың түрлері және байланыстары

Сыртқы гидрогеохимиялық байланыстар деп сыртқы шекаралардың түрлері мен масса алмасу және заттардың тасымалдануына тән болып келетін қасиеттердің түрлерін айтады. Олардың сулы горизонттарға қатысты қарапайым түрлерін қарастырайық.

Гидрогеологиялық жүйені (ГГЖ) құрайтын таужыныстарының жер бетіне шығатын зоналарында ГГЖ атмосферамен шекараласады. Мұндағы су өткізетін таужыныстарын азрациялану белдемі арқылы атмосферамен байланыста болатын грунт сулары құрайды. ГГЖ-ні қандай да бір мақсатқа қатысты зерттеу кезінде жоғарғы шекарасы есебінде грунт суларының деңгейі, топырақ қабатының төменгі шекарасы немесе жер беті қабылдануы мүмкін. Аталғандардың әрқайсысы бойынша ГГЖ-ге келіп түсетін атмосфералық ауа, жауын–шашындар, жербетіндегі беткейлік ағындар, суармалы сулар және басқаларының шамалары да әрқалай болып келеді. Жауын–шашындар, суармалы сулар, жербеттік ағыстар және көптеген басқа да су көздерін қарқынды жүретін инфильтрация (сіңіп-сүзілу) арқылы

гидрогеохимиялық жүйеге өтетін заттардың массалары конвекция принципі бойынша жүруі мүмкін, яғни поршендік ығыстыру. Судың жекелеген тамшылары (жаңбырлату) немесе гидравликалық тұтас ағын түрінде сүзілуі инфильтрация түріне бағынышты болып келеді. Инфильтрация ақырын жүрген кезде, ГГЖ-ге сырттан келетін сулар мен өз ішіндегі сулардың компоненттері мен минералдылық шамаларының арасында болатын айырмашылықтарға байланысты диффузиялық тасымалдануды сипаттайтын әсерлесулер туындайды, сонымен қатар конвекциялық және диффузиялық процестердің қатар байқалуы да мүмкін. Осы жұмыста қаралмайтын аэрациялану белдемінің құрылымы, өсімдік, топырақ, күн радиациясы және басқа да көптеген факторлар гидрогеохимиялық әрекеттесулерге әсер етеді.

Өзен, көл, теңіз, арық (канал), су қоймалары және жер бетіндегі көптеген табиғи немесе жасанды су көздерінің контурлары жер беті гидросферасымен түйіндесетін шекарасы болып саналады. Ұңғымалар, әртүрлі алаптар (бассейндер) арқылы ГГЖ-ге келіп құйылатын немесе одан басқа жаққа ағып кететін су және оларда еритін заттардың массалары гидрогеохимияның жасанды шекарасы болуы мүмкін.

Егер, минералдылығы әртүрлі жерасты суларынан тұратын екі сулы горизонт суды нашар өткізетін құмды саз қабатымен бөлінген болса, онда заттардың минералдылығы жоғары сулы горизонттан, минералдылығы төмен сулы горизонтқа қарай бағытталған диффузиялық тасымалдануы жүреді. Екі горизонтты бөліп тұратын қабатта гидрогеологиялық «ойық» («терезе») болған жағдайда, заттардың конвективті тасымалдануы жүреді. Егер, минералдылығы жоғары сулы горизонттың пьезометрлік деңгейі минералдылығы аз сулы горизонттың пьезометрлік деңгейінен төмен болса, онда диффузия мен конвективті тасымалданудың бағыттары бір-бірімен сәйкес келмеуі де мүмкін.

Гидрогеохимиялық жүйеде гидрогеодинамикалық жүйедегі сияқты жерасты суының қоректену және арылу зоналарын бөлуге болады. Қоректену зонасына заттардың ГГЖ-ге келіп түсетін контурлары мен гидрогеохимиялық көрсеткіштердің концентрацияларының жоғары болып келетін жерлерін, ал арылу зонасына ГГЖ-дегі жерасты суларынан заттар массаларының бағытталып тасымалдануы байқалатын жерлерді жатқызуға болады.

Гидрогеодинамикалық жүйеде де ортақтанған немесе бытырап жататын гидрогеохимиялық қоректену мен арылуды бөліп көрсетуге болады. Ортақтанған қоректенуде жерасты суларындағы заттар массаларының тасымалдануы конвекция принципімен (бір ерітіндіні екіншісінің поршендік ығыстыруы), ал бытырап жататын қоректенуде

– молекулалық диффузия принципiмен немесе гидравликалық диффузия деп аталатын конвективті диффузия арқылы жүреді.

Қоректену мен арылудың ашық және жабық гидрогеохимиялық зоналарын ажыратуға болады. Геологиялық мазмұндары бойынша олар гидродинамикалық қоректену сияқты болып келуі мүмкін. Жерасты суы – геологиялық ортаның қозғалып жүретін компоненті, сондықтан гидродинамикалық және гидрогеохимиялық жүйелердің шекаралары, деңгейлері (немесе қатарлары) бойынша әртүрлі болуы және бір – біріне сәйкес болмауы да мүмкін. Мәселен, өзенмен шектесіп жататын сулы горизонт құрамдары және минералдылықтары бір – біріне ұқсас болатын тұщы сулардан тұруы мүмкін. Мұндай жағдай, сулы горизонт пен өзен ірі аймақтық гидрогеохимиялық жүйенің жергілікті элементтеріне жататындығының дәлелі. Сонымен қатар, белгілі бір спецификалық элементтері бойынша олар қандай да бір ірі гидрогеохимиялық жүйеге немесе, керісінше спецификалық компоненттеріне байланысты ұсақ, шағын жүйешелерден тұруы да мүмкін.

8.5.5 Гидрогеохимиялық профилдер мен карталарды құрастырудың ерекшеліктері

Профилдер мен карталарды құрастыру әдістері, олардың мазмұндары және масштабтарын таңдау пайдаланылатын мақсаттары мен қолда бар фактілік материалдарға байланысты болып келеді. Қазіргі кездегі қолданылып жүрген әдістер көптеген монографиялар (34, 39) мен оқу құралдарында (7, 8) егжей – тегжейлі келтірілген.

Мынадай жағдайға көңіл бөліп көрелік. Гидрогеохимиялық профилдер мен карталарды құрастыру кезінде, негізінен жер бетіндегі өзендер, көлдер, сулы таужыныстарының жер бетіне шығып жатқан учаскелеріне қатысты болатын сулы горизонттар мен кешендердің геологиялық немесе гидродинамикалық шекаралары бастапқы шекарасы болып қабылданады. Сонымен қатар гидрогеохимиялық жүйені жеке бөлмейді және оның гидрогеохимиялық шекарасы да анықталмайды. Тіпті, ГГЖ-нің шекарасына арналған гидрогеохимиялық сандық көрсеткіштер тұрақты анықталмайды, ал далалық зерттеулер кезінде анықталған жағдайдың өзінде, гидрогеохимиялық профилдер мен карталарды құрастыруда толығымен пайдаланылмайды. Көп жағдайларда жалпы минералдылықтың тең сызығын, басты иондардың концентрациясын және тек ГГЖ-нің ішкі облысына жататын химиялық құрамдары бір типті жерасты суларының таралу зоналарын ғана көрсетеді.

Жүйелі көзқарас тұрғысынан келетін болсақ, гидрогеохимиялық профилдер мен карталарды құрастыру кезінде келесі сұрақтарға жауап беру қажет: 1) гидрогеохимиялық тұрғыдан алғанда зерттеліп отырған ГГЖ-нің

сыртқы шекарасы нені анықтайды, олар құрамдары бойынша қандай гидрогеохимиялық көрсеткіштер және сандық мәндерменен сипатталады; 2) гидрогеодинамикалық жүйелердің сыртқы шекаралары қалай орналасады және нені білдіреді; 3) оның сыртқы және ішкі шекаралары ұқсас болатын геологиялық және гидрогеодинамикалық жүйешелердің шекараларымен сәйкес келе ме; 4) сәйкес келмесе зерттеліп отырған сулы горизонт немесе кешеннің сыртқы гидрогеодинамикалық шекараларын шартты түрде гидрогеохимиялық шекара деп қабылдап, оған гидрогеохимиялық көрсеткіштердің кейбір параметрлерін жазуға бола ма.

8.5.6 Гидрогеохимиялық профильдерді құрастыру

Гидрогеохимиялық профильдер белгілі бір бағыт бойынша зерттеліп отырған компоненттердің минералдылығын және басқа да көрсеткіштерін ашып көрсетеді. Профильдерді құрастыру тәсілдері мен таңдаудың бағыттары алға қойылған мақсат пен фактілік материалдардың мөлшерлеріне байланысты болып келеді. Жеке маңыздылығы бола тұра гидрогеохимиялық профильдер жалпы жағдайда гидрогеохимиялық карталарға қосымша тіркеме ретінде құрастырылады. Профильдерді құрастырудың тәртібі:

1) масштабы гидрогеологиялық картамен бірдей болатын, ұнғымалардың орналасу сызықтары түсетін гипсометрлік профиль құрастырылады;

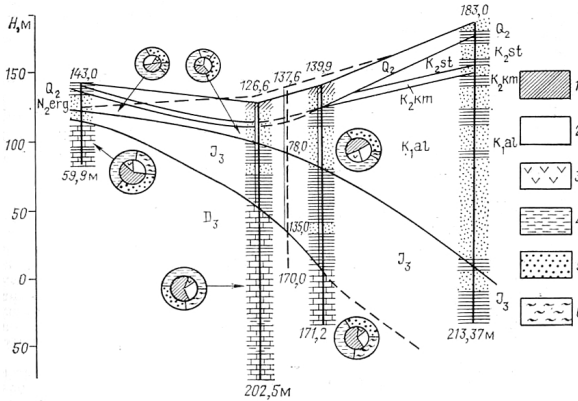
2) геологиялық – литологиялық профиль құрастырылады;

3) судың пьезометрлік деңгейлерінің белгілерін түсіреді;

4) бір–біріне ұқсас болатын сулы горизонттардағы ұнғымалардың қимасына шартты белгілері арқылы фактілік мәліметтер түсіріледі: яғни, судың минералдылық шамасы, типтік құрамы, газдық құрамдары және басқалары.

5) пайдаланылатын мақсаты мен бастапқы материалдар арқылы қабылданған бір тәсіл бойынша профиль құрастырылады.

Таңдап алынған бағытқа қатысты жекелеген нүктелердегі судың минералдылығы мен құрамдарының өзгерістерін көрсететін схемалық профильдерді құрастыру мақсатында *циклограмма тәсілі* пайдаланылады. Қиманың бойында орналасқан ұнғымаларда немесе олардың маңайларына гидрогеологиялық профильдің астыңғы жағынан, Тостихинның циклограммасы сызылады (50 – сурет).

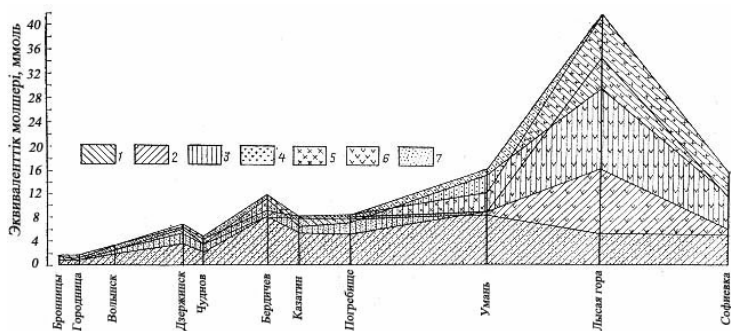


50 – сурет. Мичуринск – Тамбов – Кирсанов сызықтары бойынша гидрохимиялық профиль Толстихинның циклограммасында: 1 - Ca^{2+} , 2 - Mg^{2+} , 3 - $Na^{+} + K^{+}$, 4 - HCO_3^{-} , 5 - SO_4^{2-} , 6 - Cl^{-}

Профильдің ұзына бойындағы түрлі компоненттердің өзгерістерін *сызықтық профиль* тәсілі сипаттайды. Гидрогеологиялық қиманың астыңғы немесе үстінгі жағынан су орындарынан алынған сынақтың мәліметтері түсірілетін көлбеу сызық сызылады. Белгіленген әрбір нүктеден зерттеліп отырған аниондардың мәнделері (бірінші HCO_3^{-} , сонан кейін SO_4^{2-} және Cl^{-}) таңдалынған масштабпен өлшеп салынатын перпендикуляр тұрғызылады. Алынған нүктелерді түзулермен қосып, түзулердің арасындағы аудандарды штрихтайды. Катиондардың қолда бар белгілі мәнделерін аниондарды орындаған әдіспен көлбеулердің бойындағы перпендикулярларға белгілі масштабпен түсіріп шығады (бірінші Ca^{2+} , екінші Mg^{2+} және үшінші Na^{+}). Профильдің биіктігі жалпы минералдылықтың салыстырмалы түрдегі өзгеру шамаларын көрсетеді. Мұндай профильдерді гидрогеологиялық қималардан бөлек жеке құрастыру жиі орындалады (51 – сурет).

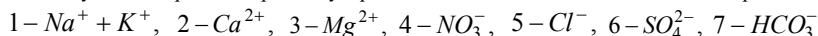
Теңсызықтар және зоналар тәсілдері жерасты суларының терендіктеріне қатысты минералдылық, химиялық және газдық құрамдарының өзгерулерін көрнекі құралдар арқылы кескіндеуге мүмкіндік береді (52 – сурет). Жерасты суының гидрогеологиялық қимасы құрастырылып, қоректенуі мен арылуларының гидродинамикалық облыстары анықталады. Ұңғымалардан сынақ алынған жерлерде фактілік

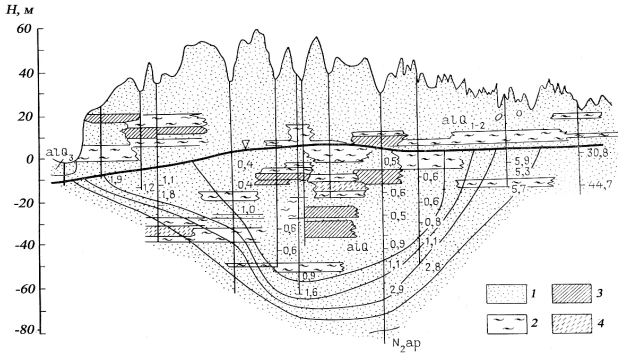
материалдар түсіріледі. Бастапқыда минералдылықтың тең сызықтары, кейіннен басқа басты компоненттер құрастырылады. Геологиялық, гидродинамикалық, гидрогеологиялық талдаулардан алынған нәтижелердің жиынтығы бойынша қабылданған градиацияларды ескере отырып, жерасты суының химиялық және газдық құрамдары сәйкес келетін белгілі бір минералдылықтағы зоналар бөлінеді. Тұщы сулар таралған зоналар көкшіл, минералданған – сарғыш, тұздықтар – қызыл түстермен боялады. Зоналар шекараларының арасындағы пішіндері сулы таужыныстарының орналасу жағдайларына, литологиялық құрамдарының алмасу сипаттарына, қабаттағы судың қозғалысына (суалмасудың қарқындылығы, қозғалу бағыты, қоректену және арылу жағдайлары) және басқа да көптеген факторларға байланысты болады. Негізінен зоналар арасындағы “фронт” жерасты суының қозғалу бағыты бойынша созылып жатады.



