

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
BAKİ DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

F.Ə.İmanov

HİDROLOJİ HESABLAMALAR

*Azərbaycan Respublikası Təhsil
Nazirliyinin 2010-cu il 14 dekabr
tarixli 1625 nömrəli əmri ilə dərslük
təsdiq edilmişdir.*

BAKİ-2011

Rəyçilər:

R.N.Mahmudov, coğrafiya elmləri doktoru,
professor (Bakı Dövlət Universiteti)

Ə.Ş.Məmmədov, texnika elmləri namizədi
(Sukanal Elmi Tədqiqat Layihə İnstitutu)

R.H. Verdiyev, coğrafiya elmləri namizədi
(Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyi
Hidrometeorologiya İnstitutu)

İmanov Fərda. Hidroloji hesablamalar. Bakı, 2011, 264 s.

Dərsləkdə hidroloji hesablamalar sahəsində beynəlxalq təcrübə nəzərə alınmaqla su təsərrüfatı obyektlərinin layihələndirilməsində və su ehtiyatlarının qiymətləndirilməsində istifadə olunan əsas hidroloji xarakteristikaların müşahidə məlumatlarının həcmindən asılı olaraq təhlil, ümumiləşdirilmə və hesablanma metodlarına baxılır. Çay axımının əmələgəlmə nəzəriyyəsi, hidroloji hesablamalarda geniş tətbiq olunan genetik və statistik təhlil metodları izah olunur.

Dərslək Bakı Dövlət Universitetinin coğrafiya fakültəsində hidrometeorologiya ixtisası üzrə təhsil alan tələbələr üçün nəzərdə tutulsa da, müvafiq ixtisaslı magistrant, doktorant və mühəndislər üçün də faydalı ola bilər.

ISBN: 978-9952-29-041-7

© F.Ə.İmanov

Mündəricat

Giriş	6
1. Hidroloji hesablamaların qısa tarixi	9
2. Hidroloji hesablama və ümumiləşdirmə metodları	26
2.1. Hidroloji hesablama metodları	26
2.1.1. Coğrafi-hidroloji metod	26
2.1.2. Statistik metodlar	29
2.1.3. Riyazi modelləşdirmə	31
2.2. Hidroloji ümumiləşdirmə metodları	32
2.2.1. Hidroloji rayonlaşma	32
2.2.2. Empirik asılılıqlar	35
2.2.3. Axım xəritələri	36
3. Müşahidə məlumatları kifayət qədər olduqda axım xarakteristikalarının hesablanması	41⁺
3.1. Müşahidə sıralarına tələblər və onların representativliyi	43 ⁻
3.2. Axım sıraları strukturunun statistik təhlili	45 ⁺
3.3. Paylanma parametrlərinin hesablanması	48
3.3.1. Empirik və analitik təminat əyriləri	48
3.3.2. Təminat əyrilərinin parametrlərini qiymətləndirmə metodları	63
3.3.3. Tarixi maksimumların nəzərə alınması və qarantiyalı düzəliş	79 ⁺
3.3.4. Paylanmanın seçmə parametrlərinin xətalərinin qiymətləndirilməsi	83 ⁺
3.4. Axımın təminatlı qiymətlərinin hesablanması	85
4. Qısa müşahidə sıralarına görə axım xarakteristikaları- nın qiymətləndirilməsi	101
4.1. Ümumi müddəalar	101

4.2.Müşahidələrin davamiyyəti 6 ildən az olduqda istifadə edilən hesablama metodları.....	103 *
4.2.1.Nisbətlər metodu	103 r
4.2.2.Reqressiya tənlikləri metodu	105 f
4.2.3.Qrafiki metod	106 t
4.3.Müşahidələrin davamiyyəti 6 il və daha çox olduqda istifadə edilən hesablama metodları	107 +
4.3.1.Analitik metodlar.....	107 f
4.3.2.Qrafiki metod	112 +
4.3.3.Qraf-analitik metod	113 f
5.Müşahidə məlumatları olmadıqda axım xarakteristikalarının hesablanması.....	114
5.1.İllik axımın hesablanması	114
5.2.Maksimal axımın hesablanması	121
5.2.1.Maksimal axımın əmələ gəlməsinin genetik düsturu	121
5.2.2.Maksimal axımın reduksiyası.....	125 f
5.2.3.Yaz gursulu dövrünün maksimal su sərfələrinin hesablanma metodları.....	128 f
5.2.4.Yağış daşqınlarının maksimal su sərfələrinin hesablanma metodları	137
5.3.Minimal axımın hesablanması	164
5.3.1.Parametrlər metodu	167
5.3.2.Keçid əmsalları metodu.....	173
5.3.3.Çayların quruması	175
6.Axımın ildaxili paylanması	180
6.1.Müşahidə məlumatları kifayət qədər olduqda axımın ildaxili paylanmasının hesablanması.....	180 *
6.1.1.Komponovka metodu	181 r
6.1.2.Real il metodu	183 f

6.1.3.Səciyyəvi sululuqlu illərdə axımın paylanma metodu	184
6.2.Sutkalıq su səflərinin paylanmasının hesablanması.....	185
6.3.Müşahidə məlumatları olmadıqda axımın ildaxili paylanmasının hesablanması	188 ^e
7.Daşqın hidroqraflarının hesablanması	191
7.1.Model hidroqraf metodu	191
7.2.Həndəsi fiqur və tənliklər metodu.....	195 ^e
7.3.İzoxron metodu	201 ^e
7.4.Vahid hidroqraf metodu	204 ^e
8.Gətirmələr axımı	228
8.1.Gətirmələr axımının hesablanması.....	228
8.2.Su anbarının lillənməsinin hesablanması	232
8.3.Sel daşqınlarının hesablanması	234
9.Ekoloji axımın təyini metodları	238
10.Təsərrüfat fəaliyyətinin çay axımına təsirinin qiymətləndirilməsi	245
10.1.Təsərrüfat fəaliyyəti amillərinin təsnifatı.....	246 ^e
10.2.Təsərrüfat fəaliyyətinin çay axımına təsirinin başlanğıc ilinin təyini	248 ^e
10.3.Antropogen amillərin çay axımına təsirinin qiymətləndirilmə metodları	251 ^e
Ədəbiyyat.....	260

*Dərslük 30 ildən artıq dövr ərzində
BDU-da “Hidroloji hesablamalar”
fənnini tədris etmiş görkəmli alim
prof. Maqbet Məmmədovun əziz
xatirəsinə ittihaq olunur*

GİRİŞ

Hidroloji hesablamalar, hidroloji tədqiqatların son mərhələsidir. Əsas hidroloji xarakteristikaların hesablanma metodları sırf hidroloji hesablamalarla yanaşı, su təsərrüfatı və su ehtiyatlarının idarə olunması ilə əlaqədar layihələrin hazırlanmasında da istifadə olunur.

“Hidroloji hesablamalar” fənni “Çay axımı” və “Hidrometeorologiyada statistik metodlar” kurslarının məntiqi davamıdır. “Çay axımı” kursunun əsas vəzifəsi çayların sululuğunu müəyyən edən təbii şəraiti, axım xarakteristikaları ilə onların əsas fiziki-coğrafi amilləri arasında səbəb-nəticə əlaqələrini öyrənməkdir. “Hidrometeorologiyada statistik metodlar” kursunda isə hidrometeoroloji informasiyanın işlənməsi və statistik təhlili metodları tədris olunur. Müasir hidroloji hesablama metodları əsas axım xarakteristikalarının əmələgəlmə şəraiti və məkan-zaman qanunauyğunluqlarını nəzərə almaqla, həmçinin statistik üsulları tətbiq etməklə işlənir. Tətbiqi hidrologiyanın ən mühüm tərkib hissələrindən biri olan hidroloji hesablamaların əsas məqsədi tələbələri bu metodlarla ətraflı tanış etmək, onların konkret istifadə yollarını göstərməkdir.

Hazırda “Hidroloji hesablamalar” fənninin tədrisində hələ SSRİ vaxtı çapdan çıxmış D.L.Sokolovski, İ.F.Qoroşkov, A.M.Vladimirov və V.M.Yevstiqneyevin dərsliklərindən istifadə olunur.

Kitabın strukturu adları çəkilən müəlliflərin dərsliklərindən fərqlənir. Əvvəlki dərsliklərdə ənənəvi olaraq əsas axım xarakteristikalarının (illik, minimal, maksimal axım və s.) hər birinin hesablanma metodlarına müstəqil fəsil həsr olunurdu. Bu dərsl-

likdə isə müşahidə məlumatları olduqda müxtəlif axım xarakteristikalarının hesablanma üsullarının metodoloji bazalarının təqribən eyni olduğunu nəzərə alaraq, onlara eyni bir fəsilə baxılmışdır. Oxşar yanaşma müşahidə məlumatları kifayət qədər olmadıqda və heç olmadıqda istifadə olunan metodların da izahında tətbiq edilmişdir.

Daha bir yenilik, dərslərdə ilk dəfə olaraq ekoloji axımın təyini metodlarına baxılmasıdır. Belə ki, su ehtiyatlarının inteqrasiyalı idarə olunma planlarının mühüm komponentlərindən biri ekoloji axımın kəmiyyətidir.

D.L.Sokolovski (1968-ci il) və İ.F.Qoroşkovun (1979) dərslərində nəzəri materialla yanaşı hidroloji hesablama metodlarının konkret tətbiqinə aid misallar da verilmişdir. Lakin A.M.Vladimirov (1990) və V.M.Evstiqneyev (1990) bu təcrübədən imtina edərək, yalnız nəzəri materialların izahı ilə kifayətlənmişlər. ABŞ və Avropa ölkələrində hidrologiya ixtisası üzrə tədris olunan tətbiqi yönümlü əsas fənnlərin ümumi praktikumu hazırlanır, yəni nəzəri bilikləri möhkəmləndirmək üçün çox aydın şəkildə tərtib olunmuş misalların həlli nümunələri də verilir. Bu dərslərin hazırlanmasında məhz belə kompleks yanaşmadan istifadə olunmuşdur.