51 – сурет

Ф.А.Руденко бойынша Бронница – Умань – Софиевка сызықтарының гидрохимиялық профилі. Жер қыртысының үгілу қабатындағы жарықшақты кристалды таужыныстарында жерасты суларының басым болып келетін компоненттері:





52 – сурет. Ясхан линзасы арқылы өткен гидрогеологиялық профиль (Н.Г.Шевченко бойынша): 1 – құмдар; 2 – саздар; 3 – саздақтар; 4 – құмдақтар; ұңғыма маңындағы сандар – судың минералдылығы, г/дм³

8.5.7 Гидрогеохимиялық карталарды құрастыру

Гидрогеохимиялық карталар судың минералдылықтарының өзгеруін, химиялық типтерін және басқа да компоненттерінің таралу аудандары бойынша өзгерулерін көрсетеді. Картаны құрастыру алға қойған міндеттерге және қолда бар фактілік материалдарға байланысты орындалады. Карта келесі тәртіппен құрастырылады.

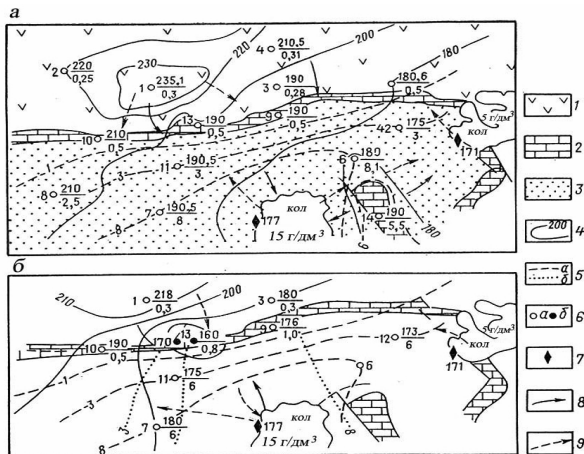
1. Картаны құрастыруға арналған жазықтық екі жағдайды ескере отырып тандынады: а) гидрогеологиялық тұжырымдар; ә) сынама алынатын нүктелердің максималды орналасуы.

2. Картаның бланкісіне берілген нақты мәндері бар ұңғымалар түсіріледі. Ұңғыманың қасына бөлшек түрінде ұңғыма нөмірі мен минералдылық шамалары (г/дм³) немесе басқа да компоненттері қойылады да, қасына Толстихинның циклограммасы сызылады.

Картаның масштабы геологиялық-литологиялық, гидрогеологиялық (сулы горизонттардың таралу және орналасу терендіктері, изопьез немесе гидроизопьез) және геоморфологиялық карталардың масштабтарына сәйкес болуы керек. Аталған карталардың элементтері, әсіресе грунт суларының гидрогеохимиялық карталарын құрастыру кезінде ескеріледі.

3. Алға қойылған міндетке байланысты картада кескінделетін компоненттердің тең сызықтарын немесе зоналардың арақашықтықтарын тандайды. Интерполяцияны, интерполяцияланатын нүктелердің қандай геоморфологиялық, геологиялық элементтерде жататынын, таужыныстарының құрамдары қалай өзгертетінін, жерасты суының қозғалу бағытын,

коректенуі мен арылуының гидродинамикалық және гидрогеохимиялық облыстарының қалай орналасатынын ескере отырып жүргізеді (53 – сурет). Интерполяция қолмен сызылады немесе ЭВМ және компьютердің көмегімен орындалады.



53 – сурет. (а) Табиғи гидрогеологиялық жағдайларға арналған жерасты сулары минералдылығының картасы; (б) Кез келген бір учаскедегі модельдеу нәтижесі бойынша су тартқышты пайдаланудың 25 жылына арналған жерасты сулары минералдылығының картасы
 1 – эффузивтер; 2 – әктастар; 3 – құмтастар; 4 – гидроизогипстер, м; 5 – (а) табиғи жағдайға арналған изоминдер және (б) су тартқыштың 25 пайдалануына арналған изоминдер; 6 - (а) барлау және (б) су тартқыш ұнғылары (жоғарғы жағында – нөмірі, бөлшектің бөлімінде – су деңгейінің белгісі, м, алымында – судың минералдылығы, г/дм³); 7 – су деңгейін өлшейтін пост және су деңгейінің белгісі, м; 8 – гидрогеодинамикалық жүйедегі судың қозғалу бағыты; 9 – гидрогеохимиялық жүйедегі суда еріген заттар массаларының қозғалу бағыты.

9. ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕДЕГІ ЖЕРАСТЫ СУЫНЫҢ РЕЖИМІ МЕН БАЛАНСЫН ЗЕРТТЕУ

9.1 Жерасты суларының режимдері мен режим түзуші факторлар туралы түсінік

Қандай да бір берілген табиғи-тарихи жағдайдағы әртүрлі факторлар әсерінен жерасты суларының негізгі көрсеткіштерінің уақыт бойындағы өзгеру процесі – *жерасты суларының режимдері* деп аталады.

Режимнің сипатталу көрсеткіштері: а) гидрогеодинамикалық (жерасты суларының арыны, деңгейі, шығыны және т. б.); б) гидрогеохимиялық (жерасты суларының минералдылығы, негізгі макро-және микрокомпоненттері, газдар, органикалық минералдық заттар және т. б.); в) геотермиялық (жерасты суларының температуралары).

Аталған көрсеткіштердің өзгеруі құрамында жерасты сулары бар геологиялық ортамен тығыз байланыста қарастырылады. Сондықтан жерасты суларының режимдері туралы айтқанда нақты көбінесе бірнеше қабаттардан тұратын сулы горизонттар мен сулы кешендерді қарастырады.

Жоғарыда келтірілген негізгі көрсеткіштері бойынша режимнің гидрогеодинамикалық, гидрогеохимиялық және гидрогеотермиялық типтерін бөледі.

Жерасты суларының күйлерін (қалыптарын) өзгеріске әкелетін физикалық процесі мен параметрлерін (шамаларды) режим түзуші факторлары (РТФ) деп атайды.

Олар табиғи және жасанды болып келеді. Табиғи факторлардың ішінен эндогенді (геологиялық) және экзогенді (космостық, метеорологиялық, гидрологиялық, биологиялық) факторларды бөледі.

Жасандыдан – адамның іс-әрекетіне байланысты антропогендік және инженерлік ғимараттар әсерімен байланысты техногендік факторлар бөлінеді.

Геологиялық факторларға геотектоника, вулканизм, жер сілкінісі (зілзала), эрозия (жемірілу, шайылу және т.б.); космостық күннің активтілігі (белсенділігі), айдың, планеталардың тартылу күштерінің әсері; метеорологиялыққа – ауаның ылғалдылығы мен температурасы, жауын-шашындар, атмосфералық қысым, булану; гидрологиялыққа – жер бетіндегі сулар мен өзен ағындары; биологиялыққа – топырақтардың, тірі организмдердің өсімдікке әсерлерін жатқызады.

Жерасты суларының режимдері белгілі бір гидрогеологиялық жағдайларда қалыптасады. Олар екі топқа бөлінеді:

1) инженерлік уақыт аралығында өзгермейтін (тәуліктер, жылдар, ондаған жылдар) шартты түрде алғанда статикалық жағдайдағы (қабаттың қалыңдығы сүегімділік пен сусыйымдылық коэффициенттері және т.б.);

2) жоғарыда көрсетілген уақыт бойында өзгертін динамикалық режим (жерасты суының деңгейі, температурасы және т.б.).

Сонымен бірге негізгі және екінші дәрежелі режим түзуші факторлар (РТФ) бөлінеді. Әсер ету дәрежелері бойынша негізгі режим түзуші факторлардың ішінен табиғи және жасанды режимдерді ажыратады, кейбір жағдайларда аралас режимді де бөледі.

Табиғи режим – атмосфералық жауын-шашынның сіңіп-сүзілуі, өзендердің тасуы, атмосфералық қысымның ауытқуы, күннің активтілігі және т.б. факторлар әсерінен пайда болады (54 – сурет).

Жасанды режим- әртүрлі техногендік және адамдардың антропогендік әрекеттерінің әсерінен болатын өзгеріс (55 – сурет).

Аралас режим – табиғи және жасанды РТФ-ң біршама бірдей қарқынды әрекеттерінен қалыптасады.

Сонымен қатар, қазіргі кездегі болжамдық және ретроспективтік (кері шолулық) эпигноздық режимдерді бөледі.

Қазіргі кездегі режим – зерттелу барысында жерасты суларының жағдайын (күйін) сипаттайды. Болжамдық режим – бұл болашақ режим құраушы факторлар әсерінен пайда болатын, (мысалы салынатын инженерлік ғимараттар немесе шаруашылық іс-шаралары) жерасты суының болашақтағы жағдайы (күйі). Ретроспективті қалпына келген режим өткен уақыттың белгілі бір кезеңінде жерасты суларының жағдайларындағы жүрген өзгерістерді сипаттайды. Ол арнайы тарихи тұрғыдан жан-жақты талдау арқылы бұрынғы қалпына келтіріледі.

Жерасты суларындағы қазіргі кездегі болжамдық және ретроспективті режимдер табиғи, жасанды және аралас болулары мүмкін.

Табиғи және жасанды әрекеттердің ұзақтығына байланысты жерасты суларының режимдерін тәуліктік, маусымдық, жылдық және көп жылдық деп бөледі.

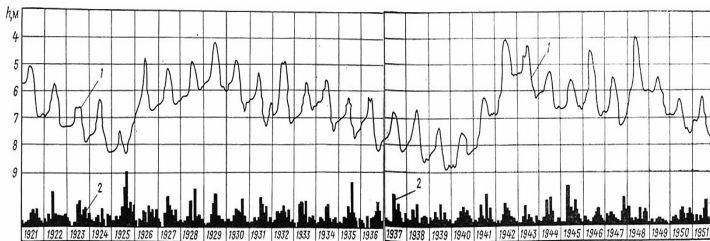
Жерасты суларының режимдерін талдауда «гидрогеологиялық жыл» деген түсінікті пайдаланады, ол өзен алаптарындағы ылғал қорының бір жылдан екінші жылға алмасуы мен жерасты суларының қоректенуі минималды (ең аз) болған айлардан басталады. Егер РТФ мерзімді әрекеттердің әсерімен сипатталса, онда жерасты суларының жасанды режиміндегі көрсеткіштердің өзгеруінде де мерзімділік байқалуы мүмкін (53 – суретті қараңыз).

9.2 Арынды және грунт сулары режимдерінің ерекшеліктері

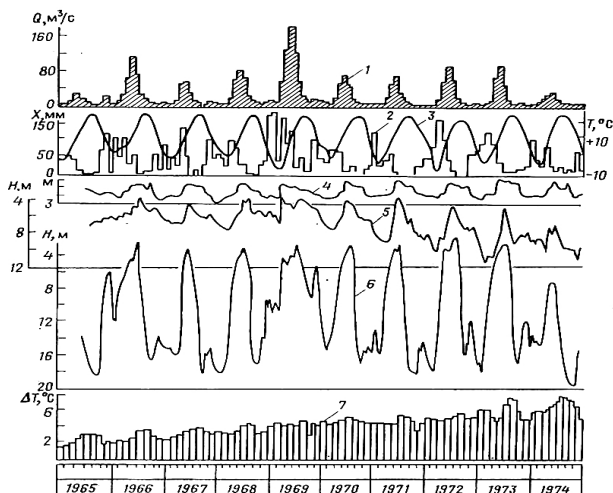
Грунт және арынды сулардың режимдері олардың орналасу және қалыптасу жағдайлары бірдей болмағандықтан бір-біріне мүлде ұқсамайды. Грунт сулары жер бетіне жақын жатады да, метеорологиялық факторлар және жер бетіндегі сулармен тығыз байланыста болғандықтан режим көрсеткіштері қарқынды ауытқуымен сипатталады (55 – сурет).

Арынды сулар едәуір тереңдікте жататындықтан олардың сулы горизонттары таралған аймақтардағы атмосфера және жер бетіндегі гидросферамен байланыстары тек қоректену және арылу аймақтарында ғана байқалады (56 – сурет).

Арынды сулы горизонттың жабынынан жоғары жатқан таужыныстарының салмағынан туындайтын тау қысымының өзгеруі осы қабаттағы қысымның өзгеруіне және ондағы су деңгейінің ауытқуына әкеледі. Айталық, мысалы ірі су қоймасы бар жердегі арынды сулы қабаттың жабынына түсетін салмақтың көбеюі қабаттағы қысымның өсуіне және ондағы судың пьезометрлік деңгейінің артуына әкеледі де, ал керісінше ірі кеніш қазылған жерде, оның түбінде жатқан таужыныстары тығыздықтарының азаюына және сулы қабаттағы қысымның төмендеуіне әкеледі.



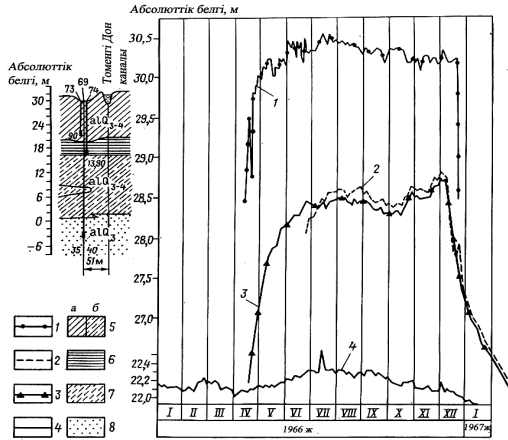
54 – сурет. Грунт суы деңгейінің көп жылдық ауытқуының сызбасы, 1921 – 1951 жылдар: 1 – атмосфералық жауын – шашындар; 2 – грунт суының деңгейі



55 – сурет. Ахангаран өзені шығынының, жауын – шашындар мен ауа температурасының, грунт суы деңгейінің және аңғардың ортасындағы суқоймасы шығынының көпжылдық ауытқу сызбасы (В.М.Дубинский бойынша): 1 – Түрк өзеніндегі пост бойынша өзен суының шығыны, Q , м³/сек; 2 – жауын – шашындар мөлшері X , мм; 3 – Ангрен метеостанциясы бойынша ауа температурасы T , °C; 4 – 6 – сутартқыштардағы бакылау ұңғымалары бойынша грунт суының деңгейі; 7 – температураның ауытқу амплитудасы ΔT , °C.

Грунт сулары режимдерінің басты ерекшеліктері: 1) режим мен РТФ-тың негізгі көрсеткіштерінің қарқынды және синхронды (бір уақытты) өзгеруі; 2) метеорологиялық және гидрологиялық факторлардың цикліне (айналымына) тәуелді тәуліктік, маусымдық, жылдық және көпжылдық циклділігі бөлінеді.

Арынды немесе артезиан сулары режимдеріне тән ерекшеліктер: 1) метеорологиялық және гидрологиялық факторлардың маусымдық елеулі байланысының тек қоректену аймағында байқалуы; 2) олардың табиғи режимдерінде көпжылдық, ғасырлық өзгерістердің байқалуы; 3) сулы горизонттағы таулық және қабаттық қысымдардың өзгерістерін қалыптастыратын, атмосфералық қысым мен басқа да факторлардың өзгеруіндегі байланыстардың айшықтануы.



56 – сурет. Магистральдық арық (канал) белдеміндегі грунт және арынды сулар деңгейлерінің ауытқу сызбалары (1966 – 1967 жылдар) және учаскенің геологиялық – литологиялық қимасы (Э.Д.Қац бойынша): 1 – арықтағы су деңгейі; 2 – 4 ұңғымадағы су деңгейі; 5 – саздақтар (а - орташа; б - ауыр); 6 – саз; 7 – құмдақ; 8 – құм

Тексеру сұрақтары

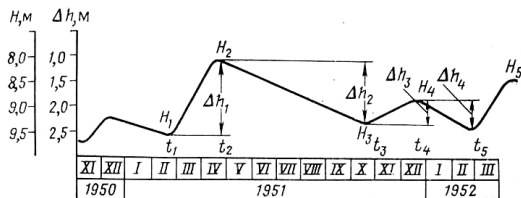
- 1) Жерасты суларының режимі мен режим түзуші факторлары дегеніміз не?
- 2) Жерасты суы режимінің негізгі көрсеткіштерін атаңыз?
- 3) Жерасты суының табиғи және жасанды режимдері бір-бірінен қалай ажыратылады?
- 4) Жерасты суының грунт және арынды суларының режимдері бір-бірінен қалай ажыратылады?

9.3 Режимнің сипаттамалары немесе негізгі параметрлері

Режим көрсеткіштерінің басты сызбалық (графикалық) өзгеруінің морфологиялық ерекшеліктерін көрсететін санды түрдегі хронологиялық мәндері режимнің негізгі сипаттамалары деп аталады. Режимді сипаттайтын негізгі параметрлерге жататындары (57 – сурет) жерасты суы деңгейінің, шығынының, минералдылығының амплитудасы (ауытқу шегі) - А, ауытқу мерзімі –Т минимальды (ең аз), максимальды (ең көп) және басқа да мәндері. Осы сипаттамалардың көмегімен режим көрсеткіштерінің хронологиялық сызбаларын сандық

түрде тұтас көрсетуге болады және сонымен қатар берілген ақпараттар (информациялар) көлемін азайтуға болады.

Жерасты суы деңгейінің, температурасының, минералдылығының, тағы да басқа көрсеткіштерінің тәуліктік, декадалық (он күндік), айлық, көктемдік, күздік, жаздық, қыстық, жылдық, көпжылдық амплитудасының минимальды (ең аз) және максимальды (ең көп) мәндерін анықтайды.



57 – сурет. Грунт суы деңгейінің мерзімдерге қатысты өзгеруінің негізгі көрсеткіштері

$$K_{opt} = \frac{K_i}{n} \quad (9.1)$$

мұндағы K_i режим көрсеткішінің мәні; n - қарастырылып отырған уақыт аралығындағы алынған көрсеткіштер саны:

Жерасты суы деңгейінің температурасының, минералдылығының және басқа да көрсеткіштерінің белгілі бір уақыт бойында өзгеруінің мәндері (ең көп, ең аз) және оларға сәйкес алғанда пайда болу уақыттары (күні, айы) олардың хронологиялық сызбалары экстремальдык (ең көп, ең аз) нүктелеріне сәйкес келеді (57 – суретті қараңыз). Бөлінген уақыт кезіндегі осы көрсеткіштердің әрқайсысының K_K – ең көп және K_A – ең аз мәндерінің айырмасы бойынша режим көрсеткіштерінің амплитудасының ауытқу шегі табылады

$$A = K_K - K_A \quad (9.2)$$

Жасанды режим кезінде техногендік факторлар әсерінен су деңгейінің көп жылдық көтерілуінің амплитудасы немесе су тарту әсерінен су деңгейінің төмендеу амплитудасы есептеледі.

Ауытқу мерзімі T қандай да бір режим көрсеткіштерінің ең көп және ең аз мәндерінің арасындағы уақыттарды сипаттайды

$$T = t_2 - t_1 \quad (9.3)$$

Тексеру сұрақтары.

- 1) Режимнің қандай сипаттамалары негізгі немесе ерекше параметрлері деп аталады?
- 2) Грунт суы деңгейінің бір жылдық немесе көп жылдық ауытқу амплитудасының шегін қалай есептейді?
- 3) Жерасты сулары минералдылығының орташа көп жылдық мәнін қалай есептейді?
- 4) Грунт суы деңгейінің көктемдік көтерілу амплитудасын және оның ұзақтығын қалай есептейді?

9.4 Жерасты суларының режимдерін бақылаудан алынған мәліметтерді өңдеу

9.4.1 Жерасты суларының режимін зерттеу міндеттері

Жерасты суларының режимдерін зерттеудің негізгі міндеттеріне келесілер жатады: 1) басты РТФ-ды айқындау; 2) жерасты сулары режимдеріндегі (ЖСР) заңдылықтарды ашу; 3) жерасты суы режимдерінің гидрогеологиялық параметрлерін анықтау; 5) жерасты суы режимдеріндегі өзгерістерге болжам жасау; 6) ауданның гидрогеологиялық жағдайындағы теріс (негативті) өзгерістерді болдырмау мақсатында техногендік (антропогендік) факторлар әсерінен қалыптасатын жерасты суы режимдеріне бақылау жүргізу; 7) адамға қажет бағытта жерасты суларының балансы мен режимдерін меңгеру, яғни жерасты суы режимдерін белгілі бір мақсатқа сәйкес реттеу (мониторинг).

Жерасты сулары режимдеріне бақылау жасаудың мәліметтерін реттеп, өңдеу төрт сатыдан (этаптан) тұрады.

- 1) Жерасты сулары режимдері мен РТФ-дың негізгі көрсеткіштерінің өзгеруіне тікелей бақылауларды жүргізу;
- 2) Алынған бақылау мәліметтерінің алғашқы өңделуі;
- 3) Басқа да гидрогеологиялық мәліметтермен бірге жоғарыда аталған міндеттерді (1, 2, 3, 4) шешу үшін бақылау нәтижелерінің екінші қайтара немесе арнайы өңделуі;
- 4) 2, 5, 6, 7 міндеттерді шешуге мүмкіндік беретін жерасты сулары режимдерінің өзгеруіне болжам жасау. Бұл орайда жүргізілетін болжау, бақылаудан алынған деректерді өңдеудің сапасы мен сан түріндегі көрсеткіштерінің сапасының жоғары болуымен қарастырылады.

Бақылау мәліметтерін алғашқы және екінші қайтара өңдеулердің қандай міндеттерді шешуде қолданылуын қарастырайық: 1) жерасты сулары режимдеріндегі негізгі заңдылықтарды сапалық түрде ашып

көрсету; 2) басты режим түзуші факторларды айқындау; 3) Г.Н.Каменский жіктеуін қолданып жерасты сулары режимдерінің типтерін сапалық түрде анықтау.

Жерасты сулары режимдерінің параметрлері мен көрсеткіштерінде тұрақты қайталанатын өзгерістерді анықтау және оларды қалыптастыратын механизмдерінің айқындалуын, жерасты сулары режимдеріндегі *зандылықтардың ашылуы* деп түсінуге болады. Зандылықтарға сандық баға беру режим көрсеткіштері мен РТФ арасындағы тығыз байланыс механизмінің математикалық сипаттамасын алуға мүмкіндік береді.

РТФ-да қабылданған болжамдық өзгерістер әсерінен, жерасты суларының режимдерінде жүретін өзгерістерге алдын-ала баға беру *болжам* деп аталады. Болжам әртүрлі уақыттар тұрғысынан (маусымдық, жылдық) құрастырылатын сандық және сапалық түрде болуы мүмкін.

Күрделі жағдайларда болжам жасау ұқсастық (аналогтық) және есептеу машиналарын (АЭМ, ЭЕМ) пайдаланып математикалық модельдеумен орындалады.

9.4.2 Бақылау мәліметтерін өңдеу принциптері

Бақылауларды өңдеудің жалпы принциптері (8, 16, 20) жұмыстарда келтіріледі. Келесі жағдайға көңіл бөлейік. Бақылау деректерін өңдеу қолмен және ЭЕМ-нің қолданылуымен автоматтандырылған жағдайда жүргізіледі. Режим торабының бақылау нүктелері бойынша алынған алғашқы өлшемдерді тікелей бақылау мәліметтері деп атайды. Арнайы есептеулер жолымен алынған деректер, есептеу көрсеткіштері деп аталады. Сонымен жерасты сулары деңгейлерінің жылдық және орташа жылдық ауытқуы режимнің есептік көрсеткіштері болып саналады да, олар (9.1, 9.2) формулаларымен есептеледі, ал жерасты сулары деңгейлерінің биіктіктері – бақылау бойынша нақты өлшенген сандық шамалары болып саналады.

Бақылау мәліметтерін өңдеуге жататындары: бақылаудан алынған мәліметтерді толықтыру және талдау. Мұндай шара бойынша алынған бастапқы мәліметтерді әрі қарай өңдеуге немесе инженерлік есептеулерді орындауда пайдалануға болады. Бақылау мәліметтері алғашқы және арнайы немесе екінші қайтара өңдеу болып бөлінеді.

9.4.3 Бақылау мәліметтерінің алғашқы өңделуі

Жекелеген ұнғымалардағы бақылаулардан алынған мәліметтерін ретке келтіріп жерасты сулары режимдері мен РТФ-тың негізгі параметрлерін есептеу бірінші кезектегі өңдеуге жатады да, ол келесілерден тұрады:

а) айғақтық (фактілік) бақылаулар мәліметтерінің кестесін құру; ә) әрбір бақылау нүктесінде жерасты суларының минералдылығы, температуралары, шығындары мен деңгейінің хронологиялық сызбаларын құрастыру; б) әрбір бақыланатын РТФ үшін (жауын-шашындар, температура, ауаның ылғалдылығы, өзендегі судың деңгейі және т.б.) хронологиялық сызба құрастыру; в) хронологиялық сызба бойынша жерасты суларының режимдері (ЖСР) мен режим түзуші факторлардың (РТФ) негізгі параметрлерін есептеу; г) бақылау жұмыстары жүрген кезінде РТФ мен ЖСР-ін сипаттайтын, параметрлердің мәндері жазылатын соңғы жиынтық кестені құрастыру. Айғақтық (фактілік) бақылау мәліметтерінің кестесінде әрбір бақылау нүктесінің орны, жерасты суының деңгейі, минералдылығы, шығыны, температурасы, химиялық құрамдарының және аталған өлшемдер жүргізілген уақыттары көрсетіледі. Осыған ұқсас кестелерді табиғи және тұрмыстық РТФ үшін де құрастырады. Ордината осіне зерттеліп отырған көрсеткіштің өзгеру аралығы (диапазоны), ал абцисса осіне бақылау кезеңінің ұзақтығы түсіріледі, яғни белгілі бір уақытқа арналған көрсеткіш мәні сызбаға түсіп, сонан кейін нүктелер жай сызықтармен қосылады. Қандай да бір себеппен көрсеткіштің өлшеуі жүргізілмеген аралығында сызық үзіліп қалады да, осы учаскеде бақылау жұмыстарының болмаған себебі көрсетіледі.

9.1 Мысал есеп

Өзен аңғарының тау етегі бөлігінде гидрометрлік пост пен аллювиальды құмды-малтатасты шөгінді таужыныстарында бұрғыланған бақылау ұнғымаларының торабы жаракталған (5 – сурет). 30 – кестедегі фактілік мәліметтерді пайдалана отырып, бақылаудың бірінші кезекті өңдеуін жүргізу. Ол үшін орындалуы керек: 1) өзен мен ұнғымалардағы су деңгейі өзгерістерінің хронологиялық сызбасын құрастыру; 2) ұнғымалардың жер бетіне шығып тұрған ауызының абсолюттік белгілерін 1 ұнғыма – 211,7 м, 2 ұнғыма – 211,65 м, 3 ұнғыма – 211,63 м және гидропосттың “0” белгісі 209,5 м екендігін біле отырып, су деңгейінің белгісін алдын – ала есептеу; 3) геологиялық қимаға (57 – сурет) грунт суы деңгейінің минимальды және максимальды мәндері (30 – кесте) болатын күндерін түсіріп, өзенмен болатын байланыс сипаттарын анықтау.

Өзен мен грунт суының деңгейлерін бақылаудың мәліметтері

Бақылау жүргізілген күндер	Жер бетінен алғандағы орналасу тереңдігі, м			
	1 ұңғыма	2 ұңғыма	3 ұңғыма	Өзен
1/ I 1991 ж	6,05	6,55	7,05	0,50
15/ I	6,02	6,52	7,02	0,50
1/ II	6,06	6,56	7,16	0,50
15/ II	6,10	6,60	7,10	0,50
1/ III	6,10	6,60	7,10	0,50
15/ III	6,10	6,60	7,10	0,50
1/ IV	6,10	6,60	7,10	0,60
15/ IV	6,10	6,60	7,10	0,60
1/ V	6,10	6,60	7,10	1,00
15/ V	6,00	6,50	7,05	0,70
1/ VI	5,90	6,40	6,90	1,00
15/ VI	5,80	6,30	6,80	0,80
1/ VII	5,80	6,30	6,80	1,00
15/ VII	5,30	5,90	6,50	1,00
1/ IX	4,50	5,00	5,90	1,00
15/ IX	4,40	4,90	5,90	0,60
1/ X	4,40	4,90	5,90	0,45
1/ XI	4,40	4,90	6,0	0,50
15/ XI	4,85	5,35	6,10	0,45
1/ XII	4,90	5,40	6,13	0,50
1/ I 1992 ж	5,00	5,30	6,15	0,50
15/ I	5,90	6,40	6,90	0,45

9.5 Жерасты сулары режимдерінің типтері

Жерасты сулары режимдерінің (ЖСР) қазіргі уақытта көптеген жіктеулері бар (33). Бұл жіктеулерде режимнің әртүрлі типтерін бөліп және олардың заңдылықтарын анықтап, режимнің негізгі көрсеткіштерінің мәні мен параметрлерінің өзгеруіндегі принципіальды айырмашылықтары ажыратылады. Жерасты суының режимі өзінің балансымен тікелей байланыста болады да, зерттелетін гидрогеологиялық жүйенің (ПГЖ) ішіндегі сулы қабаттардың арасында және ПГЖ қоршаған ортамен өзара қарым-қатынаста болса, онда олардың арасында су, тұз және жылу алмасу процестерінің өзгеруін баланстық тендеуі арқылы сандық түрде анықтауға болады. ЖСР-нің типтерін режим көрсеткіштеріне тигізетін әсеріне қарай және судың баланстық элементтерінің ара - қатынасы бойынша жіктеледі.