Qeyd etmək lazımdır ki, hazırda hidrologiya ixtisası üzrə təhsil alan azərbaycanlı tələbələr və onların müəllimləri başlıca olaraq rus dilində çap olunmuş dərslər və elmi ədəbiyyatdan istifadə edirlər. Bu baxımdan, Qərbi ölkələrində işlənmiş və orada istifadə olunan hidroloji hesablama metodları ilə tanışlıq tələbələr üçün müxtəlif məktəblərin yanaşmalarını müqayisə etmək üçün yaxşı imkandır.

Müstəqil Azərbaycan Respublikasında həyata keçirilən layihələrdə çay axımının əsas xarakteristikaları keçmiş SSRİ-də 1983-cü ildə qəbul edilmiş normativ sənədə görə yerinə yetirilir. Lakin Rusiya Federasiyası üçün 2003-cü ildə yeni normativ sənəd qəbul edilmiş və 2007-ci ildə bu sənəddə göstərilən metodları izah edən, həmçinin misallarla tamamlayan Metodik göstərişlər çap olunmuşdur. Dərslərdə bu yeni materiallardan da istifadə olunmuşdur.

Dərslik BDU Coğrafiya fakültəsinin bakalavriat pilləsində təhsil alan yuxarı kurs hidroloq tələbələr üçün nəzərdə tutulmasına baxmayaraq, o, həmçinin magistrantlar, doktorantlar, mühəndis hidroloqlar və elmi işçilər üçün də faydalı ola bilər.

Müəllif dərsliyin əlyazmasının çapa hazırlanmasında göstərdikləri texniki köməyə görə A.A.Quliyevaya, P.B.Sultanovaya və A.A.Nuriyevə öz minnətdarlığını bildirir.

1. HİDROLOJİ HESABLAMALARIN QISA TARİXİ

Fransalı filosof Oqyust Kont demişdir ki, hər hansı elmin tarixini bilmədən onu mükəmməl öyrənmək mümkün deyildir. Kanadalı alim Azit K.Bisvasın “Hidrologiyanın tarixi” adlı kitabında (Biswas, 1970) eramızdan əvvəl VI əsrdən başlayaraq, XIX əsr də daxil olmaqla hidrologiyanın tarixi xronoloji ardıcılıqla geniş şərh olunur.

Təqribən 4000 il əvvəl üç böyük sivilizasiya formalaşmışdı: Nil çayı vadisində misirlilərin, Mesopotamiyada şumerlərin və Hind çayı vadisində Xarappa sivilizasiyası. Belə ehtimal olunur ki, Xarappa Hind çayında baş vermiş katastrəfik daşqın nəticəsində məhv olmuşdur. Dördüncü qədim sivilizasiya–çin sivilizasiyası da Xuanxe çayının sahilində yaranmışdı. Beləliklə, bu dörd qədim sivilizasiyanın hər biri oxşar coğrafi şəraitdə–az yağıntılı və yayı çox isti olan ərazilərdə, dəyişkən təbii rejimli iri çayların sahillərində formalaşmışdı.

İndiki Finlandiya və Koreliyanın ərazisində sonuncu buzlaşma dövrünün buzlaqları əriyən zaman hələ Neva çayı əmələ gəlməmişdi, lakin artıq qədim Misirdə Asuandan 400 km yuxarıda qayalar üzərində Nil çayının daşqın səviyyələri qeyd olunurdu.

Lakin həmin dövrdən hidrologiyanın müstəqil elmi istiqamət kimi formalaşmasına bir neçə min il tələb olundu və bu XX əsrin əvvəllərində baş verdi. Hələ XIX əsrin axırlarında adətən hidrologiyaya fiziki coğrafiyanın tərkib hissəsi kimi baxılırdı, bəzən isə o hidrotexnika və hidravlikaya aid edilirdi. Yalnız XX əsrin əvvəllərində hidrologiyanın müstəqil bir elm kimi məzmunu müəyyən olundu və Almaniya, Fransa, Rusiya, ABŞ-ın bəzi universitetlərində hidroloji kurslar oxunmağa başlandı və ilk dərslər vəsaitləri yazıldı. ABŞ-da hidrologiya üzrə ilk dərslər vəsaitini D.U.Mid (D.W.Mead) 1904-cü ildə çap etdirmişdir. Bundan 10 il sonra 1914-cü ildə S.P.Maksimov (С.П.Максимов) Peterburq Politehnik Universitetində (Rusiya) ilk dəfə hidrologiya üzrə mühazirələr kursu oxumuşdur.

Yuxarıda qeyd edilənlər belə bir fikrə gəlməyə əsas verir ki,

hidrologiya eyni zamanda həm qədim, həm də yeni elmdir.

Hidrologiyanın inkişaf tarixində ən mühüm dövrlərdən biri XVIII əsrin axırlarına təsadüf edir. Fransalı alimlər Pyer Perro (P.Perrault), Edm Mariott (E.Mariotte) və ingiltərəli Edmund Qalley (E.Ə.Halley) atmosfer yağıntıları, buxarlanma və çay axımını üzərində eksperimental ölçmələr və hesablamalar yerinə yetirərək ilk dəfə suyun təbiətdə dövrünün əsas kəmiyyət göstəricilərini təyin etdilər. Bununla da, çaylar, buzlaqlar və yeraltı suların mənşəyi haqqında həmin dövrə qədər formalaşmış fantastik təsəvvürlər təkzib olundu. P.Perronun “Qaynaqların mənşəyi haqqında” kitabının 1674-cü ildə Parisdə çap olunduğunu nəzərə alaraq YUNESKO 1974-cü ildə elmi hidrologiyanın 300-illiyini qeyd etmək üçün həmin şəhərdə beynəlxalq hidroloji konfrans keçirdi.

Beləliklə, elmi hidrologiyanın vətəni Fransa sayılır.

Sonrakı dövrlərdə də hidrologiyanın inkişafında fransalı alimlərin rolu böyük olmuşdur. Məsələn, XIX əsrdə F.E.Belqran, A.Şezi, J.Sen-Venan və başqaları müasir hidrologiyanın bir neçə istiqamətinin əsasını formalaşdırmışlar.

XVII əsrdə həm də hidrometriya sürətlə inkişaf etməyə başladı. Bu sahədə əsas nailiyyətlər italyalı alimlərin adı ilə bağlıdır. Güman edilir ki, “hidrometriya” termini ilk dəfə italyalı hidravlik və hidrotexnik D.Quelmini tərəfindən 1694-cü ildə, onun Baloniya Universitetində çalışdığı dövrdə işlədilmişdir.

Beləliklə, İtaliya müasir hidrometriyanın vətəni hesab olunur.

Qeyd etmək lazımdır ki, “Hidrologiya” adı altında ilk kitab da XVII əsrin axırlarında Almaniyanın Frankfurt-Mayn şəhərində işıq üzü görmüşdür. Kitabın müəllifi almaniyalı alim Eberqard Melxiordur (E.Melchior,1694). Güman edilir ki, “Hidrologiya” termini ilk dəfə bu kitabda işlənilib.

Rusdilli elmi ədəbiyyatda bu terminə ilk dəfə P.Vargentinin (П.Варгентин) 1762-ci ildə çap olunmuş məqaləsində rast gəlinir.

Müasir hidrologiyanın əksər elmi nəticələri çoxsaylı hidroloji məntəqələrin çoxillik stasionar müşahidə məlumatlarına əsaslanır.

Bu məlumatlar hidrotexniki qurğuların layihələndirilməsi, inşası və istismarı ilə əlaqədar yerinə yetirilən hidroloji hesablamaların və tərtib edilən proqnozların əsasını təşkil edir. Hidroloji məntəqələrdə çayların səviyyə, axım, gətirmələr rejimi, suyun temperaturu, keyfiyyəti və s. üzərində müşahidələr yerinə yetirilir.

Təsadüfi deyil ki, hidrologiya elminin tarixi Nil çayının səviyyəsi üzərində yerinə yetirilmiş müşahidələrlə əlaqələndirilir. Bu çay üzərində eramızdan 3000 il əvvəl təşkil edilmiş səviyyəölçənlər - "nilölçənlər" bizə gəlib çatmış ən qədim hidrometriki qurğular hesab olunur. Qədim Misirdə onların sayı 30-a çatırdı. Maraqlıdır ki, XIX əsrin axırlarında ABŞ-da suyun səviyyəsini avtomatik qeyd edən cihazlar da "nilölçənlər" (nilometres) adlandırılırdı. XVIII əsrdə Fransada da suölçmə təmasalarına nilölçənlər deyilirdi.

Avropada suyun səviyyəsi üzərində mütəmadi müşahidələr yerinə yetirilən ilk məntəqələr XVIII əsrdə yaradılmışdır. Rusiyada ilk dəfə belə məntəqə I Pyotrun fərmanı ilə 1725-ci ildə Neva çayı üzərində Petropavlovsk qalasının yaxınlığında təşkil olunmuşdur. Avropanın bəzi iri çaylarında da ilk səviyyə məntəqələrinin yaradılması XVIII əsrə təsadüf edir: Reyn, Dunay, Elba (Maqdeburqda, 1927-ci il), Sena (Parisdə, 1732-ci il), Tibr (Ripettoda, 1782-ci il), Volqa (Həştərxanda, 1792-ci il).

XIX əsrin II yarısında bir sıra ölkələrdə çayların su rejimini öyrənmək üçün xüsusi idarələr təşkil olunmağa başlandı. Adətən belə idarələr əhəmiyyətli maddi ziyanla nəticələnən daşqın və subasma hadisələrindən sonra yaradılırdı (1830-1840-cı illərdə Sena, Luara, Rona, 1870-1890-cı illərdə Reyn, Elba, Oder çaylarında). Bu idarələrin əsas məqsədi katastrofik daşqınların əmələgəlmə səbəblərinin öyrənilməsi və onlara qarşı mübarizə tədbirlərinin hazırlanması idi. 1853-1854-cü illərdə Fransada ilk dəfə olaraq Luara və Sena çayı hövzələrinin hidrometrik xidmətləri yaradıldı. Sonrakı illərdə oxşar idarələr Baden Hersoqluğunda (indiki Almaniyada, 1883-cü ildə), Macarıstanda (1886), ABŞ-da (1889), Avstriyada (1895) İsveçrədə (1891), İtaliyada (XX əsrin I onilliyində), Rusiyada (1919), İngiltərədə (1930) təşkil olundu.

Azərbaycanda hələ XVI-XVII əsrlərdə Mehri çayı hövzəsindən Ordubadçaya su axıtmaq üçün Zuvar kanalı çəkilmişdir. Bunun həyata keçirilməsi üçün sözsüz ki, sadə müşahidələr və ölçmələr aparılmışdır.

1860-cı ildə ingilis mühəndisləri Qabb və Belli Zaqafqazıyanın bir çox çaylarını, o cümlədən Kür-Araz ovalığının, Alazan-Həftəran vadisinin, Naxçıvanın çaylarını öyrənmişlər. 1861-62-ci illərdə onlar ilk dəfə olaraq Salyan şəhəri yaxınlığında Voltman cihazı ilə Kür çayının su sərfələrini ölçmüşlər. Onlar başqa çaylarda da su sərfələrini ölçmüş və suvarma layihələri tərtib etmişlər. Bu işlər 1863-cü ilə qədər aparılmış və Zaqafqaziya çaylarının hidrometrik üsulların tətbiqi ilə öyrənilməsində ilk tədqiqat olmuşdur. 1888-ci ildə Yevlax və Zərdabda Kür çayının səviyyəsi üzərində müşahidələr aparılmışdır.

Azərbaycanda hidrologiya məktəbi SSRİ zamanı formalaşmışdır. Görkəmli sovet alimlərinin siyahısı çox böyükdür və onların heç olmasa bir qrupu hökmən qeyd olunmalıdır: D.L.Sokolovski, V.A.Urıvayev, A.İ.Çebotarev, D.İ.Koçerin, G.A.Alekseyev, V.Q.Andreyanov, K.P.Voskresenski, L.N.Popov, A.A.Sokolov, Q.Q.Svanidze, A.M.Vladimirov, A.V.Rojdestvenski, M.İ.Lvoviç, İ.A.Şıklomanov, Y.B.Vinoqradov, N.F.Befani, P.S.Kuzin, Q.P.Kalinin, R.A.Nejixovski, O.V.Popov, İ.F.Qoroşkov, B.D.Zaykov, L.K.Davidov, P.V.Somov, A.V.Şnitnikov, A.Şults, L.A.Vladimirov, Q.İ.Xmaladze, A.N.Vajnov, V.D.Bıkov, İ.V.Xomeriki, Q.L.Qriqoliya və b.

Azərbaycanın hidroqrafiyasının kompleks tədqiqində S.H.Rüstəmov müstəsna rol oynamışdır. Onun "Azərbaycan SSR-in çayları və onların hidroloji xüsusiyyətləri" (Rüstəmov, 1960) adlı monoqrafiyası hazırda bestsellerə çevrilmişdir. S.H.Rüstəmovun R.M.Qaşqay ilə birlikdə hazırladıqları "Azərbaycan SSR-in su ehtiyatları" (Русамов, Кашкай, 1989) adlı monoqrafiya təkcə hidroloqların deyil, həm də hidrotexnik və melioratorların stolüstü kitabıdır.

Qafqaz çaylarının maksimal və minimal axımının öyrənilməsində müvafiq olaraq M.Ə.Məmmədovun və F.Ə.İmanovun,

Azərbaycan çaylarının axım xarakteristikalarının proqnoz metodlarının işlənməsində R.N.Mahmudovun, çay hövzələrinin su balansının qiymətləndirilməsində R.M.Qaşqayın, antropogen amillərin çayların su rejiminə təsirinin tədqiqində H.Y.Fətullayevin, gətirmələr axımının öyrənilməsində S.A.Axundovun xidməti qeyd olunmalıdır.

Azərbaycanın su anbarlarını R.B.Tarverdiyev, Ş.B.Xəlilov, göllərini V.Ə.Məmmədov, X.S.Zamanov, yeraltı sularını F.Ş.Əliyev, A.B.Ələkbərov və b., çay deltalarını B.S.Şteynman öyrənmişlər.

Hidroloji müşahidə məntəqələrinin məlumatları hidroloji illiklərdə dərc olunur. İlk hidroloji illiklər Avstriyada (1893-cü il), Macarıstanda (1896), Bavariyada (1898), ABŞ-da (1906) nəşr edilmişdir. Hidroloji illiklərdəki məlumatlar hidroloji informasiyanın qızıl fondunu təşkil edir və bütün dünya ölkələrində hidroloji tədqiqatlarda və layihələrin yerinə yetirilməsində geniş istifadə olunur.

Hidrologiya bir çox elmlər kimi tam formalaşana qədər üç əsas mərhələ keçmişdir: hidroloji hadisə və proseslərin təsviri, onların təhlili və elmi proqnozu. Eramızdan əvvəl V əsrdə Qaradəniz sahillərinə səyahət etmiş Herodot İstra (Dunay), Trias (Dnestr), Boristfen (Dnepr), Tanais (Don) çaylarının adlarını çəkir.

Digər yunan coğrafi Strabon (eramızdan əvvəl 60-cı illər-eramızın 20-ci illəri) Fazis (Rioni), Kür, Araqvi, Alazani (Qanıx) çayları haqqında məlumat toplamışdır. Eramızın II əsrində Ptolomey Volqa çayının hidroqrafiyası haqqında məlumat vermiş və onun axarsız Xəzər dənizinə töküldüyünü göstərmişdir.

XVIII əsrdə gəmiçiliyi inkişaf etdirmək məqsədilə Rusiyada Don, Qərbi Dvina (Dauqava), Neva çaylarının hidroqrafiyası tədqiq olundu. XIX əsrdə bu tipli tədqiqatlar Rusiyada (Volqa, Dnepr, Şimali Dvina, Ob, İrtiş, Amur), Almaniyada (Oder, Elba, Vezər, Emsa), ABŞ-da (Missisipi, Kolorado, Ohayo) və başqa ölkələrdə davam etdirildi.

İlk dəfə olaraq 1874-cü ildə Parana, 1875-ci ildə İravadi, 1889-cu ildə Rio-Grande çayının mənsəb hissəsində su sərfi

ölçüldü.

Qeyd etmək lazımdır ki, texniki çətinliklərlə əlaqədar olaraq, Amazon çayının su sərfini ilk dəfə bu çay Vinsente Pinson tərəfindən kəşf olunduqdan 463 il sonra-1963-cü ildə ölçmüşlər.

XIX əsrin ikinci yarısında yer kürəsinin müxtəlif rayonlarında çay axımı haqqında müəyyən məlumatlar toplanmışdı. Bu, hidroloji hadisə və proseslərin izah olunmasına və elmi ümumiləşdirilməsinə şərait yaratdı. Bu tipli ilk tədqiqatlar təbiətdə suyun dövrünə, çay hövzəsinin su balansının və axımın əmələgəlmə şəraitinə fiziki-coğrafi amillərin təsirinin təhlilinə həsr olunmuşdur.

XIX əsrdə bir sıra çay hövzələri (Sena, Missisipi, Dunay, Volqa, Oder, Dnepr, Oka) üçün çay axımının atmosfer yağıntılarından asılılıq əlaqələri alınmışdı.

Müasir hidrologiyada, o cümlədən hidroloji hesablamalarda geniş istifadə olunan su balansı metodunun əsas ideyasının müəllifi rusiyalı A.İ.Voyeykov (Воейков, 1884) olmuşdur.

Qapalı çay hövzəsi üçün su balansı tənliyini ilk dəfə almaniyalı A.Penk (Penck, 1896) təklif etmişdir.

XIX əsrin ikinci yarısında bir sıra alimlər (Rusiyada E.Lents, A.Voyeykov, ABŞ-da E.Lumis, İngiltərədə C.Merrey, Almaniyada A.Zupon və b.) böyük su dövründə iştirak edən atmosfer yağıntılarını və çay axımını kəmiyyətcə qiymətləndirməyə cəhd etmişlər. Lakin müşahidə məlumatları kifayət qədər olmadığına görə bu qiymətləndirmələr çox kobud idi. Bütün materiklərdən okeanlara çay axımını fransalı E.Reklyu (E.Reklus, 1868) nisbətən dəqiq hesablamışdır (31500 km³/il). 1974-cü ildə Dövlət Hidrologiya İnstitutunda (SSRİ) yerinə yetirilmiş daha dəqiq hesablamalara görə bu rəqəm 42400 km³/il təşkil edir.

Çayların rejim elementlərinin ilk proqnozları da 1850-ci ildə Fransada tərtib olunmuşdur. F.Belqran 1854-cü ildə Sena çayında yağış daşqınları zamanı suyun səviyyəsinin proqnozunu verməyə başladı. Paris şəhəri üçün ilkin proqnoz daşqın maksimumunun keçmə tarixindən 8 gün əvvəl hazırlanırdı.

F.Belqranın Sena hövzəsi üçün yaratdığı Hidroloji proqnozlar

və məlumatlar xidməti Fransa, Almaniya, Avstriya və başqa Avropa ölkələrində də oxşar xidmətlərin təşkilinə təkan verdi.

XX əsrdə hidrologiyanın bütün sahələri kimi, çay axımının əmələgəlmə prosesinin öyrənilməsi və hidroloji hesablama metodlarının inkişaf etdirilməsi yeni nailiyyətlərin əldə olunması ilə səciyyələnir:

- Axımın genetik nəzəriyyəsinin işlənməsi;
- Hidrologiyada statistik metodların tətbiqi;
- Hidroloji-analogiya metodunun işlənməsi və geniş tətbiqi;
- Müşahidə məlumatları olmayan çayların axım xarakteristikalarının təyini metodlarının işlənməsi və təkmilləşdirilməsi;
- Dünyanın su balansı və su ehtiyatlarının qiymətləndirilməsi;
- Çay axımı və hidroloji hesablamalar fənnləri üzrə dərsliklərin hazırlanması;
- Hidrologiya ixtisası üzrə Universitetlərdə mütəxəssis hazırlığına başlanılması;
- Ümumdünya Meteorologiya Təşkilatı və YUNESKO–nun Beynəlxalq Hidroloji Proqramının yaradılması;
- Antropogen amillərin çay axımına təsirinin qiymətləndirilməsi;
- İqlim dəyişmələrinin su ehtiyatlarına təsirinin təyini;
- Hidroloji proseslərin riyazi modelləşdirilməsi və s.