Г.Н.Каменскийдің жіктеуі ең жиі қолданылады, онда режимнің келесі типтері бөлінеді: 1) жағалаулық (немесе өзендік); 2) су айырықтық; 3) жұтылу; 4) әрекетті қабат.

Жерасты суларының жағалаулық режимі гидравликалық байланыста болатын өзендердің гидрогеологиялық режимдерінің сипатымен анықталады. Оның шығындары мен деңгейлерінің өзгеруі басты РТФ болып саналады (56 –сурет). Олар жерасты суларының шығындары мен деңгейлерінің синхронды төмендеуі мен көтерілуінен көрінеді, ұңғымалардағы жерасты суларының деңгейлерінің көктемдегі көтерілуі 1-3м аралығында байқалады. Мұндай режим өзен аңғарлары мен жаймалық террасадағы жерасты суларына тән болып келеді.

Режим түзуші факторлар (РТФ) мен жерасты суы режимінің (ЖСР) бір-бірімен байланыстары сулы қабатқа бұрғыланған ұңғымалардағы су деңгейлері, атмосфералық жауын-шашынның мөлшері, өзендердегі судың аз-көптігінен өзгерістерге ұшырап, осыған орай олардың хронологиялық сызбаларының пішіндерінің ұқсастығымен анықталады (56, 57 – суреттер).

Өзеннің маңындағы грунт суына қарағанда су айрықтағы су деңгейінің көтерілуі мен төмендеуіне кететін уақыт біршама ұзағырақ болады да, оның ауытқу амплитудасы (шамасы) 0,5-1,5 м аралығын құрайды.

Атмосфералық жауын-шашындардың сіңуі (жерасты суының балансындағы кіріс элементтері есебінде) және грунт сулары деңгейлерінің жер бетіне жақын жатқан жерлерінде (3м тіпті одан да аз) қарқынды жүретін булану процесі (ЖСР-ы балансының шығыс элементі есебінде) су айырық режимдерінің басты режим түзуші факторлары болып саналады.

Мұндай режимді сіңулік немесе инфильтрациялық (сіңіп-сүзілулік) деп атайды. Ол кең өзенаралық жазықтықта болатын, әртүрлі ландшафты – климаттық зоналардағы грунт суларына тән сипат.

Жұтылу режимі малтатасты-қиыршықты шөгінді таужыныстары дамыған тау етегі жазықтықтары мен ысырынды конусындағы грунт суларында және карст дамыған аудандардағы жерасты суларына тән қасиет. Деңгей ауытқуының шұғыл, едәуір көтерілуі мен түсулері режимнің ерекшелігі болып саналады.

Аэрациялану белдемінің (зонасының) суды жақсы өткізетін таужыныстарындағы сіңіп-сүзілулік (инфильтрациялық) қоректенуі арқылы жербеті ағыстары мен өзен ағындарының қарқынды жұтылуы басты РТФ болып саналады.

Су деңгейінің қарқынды төмендеуі сулы горизонттың жоғары шамадағы су өткізгіштігінің есебінен жүретін жерасты ағындарымен камтамасыз етіледі.

9.5.2 Бақылауларды арнайы өңдеу

Бақылаулардан алынған мәліметтерді арнайы өңдеуге жататындары: а) құрастырылатын салыстырмалы хронологиялық сызба; б) есептеу көрсеткіштері; в) аудан бойынша есептеу көрсеткіштерінің әртүрлі бағыттағы өзгерулерін сипаттайтын сызбалар (графиктер), эпюралар, қималар және карталарды құрастыру. Осы процесс кезінде басты режим түзуші факторлар мен жерасты суларының режимдеріне қатысты заңдылықтар анықталады.

Салыстырмалы хронологиялық сызбалар жерасты сулары режимдері мен РТФ көрсеткіштерінің әсерінен қалыптасатын режимнен және белгілі бір тізбек түрінде салынған хронологиялық сызбалардан тұрады.

Салыстырмалы хронологиялық сызбаларды құрастыру РТФ мен оның әсері мүмкін болатын нақты бағыттарын қосымша анықтап алудан басталады.

Ол үшін нақты сулы горизонтта бақылау нүктелерін таңдайды да, олардың әртүрлі пішінді рельефтерге қатыстылығын, гидрогеологиялық қимасы бойынша бақылау ұңғымаларындағы сүзгілердің орналасу орындарын, олардың өзендерден, су қоймаларынан қашықтықтарын және т.б. анықтайды. Мысалы: бақылау нүктелері өзендер арасындағы суарылатын учаскеде орналасып, оларда су деңгейінің үздіксіз көтерілуі байқалатын болса, онда қосымша басқаша тұжырым жасауға болады, яғни негізгі РТФ болып атмосфералық жауын-шашындардың сініп-сүзілуі (инфильтрациялануы) мен суарылатын жерлерге арналған сулар саналады. Осыдан келіп салыстырмалы сызбаларды құрастыру үшін, суарылатын аудандағы ауылшаруашылық дәнді-дақылдарын суғару режимдерін сипаттайтын белгілі бір уақыттағы атмосфералық жауын-шашындардың, ауа температурасының және ылғал жетіспеуінің хронологиялық сызбаларының болуы қажет.

Кейіннен бақылау нүктелеріне сәйкес барлық хронологиялық сызбаларды топтап, РТФ әсерінің кему тәртібімен бір парак қағазға түсіреді.

Жерасты сулары деңгейлерінің жылдық және мерзімдік ауытқу құлаштары және т.б. бойынша режим параметрлерін есептейді де, РТФ әсерлері мүмкін болатын белгілі бағыттар бойынша олардың өзгеру сызбаларын құрастырады. Таңдап алынған бағыт бойымен осы параметрлердің өзгеру заңдылықтарының арақашықтығына немесе әсер ететін уақытына тұжырымдар жасайды.

Зерттеліп отырған сулы горизонтта бақылау нүктелерінің саны жеткілікті болған жағдайда жерасты сулары режимдерінің негізгі

параметрлері мен көрсеткіштерінің өзгеруін көрсететін гидроизогипс, жерасты суларының орналасу тереңдіктерінің және минералдылық карталарының серияларын құрастырады. Құрастырылған карталарды бір-бірімен және РТФ өзгеру сызбаларымен салыстырып, араларында болатын байланыстар туралы тұжырым жасалады.

Статистикалық әдіс осы байланыстарды сандық түрде дәлелдеуге мүмкіндік береді.

Гидродинамикалық әдіс бойынша жерасты сулары режимдері мен режим түзуші факторлар көрсеткіштерінің арасында функционалдық байланыс болады деп қабылданады. Мұндай кезде ол қандай да бір гидрогеологиялық жағдайлардағы факторлардың жерасты суларының режимдеріне тигізетін әсерін сипаттайтын тендеулермен өрнектеледі.

Тексеру сұрақтары.

- 1) Бақылауларды алғашқы (бірінші кезекті) және арнайы (екінші кезекті) өңдеу дегенімізді қалай түсінесіз?
- 2) Салыстырмалы хронологиялық сызба деген не?
- 3) Жағалаулық және суайырықты типтегі режимдерді талдау кезінде қандай сызбалардың болғаны дұрыс?
- 4) Жерасты суларының режимін зерттеудегі негізгі шараларды атаңыз?
- 5) Жерасты суларының режимдерін бақылауларға арналған арнайы өңдеуде қандай әдістер пайдаланылады?

9.6 Жерасты суларының сулық балансы

9.6.1 Сулық баланс туралы түсінік

Жерасты суларының сулық балансы деп бөлінген баланстық учаскеге байланысты қандай да бір қабылданған уақыт аралығындағы кіріс және шығыс элементтерінің сандық мөндерін айтады.

Учаске гидро- немесе пьезоизогипс картасында көрсетіледі (58 – сурет).

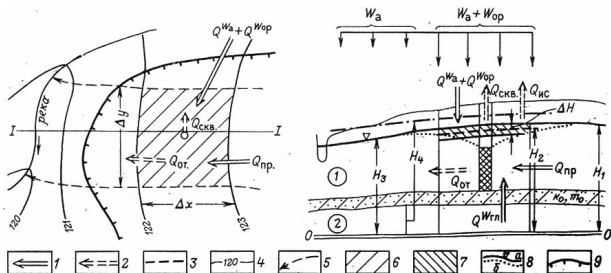
Гидрогеологиялық жүйеге (ГГЖ) келіп жататын және оның сыртқы ортамен немесе басқа гидрогеологиялық жүйемен (ГГЖ) әрекеттесуі кезіндегі су алмасудың сандық түрдегі шамасы сулық баланс деп аталады.

Сулық баланстың *кіріс* және *шығыс* элементтерін немесе баланстық статьяларын бөлуге болады. Олар табиғи және техногендік болулары мүмкін. Олардың бірі көлбеу (горизонталь), басқалары тік (вертикаль) бағыттағы су алмасуды сипаттайды.

Қорыта келгенде баланстық элементтер дегеніміз ол РТФ. Олар сандық түрде белгілі аудандағы су көлемі (m^3), су қабаты (м, мм), су шығыны ($m^3/тәу$, $m^3/жыл$), фактор әсерінің қарқындылығы ($m/тәу$, $m/жыл$ және т.б.).

Стационарлы қозғалыс жағдайында келіп құятын судың мөлшері шығындалатын су мөлшерімен тең болады.

Стационарлы емес қозғалыста бұл тепе-теңдік сақталмайды, нәтижесінде су балансындағы судың кірісі шығысынан артық болса, жерасты суларының деңгейлері көтеріледі де қорлары артады, ал керісінше шығыс элементтері артқан жағдайда жерасты суларының қорлары кеміп, су деңгейлері төмендейді. (58 – сурет). Мұндай көлемдегі грунт суларының мөлшері μ - гравитациялық сыйымдылық, ал арынды сулар - μ^* - серпімді сыйымдылық шамасымен анықталады.



58 – сурет. Жерасты сулары деңгейлерін көрсететін гидро- және пьезогипс картасының сұлбасы мен жерасты суларының кіріс және шығыс элементтері

Тексеру сұрақтары.

1. Су алмасу дегеніміз не және ол жерасты сулары режимдерімен қалай байланысады?
2. Сулық балансты қалай түсінесіз?
3. Сулық баланстың элементтерін атаңыз?

10. ШАРУАШЫЛЫҚ ӘРЕКЕТТЕРДІҢ ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАРДЫҢ ӨЗГЕРУІНЕ ӘСЕРІ

10.1 Қоршаған ортаға техногендік әсерлер

Қоршаған ортаға техногендік әсерлер әртүрлі, олар техника және халықшаруашылығының дамуы барысында үдей түседі де, атмосфера, гидросфера, литосфера және биосферада жүретін табиғи процестердің артуына әсерін тигізеді. Аталған әрбір сфераның өзара табиғи тығыз байланыстылығы қоршаған ортаның өзгеруінің күрделі сипатын анықтайды.

Сонымен, адамның антропогендік (техногендік) іс-әрекетінен туындайтын зерттеу объектісі литосфера болып табылады. Геологиялық орта – бұл жер қыртысының адамның литосфераға техногендік әсері жүретін және осы әрекетке техногендік процесс пен құбылыстар түрінде кері реакциялар байқалатын бөлігі. Осы процестер мен құбылыстардың даму облыстары кез-келген құрылыс ғимаратының тура әсер ететін ортасына қарағанда анағұрлым кеңірек қамтылады. Құрамында минералдық құраушысы, су, газдар, органикалық заттар болатын геологиялық орта литосфераның бір бөлігі ретінде қабылданып, оның литосферадан айырмашылығы техногендік процестер пайда болуымен ерекшеленетін көп компонентті табиғи жүйе болып табылады.

Техногендік процестер дегеніміз технологиялық факторлар мен табиғи процестердің әсерінен геологиялық ортада жүретін масса және энергия алмасу процестері. Техногендік процестер жүру жылдамдығы, бағыты және масштабтары бойынша ерекшеленетін табиғи процестердің өзгеруі ғана емес, сонымен қатар табиғатта кездеспейтін жаңа процестердің пайда болуымен анықталады (мысалы, жасанды түзілген заттар құрайтын химиялық өнеркәсіп орындары ағыстарының таужыныстары мен табиғи ерітінділері және т.б. әсерлері).

Техногендік процестердің зардаптарын техногенез деп атауға болады. Техногендік процестердің геологиялық ортаға әсер етулерінің зардаптарын келесі бағыттар бойынша сұлбалауға болады: *минерагеноалық* - өндіруге байланысты пайдалы қазбалардың азаюы; *геоморфологиялық* – жер бедерінің қайтадан өзгеруіне әкелетін, денудациялық және аккумулятивтік процестердің өзгеруі; *геофизикалық* – жерқыртысында жүрген өзгерістер және жаңа “келтірілген” физикалық өрістерді түзу (гравитациялық, сейсмикалық, акустикалық және т.б.); *геохимиялық* – геологиялық орта шегінде заттардың геохимиялық теңдестігінің өзгеруі, геохимиялық ауытқулардың түзілуі; *геотемпературалық* – жылу теңдестігінің өзгеруі және геотемпературалық ауытқулардың түзілуі; *инженерлік геологиялық*

(соның ішінде криогендік) - инженерлік геологиялық процестердің пайда болуы, қарқындылығы және таужыныстарындағы қасиеттердің өзгеруі; гидрогеологиялық – су теңдестігінің және гидродинамикалық жағдайлардың өзгеруі, жерасты суларының ластануы т.б (44).

Сөйтіп, көбінесе қатар жүретін технологиялық әрекеттердің нәтижесінде геологиялық ортада бір-бірін сипаттайтын және өзара тығыз байланыста болатын техногендік өзгерістердің комплексі қалыптасады, яғни табиғи байланыс, энергетикалық теңдестік, ылғал, қатты заттардың өзгерулері, жылу алмасу жағдайы бұзылады. Өз кезегінде, геологиялық ортаның өзгеруі табиғи экологиялық жүйелердің қалыпты жұмыс істеуіне және ландшафтардың биоөнімділігіне әсер етеді.

Техногендік процестердің нәтижесінде жер қыртысының белгілі уческелерінде геотехникалық, басқаша айтқанда – геотехногендік, табиғи – техникалық, бір сөзбен айтқанда техногенездін пайда болу ерекшелігін анықтайтын табиғи, технологиялық жүйелер (ГТЖ) түзіледі.

ГТЖ-нің геотехногендік реакциялар дәрежесі және технологиялық күштерге ыңғайлануы, ГТЖ-нің экологиялық валенттілігі деп аталады. Кез-келген геотехнологиялық жүйені геологиялық ортаның белгілі табиғи объектісі ретінде сипаттай отырып ГТЖ-нің әртүрлі валенттілігі туралы айтуға болады. Сандық түрде ол шегінде табиғи жағдайдың түпкі бұзылыстары байқалмайтын орташа қасиеттерінің өзгеру қашықтығымен өрнектеледі. Әсер ететін немесе технологиялық факторлардың комплексінен өзгеріске ұшыраған ГТЖ сол фактор немесе комплекске қатысты эвритопты, ал берілген әсерге бірден ұшырайтын ГТЖ әрбір жеке әсерге қатысты стенотопты деп те аталады.