Axımın genetik nəzəriyyəsi çay sutoplayıcılarında səth axımının əmələgəlmə prosesində yaranan səbəb-nəticə əlaqələrini əks etdirir. Onun praktik əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, o, qarın əriməsi və ya yağışın yağması nəticəsində formalaşan daşqın hidroqrafını hesablamağa imkan verir. İlk dəfə bu nəzəriyyə rus alimi N.E.Dolqov (Долгов, 1926) tərəfindən təklif olunmuş, sonradan isə M.M.Protodyakonov, M.A.Velikanov, A.N.Befani və başqaları tərəfindən inkişaf etdirilmişdir.

Daşqın hidroqrafını hesablamaq üçün istifadə olunan izoxron və vahid hidroqraf metodları (genetik metod) məhz bu nəzəriyyə

yəyə əsaslanırlar.

Daşqınların maksimal su sərfələrinin və hidroqraflarının hesablanmasında infiltrasiya prosesinin mühüm rol oynadığını nəzərə alaraq, onu kəmiyyətcə qiymətləndirmək üçün R.E.Horton (Horton, 1939), V.H.Green və Q.A.Ampt (Green and Ampt, 1911) və başqaları metodlar təklif etdilər.

Hazırda hidroloji hesablamalar statistik metodların istifadəsi ilə yerinə yetirilir. Ehtimal nəzəriyyəsi və riyazi statistikanın hidrologiyada tətbiqi A.Hazenin (Hazen, 1914, 1917) adı ilə bağlıdır. O, su sərfələri sırasının statistik paylanmasını Gaussun simmetrik əyrisi ilə ifadə etmişdir. O, empirik təminatı hesablamaq üçün də düstur işləmişdir. Bu düsturdan indi də Fransada istifadə olunur. Empirik təminatı təyin etmək üçün 10-a yaxın düstur işlənmişdir. ABŞ və Rusiyada Veybulun (Weibull, 1939) düsturundan istifadə etmək tövsiyə olunur. Rusiyada bu düstur Kritski-Menkel düsturu kimi tanınır.

Təminat əyrisini qurmaq üçün ilk ehtimal damasını da A.Hazen hazırlamışdır.

Hidrologiyada statistik metodların tətbiqinin növbəti mühüm mərhələsi A.Fosterin (Foster, 1923, 1924) adı ilə bağlıdır. O, müəyyən etdi ki, su sərfələri adətən simmetrik paylanmır və təminat əyrilərini qurmaq üçün Pirsonun III tip asimmetrik əyrisindən istifadə oluna bilər. Hesablamaları asanlaşdırmaq üçün Foster xüsusi cədvəl tərtib etdi. 1938-ci ildə S.İ.Rıbkın (Рыбкин, 1938) bu cədvəli bir qədər dəqiqləşdirdi. İndi keçmiş Sovet respublikalarında bu cədvəldən geniş istifadə olunur və o, Foster-Rıbkın cədvəli adlanır.

İlk dəfə D.L.Sokolovski (Соколовски, 1932) A.Fosterin təklif etdiyi statistik metodu keçmiş SSRİ-nin Avropa hissəsi çaylarının illik axımına tətbiq etdi.

Hazırda hidrologiyada bir çox paylanma funksiyalarından (analitik təminat əyrilərindən) istifadə olunur: Qumbel, Kritski-Menkel (üç parametrlı qamma paylanma), Puasson, Qudriç, Brovkoviç, Conson, CEV, loqarifmik normal, binomial və s.

Axım sıralarının analitik təminat əyrilərinin əsas parametrləri

lərini (axım norması, variasiya və asimmetriya əmsallarını) qiymətləndirmək üçün metodlar işləndi: momentlər metodu, ən çox həqiqətə bənzər metod, qrafoanalitik metod və L-metod.

S.H.Kritski və M.F.Menkel (Крицкий и Менкель, 1946, 1968) təminat əyrilərinin parametrlərinin təsadüfi xətalərini qiymətləndirmək üçün düsturlar təklif etdilər. Bu istiqamətdə tədqiqatları Q.Q.Şvanidze (Сванидзе, 1964) Monte-Karlo metodunun tətbiqi ilə inkişaf etdirdi.

İndi statistik metodların tətbiqi hidrologiyanın ən vacib hissələrindən biridir. Müşahidə məlumatları kifayət qədər olduqda hidroloji hesablamalar faktiki olaraq statistik metodlarla yerinə yetirilir.

XX əsrin birinci yarısında hidroloji müşahidə məntəqələrinin sayı az, müşahidə sıraları isə qısa idi. Belə şəraitdə axımın kəmiyyət göstəricilərini heç olmasa təxmini təyin etmək üçün V.Q.Qluşkov (Глушков, 1928) hidroloji analogiya metodunu təklif etdi. Bu metod coğrafi tədqiqat metodları qrupuna aiddir və indi də hidroloji hesablamalar praktikasında geniş tətbiq olunur. Qısa müşahidə sıraları analoq çayın məlumatlarına görə uzadılır, müşahidələr yerinə yetirilməyən illərin məlumatları bərpa olunur.

Analogiya metodu axım xəritələri tərtib olunduqda və ya axım göstəriciləri ilə bircins hidroloji rayonun müxtəlif fiziki-coğrafi göstəriciləri arasında empirik əlaqələr qurulduqda istifadə olunur. Müşahidə məlumatları olmayan çayların axım xarakteristikalarının təyini üsulları analogiya metoduna əsaslanır.

Genetik və statistik metodların inkişafı keçmiş SSRİ-də çay axımının xarakteristikalarını hesablamaq üçün normativ sənədlərin hazırlanması ilə nəticələndi. İlk belə sənəd 1966-cı ildə təsdiqləndi. 1972 və 1983-cü illərdə onların təkmilləşdirilmiş variantları qüvvəyə mindi. 2003-cü ildə Rusiya Federasiyası üçün normativ sənəd hazırlandı. Bu sənədlərdə mövcud hidroloji məlumatların həcmindən və keyfiyyətindən asılı olaraq dağ və düzənlik çaylarının istənilən axım xarakteristikasını hesablamaq üçün konkret metodlar və düsturlar verilir.

Hidroloji hesablamaların, ümumiyyətlə hidrologiyanın tari-

xində ən mühüm hadisələrdən biri hidroloji modellərin işlənməsi və tətbiqidir. Hidroloji modellərin müxtəlif təsnifatları məlumdur. Hidroloji hesablamalarda istifadə olunan modellər üç tipə bölünə bilər:

- Dinamiki və ya deterministik modellər;
- Statistik (stoxastik) modellər;
- Dinamik-statistik modellər.

İlk sadə dinamik modellərə misal olaraq Q.P.Kalinin və P.İ.Milyukovun (Калинин и Миллюков, 1958), İ.E.Neşin (Nach, 1959) “yağıntı-axım” modellərini göstərmək olar. XX əsrin 60-cı illərindən başlayaraq riyazi modellərə diqqət daha da artmışdır. N.Krauford və R.Linsley (Crawford and Linsley, 1966) yağış daşqınının formalaşma modelini (Stenford modeli) təklif etmişlər.

Çoxsaylı dinamiki modellərin işlənilməsinə baxmayaraq, hələlik onlardan az istifadə edilir. Bunun əsas səbəbi odur ki, bu tip modellər adətən kiçik sutoplayıcı sahəyə malik çaylar üçün tərtib olunur və alınmış nəticələri rəngarəng landşaft tipləri ilə səciyyələnən iri çay hövzələrinə ekstrapolyasiya etmək çox çətindir. Digər tərəfdən, təklif olunan modellərin çoxsaylı parametrlərini (stenford modelinin 20 parametri var) təyin etmək üçün mövcud hidrometeoroloji informasiya bazası yetərinə deyildir.

Dinamiki modellərdən fərqli olaraq, hidroloji hesablamalarda statistik modellər çox geniş istifadə olunur və onlar öz növbəsində üç tipə bölünür:

- təsadüfi kəmiyyət modeli;
- sadə Markov zənciri modeli;
- mürəkkəb Markov zənciri modeli.

Çay axımının bütün əsas xarakteristikalarının təminatlı qiymətləri təsadüfi kəmiyyət modelinə görə hesablanır. Belə ki, analitik təminat əyrisinin tipindən asılı olmayaraq, müşahidə məlumatları (su sərtləri) azalma qaydasında düzülür.

Rusiyalı alim P.A.Yefimoviç (Ефимович, 1936) ilk dəfə olaraq göstərdi ki, orta illik su sərtləri sıralarının qonşu həddləri arasında statistik baxımdan əhəmiyyətli korrelyasiya əlaqəsi ola

bilər. Sıradaxili əlaqənin mövcudluğu hidroloji hesablamalarda analitik təminat əyrilərindən istifadəni inkar etmir. Lakin, belə hallarda hidroloji sıraların əsas parametrlərinə düzəliş edilməlidir. XX əsrin 70-80-cı illərində Dövlət Hidrologiya İnstitutunda bu istiqamətdə yerinə yetirilən tədqiqatlar yekunlaşdırıldı və 1983-cü ildə qəbul edilmiş normativ sənəddə öz əksini tapdı. İndi qonşu həddlər arasında korrelyasiya əlaqəsi olduqda axımın təminatlı qiymətləri sadə Markov zənciri modelinə görə hesablanır.

Sadə Markov zənciri modeli illik axımın çoxillik tərəddüdlərinin qanunauyğunluqlarını öyrənmək üçün S.N.Kritski və M.F.Menkel, Y.Q.Bloxinov, D.Y.Ratkoviç, A.Ş.Reznikovski, Q.Q.Svanidze və başqaları tərəfindən geniş istifadə edilmişdir.

Y.M.Alyoxin (Алехин, 1963) ilk dəfə olaraq axım sıralarında yaxın (qonşu həddlər arasında) korrelyasiya əlaqələri ilə yanaşı uzaq (30 ilə qədər) əlaqələrin olduğunu göstərmişdir. Belə hallarda axım sıralarının çoxillik tərəddüdlərini qiymətləndirmək üçün mürəkkəb Markov zənciri modeli istifadə olunur. Hazırda bu istiqamətdə tədqiqatları V.A.Şelutko (Шелутко, 1991) davam etdirir.

Qeyd etmək lazımdır ki, hidroloji hesablamalarda geniş istifadə olunan reqressiya modelləri də statistik modellərə aiddir.

Dinamiki-statistik modellər, adından göründüyü kimi, mürəkkəb struktura malikdir və onların əsas vəzifəsi çay rejiminin hər hansı bir hidroloji fazasının deyil, illik hidroqrafın hesablanması və proqnozuna nail olmaqdır.

Hidrologiyanın tarixində əhəmiyyətli hadisələrdən biri 1974-cü ilə təsadüf edir. Həmin ildə dünyanın su balansı və su ehtiyatlarına sərf olunmuş iki fundamental monoqrafiya çap olundu: “Dünyanın su ehtiyatları və onların gələcəyi” (Львович, 1974) və “Dünyanın su balansı və Yer kürəsinin su ehtiyatları” [Korzunun (Корзун) redaktəsi altında]. Bu monoqrafiyalarda təkcə bütöv yer kürəsinin deyil, həm də ayrı-ayrı materik və qitələrin su balansı elementləri və su ehtiyatları haqqında məlumat verilir.

2003-cü ildə “XXI əsrin astanasında dünyanın su ehtiyatları”

adlı yeni monoqrafiya nəşr olundu (Shiklomanov, Rodda, ed., 2003). Monoqrafiyada bütün hesablamalar eyni bir müşahidə dövrü (1918-1987-ci illər) üçün yerinə yetirilmiş, XX əsrdə su ehtiyatlarından istifadə haqqında məlumatlar ümumiləşdirilmiş və 2050-ci ilə kimi sudan istifadənin təxmini proqnozu verilmişdir.

2007-ci ildə ABŞ, Rusiya, Yaponiya, Avstraliya, Braziliya, Hindistan və başqa ölkələri təmsil edən beynəlxalq mütəxəssislər kollektivi “Dünyanın yeraltı suları: ehtiyatları, istifadəsi, proqnozları” adlı monoqrafiya nəşr etdirmişlər. Monoqrafiyada yeraltı suların öyrənilməsinin metodologiyasına, onların əmələgəlmə və paylanma qanunauyğunluqlarına geniş yer verilir.

XX əsrdə hidrologiya ixtisası üzrə davamlı mütəxəssis hazırlığına başlanılmışdır. 1930-cu ildə Moskva Hidrometeorologiya İnstitutu yaradılmışdır. 1944-cü ildən bu ali məktəb Leninqrad Hidrometeorologiya İnstitutu (indi isə Rusiya Dövlət Hidrometeorologiya Universiteti) adlanır. Keçmiş SSRİ-nin bütün respublikalarının Dövlət Universitetlərində də hidrologiya ixtisası üzrə mütəxəssislər hazırlanırdı və bu iş indi də davam etdirilir.

Bakı Dövlət Universitetinin (Azərbaycan Dövlət Universiteti) coğrafiya ixtisasına qəbul olunmuş tələbələrdən 1972-ci ildən ixtisaslaşma yolu ilə hidroloq kadrların hazırlığına başlanmışdır. 1973-cü ildə Fiziki coğrafiya kafedrasının bazasında Hidrometeorologiya kafedrası təşkil edilmişdir.

Hidrologiya üzrə ilk dərsliklərin müəllifləri A.A.Trufanov (Труфанов, 1923) və M.A.Velikanovdur (Великанов, 1925). Sonrakı illərdə müxtəlif hidroloji fənlər üzrə çoxsaylı dərsliklər nəşr olunmuşdur. Ümumi hidrologiya fənni üzrə A.İ.Çebotaryovun (1975-ci il), həmçinin P.K.Davidov, A.A.Dmitriyeva və N.Q.Konkinanın (1973) birgə hazırladıkları dərsliklərdən bu gün də istifadə olunur.

Hidroloji hesablamalar fənni üzrə ilk dərslikləri N.P.Çebotaryov (Чеботарев, 1939), B.V.Polyakov (Польяков, 1946), Kritski və Menkel (Крицкий и Менкель, 1950), D.L.Sokolovski (Соколовский, 1952) yazmışlar.

D.L.Sokolovskinin dərslisi öz fundamentallığı ilə digər dərslər

liklərdən fərqlənir və bu gün də geniş istifadə olunur. Təsadüfi deyil ki, bu dərslik bir neçə dəfə yenidən nəşr olunmuşdur (1959, 1968).

Sonrakı illərdə K.P.Klibaşev və İ.F.Qoroşkov (Клибашев, Горошков, 1970), İ.F.Qoroşkov (Горошков, 1979), A.M.Vladimirov (Владимиров, 1990), V.M.Evstiqneyev (Евстигнеев, 1990) də hidroloji hesablamalar fənni üzrə dərslik hazırlamışlar. Hazırda daha çox A.M.Vladimirovun dərsliyindən istifadə olunur.

Azərbaycan dilində hidrologiyaya həsr olunmuş ilk dərslik “Qurunun hidrologiyası” adlanır. Müəllifləri N.A.Vəliyev və M.Ə.Məmmədov olan bu dərsliyin I hissəsi 1982-ci ildə, II hissəsi isə 1984-cü ildə nəşr olunmuşdur. Daha sonra “Hidromexanikanın əsasları ilə hidravlika” (Məmmədov, 1995), “Hidrometriya” (Məmmədov, İmanov, Mahmudov, 2000), “Çay axımı” (İmanov, 2002), “Ümumi hidrologiya” (Məmmədov, İmanov, 2003), “Hidroloji proqnozlar” (Mahmudov, 2000) dərslikləri işıq üzü gördü.

ABŞ-da və Avropa ölkələrində mühəndis-hidroloqların hazırlanmasında müəllifləri R.K.Linsley, M.A.Kohler və D.L.H.Paulus (Linsey, Kohler and Paulhus, 1958), V.Vissmen, T.İ.Harbağ və D.U.Knepp (Viessman, Harbaugh and Knapp, 1979), V.T.Çou (Chow, 1964), V.T.Çou, D.R.Maidment və L.V.Mays (Chow, Maidment and Mays, 1988), V.Vissmen, Q.L.Lewis (Viessman, Lewis, 1977; 1996; 2003), D.A.Çin (Chin, 2007) olan dərsliklərdən daha çox istifadə olunur.

Hidrologiyanın müasir inkişaf mərhələsində beynəlxalq əməkdaşlıq zəruridir. Bu zərurətin iki əsas məqamı var. Birinci məqam bütün elmlərə, o cümlədən hidrologiyaya aiddir. İntellektual əməkdaşlıq, yəni informasiyanın, elmi ideyaların və əldə olunmuş nəticələrin mübadiləsi çox vacibdir. İkinci məqam sırf hidrologiya ilə bağlıdır, belə ki, hidrologiyanın tədqiqat obyektləri çox zaman inzibati və beynəlxalq sərhədlərlə məhdudlanmır və transsərhəd xarakter daşıyır.

Hazırda YUNESKO və ÜMT (Ümumdünya Meteorologiya Təşkilatı) hidrologiya sahəsində dövlətlərarası əməkdaşlığı

inkişaf etdirən əsas beynəlxalq təşkilatlardır.

ÜMT (əvvəllər Beynəlxalq Meteorologiya Təşkilatı adlanırdı) 1873-cü ildə yaradılıb. 1946-cı ildə ÜMT Hidroloji Komissiya təşkil etdi. Komissiya Operativ Hidrologiya üzrə geniş Proqramlar həyata keçirir. “Operativ Hidrologiya” termininin əhatə dairəsi kifayət qədər genişdir: əsas hidroloji elementlərin ölçülməsi, hidroloji məlumatların toplanması, işlənməsi, saxlanması, ötürülməsi, çap olunması, hidroloji proqnozların verilməsi, hidroloji müşahidə şəbəkəsinin planlaşdırılması, cihazların arvalaşdırılması, müşahidə metodları və cihazların standartlaşdırılması və s.

1984-cü ildə ÜMT “Əsas hidroloji xarakteristikaların hesablanma metodları üzrə beynəlxalq metodik göstərişlər” çap etdirmişdir.

Azərbaycan Respublikası 1993-cü ildən ÜMT üzvüdür.

Beynəlxalq Hidroloji Onillik Proqramın (1965-1975-ci illər) müvəffəqiyyətlərini və hidrologiya sahəsində daimi fəaliyyət göstərən belə bir proqramın faydalı olmasını nəzərə alaraq YUNESKO-nun Baş Konfransı 1975-ci ildə özünün 16-cı sessiyasında Beynəlxalq Hidroloji Proqram (BHP) adı ilə tanınan hökumətlərarası uzunmüddətli proqram təsdiq etmişdir. Bu proqram hidrologiyanın elm və təhsil aspektlərini əhatə edir və onun əsas məqsədləri aşağıdakılardır:

1. Hidroloji tədqiqatların ümumi inkişafı üçün elmi baza yaratmaq;

2. Hidroloji tsiklin öyrənilməsini davam etdirmək, dünyanın su ehtiyatlarının qiymətləndirilməsinin elmi üsullarını təkmilləşdirmək və bu ehtiyatlardan səmərəli istifadə yollarını müəyyənləşdirmək;

3. Antropogen amillərin hidroloji tsiklə təsirinin ekoloji nəticələrini qiymətləndirmək;

4. Hidrologiya üzrə təhsilin təkmilləşdirilməsinə kömək göstərmək;

5. Hidroloji tədqiqatlar sahəsindəki məlumatların mübadiləsinə kömək göstərmək;

6. BHP-nin üzvü olan dövlətlərdə hidroloji tədqiqatların təşkili

və inkişafına kömək etmək.

Bu proqramı həyata keçirmək üçün daimi fəaliyyət göstərən Milli Komitələr təşkil olunur. İndi dünyanın 160 ölkəsində belə Milli Komitələr yaradılmışdır.

Azərbaycan Respublikasının Beynəlxalq Hidroloji Proqram üzrə Milli Komitəsi Azərbaycan Respublikası ilə BMT-nin Təhsil, Elm və Mədəniyyət məsələləri üzrə Təşkilatı (YUNESKO) arasında 1996-cı ildə imzalanmış əməkdaşlıq memorandumunun Elm sahəsinin 2-ci paragrafına əsasən 12 iyun 1997-ci ildə təşkil edilmişdir.