ГТЖ-нің адам әрекетіне әсер ету реакциясын зерттеу табиғатқа технологиялық жүктемелердің нормасын техногендік процестер мен құбылыстардың, әлеуметтік-экономикалық әрі олардың белгілі мақсатқа сәйкестілігінің экологиялық бағалануының дамуын болжау жолын анықтаумен тұжырымдалады. Қоршаған ортаның бұзылуын зерттеумен, олардың бағалануы және болжамымен негізделген мұндай тәсіл техногенезді зерттеудің басты қорытынды мақсатына – қоршаған ортаны қорғау және Жер ресурстарын, соның ішінде суды тиімді пайдалану бойынша шаралар ұйымдастыруға келіп тіреледі.

Аталған бағытта осындай жолмен жүретін гидрогеологтың жұмысының мақсаты экологиялық проблемалармен жанасады. Жер ресурстарын тиімді пайдалану, қоршаған ортаға зардап шектірмеу, организмдердің бір бірімен және қоршаған ортамен байланыстарын геологиялық ғылымдардың ішіндегі жана сала экология зерттейді.

Геологияда осы жаңа бағыттың дамуы, яғни экологиялық аспектілерді құрастыру туралы айту керек. Сонымен экологиялық зерттеулер геологиялық зерттеулердің құрамдас бөлігі болуы тиіс. Геологиялық ортадағы динамикалық компонент болып саналатын жерасты суларына қатысты аталған мақсат өте маңызды жағдайдың бірінен саналады. Геологиядағыдай, гидрогеологияда да бұл бағыт даму үстінде. Гидрогеологтардың алға қойған мақсаты ең алдымен ГГЖ-ге адам әрекетінің әсер ету механизмі және сол әсерлердің жеке түрлеріне, олардан туындайтын реакцияларға баға беру, кері әсер ететін (негативті) салдарлардың алдын-алу шараларын анықтау.

Тексеру сұрақтары

1. Геологиялық орта туралы түсінік.
2. Технологиялық процестерден техногендік процестер қалай ерекшеленеді?
3. “Техногенез” түсінігіне не кіреді?
4. “Геотехникалық жүйе” түсінігін сипаттаңыз.
5. Геологиялық ортада технологиялық процестер әсерінен туған негізгі көріністер қандай?

10.2. Гидрогеологиялық жағдайлардың өзгеруіне әртүрлі шаруашылық әрекеттерінің әсер ету сипаттамасы

Халықшаруашылығының қазіргі деңгейдегі даму сатысында антропогендік әсерлердің гидрогеологиялық жағдайларға сипаты мен масштабы әртүрлі болып келеді (36, 50). Технологиялық әрекеттердің бір түрлері жерасты суларына тура, басқалары гидрологиялық жағдайдың өзгеруі арқылы немесе әртүрлі ғимараттар салу кезінде инженерлік геологиялық жағдайлардың өзгеруі жолымен әсер етеді. Жерасты суларына тікелей әсер ететін күштер түрлеріне келесілер жатады: шаруашылық - ауыз сумен жерасты суларынан қамтамасыз ету үшін сутарту, суармалау, шақталар және кен қазбаларынан су құйылу, өнеркәсіптік және шаруашылық ағындарын терең сулы горизонттарға көму, жерасты суларының жасанды толтырылуы. Гидрологиялық жағдайлардың өзгеруі жолымен әсер ететін шаруашылық әрекеттерінің түрлеріне жататындар: жерүсті суларын пайдалану; жерасты суларынан су тарту, бір өзен алабы шегінде бұру, басқа да өзен алаптары шегінде жерүсті суларының бұрылуы, бөгеттер және су қоймаларының құрылысы және пайдаланылуы т.б. Техногендік әсерден жүретін өзгерістер қатары жерүсті және жерасты ағындарына бір уақытта әсер етуімен байланысты

болатын сипаттарға жататындары: жер мелиорациясы (климаты құрғақ болатын аудандарды суландыру, батпақтар мен батпақтанған жерлерді құрғату, өзендер мен су қоймаларына пайдаланылған сулардың қашыртқылануы және т.б.); тұрғын үй және өнеркәсіптік құрылыстардың әсерінен ландшафтың өзгеруі, территорияның кенттенуі, асфальттау, жолдар салу, дренаждық-канализациялық торлардың құрылуы және т.б. Гидрогеологиялық және гидрологиялық жағдайлардың өзгеруіне әсер ететін бірінші фактор агроормандандыру шаралары (ормандарды жаппай кесу, егістік жерлерді жырту, қар тоқтату, тыңайтқыштар мен пестицидтерді пайдалану) және шаруашылық әсерінен болатын басқа да әрекеттердің түрлері.

Шаруашылық-өнеркәсіптік объектілерді тұрғызу, жолдардың және инженерлік ғимараттардың көптеген басқа түрлерінің құрылысы геологиялық ортаның бір компоненті болып саналатын жерасты суларына жанама әсерін тигізеді. Пайдалы қазбаларды өндіру барысында геологиялық орта мен гидросфераның тереңдегі құрамдас бөліктерінде бір уақытта жүретін әсерлер өте күрделі болып келеді. Геотехногендік жүйеде геологиялық ортаның барлық элементтерінің тығыз байланыстарын ескере отырып, жерасты суларына түсетін кез-келген күштің геологиялық ортаның басқа да құраушыларына да әсер ететінін ұмытпау керек.

Жерасты сулары өзінің динамикалылығы және жерүсті гидросферасымен гидравликалық байланыста болуына қатысты таужыныстарының инженерлік құрылыс салаларымен тура жанасу сферасына қарағанда геологиялық ортаның өзгеруін анықтайтын антропогенді жүктемелердің таралуы бойынша литосфераның негізгі элементі болып табылады; жерасты суларының гидросферамен өзара байланысы олардың жерүсті суларының күйіне әсер етуін анықтайды. Осындай жолмен, жерасты сулары гидросфера мен литосфераға белсенді әсер ететін жетекші шаруашылық әрекет болып табылады. Гидрогеологиялық жағдайлардың табиғи экологиялық жүйеде бір-бірімен тығыз байланыста болатын табиғи күйінің бұзылуы, оларда жүретін бірқатар өзгерістерді туындатады.

Суды пайдалану мен қолданудың қарқындылығына байланысты әсер ететін технологиялық күштер де артады да, ол кейбір уақыттарда аймақтық әсер ету сипатына ие болады. Бұл жағдайда табиғи гидрогеологиялық жүйелер (ГГЖ) қатарының гидрогеотехникалық жүйелерге (ГТЖ) алмасуы туралы айтуға болады.

Өзгерулердің барлық күрделі комплексін менгеру және бағалау, оларды түзетін факторлар және ең бастысы, техногенез кезінде туындайтын процестердің заңдылықтарын анықтау гидрогеологтарға жүктеледі. Техногендік өзгерістердің сипаты, масштабы және олардың

жүру бағыттары геологиялық ортаның күйі мен су ресурстарына болжам жүргізуге мүмкіндік береді, бұл қоршаған ортаны шаруашылық әрекетінің кері әсерлерінен қорғау бойынша шаралар жасау үшін негіз болып табылады. Бұл үшін гидрогеологиялық жүйеге түсірілетін салмақтың оңтайлы (нормативті) шегі анықталуы тиіс.

Түсірілетін технологиялық күштің әсері әртүрлі болып келеді [10, 36]. Егер, аймақтық жоспарды қарастыратын болсақ, онда технологиялық күштерден берілетін әсер ГГЖ-нің аздаған бөлігінде немесе оны тұтастай камти отырып, әжептәуір өзгеріс туындататын жергілікті (локальді) әсер етумен шектелуі мүмкін. Табиғи жағдайда жүретін үрдістерден техногендік үрдістің айырмашылығы олардың өлшемсіз үлкен жылдамдықпен өтуінде. Технологиялық әрекеттің сипаты әсер етудің түріне, ауданына, режимі мен әсер ету шамасына байланысты ерекшеленеді. Негізгі техногендік әсерлерге жататындары: жерасты суларынан жүргізілетін сұартулар; жерді мелиорациялау мақсатында сулы горизонттарды құрғату, құрылыс, тау-кен жұмыстары, өнеркәсіптік қалдықтарды ағызу, суармалау, арықтар жүргізу, су тартқыштарды орнату және т.б. Орналасуы бойынша әсер ететін факторлар аудандық, сызықтық және нүктелік болып бөлінеді; әсер ету уақыты қысқа немесе ұзақ уақытты болуы мүмкін; әсер ету режимі - эпизодтық (бір уақытта), кезендік, ұзақ уақытты, яғни әсер ету уақыты тұрақты немесе өзгермелі болуы мүмкін. ГГЖ-нің әсер ету сипаты және гидрогеологиялық ерекшеліктері, соңғылардың гидросферамен өзара байланысы түзілетін процестерді және құбылыстарды алдын-ала анықтайды. ГГЖ-нің ішкі және сыртқы байланыстары, ГГЖ-нің құрылымы, оның жүйешелерінің қасиеттері мен параметрлері (гидрогеодинамикалық, геологиялық, химиялық, гидрогеотермиялық және т.б.) бұзылады. Әрине, әсер ететін факторға жүйешелердің қасиеттері мен параметрлерінің барлығы емес, тек олардың жеке элементтері ғана ұшырайды, мысалы, пьезометрлік арындар, грунт суларының деңгейлері, жерасты суларының химиялық және газдық құрамдары, сулар мен таужыныстарының температуралары. Бұл алғашқы бұзылыс өз кезегінде арын градиенттері, температура, ағынның сүзілу жылдамдығы және су шығындарының өзгеруіне (көбінесе, өсуіне) әкеледі. Нәтижесінде арынды жерасты суларының еңістілігі және олардың қозғалу бағыты, сулы комплекстер, соның ішінде жербеті және жерасты суларының өзара байланысу сипаты, төмендеу (депрессиялық) шұңқыры пайда болуы мүмкін. Осылайша, ағынның барлық гидрогеодинамикалық бейнесі жерасты суларының қоректену және арылу облыстарының жату күйі мен жағдайларының өзгеруіне дейін қайтадан құрылады. Жерасты суларының температурасы мен құрамының ауытқуына байланысты геотемпературалық және геохимиялық

сипаттамалар-ластану температураларының таралу жылдамдығының градиенттері және т.б. өзгереді. Жаңа геохимиялық және геотемпературалық ауытқулар, сулы қабаттардың және оларды бөліп жатқан қабаттардың қасиеттерінің түрленуі, яғни ПТЖ-нің барлық физикалық өрістерінің қайтадан құрылуы жүреді. Әрбір нақты жағдайда технологиялық әрекеттердің масштабы мен сипатына байланысты техногенез процестерінің қарқындығы белгілі бір дәрежеге дейін шектелуі мүмкін.

Таужыныстарының инженерлік геологиялық күйлерінің өзгеруі гидросферадағы табиғи гидрогеологиялық жағдайлардың бұзылуына (мысалы, жерасты және жерүсті сулары тығыз байланыста болатын өзен аңғарларында орналасқан ұңғымалардан өзендегі су ағыстарын азайта отырып су тарту жұмыстарын жүргізу) белсенді әсерін тигізеді. Геологиялық ортамен байланысты болатын аталған барлық процестер табиғи жағдайлардың белгілі элементтерінің өзгерістерін туғызады. Грунт сулары деңгейлерінің төмендеуі аэрациялану белдемі қалыңдығының өсуіне және оның құрғауына әкеледі. Бұл жағдай табиғи процестердің бір бірімен тығыз экологиялық байланыста болатындығын тағы да куәләндырады, оны әртүрлі тәсілдерді біріктіре отырып зерттеу керек. Сұлбаларда (59, 60 – суреттер) кез келген технологиялық процестің (аридті зоналарда су тарту және суару) қоршаған ортаның қайтадан құрылуына әкелетін гидрогеологиялық, гидрологиялық, инженерлік-геологиялық жағдайларының өзгеруіне кезекпен әсер етуінің сатылары көрсетілген. Бұл қайта құрылулар өз кезегінде өздерін туғызған факторларға әсер етеді, яғни жаңа құбылыстар мен процестердің техногенез сипатына кері әсер етуі пайда болады. Жерасты және жерүсті сулары, геологиялық орта құрылымы мен құрамының (мысалы, жарықшақты әктастар немесе суды нашар өткізетін таужыныстары) бір бірімен байланысу сипатына қатысты бірдей техногендік әсерлер әртүрлі салдарларға әкелуі мүмкін. Әртүрлі факторлар әрекеттерінің ұзақтығына және қарқындылығына байланысты техногендік әсерлер көрсетілген салдарларды болдырмай тоқтауы мүмкін.

Әртүрлі технологиялық әсерлер кезінде ең кең таралған гидрогеологиялық жағдайлардың негізгі сипаттық өзгерістерін атайық.

1. Бөгеттер мен су қоймаларының ғимараттарын салу кезінде - тежеліп көтерілу зонасында (белдемінде) грунт сулары деңгейлерінің көтерілуі, жерасты ағынының азаюы немесе оның тежеліп көтерілу зонасында мүлдем жоғалуы, жерасты сулары еңкіштігін сипаттайтын белгісінің қарама-қарсылыққа дейін ауысуына азаюы (жерүсті суларымен болатын байланыс бағыттары мен қарқындылығының өзгеруі); грунт және арынды сулар арасындағы арындар қатынасының,

өзенге терең арылу жағдайларының (және тіпті - сулы кешендердің өзара байланысу жағдайларының) өзгеруі. Грунт және арынды сулардың қоректену жағдайларын анықтайтын жоғарыда аталған процестер әсіресе бөгет маңы бөлігіндегі гидрогеохимиялық және гидрогеотермиялық жағдайдың бұзылуына әкелуі мүмкін.

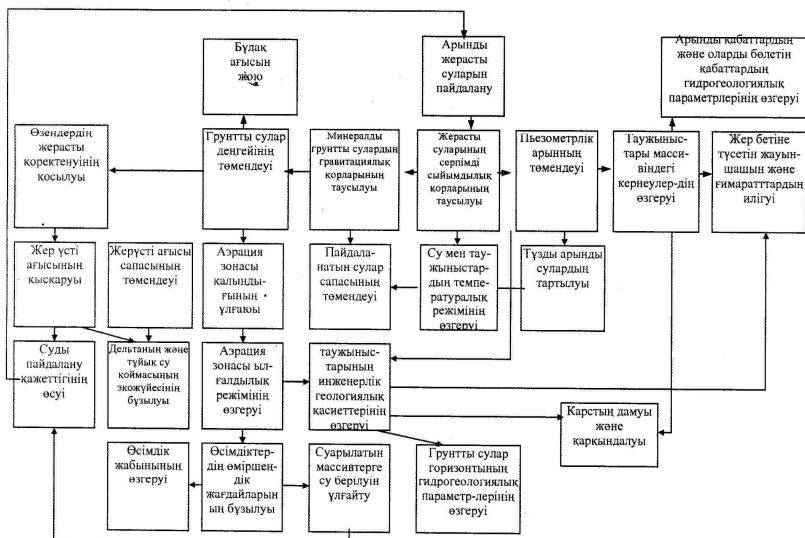
2. Бөгеттер, қалдықтарды жинау үшін қалдық сақтауыштар, техникалық су қоймалары құрылысы кезінде бөгет суларының және жерасты суларының байланысу жағдайларына қарай не тежеліп көтерілу зонасы қалыптасуы, не жерасты суларына сүзілу шығынының кейбір ұлғаюлары жүруі мүмкін; бөгет астында жерасты сулары "төмпешіктерінің" түзілуі, олардың химиялық құрамы және температуралары, грунттардың сүзілу қасиеттері және т.б. өзгеруі мүмкін.