İnsanlar tarix boyu şirin su ehtiyatlarından və mənbələrindən öz məqsədləri üçün istifadə etsələr də, lakin bir çox yüzilliklər ərzində onların su ehtiyatlarına təsiri çox zəif olmuşdur. Təbii suların unikal xüsusiyyəti onların öz-özünə tənzimlənməsi və su dövrünü nəticəsində bərpa olunmasıdır. Bu, məlum illyuziya ilə nəticələnmişdir: su ehtiyatları dəyişməzdir, tükənmir və təbiətin pulsuz sərvətidir. Belə şəraitdə su ehtiyatlarından istifadəyə etinasız münasibət, istifadə olunmuş suların təmizlənməsinə və su obyektlərinin mühafizəsinə minimal vəsaitin ayrılması konsepsiyası formalaşmışdır.

İ.A.Şiklomanov (Шикломанов, 1979) qeyd edir ki, təqribən 1950-ci illərə qədər təsərrüfat fəaliyyətinin təbiətə təsiri əhəmiyyətli dərəcədə hiss olunmurdu, çünki təbiət, o cümlədən təbii su obyektləri bu təsirin öhdəsindən gələ bilirdi. Doğrudan da, 1950-55-ci illərə kimi, dünyanın iri çaylarının rejimində, su ehtiyatlarının kəmiyyət və keyfiyyətində antropogen təsir nəticəsində əhəmiyyətli dəyişmələr aşkarlanmamışdır.

XX əsrin ikinci yarısında vəziyyət kəskin dəyişmişdir: bütün dünyada təbii mühitin intensiv deqradasiyası başlanmışdır. Elmi-texniki inqilab iqtisadiyyatın bütün sahələrinin intensiv inkişafına təkan verdiyinə görə, istifadə olunan su ehtiyatlarının və su obyektlərinə atılan təmizlənməmiş çirkab sularının həcmi tədricən artmağa başlamışdır. Bu dövrdə bütün dünyada suvarılan ərazilərin sahəsi, daha sürətlə genişləndi və bunun üçün də külli miqdarda su tələb olundu: 1951-1960-cı illəri əhatə edən 10 il

ərzində suvarılan torpaqların sahəsi 41 mln. ha artmışdır. Halbuki, əvvəlki 50 il ərzində bu artım cəmi 50 mln. ha təşkil etmişdi. Həcmi 50 km³-dən çox olan bütün su anbarları 1950-ci ildən sonra tikilmişlər və bu da buxarlanmaya sərf olunan itkiləri on dəfələrlə artırmışdır.

Azərbaycanda 1946-1952-ci illərdə 75,3 min ha yeni suvarılan torpaqlar istifadəyə verilmiş, 41,7 min ha sahədə mövcud suvarma sistemləri yenidən qurulmuşdur. 1953-cü ildə Mingəçevir, 1952-ci ildə Varvara, 1956-cı ildə Ceyranbatan və müxtəlif vaxtlarda digər su anbarları tikilib istifadəyə verilmişdir.

1950-1960-cı illərdə sənayenin su tutumlu sahələri sürətlə inkişaf etdirilməyə başlandı. Bu da, həm istifadə olunan suyun, həm də su obyektlərinə atılan təmizlənməmiş suların miqdarının artmasına səbəb oldu.

Sudan istifadənin kəskin artması və çayların sutoplayıcı səthlərinin dəyişdirilməsi nəticəsində artıq keçən əsrin 70-ci illərində dünyanın əksər region və ölkələrində insanın təsərrüfat fəaliyyəti hiss olunmayan iri çay sistemləri qalmadı. Əhali sıx olan regionlarda insanın təsərrüfat fəaliyyətinin təsiri nəticəsində çayların rejimi və onların suyunun keyfiyyəti dəyişdi. Hətta bir sıra ölkə və iri çay sistemlərinin ümumi su ehtiyatlarında da antropogen amillərin təsiri özünü aydın büruzə verdi. Bu təsir qlobal su dövrəsinə da hiss olunmağa başlandı və su ehtiyatları məhdud olan quraq ərazilərdə və əhalinin təbii artımı yüksək olan regionlarda ildən-ilə daha da güclənir.

Belə şəraitdə əhali, sənaye və kənd təsərrüfatının su təchizatının müasir və gələcəkdə gözlənilən problemlərini həll etmək və ətraf mühitin mühafizəsi üzrə tədbirlər kompleksini işləmək üçün hökmən axımın antropogen amillərinin təsiri nəzərə alınmalıdır.

İ.A.Şiklomanovun rəhbərliyi altında Rusiya Dövlət Hidrologiya İnstitutunda antropogen amillərin çay axımına və su ehtiyatlarına təsirini qiymətləndirmək üçün metodologiya işlənmiş və bu metodologiya əsasında fundamental tədqiqatlar yerinə yetirilmişdir.

1980-ci illərdən başlayaraq atmosferdə karbon və digər parnik

qazlarının miqdarının artması ilə əlaqədar qlobal və regional iqlim göstəricilərinin antropogen dəyişməsi əhəmiyyətli dərəcədə hiss olunmağa başlandı. İqlimin bu dəyişmələri su ehtiyatlarında da əks olunduğundan, bu şəraitdə onların müvafiq dəyişmələrinin qiymətləndirilməsi və proqnozlaşdırılması məsələsinin aktuallığı daha da artdı. Su ehtiyatlarının bu dəyişmələri dünyanın bir çox regionlarında aydın müşahidə olunur. İqlimşünasların proqnozlarına görə XXI əsrin ortalarında iqlim dəyişmələri daha qabarıq hiss olunacaq (IPCC, 2001; 2007) və bu qlobal miqyasda hidroloji dövrəyə, su ehtiyatlarına və onlardan istifadəyə, onların zamanla görə və ərazi üzrə paylanmasına, ekstremal axım xarakteristikalarının kəmiyyətinə və təkrarlanmasına təsir göstərəcəkdir. Son 30 ildə iqlim dəyişmələrinin çay axımının xarakteristikalarına və su ehtiyatlarına təsirinə həsr olunmuş çoxsaylı tədqiqatlar yerinə yetirilmişdir. Bu istiqamətdə fundamental işlərdən birinə İ.A.Şiklomanov rəhbərlik etmişdir (Şiklomanov, 2004). Azərbaycanda ilk dəfə iqlim dəyişmələrinin çay axımına təsirini R.N.Mahmudov və R.H.Verdiyev öyrənməyə başlamışlar.

XXI əsrin başlanğıcında hidroloji proseslərin nəzəri və eksperimental tədqiqatlarına əsaslanan yeni hesablama metodları işlənir. Əsas diqqət hidroloji xarakteristikaların hesablanma metodlarının inkişaf etdirilməsinə, müasir iqlim dəyişmələri və təsərrüfat fəaliyyətinin çay axımı və su ehtiyatlarına təsirinin qiymətləndirilməsinə, riyazi modellərin işlənməsinə, mövcud hesablama düsturlarının parametrlərinin müvafiq axım göstəricilərinin əmələgəlmə şəraitinin nəzərə alınması ilə dəqiqləşdirilməsinə yönəlmişdir.

2. HİDROLOJİ HESABLAMA VƏ ÜMUMİLƏŞDİRMƏ METODLARI

Dünyanın bütün ölkələrində çayların çox az hissəsi üzərində mütəmadi hidrometrik müşahidələr yerinə yetirilir. Məsələn, Azərbaycanda olan 8359 çay üzərində cəmi 75 müşahidə məntəqəsi var (2009-cu ilin məlumatına görə). Aydınır ki, heç vaxt bütün çaylar belə müşahidələrlə əhatə olunmayacaq. Su təsərrüfatı obyektlərini və hidrotexniki qurğularını inşa etmək üçün yer müşahidə məlumatlarının olub-olmamasına görə yox, təsərrüfat sahələrinin tələbatına görə seçilir. Əgər, tikinti işlərinin yerinə yetirilməsi nəzərdə tutulan hidrometrik mövqe müşahidə məntəqəsindən az-çox aralı yerləşirsə, onda hidroloji hesablamalar təcrübəsində belə çay hidroloji baxımdan öyrənilməmiş çay sayılır. Bəzən layihə öncəsi yerinə yetirilmiş qısa müddətli paralel müşahidələrin məlumatlarına əsasən hidrometrik məntəqənin səviyyə və su sərfəli məlumatları layihə mövqeyinə uyğunlaşdırılır, lakin çox vaxt layihəqabağı mərhələdə çay axımının hesabi göstəricilərini təyin etmək üçün hidrometrik müşahidə məlumatları ya heç olmur, ya da ki, kifayət qədər olmur.

Müşahidə məlumatlarının həcmindən və keyfiyyətindən asılı olaraq hidroloji hesablamalarda müxtəlif metodlardan istifadə olunur:

1. Coğrafi-hidroloji metod.
2. Su balansı metodu.
3. Statistik metodlar.
4. Riyazi modelləşdirmə.

Aşağıda bu metodlar haqqında ümumi məlumat verilir. Su balansı metoduna isə illik axımın hesablanması bölməsində baxılır (bax paraqraf 5.1-ə).

2.1. Hidroloji hesablama metodları

2.1.1. Coğrafi-hidroloji metod

Coğrafi-hidroloji metodu 1933-cü ildə V.Q. Qluşkov (Глушков, 1933) təklif etmişdir. Bu metod elmi konsepsiyadır və əsas

ideyası ondan ibarətdir ki, konkret fiziki-coğrafi rayonda çay axımı, axım göstəriciləri ilə onlara təsir göstərən fiziki-coğrafi amillər arasındakı genetik əlaqələrin müəyyən edilməsi yolu ilə öyrənilməlidir.

Coğrafi-hidroloji metod A.Humboltun yüksəklik qurşaqlığı, V.V.Dokuçayevin coğrafi zonallıq, A.İ.Voyeykovun təbii sularla iqlimin qarşılıqlı əlaqələri haqqında ideyalarının hidrologiyada və xüsusilə, hidroloji hesablamalarda tətbiqini nəzərdə tutur. Bu metodun əsas ideyası həmçinin V.İ.Vernadskinin təbii suların vəhdəti və L.S.Berqin landşaftlar haqqında təlimləri ilə sıx əlaqəlidir.