3. Су тарту және шақтылық су тарту су деңгейлері мен арындардың төмендеуіне, төмендеу шұңқырының кейде бірнеше жүздеген километрге дейін ұлғаюына, үлкен аудандар, батпақтар, бұлақтардың құрғауына себеп болады; өзен суларымен байланыс болған кезде өзен ағысы төмендеуі және т.б. жағдайлардың болуы мүмкін (59 – сурет).

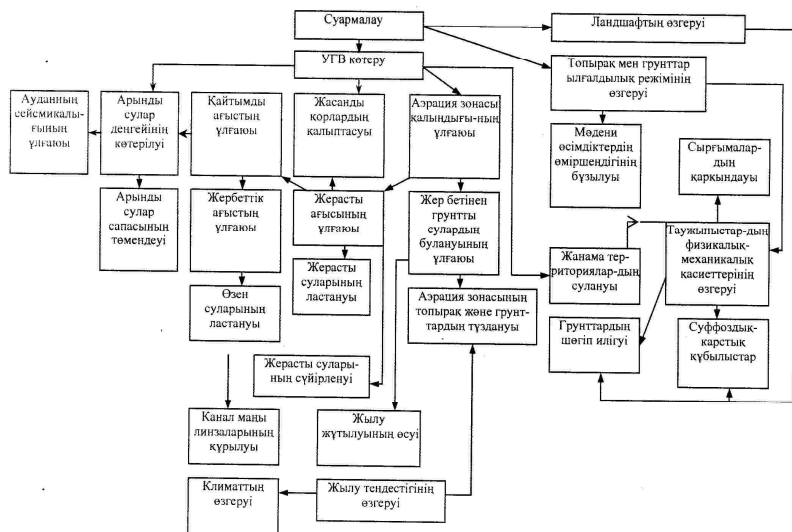
4. Өнеркәсіптен шығатын сұйық лас ағыстарды көму жерасты сулары арындарын ұлғайтатын зона түзеді және жерасты суларының ағып өту процестерінің үдеуіне, сулардың және таужыныстарының геотемпературалық режимінің бұзылуына, топырақтар және грунттардың сүзілу, физикалық-химиялық қасиеттерінің өзгеруіне әсер етеді.

5. Су тарту әсерінен техногенездің даму процестерінің сұлбасы (60 – сурет).

Осылайша, кез-келген технологиялық әсерлер жерүсті және жерасты суларының өзара байланысу және соңғылардың өзара байланысу жағдайларын бұзады, ол жерасты суларының қоректену және арылу облыстары мен жағдайларының өзгеруіне, жерүсті мен жерасты ағындарының және сулы теңдестіктің бұзылуына, аэрация және суға қанығу зоналарының ылғалдылық және температура режимдерінің ластану нәтижесінде таужыныстарының және жерасты суларының және олардың параметрлерінің қалыптасқан физика-химиялық тепе-теңдігінің өзгеруіне әкеледі.



59 сурет. Ірі сұтарту әсерінен техногенез процестерінің даму сұлбасы



60 – сурет. Сұтарту әсерінен техногенездің даму процестері

Тексеру сұрақтары

1. Жерасты суларына әсер ететін технологиялық әрекеттердің негізгі түрлерін атаңыз.
2. Гидрогеологиялық жүйе техногендік гидрогеологиялық жүйеден қалай ерекшеленеді?
3. ГГЖ-нің технологиялық әрекеттерге негізгі реакциялары қандай?

10.3 Шаруашылық әрекеттің гидрогеологиялық жағдайларға әсерін бағалау үшін ақпараттарды жинау және өңдеу әдістері

Қазіргі кезде шаруашылық әрекеттің әсерін бағалаудың және болжаудың ғылыми-әдістемелік негіздері әлі де болса даму үстінде, сол себептен шаруашылық әрекеттің гидрогеологиялық жүйелерге (ГГЖ) әсерін бағалау үшін ақпараттар құрамы, жинау және өңдеу әдістері бойынша регламенттелген көрсеткіш жоқ*.

Техногенез - әртүрлі құбылыстар мен процестердің күрделі кешені болғандықтан, қажет ақпараттың құрамын және өңделуін елеулі мөлшерде анықтайтын негізгі жағдайларды біріктіріп жинақтаймыз.

1. Зерттеліп отырған объектідегі байқалатын техногенездің осы кездегі күйін бағалау оның әрі қарайғы дамуының тұжырымдалуымен аяқталады, яғни техногенездің осы кездегі процестерін бағалау оларға болжам жасаумен қатар жүргізіледі, ол кері құбылыстардың белгілі деңгейге дейін азаюы бойынша шаралар жасау үшін, гидрогеологиялық негіз болып табылады. Осылай, техногенез процестерін бағалау, болжау және басқару жерасты суларын қорғау бойынша жұмыстардың біртұтас бағытымен бірігеді. Бұл жағдай объект туралы әртүрлі уақыттағы ақпараттарды талдауды талап етеді: а) табиғи жағдайда орын алатын процестер, құбылыстар; ә) объект күйінің бұзылу режимінде әрекет басталғаннан зерттеу кезеңіне дейін өзгеру сипаттамасы; б) технологиялық жүктемелердің болжам құрастыру үшін жобаланған өзгерулерінің сипатын анықтау.

2. Егер бір гидрогеологиялық объектіге (учаске, аудан) антропогендік күштің бірнеше түрлері әсер етсе (мысалы, су тарту, суармалау және т.б.), объектінің күйін әсер ететін барлық факторлардың қосындысы анықтайтындықтан, ақпараттардың барлығы жинақталып өңдеуден өткізілуі керек.

* Бұл шаруашылық әрекеттің жеке түрлерінің жерасты және жербеті суларына тигізетін әсеріне жатпайды.

3. Литосфера, гидросфера және атмосфералардың бір бірімен байланыстарын ескере отырып, техногендік өзгерістерді зерттеу, бағалау және болжау гидрогеологиялық жағдайдың өзгеруімен шектеліп қана қоймай, олардың күйінің өзгерулері туралы ақпараттарды байланыстырумен бірге жүргізу қажет. Бұл жағдай гидрогеологиялық жағдайдың өзгеруіне кез-келген басым бір фактордың әсерін бағалау үшін (мысалы, жағалық су тартқыштың жұмыс істеуінен өзен ағысының өзгеруі) дифференциалдық ақпаратты зерттеу мүмкіндігін ескереді.

Буырқану көздерінің әсері байқалатын зона, оның әсер ететін учаскесінен үлкен екенін ескеріп, гидрогеологиялық және басқа табиғи жағдайларға байланысты ақпараттарды жинау, инженерлік ғимараттардың әсер етуінің барлық сферасын қамтуы тиіс. Бұл әсіресе технологиялық сипаттағы күш қарқындылығының әрі қарай ұлғаюы жағдайында болжамдық шаралар үшін маңызды.

Объект бойынша бар ақпарат көлемі, онда байқалатын техногенез әсерін бағалау мен өңдеудің тиімді тәсілдерін айтарлықтай мөлшерде алдын-ала анықтайды. Ақпараттың қолда бар мөлшеріне байланысты барлық техногендік гидрогеологиялық объектілерді зерттеуді үш категорияға бөлуге болады:

Бірінші категорияға бастапқы ақпараттармен ең аз қамтамасыз етілген объектілер жатады (бұзылмаған жағдайлардағы объектінің табиғи күйінің сипаттамасы жоқ, объектідегі технологиялық фактордың даму тарихы белгісіз, бұзылған гидрогеологиялық объект туралы ғана деректер бар); екіншіге – объектілердің бұзылмаған күйлері туралы деректер ғана бар және бұзылған жағдайлардағы бір реттегі ғана зерттеудің деректері бар объектілер үшіншіге – күйі бұзылғаны және бұзылмағаны туралы толық деректер бар, сонымен қатар жерасты және жерүсті суларының режиміне бақылаулардың деректері бар объектілер жатады.

Бастапқы ақпараттар келесі деректерден тұрады:

1. Ғимараттың (панда және қимада) орналасуы туралы мәліметтер, гидрогеологиялық жағдайларға әсер етуінің ұзақтығы мен мөлшері, режимі туралы, яғни технологиялық буырқану туралы барлық мәліметтер. Осы кезде негізгі сипаттамалардың – су деңгейлерінің төмендеуі (немесе көтерілуі), су тартуға байланысты сулы кешендердегі су арындары деңгейлерінің т.б. өзгеруі. Бұған буырқану сипаты мен шамасындағы жуық араға (10-15 жыл) жоспарланған өзгерістер туралы мәліметтер де жатады.

2. Зерттеліп отырған гидрогеологиялық объектінің табиғи және бұзылған жағдайларындағы мәліметтер - ГГЖ-нің және басқа барлық

оның жүйешелерінің геологиялық жағдайлары, гидрогеологиялық қасиеттері және құрылымы туралы (2-тарауды қара) мәліметтер, ГГЖ-нің әсер етуге реакциясы туралы ақпараттар, гидрогеологиялық параметрлер, табиғи және бұзылған режимдері туралы мәліметтер.

3. Өзендердің (жер беттік ағыстар жағдайларының, өзен деңгейлері мен су сапасының өзгеруі) табиғи және бұзылған гидрогеологиялық параметрлері, метеорологиялық элементтердің сипаты (атмосфералық жауын-шашын, булану), климат, жер бедерінің өзгеруі, инженерлік-геологиялық процестердің (сырғымалар, карстар), өсімдік, топырақтардың сипаты туралы қосымша ақпараттар.

Бастапқы (априорлы) ақпарат, соның ішінде жерасты және жерүсті сулары режимі бойынша деректер де, іздеу-барлау және басқа ұйымдардың қорларында, Гидрометұйымының басылып шыққан анықтамаларында, өндірістерде және жер қойнауына зерттеу немесе ғимараттар құрылысын жүргізетін жобалық ұйымдарда болады.

Қолда бар деректерді қорытындылаудан басқа, ақпарат көздері болып, өзгерген су деңгейлері, бұлақтар, су температураларын өлшеу бойынша, жерасты сулары, топырақтар және грунттардың химиялық, биологиялық құрамдары, жер бедерінің өзгеруі және оның жаңа түзілулері, суффузиялық-карсты, сырғымалы және басқа инженерлік геологиялық және экзогендік процестердің және т.б. көрінулері бойынша арнайы далалық тексерулердің нәтижелері табылады. Зерттеу кезінде басты назар гидрометриялық түсіруге бөлінеді, себебі жерүсті суларының құрамы, шығыны мен режимі гидрогеологиялық жағдайдың өзгеруін көрсетеді де, өз кезегінде қоршаған орта күйіне әсер етеді. Далалық тексерулердің құрамына жерүсті және өзен суларының байланыс сипаты, өзен шығындары, олардың жыл бойында өзгеруі (әсіресе төменгі саба және су тасқындары кезеңдерінде), жерүсті суларының сапасы, өзенде қалдықтардың қашыртқы учаскелерінің болуы және осы қашыртқылардың құрамы мен көлемдері туралы деректер кіреді. Далалық тексерулер аяқталғаннан соң алынған деректерді камералдық өңдеу мен лабораториялық зерттеу жүргізіледі. Арнайы міндеттердің бірі таужыныстарының, әсіресе суды нашар өткізетін шөгінді таужыныстарының сүзілу қасиеттерінің өзгерулерін техногенез процесінде түзілетін арынның жана градиенттері кезінде анықтау және техногендік процестерге тән жағдайларда белсенді кеуектілік пен миграциялық-жөңкілу параметрлерін анықтау үшін ластанған жерасты суларының жерүсті суларымен өзара байланысуын лабораториялық физикалық-химиялық зерттеулердің шешілуі болып табылады.

Алғашқы ақпаратты өңдеу деңгейі және инженерлік ғимараттардың әсер етуін бағалау осы ақпараттың көлеміне байланысты болады. Бірінші категориялы объектілер үшін, гидрогеологиялық жағдайдың бақыланатын қазіргі өзгерістері туралы арнайы тексерулердің мазмұны, режимдік бақылауларды орналастыру және т.б. туралы ұсыныстармен аяқталуы тиіс. Өзгерістерді бағалау деңгейі сапалы болуы керек; жерасты суларының деңгейлері, арындары, температурасы, минералдылығы мен құрамы, пьезометрлік беттің еңістігі және су тарту шамасының өзгерулерінің жуық сипаттамасы беріледі; ұқсас-объект (аналог) бойынша әдебиеттік деректерден депрессия шұңқырының мөлшері шартты түрде сипатталады.

Екінші категориялы объектілердің материалдарын өңдеу үшін бастапқы ақпараттардың және техногенез процесінде жүргізілген бақылаулар кезінде немесе тексерулерде алынған мәліметтерді салыстырудан тұрады: тексерулерде алынған жерасты суларының деңгейлері, арындары, температуралары және минералдылықтарының өзгеру шамалары ($\Delta H, \Delta h, \Delta T, \Delta C$ және т.б.) есептеледі, аталған көрсеткіштердің өзгеру барысы бағаланады, яғни $\Delta H / \Delta t, \Delta h / \Delta t$ және т.б. шамалары есептеледі. Стационарлы (тұрақты) бақылаулар кезінде аталған сипаттамалардың бақылаулар жүргізілген уақыттарының хронологиялық сызбалары құрастырылады (9 - тараудағы 54, 56, 58 – суреттерін қара). Осылайша, осы көрсеткіштердің уақыт, план және тереңдік бойынша өзгеру тенденциялары (беталыстары) анықталады. Ең дәл нәтижелер көп көрсеткіштер бойынша өзгерулерді бір уақытта зерттеу кезінде алынуы мүмкін. Осы кезеңде әсер ететін инженерлік ғимараттардың негізгі сипаттамаларының сәйкес өзгеруі ескеріледі (мысалы, депрессия (төмендеу) шұңқырының уақыт пен кеңістік бойында су тарту барысында, қалыптасуды зерттеу кезінде, уақыт бойындағы су тартуда байқалатын шығын шамасының өзгеруі, сутартқыш ғимараттарының орналасуы туралы ақпарат болуы тиіс). Барлық өңделген ақпарат карталарға, профильдерге (кескіндерге), сызбалар мен арнайы кестелерге түсіріледі. Әдетте олар абсолюттік (нақты) мәндермен емес бастапқы мәндердің өзгеру мәндерімен құрастырылады: мысалы, деңгейдің өзгеруі нақты мәндермен көрсетілмейді H'_1, H'_2 және т.б., ал $\Delta S_1 = H'_2 - H'_1$. Уақыт бойында деңгейдің немесе арынның төмендеу қарқыны бақылаудың $\Delta t_1, \Delta t_2$ жеке кезеңдерінде немесе эксплуатацияның (пайдаланудың) барлық қосындылық кезеңінде анықталады. Бақылау деректері бойынша су алу кезінде план мен қимада төмендеу шұңқырының өсуі, табиғи

жағдайдағымен салыстырғанда, денгейдің ауытқу сипатының өзгеруі, жеке компоненттердің минералдығының немесе құрамының өзгеруі, жаңа элементтердің ластануға тән көздер ретінде пайда болуы анықталады. Соңында өзгерулердің сандық және сапалық сипаттамасы беріледі; анықталған тенденциялардың негізінде зерттеліп отырған объектінің әрі қарайғы өзгерулері бойынша ұсыныстар беріледі. Техногендік жүктемелердің белгілі өзгерулері кезінде гидрогеологиялық сипаттамалардың өзгеру қарқынына бақылау деректері жеткілікті болған кезде, әсер ету көзінің жұмыстары белгілі болғанда, гидрогеологиялық жағдайдың күтілетін болжамдық өзгерулері анықталуы мүмкін.

Егер бұзылған және бұзылмаған кезендерде жерүсті және жерасты суларының режимін бақылаулардың деректері бар болса, онда өзгеру сипаты ішкі жылдық кезеңде де, көп жылдық кезеңде де салыстырылады, бұзылыс болған кезеңдер, өзгеру қарқындары анықталады (9-тақырыпты қараңыз).

Гидрологтар антропогендік әсер ететін өзен алабындағы табиғи ағысты қалпына келтіру үшін, тіректі бақылау тұстамаларының көп саны бойынша деректерді кеңінен қолданады. Ол үшін осы өзендегі ағысты бақылау табиғи жағдайда орналасқан, егер әрине табиғи да, бұзылған да кезеңдерді қамтитын біріккен бақылаулар қатары болса, өзен-аналог ағысымен салыстырылады. Салыстыру екі өзен сипаттамалары арасындағы корреляция коэффициентін табумен орындалады (4-тақырыпты қара) [3, 50]. Байланыс тығыздығы корреляция коэффициентінің мәнімен анықталады. Егер оның мәні 0,8-тен көп болса, онда байланыс тығыз деп саналады; сызбалардағы нүктелердің жалпы бағыттан ауытқуы бойынша бұзылған кезең бөлінеді. Осылайша, зерттеліп отырған өзеннің табиғи ағысы қалпына келтіріледі, ал қалпына келген және табиғи деңгейлердің айырмасы бойынша өзен ағысының өзгеру шамасы анықталады. Егер жұп корреляциялау әдісі нашар тығызды көрсетсе, онда 0,8 - ден аз мән бірнеше өзен-аналогтармен көптеген корреляциялау тәсіліне сүйенеді [50]. Жұп және көптеген корреляциялаудың ұқсас тәсілдерін бұзылған және табиғи жағдайларда жерасты суларының режимін бақылайтындарды өңдеу кезінде қолданады.

Техногендік процестердің әсерін сандық анықтау әдістеріне сулы-теңдестік әдісі жатады (жерасты және жерүсті суларының біріккен теңдестік әдісі), дәлдік дәрежесі теңдестік элементтерін анықтаудың дәлдігіне негізделеді (4 және 9 – тараулар). Теңдестік құрылымын (элементтерін) табиғи және бұзылған жағдайларда салыстыру, зерттеліп отырған объекті реакциясының дәрежесін көрсетеді және теңдестіктің қандай элементтерінің өзгергенін білуге

мүмкіндік береді. Осылай, сутартқыш жұмыс жасап тұрған өзен аңғарындағы (56-суретті кара) жерасты суларының теңдестігі сутартқының бастапқы жұмыс жасау кезеңінде жерасты сулары табиғи ресурстарының тек бір бөлігін ғана жолдан илестіруінен тұрады, ол туралы өзен мен сутартқыш арасындағы жерасты суайрығының болуы (II қисығы) және төмендеу қисығының жағдайы куәләндырады. Осы жағдайларда жерасты суларының теңдестігі участкада тек сандық өзгерген - су алу шамасына сәйкес өзенге құйылатын ағыс шығыны азайды. Алайда жерасты суларының ағынының арылу облысы болып табылатын өзенге қарай бағытталған. Су алудың өнімі ұлғайған кезде (III қисығы) теңдестік элементтері сапалық өзгереді, ол туралы өзен мен сутартқыш арасындағы қисық төменделу пішіні бойынша айтуға болады; жерасты суларының ағын бағытының жалпы өзгеруі жүреді, арылу облысының орнына қоректену облысы болып табылатын өзеннен сутартқышқа бағытталған және сутартқыш теңдестігінің негізгі статьясын түзеді. Техногенездің осы жағдайында өзен ағысының азаюы жүреді, өзен ағысының шығыны аз болған кезде, су тарту грунт сулары деңгейлерінің төмендеуін және қолайсыз экологиялық салдар (өзен суының азаюы, жайылмадағы ескі арналардың құрғауы, өсімдіктердің түрлік құрамының өзгеруін) туғызады. Қабаттың гидрогеологиялық параметрлерін (сүзілу коэффициенті, суланған қалыңдаманың қалыңдығы және оның су тарту кезінде өзгеруі, табиғи және бұзылған жағдайлардағы ағын еңкіштігі), өзен ағысының шығынын Дарси формуласы бойынша жуық шамамен анықтауға болады (2 және 3 тараулар). Егер су тартқыш өнімі және өзеннің орташа жылдық шығыны белгілі болса өзен ағысына келетін зиянды да анықтауға болады.

Күрделі гидрогеологиялық және технологиялық жағдайларда қолда бар ақпараттар жеткілікті болған кезде әсер ету қарқыны аналитикалық және математикалық үлгілеумен анықталады.

Гидрогеологияның жалпы курсында антропогендік әсерді бағалау сапалы немесе жартылай сапалы сипаттамамен шектеледі:

1) технологиялық әсердің сипаттамасы, яғни әсер түрі, ауданы, орналасу сипаты (жергілікті, аудандық, бірбағыттағы) және тереңдігі, ұзақтылығы (бір рет, ұзақ) және оның режімі (эпизодтық, кезеңдік, тұрақты), шамасы (яғни су тарту, су төгу шамалары, деңгейдің, суару мөлшерлерінің өзгеруі және т.б.);

2) гидрогеологиялық жағдайлары бұзылмаған ГГЖ-де немесе оның уческесіндегі техногенез дамуын априорлық (жорамалдық) зерттеп бағаланған зонаны сипаттау;

3) ГГЖ-нің көрсеткіштерінің өзгеруінен ондағы байқалатын реакциясын анықтау: гидрогеодинамикалық құрылымы (жерасты суларының деңгейлері мен арындарының, еңістерінің уақыт бойында төмендеуі немесе өсуі, ауданда төмендеу шұңқырларының болуы және дамуы, жерасты және жерүсті суларының режімінің өзгеруі); гидрогеохимиялық құрылымы (жерасты және жерүсті суларының минералдылығының, негізгі құрамының компоненттері бойынша өзгеруі, ластандыратын заттардың сипаттамасы, химиялық ластану ауданы мен учаскенің күйлері, гидрохимиялық ауытқуларды сипаттау); пландағы және кимадағы гидрогеотемпературалық сипаттамалар. Жерасты сулары жерүсті суларымен байланыстағы объектілер үшін өзендердегі су деңгейлерінің және шығындарының өзгеруін, су қоймаларының құрылысы және жұмыс режімі, жербедерінің өзгеруі, қалдық сақтағыштар, үймелер және үйінділердің түзілуі, инженерлік-геологиялық процестердің қарқындылығын немесе пайда болуын сипаттайды.

Осылайша, әсер ету бірнеше сатыға бөлінеді: бастапқы сатыларда техногендік процестерді және құбылыстарды сапалы тұрғыдан анықтайды; келесі сатыларда мәліметтердің жиналуына қарай сол кездегі өзгерістерді жуық шамамен бағалайды және болашақта гидрогеологиялық жағдайлардың өзгеру тенденциялары анықталады; сосын арнайы далалық, тәжірибелік және режімдік бақылаулардың қойылуы негізінде олардың сапалы және сандық анықталуы және техногенездің су шаруашылығы теңдестігін құру жолымен немесе аналитикалық тәсіл және математикалық үлгілеу көмегімен дамуына болжау жүргізіледі. Бағалаудың соңғы сатысы гидрогеологиялық жағдайға және қоршаған ортаға кері әсері аз вариантты таңдауға, сонымен қатар қолайсыз әсерді азайтатын шараларға гидрогеологиялық анықтама беруге мүмкіндік жасайды.

Мысал - есеп 10.1

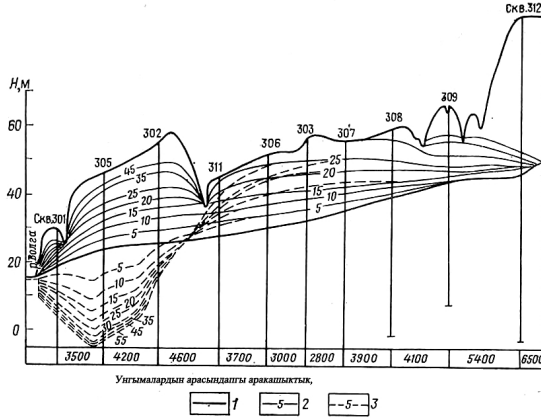
Өзен аңғарында, биік террасалар мен жазық шегінде дренажсыз жерді суару жоспарланған. Суару жылына 150 күн жүргізіледі. Зерттелетін аудандағы сулы қабат саздақтармен жабылған қалыңдамада орналасқан (61 – сурет). Табиғи жағдайлардың жобалық деректері мен зерттеу негіздерінде 305 пен 309 ұңғымалардың арасындағы гидрогеологиялық жағдайлардың суару кезіндегі өзгеруін болжау жүргізілген. Анықталатыны: өзен аралығындағы гидрогеологиялық жағдайларға жобаланған суарудың әсерін анықтай отырып, техногенез процесін сипаттау.

Шешуі: 1. Бұзылмаған жағдайдың сипаттамасы: табиғи жағдайлар (61 – сурет) туралы деректерді колдана отырып, табиғи жағдайларда грунт

суларының деңгейі жыраға қарай азая отырып (311 ұңғыма – 10м), 10- 40 м тереңдік аралығында (311 ұңғымадан 312 ұңғымаға дейін). Грунт суларының еңістігі Волга өзенінің арылу әсерінен қалыптасқан (орташа блді 0,001), 312 ұңғымадан өзенге дейін жиектік тор әсер етпеген.

2. Әсердің технологиялық сипаттамасы – суару 301 ұңғымадан 309 ұңғымаға дейін 45 жыл бойы жүргізіледі. Суарудан технологиялық әрекеттері аудандық сипатқа ие болады, оның мөлшерлері 45 жылдан соң 312 ұңғыманың шегінен асып кететін деңгейдің көтерілуі бойынша анықталады, әсер ету уақытының ұзақтығы 45-55 жыл құрайды, әсер режімі бойынша қайталанып отырады (жылына 150 күн). Суару суарылған жерлер ауданында атмосфералық жауын-шашынның сіңіп-сүзілуінен анағұрлым артық болатын, қоректенудің негізгі көзі болып табылады, себебі деңгейдің тұрақты көтерілуін туғызады.

3. Техногенездің сапалық және сандық сипаттамасы: жерді суару кезінде (күрғату болмаған кезде) грунт сулары деңгейлерінің еңіссіз ұлғаюы байқалады. Берілген реттегі режімдік бақылаулар су деңгейінің жыл бойында өзгеруін сипаттауға мүмкіндік береді, алайда деңгейдің орташа жылдық өсуі 15 жылдан соң оның балкалардың түбіне жететінін көрсетеді (301 және 311 ұңғымалар ауданындағы 15 кейінгі ұңғымалар жағдайын қара) және келесі жылдарда балкалар грунт суларының қайтадан түзілген арындарының арылуына айналады. Өзеннің арылу шамасы өседі, оған өзенге қарай грунт суларының еңістілігінің ұлғаюы дәлел болады, бірақ ол өзеннен 301 ұңғымаға дейін учаскемен шектелген, ал табиғи жағдайдағы грунт ағысы өзгерген балкалардың роліне байланысты үш ұсақ ағындарға бөлінеді. „301-ұңғыма- бірінші балка”, „302-ұңғыма – екінші балка” учаскелерінде грунт суларының бағыты табиғи жағдайдағы бағытқа өзен жағынан қарама-қарсы өзгереді. Грунт суларының қоректену облысы олардың таралу облысымен сәйкес келсе де, қоректену суаруға байланысты өседі, ал табиғи арылу жағдайлары жоғарыда айтылған балкалардың өзгеру роліне байланысты өзгереді. Грунт суларының деңгейі 0,7-ден 1,2 м/жыл жылдамдықпен көбейеді. Жерасты суларының бастапқы тереңдігін және деңгейдің көтерілу жылдамдығын ескере отырып, территорияның көп бөлігінде 10-15 жыл суару шамасында грунт сулары деңгейі 14-тен 18-м аралығын құрайтын болады және ол критикалық шамаға жетпейді.