Beləliklə, coğrafi-hidroloji metodun nəzəri əsasını təbii mühitin tamlığı və kəsilməzliyi, landşaftın bütün komponentləri arasında qarşılıqlı əlaqələrin mövcudluğu haqqında təsəvvürlər təşkil edir, yəni təbii sular coğrafi landşaftın ayrılmaz hissəsidir və daima onunla qarşılıqlı əlaqədədir.

Coğrafi-hidroloji metodun metodoloji bazası hidroloji məsələlərin həllində coğrafiya elminin yaxşı işlənmiş anlayışlarından, tədqiqat prinsiplərindən və metodlarından istifadə olunmasına geniş imkanlar yaradır.

Artıq qeyd olunduğu kimi, coğrafi-hidroloji metod müxtəlif hidroloji məsələlərin həllində, o cümlədən hidroloji hesablamalarda çox geniş istifadə olunan yanaşmadır. Çay axımının təhlilində və hidroloji hesablamalarda bu yanaşma hidroloji məlumatların coğrafi ümumiləşdirilməsi metodu ilə realizə olunur.

Adətən belə ümumiləşdirmə nəticəsində empirik asılılıqlar alınır və ya xəritələr tərtib edilir. Bunlardan istifadə edərək, müşahidə məlumatları olmayan çayların axım xarakteristikaları təyin olunur.

Empirik asılılıqların alınması və axım xəritələrinin tərtib olunması hidroloji analogiya və interpolyasiya metodlarının tətbiqi ilə həyata keçirilir.

Hidroloji analogiya metodu coğrafi landşaftların tamlığını və onun elementləri arasında sıx qarşılıqlı əlaqələrin olmasını əks etdirir. Buna görə də belə hesab olunur ki, oxşar fiziki-coğrafi şəraitdə yerləşən çay hövzələrinin axım kəmiyyətləri bir-birinə

yaxın olmalıdır.

Hidroloji analogiya metodunun əsasını öyrənilməmiş çayla eyni fiziki-coğrafi şəraitdə yerləşən və axımı üzərində kifayət qədər müşahidələr olan oxşar çayın seçilməsi təşkil edir. Oxşar çayın hidroloji xarakteristikalarından hesabi çayın müvafiq xarakteristikalarını təyin etmək üçün istifadə edilir.

Hidroloji analogiya metodunun iki tətbiq variantı var: birbaşa və dolayı analogiya.

Birbaşa analogiya etibarlı oxşar çay olduqda istifadə edilir. *Dolayı analogiya* isə hidroloji xarakteristikaların müxtəlif fiziki-coğrafi amillərlə empirik əlaqələrinin alınması zamanı tətbiq edilir.

Coğrafi interpolyasiya metodu coğrafi landşaftlar növbələndikcə çay axımının dəyişməsinə nəzərə alır və belə hesab edilir ki, hidroloji xarakteristikalar ərazi üzrə kəsilməz dəyişir. Əgər, konkret ərazi hidroloji baxımdan yaxşı öyrənilmişdirsə, onda hidroloji xarakteristikalar müşahidə məntəqələrinin məlumatlarına görə birbaşa interpolyasiya yolu ilə təyin oluna bilər. Məntəqələr nə qədər yaxın, landşaft tipinin dəyişkənliyi nə qədər az olarsa, interpolyasiya bir o qədər dəqiq nəticə verir.

Hidroloji hadisələrin landşaft-hidroloji tədqiqat metodu coğrafi-hidroloji metodun əsasında işlənmişdir. Bu metod, ayrı-ayrı coğrafi zonaların və landşaft tiplərinin su obyektlərinin, o cümlədən çayların rejiminə təsirinin xüsusiyyətlərini aşkar etməyə imkan verir. Onun tətbiqi yalnız müxtəlif təbii zonalarda təşkil edilmiş su-balansı stansiyalarında, eksperimental çay hövzələrində, kənd təsərrüfatı sahələrinin təcrübə poliqonlarında yerinə yetirilmiş hidrometeoroloji müşahidə məlumatları yığıldıqdan sonra mümkün olmuşdur. Hidrologiyanın əsas vəzifələrindən biri landşaft-hidroloji metodun sistemləşdirilməsi və konkretləşdirilməsidir.

Bu tədqiqat metodu çay rejiminin fiziki-coğrafi amillərlə bağlı bütün xüsusiyyətlərini nəzərə almağa imkan verir. Landşaft-hidroloji metodun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, sutoplayıcısı konkret landşaft tipində yerləşmiş kiçik çayın hidroloji xarakteristikaları, eyni landşaft tipi şəraitində yerləşmiş öyrənil-

məmiş çay üçün də istifadə oluna bilər. Bu, ona görə mümkündür ki, oxşar təbii şəraitdə və çoxillik dövrdə hidroloji rejim və su balans elementlərinin nisbətləri kifayət qədər sabitdir. Qeyd olunan müddəə çox vacibdir, çünki bu səbəbdən bütün çaylarda müşahidə məntəqələri təşkil etməyə ehtiyac yoxdur.

Məlum olduğu kimi, zonal xüsusiyyətlər orta çayların rejimində daha dolğun əks olunur. Azonal xüsusiyyətlər isə, əsasən, kiçik çayların rejimi üçün səciyyəvidir. Buna görə də, landşaft-hidroloji metod orta və kiçik çayların hidroloji rejiminin öyrənilməsində daha böyük elmi və praktiki əhəmiyyət kəsb edir. Nəzərə almaq lazımdır ki, bütün dünya üzrə çayların 98-99%-ni məhz kiçik və orta çaylar təşkil edir. Belə çayların axımı, adətən, bircins təbii şəraitdə formalaşır və onlar sadə hidroloji rejimə malik olur.

2.1.2. Statistik metodlar

Hidrologiyada ehtimal nəzəriyyəsi və riyazi statistika metodlarının geniş tətbiqinə XX əsrin 30-cu illərindən başlanmışdır. Bunun əsas səbəblərindən biri odur ki, çox zaman hidroloji hadisələrin müxtəlif xüsusiyyətlərini kəmiyyətcə qiymətləndirməyin yeganə yolu statistik metodlardan istifadədir. Bu, hidroloji proseslərin çoxamilli olması ilə əlaqədardır. Doğrudan da məlumdur ki, bir çox hidroloji hadisələr çoxsaylı amillərin təsiri nəticəsində formalaşır və belə şəraitdə hər bir amilin rolunu tam nəzərə almaq qeyri-mümkündür. Belə hadisələrin riyazi təsviri ancaq statistik metodlarla mümkündür.

Statistik metodlar hidroloji hesablamalarda çox geniş istifadə olunur. Çay axımının tənzimlənməsi, hidrotexniki qurğuların, irriqasiya, su təchizatı sistemlərinin və s. inşası və istismarı ilə bağlı layihələri yerinə yetirmək üçün çay axımının zamana görə və ərazi üzrə dəyişkən parametrlərini kəmiyyətcə qiymətləndirmək tələb olunur. Layihələrin hazırlanmasında istifadə olunan parametrlər gələcəkdə su təsərrüfatı qurğusunun bütün istismar müddəti ərzində su obyektinin hidroloji rejimini səciyyələndirməlidir. Nəzərə almaq lazımdır ki, su təsərrüfatı qurğularının

istismar müddəti onilliklər, bəzən isə yüzilliklərlə ölçülür.

Hidroloji hesablamalarda başlıca olaraq axım xarakteristikalarının müxtəlif təminatlı qiymətlərinin hesablanması tələb olunur. Bunun üçün su sərfələrinin paylanma funksiyalarından, başqa sözlə desək, analitik təminat ayrılərindən istifadə edilir. Məsələn belə həlli hidroloji kəmiyyətlərin müşahidə sıraları üçün səciyyəvi olan statistik qanunauyğunluqlara əsaslanır və fərz olunur ki, axım sıraları təsadüfi çoxluqlar kimi formalaşır. Bu isə o deməkdir ki, müşahidə olunan su sərfələrinə təsadüfi ədədlər kimi baxılır. Başqa sözlə, hidroloji sıranı əmələgətirən su sərfələrinin konkret olaraq hansı ildə müşahidə olunduğu statistik baxımdan əhəmiyyətsizdir və bu sıranı artma və ya azalma qaydasında düzmək olar.

Hidroloji sıraların formalaşmasının təsadüfi xarakterli olması nəzəri baxımdan tam sübut olunmur. Lakin bu məsələ su sərfələri sıralarının empirik və nəzəri (analitik) təminat ayrılərinin uyğunluğunun qiymətləndirilməsi yolu ilə dəfələrlə öz təsdiqini tapmışdır.

Axım sıralarının təsadüfi hadisələr çoxluğu (toplusu) kimi qəbul edilməsinin nəzəri əsasını ehtimal nəzəriyyəsinin limit teoremləri təşkil edir. Bu teoremlərin fundamental müddəələrindən biri böyük ədədlər qanunu ilə ifadə olunur: təsadüfi bircins hadisələrin sayı həddən artıq çox olduqda onların orta nəticəsi praktiki olaraq təsadüfi olmur və böyük ehtimalla əvvəlcədən qiymətləndirilə bilər. Həqiqətən də, hidroloji sıranın uzunluğu artdıqca təminat əyrisi daha dayanıqlı forma alır.

İkinci müddəə mərkəzi limit teoremi ilə əlaqədardır: çoxsaylı asılı olmayan təsadüfi amillərin cəmi və ya hasilinin təsiri nəticəsində baş verən hadisələr təsadüfi çoxluq əmələ gətirir və müəyyən statistik qanunlara tabe olur.

Hidroloji sıraların paylanma funksiyalarının tipləri, onların parametrlərinin təyini metodları və əsas parametrlərin təsadüfi xətalərinin qiymətləndirilmə metodları növbəti fəsildə şərh olunur. Bütün bu qeyd olunanlar və digər məsələlər "Hidrometeorologiyada statistik metodlar" fənnində daha ətraflı keçilir.

2.1.3. Riyazi modelləşdirmə

Hidroloji proseslərin riyazi metodlarla modelləşdirilməsi hidrologiyanın nisbətən yeni istiqamətlərindən biridir. Bu istiqamət Qərbi ölkələrində keçən əsrin 50-60-cı, keçmiş SSRİ-də isə 60-70-ci illərdən inkişaf etdirilir.