61 – сурет. Грунт суы деңгейінің болжамдық өзгеруі:

1-грунт суының бастапқы күйі; 2-жобаланатын суландырудың әсерінен грунт суы деңгейінің көтерілу қисықтары; 3- есептелген уақыт аралығында жобаланатын дренаж жұмыстарының әсерінен грунт суы деңгейінің төмендеу қисықтары

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Альтовский М. Е.* Методические указания по составлению гидрогеологических карт масштабов 1:100000—1:500000 и 1:200000—1:100000. М., Госгеолтехиздат, 1960. 49 с.
2. *Бондарик Г. К.* Общая теория инженерной (физической) геологии. М., Недра, 1981. 256 с.
3. *Владимиров А. М.* Сток рек в маловодный период года. Л., Гидрометеиздат, 1976. 296 с.
4. *Временное* методическое руководство по автоматизированной системе обработки материалов наблюдений за режимом подземных вод. Вып. 1, 2. М., ВСЕГИНГЕО, 1976.
5. *Гавич И. К.* Основы гидрогеологической стратификации. М., МГРИ, 1983. 115 с.
6. *Гавич И. К.* Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии. М., Недра, 1980. 330 с.
7. *Гавич И. К., Лучшева А. А., Семенова С. М.* Сборник задач по общей гидрогеологии. М., Высшая школа, 1964. 252 с.
8. *Гавич И. К., Семенова С. М., Швец В. М.* Методы обработки гидрогеологической информации, с вариантами задач. М., Высшая школа, 1981. 160 с.
9. Гидрогеологические основы изучения режима грунтовых вод. Г. Н. Каменский, И. К. Гавич, Н. А. Мясникова, С. М. Семенова. — Труды Лабор. гидрогеол. проблем, т. XXVI. М., 1960, 186 с.
10. Геологическая деятельность и охрана окружающей среды. М., Изд-во МГУ, 1979. 164 с. Н. Геологический словарь. Т. 2. М., Недра, 1973. 455 с.
12. Геотермические методы исследований в гидрогеологии. Под ред. Н. М. Фролова. М., Недра, 1979. 285 с.
13. *Гольдберг В. М.* Методические рекомендации по гидрогеологическим исследованиям и прогнозам для контроля за охраной подземных вод. М., ВСЕГИНГЕО, 1980. 85 с.
14. Исследование взаимосвязи поверхностных и подземных вод. Под ред. С. М. Семеновой-Ерофеевой, М., 1982. 53 с. (ВНИИ экон. минер. сырья и геол. разв. работ ВИЭМС).
15. *Каменский Г. Н.* Основы динамики подземных вод. 1-е изд. М.— Л., Геолразведиздат, 1933. 152 с.; 2-е изд. М., Госгеолиздат, 1943. 243 с.
16. *Каменский Г. Н., Гавич И. К., Семенова С. М.*

Гидродинамическая характеристика различных видов потоков подземных вод.— Гидрогеология и разведка, 1960, № 10, с. 45—49.

17. Карцев А. А. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений. М., Недра, 1979. 198 с.

18. Карта геотемпературного поля европейской части СССР, масштаб 1 : 800 000. Под ред. Н. М. Фролова. М., Недра, 1980.

19. Климентов П. П., Богданов Т. М. Общая гидрогеология. М., Недра, 1977. 358 с.

20. Коноплянцев А. А., Семенов С. М. Изучение, прогноз и картирование режима подземных вод. М., Недра, 1979. 193 с.

21. Корякин Н. И., Быстрое К. Н., Киреев П. С. Краткий справочник по физике. М., Высшая школа, 1969. 588 с.

22. Лебедев А. В. Методы изучения баланса грунтовых вод. М., Недра, 1976. 223 с.

23. Лучшева А. А. Практическая гидрология. Л., Гидрометеоздат 1976 440 с.

24. Лучшева А. А. Основы гидравлики и гидрометрии. М., Недра 980 166 с.

25. Методические обоснования гидрогеологических моделей многослойных систем. М., Недра, 1982. 146 с.

26. Методические рекомендации по гидрогеологической съемке масштаба 1 г 200 000. Под ред. Г. В. Куликова. М., изд. ВСЕГИНГЕО, 1983. 104 с.

27. Методические указания по изучению баланса и режима подземных вод в условиях взаимосвязи водоносных горизонтов. А. В. Лебедев, С. М. Семенова, Н. Н. Фрейдина. М., ВСЕГИНГЕО, 1971. 161 с.

28. Методические указания по производству наблюдений за режимом температуры подземных вод. Под ред. В. И. Лялько. М., ВСЕГИНГЕО, 1982. 43 с.

29. *Мировой* водный баланс и водные ресурсы Земли. Под ред. В. И. Корзуна и др. Л., Гидрометеоздат, 1974. 638 с.

30. Овчинников А. М. Гидрогеохимия. М., Недра, 1970. 200 с.

31. Овчинников А. М. Общая гидрогеология. М., Недра, 1955. 372 с.

32. Овчинников А. М. Типы очагов разгрузки напорных вод. — Сов. геология, 1968, № 7, с. 136—142.

33. Основы гидрогеологии: Гидрогеодинамика. Под ред. И. С. Зекцера. М., Наука, 1983. 238 с.

34. Основы гидрогеологии: Гидрогеохимия. Под ред. С. Л. Шварцева. М., Наука, 1983. 282 с.

35. Основы гидрогеологии: Общая гидрогеология. Под ред.

Е.В. Пиннекера. М., Наука, 1980. 232 с.

36. Оценка изменений гидрогеологических условий под влиянием производственной деятельности. Под ред. В. М. Фомина. М., Недра, 1978, 178 с.

37. *Павлов А. Н.* Геологический круговорот воды на земле. Л., ЛПИ, 1977. 143 с.

38. Подземный сток и методы его исследования. Под ред. Б. И. Куделина, Н. А. Огильви. М., Наука, 1972. 136 с.

39. *Розовская Н. В.* Гидрогеологическое картирование. М., Наука, 1981. 131 с.

40. *Ситников А. Б.* Динамика воды в ненасыщенных и насыщенных грунтах зоны аэрации. Киев, Наукова думка, 1976, 156 с.

41. *Словарь* по гидрогеологии и инженерной геологии. М., Недра, 1971. 97 с.

42. *Соколов И. Ю.* Таблицы и номограммы для расчета результатов химических анализов природных вод. М., Недра, 1974. 160 с.

43. Справочное руководство гидрогеолога. Под ред. В. М. Максимова. Л., Недра, 1979, т. 1, 312 с., т. 2, 294 с.

44. *Толстихин О. Н.* Геологические аспекты охраны природы. Л., ЛПИ, 1977. 38 с.

45. *Уемов А. И.* Системный подход и общая теория систем. М., Мысль, 1978. 272 с.

46. *Фролов Н. М.* Основы гидрогеологической стратификации. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1981, № 11, с. 9—21.

47. *Фролов Н. М.* Гидрогеотермия. М., Недра, 1976. 280 с.

48. *Чаповский Е. Г.* Лабораторные методы по грунтоведению и механике грунтов. М., Недра, 1975. 275 с.

48. *Чеботарев А.И.* Гидрологический словарь. Л., Гидрометеиздат, 1979. 306 с.

50. *Шикломенов И. А.* Антропогенные изменения водности рек. Л., Гидрометеиздат, 1979. 302 с.

МАЗМҰНЫ

I КІРІСПЕ..... 3

1.ГИДРОГЕОЛОГИЯ ПӘНІ.....4

1.1. Гидрогеологияның анықтамасы мен даму тенденциясы..... 4

2. ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР, ОЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІ ЖӘНЕ ЖҮРЕТІН ПРОЦЕСТЕР..... 8

2.1. Жүйе туралы жалпы ұғым..... 8

2.2. Гидрогеологиялық жүйе туралы ұғым..... 9

2.3.Гидрогеосфера туралы ұғым..... 17

2.4. Гидрогеосферадағы судың түрлері және қозғалу жағдайлары..... 18

2.5.Геологиялық орта, оның гидрогеологиялық қасиеттері..... 24

2.6. ТЖ ↔ ЖАС жүйесінің негізгі гидрогеологиялық күйлері...26

2.7. Негізгі гидрогеологиялық процестер мен олардың сипаттамалары..... 28

2.8. Гидрогеологиялық жүйенің негізгі элементтері..... 30

3. ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ СТРАТИФИКАЦИЯЛАУДА СИСТЕМАЛЫҚ (ЖҮЙЕЛІК) ТӘСІЛДІ ҚОЛДАНУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ..... 32

3.1. Гидрогеологиялық стратификациялау туралы түсінік..... 32

3.2. Гидрогеологиялық стратификациялау принциптері..... 33

3.3.Гидрогеологиялық стратификациялаудың негізгі элементтері (ГГСНЭ)..... 34

4. ЖЕРБЕТІ ЖӘНЕ ЖЕРАСТЫ СУЛАРЫНЫҢ БАЙЛАНЫСТАРЫ..... 39

4.1. Жербеті мен жерасты суларының байланыстары туралы түсінік..... 39

5. GEOTERMIA..... 44

5.1. Таужыныстары және олардағы жерасты суларының геотермиялық жағдайлары 44

5.1.1. Жер қыртысының температуралық режимі..... 44

5.1.2. Жылу тасымалдануындағы жерасты суының атқаратын ролі.....46

5.1.3. Жер қыртысында жылу тасымалданудың түрлері..... 46

5.2. Термометрлік бақылаулар және оларды өңдеу..... 48

5.3 Жерасты суларының өзара байланыстарын геотермиялық әдіс арқылы зерттеу..... 53

6. ТАУЖЫНЫСТАРЫНЫҢ СУ – ФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ. СУЛЫ ГОРИЗОНТТАРДЫҢ КОЛЛЕКТОРЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....	56
6.1. Таужыныстарының гранулометриялық өлшемдері.....	56
6.2. Таужыныстарының кеуектіліктері мен жарықшақ- тылықтары.	58
6.3. Ылғалдылығы.....	60
6.4 Ылғал сыйымдылық.....	61
6.5 Суқайтарымдылық.....	64
6.6. Таужыныстарының сумен қанығуының тапшылығы (суды жұтуы).....	67
6.7. Таужыныстарының капиллярлық қасиеттері.....	68
6.8 Таужыныстарының сүткізгіштіктері.....	71
6.8.1 Өткізгіштік және оны зерттеудің тәсілдері.....	71
6.8.2 Таужынысының сүзілу коэффициентін анықтау.....	74
6.8.3 Эмпирикалық формулалар бойынша сүзілу коэффициентін анықтау.....	77
6.9. Қабаттардың коллекторлық қасиеттері.....	80
6.10. Лабораториялық мәліметтерді өңдеу.....	81
7 ТАУЖЫНЫСТАРЫ МЕН ОЛАРДЫҢ ҚАБАТТАРЫНДАҒЫ ЖЕРАСТЫ СУЛАРЫНЫҢ ТҮРЛЕРІ МЕН ҚОЗҒАЛУ ЗАҢДАРЫ.....	84
7.1. Жерасты сулары қозғалыстарының негізгі түрлері және оларды зерттеудің әдістері.....	84
7.2 Жерасты суларының сүзілу процестерін тәжірибелік түрде зерттеу.....	87
7.3 Дарси заңы қолданылатын тәжірибелік зерттеулер.....	88
7.4. Стационарлы емес сүзілуді тәжірибеде зерттеу.....	91
7.5 Дарси тендеуін ағынның табиғи шығынын анықтауда қолдану.....	92
7.6 Дарси тендеуі негізінде грунт суларының сіңіп – сүзілулік (инфильтрациялық) суалмасуының қарқындылығын анықтау.....	93
7.7 Дарси тендеуі негізінде жерасты ағысының модульн анықтау.....	95
7.8 Дарси тендеуі негізінде жерасты суларының тереңдегі суалмасу қарқындылығын анықтау.....	95
7.9 Геологиялық – құрылымдық, литологиялық – фациалдық және физика– географиялық факторлардың сүзілуге тигізетін әсерлеріне Дарси тендеуі негізінде баға беру.....	97
7.10 Инфильтрация процесін зерттеу және оның көрсеткіштерін анықтау.....	102
7.10.1 Инфильтрацияны тәжірибе арқылы зерттеу.....	102

7.10.2 Ылғалтасымалдау көрсеткіштерін тәжірибе арқылы зерттеу.....	104
8. ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ (ГТЖ) ГИДРОГЕОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....	110
8.1 Жерасты суларының химиялық құрамы және физикалық қасиеттері.....	110
8.2 Судың химиялық қасиеттерінің негізгі көрсеткіштері.....	112
8.3 Судың химиялық талдауларын кескіндеудің түрлері мен формалары және оларды өңдеу.....	114
8.3.1 Химиялық талдаулардың түрлері мен формалары.....	114
8.3.2 Жерасты суларының химиялық талдауларын өңдеу.....	114
8.3.3 Талдауларды сызба түрінде кескіндеу.....	116
8.3.4 Химиялық және газды құрамдары бойынша жерасты суларын жіктеу..	118
8.3.5 Жерасты суларының химиялық талдауларын сызба түрінде жүйеге келтіру.....	121
8.4 Әртүрлі мақсаттарға жарамды суларға баға беру.....	123
8.5 Гидрогеохимиялық жүйелерді зерттеу және гидрогеохимиялық карталар мен профилдерді құрастыру.....	130
8.5.1 Гидрогеохимиялық жүйе туралы ұғым.....	130
8.5.2 Сыртқы гидрогеохимиялық шекаралары.....	131
8.5.3 Гидрогеохимиялық жүйелердің қарапайым типтері.....	132
8.5.4 Сыртқы гидрогеохимиялық шекаралардың түрлері және байланыстары.....	133
8.5.5 Гидрогеохимиялық профилдер мен карталарды құрастырудың ерекшеліктері.....	135
8.5.6 Гидрогеохимиялық профилдерді құрастыру.....	136
8.5.7 Гидрогеохимиялық карталарды құрастыру.....	139
9 ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕДЕГІ ЖЕРАСТЫ СУЫНЫҢ РЕЖИМІ МЕН БАЛАНСЫН ЗЕРТТЕУ.....	141
9.1 Жерасты суларының режимдері мен режим түзуші факторлар туралы түсінік.....	141
9.2 Арынды және грунт сулары режимдерінің ерекшеліктері.....	143
9.3 Режимнің сипаттамалары немесе негізгі параметрлері.....	145
9.4 Жерасты суларының режимдерін бақылаудан алынған мәліметтерді өңдеу.....	147
9.4.1 Жерасты суларының режимін зерттеу міндеттері.....	147
9.4.2 Бақылау мәліметтерін өңдеу принциптері.....	148
9.4.3 Бақылау мәліметтерінің алғашқы өңделуі.....	149
9.5 Жерасты сулары режимдерінің типтері.....	150

9.5.2	Бакылауларды арнайы өндеу.....	152
9.6	Жерасты суларының сулық балансы.....	153
9.6.1	Сулық баланс туралы түсінік.....	153
10	ШАРУАШЫЛЫҚ ӘРЕКЕТТЕРДІҢ ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАРДЫҢ ӨЗГЕРУІНЕ ӘСЕРІ.....	155
10.1	Қоршаған ортаға техногендік әсерлер.....	155
10.2	Гидрогеологиялық жағдайлардың өзгеруіне әртүрлі шаруашылық әрекеттерінің әсер ету сипаттамасы.....	157
10.3	Шаруашылық әрекеттің гидрогеологиялық жағдайларға әсерін бағалау үшін ақпараттарды жинау және өндеу әдістері.....	163
	ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ.....	172

Оқулық басылым

Н.Е. Ережелов, Н.Қ. Исаков, А.Т. Мақыжанова

ЖАЛПЫ ГИДРОГЕОЛОГИЯ

Оқу құралы

РББ меңгерушісі	З.А. Фубайдулина
Редакторы Т.О.	Бекмағамбетова
Техн. редакторы	Қ.Ж. Көшербаева
Компьютерде басып, терген	Л.П. Өмірбекова

Басуға қол қойылды _____ 2005 ж.

Таралымы ... дана. Пішіні 60X84, 1/16
Тапсырыс № _____ №1 баспаханалық қағаз
Бағасы келісімді.

Қазақ Ұлттық техникалық университетінің басылымы.
ҚазҰТУ-дың баспа орталығы.
Алматы, Ладыгина, 32.