Hidroloji proseslərin riyazi modelləşdirilməsini bir neçə mərhələyə bölmək olar. Əvvəlcə, qarşıya qoyulan hidroloji məsələnin həllində tətbiq ediləcək riyazi modelin tipi seçilir. Sonra modelin əsas obyektləri arasındakı əlaqələr öyrənilir. Məsələn, baxılan hidroloji prosesə və ya axım göstəricisinə müxtəlif fiziki-coğrafi amillərin təsiri təhlil olunur və alınmış əlaqələr riyazi düsturlarla ifadə olunur.

Daha sonra hesablamalar yerinə yetirilir və alınmış nəticələr faktiki müşahidə məlumatları ilə müqayisə olunur.

Hidroloji modellərin müxtəlif təsnifatları məlumdur. Adətən, onlar siniflərə (deterministik/dinamiki, stoxastik və dinamikistoxastik/statistik) və tiplərə (konseptual, indeksasiya, xətti, qeyri-xətti və s.) bölünür. Modellərin parametrləri sabit və ya dəyişən ola bilər.

Çayların illik hidroqrafını tərtib etmək və beləliklə müxtəlif axım xarakteristikalarını hesablamaq üçün dinamikistoxastik modellər işlənir: V.D.Crauford və Jr.R.K.Linsley, L.R.Beard, L.S.Kuçment, V.İ.Koren, Y.B.Vinoqradov, A.N.Befani və b.

Hazırda hidroloji hesablamalarda modelləşdirmənin sadə metodlarından daha çox istifadə olunur. Su sərfələrinin təminatlı qiymətlərinin hesablanması üçün istifadə olunan analitik paylanma funksiyaları buna misaldır. Çay axımı sıralarını Monte-Karlo metodu (statistik sınaqlar metodu) ilə modelləşdirərək uzunluğu 1000 il və daha çox olan sıralar alınır və onların statistik parametrlərinin dəqiqliyi qiymətləndirilir, əzəli və çoxəzəli dövrlərin təkrarlanma qanunauyğunluqları müəyyən olunur. C.Neyman və S.Ulam tərəfindən təklif olunmuş bu metodu Q.Q.Svanidze (1964) geniş təhlil və tətbiq etmişdir.

2.2. Hidroloji ümumiləşdirmə metodları

2.2.1. Hidroloji rayonlaşma

Ərazinin rayonlaşdırılması coğrafiya elminin ən vacib məsələlərindən və ümumiləşdirmə metodlarından biridir.

Rayonlaşma, obyektiv şəkildə mövcud olan ərazi sistemlərinin, onların təşkili və ierarxiya əlaqələrinin müəyyən edilməsi və öyrənilməsi prosesidir. Rayon isə öz növbəsində yer səthinin daha böyük ərazi vahidlərinin tərkib hissəsi olan ərazi sistemidir.

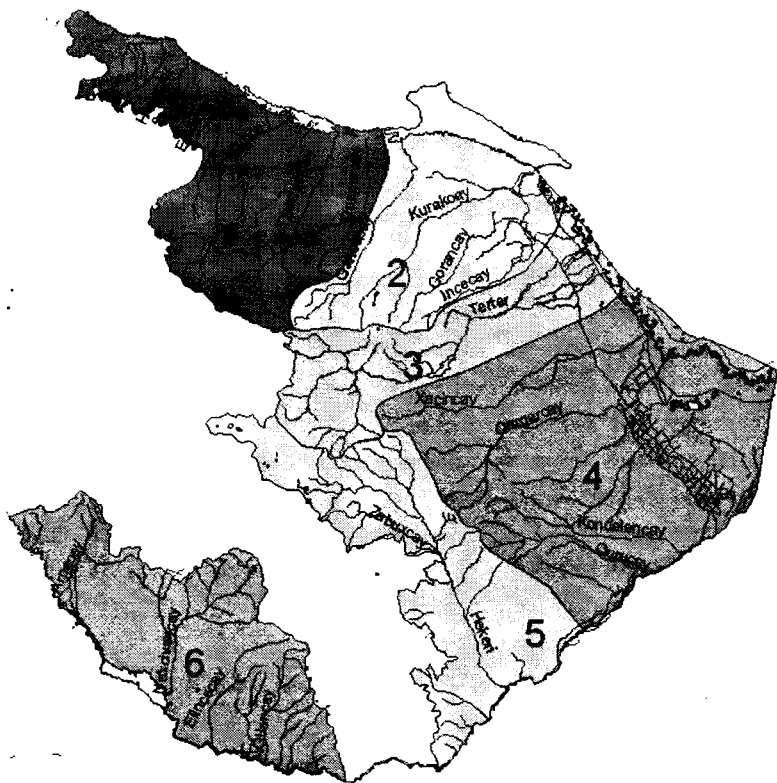
Rayonlaşma çox zaman böyük həcmdə informasiya tələb edən müstəqil və kifayət qədər mürəkkəb üsuldur. Qarşıya qoyulan məqsəddən asılı olaraq eyni bir ərazidə müxtəlif rayonlar ayrılı bilər. Bu, müxtəlif rayonlaşma prinsiplərinin mövcudluğu ilə əlaqədardır. Rayonlaşmada tipoloji, genetik və funksional yanaşmalar tətbiq olunur. Tipoloji yanaşmada başlıca olaraq morfoloji göstəriciləri oxşar olan obyektlər (məntəqələr) birləşdirilir: məsələn, göllərin və ya bataqlıqların geniş yayıldığı rayonların ayrılması. Genetik yanaşmada, rayonlaşma, amillərin oxşar təsirinə məruz qalan obyektlərin ümumiləşdirilməsi yolu ilə yerinə yetirilir: məsələn, qida şəraitinə görə çayların vahid rayonda birləşdirilməsi. Funksional yanaşmada obyektlər arasında əlaqələr öyrənilir. Belə yanaşma müxtəlif, lakin bir-bir ilə əlaqəli təbii obyektləri vahid sistemdə birləşdirməyə imkan verir. Məsələn, çay hövzəsinə hidroloji sistem kimi baxıla bilər. Bu sistem müxtəlif elementlərdən (hissələrdən) ibarət olsa da, bütövlükdə müəyyən su sərfinə malik çay şəbəkəsi əmələ gətirir.

Hidroloji rayonlaşmada bu üç yanaşma eyni zamanda və ya onlardan biri istifadə oluna bilər. Bu, qarşıya qoyulan məsələdən, tədqiqatların miqyasından və istifadə olunan məlumatların xarakterindən asılıdır. Praktikada rayonlaşma əvvəlcə genetik yanaşmadan başlayır və obyektlər, onlara təsir göstərən amillərə görə qruplaşdırılır. Sonra tipoloji yanaşma tətbiq edilir və obyektlərin xüsusiyyətlərini nəzərə alan təsnifat aparılır.

Genetik yanaşma daha böyük əhəmiyyət kəsb edir, çünki bu

yanaşma bir sıra obyektlər öyrənilərkən alınan nəticələri oxşar şəraitdə yerləşən bütün obyektlərə aid etməyə imkan verir.

Müşahidə məlumatları olmadıqda çay axımının müxtəlif xarakteristikalarını hesablamaq üçün metodlar hidroloji bircins rayonlar üçün işlənir. Belə rayonların sərhədləri müəyyən olunduqda həm təbii şəraitin ümumiliyi (keyfiyyət nöqtəyi nəzərdən), həm də fiziki-coğrafi amillərin axımın rejiminə və kəmiyyətinə təsirinin xarakteri nəzərə alınır. Bu mürəkkəb məsələnin həllində iki yanaşmadan (prinsipdən) biri istifadə olunur: hövzə (hidroqrafik) və zonal (coğrafi) prinsiplər.



Şəkil 2.1. Minimal axımın əmələgəlmə şəraitinə görə Kiçik Qafqazın hidroloji rayonlaşma xəritə -sxemi

Fiziki nöqteyi-nəzərdən üstünlük zonal prinsipə verilməlidir, çünki dağlıq ərazilərdə axımın paylanmasında şaquli qurşaqlıq müşahidə olunur. Belə yanaşmada, məsələn, yüksək dağlıq, orta dağlıq və alçaq dağlıq zonalar ayrılır və onların hər biri üçün ayrılıqda axım xarakteristikaları ümumiləşdirilir. Hidroloji hesablamaların təcrübəsi baxımından zonal yanaşmanın bir neçə nöqsan cəhəti var. Bunların ən başlıcası ondan ibarətdir ki, zonal sərhədlər sutoplayıcı sahəni bir neçə hissəyə bölür və bunun nəticəsində hövzənin hidroloji sistem kimi bütövlüyü pozulur. Həm də qeyd etmək lazımdır ki, yuxarıda göstərilən yüksəklik qurşaqları daxilində eninə zonallıq da müşahidə olunur. Eninə zonallığı nəzərə almaq üçün yüksəklik zonalar nisbətən kiçik ölçülü bircins rayonlara bölünür. Lakin ərazi belə çoxsaylı rayonlara parçalandıqda həm hər bir rayona düşən müşahidə məntəqələrinin sayı, həm də təbii amillərin kəmiyyət göstəricilərinin dəyişmə diapozonu azalır. Bu isə müşahidə məlumatları olmayan çayların axım xarakteristikalarını hesablamaq üçün etibarlı əlaqələrin alınmasını çətinləşdirir.

Zonal yanaşmanın yuxarıda qeyd olunan nöqsan cəhətləri hövzə prinsipi üçün səciyyəvi deyildir.

Hidroloji rayonların sərhədləri təbii şəraitin dəyişməsinə nəzərə alınmalıdır. Hövzə prinsipi tətbiq edildikdə bu sərhədlər zonal yanaşmaya nisbətən daha dəqiq təyin olunur.

Praktikada hər hansı bir ərazi bircins hidroloji rayonlara bölündükdə əvvəlcə təbii şəraitin keyfiyyət göstəricilərini nəzərə almaqla sərhədlər təxmini müəyyənləşdirilir. Sonra isə axım xarakteristikalarının müxtəlif fiziki-coğrafi amillərdən asılılıq əlaqələrinə görə bu sərhədlər dəqiqləşdirilir.

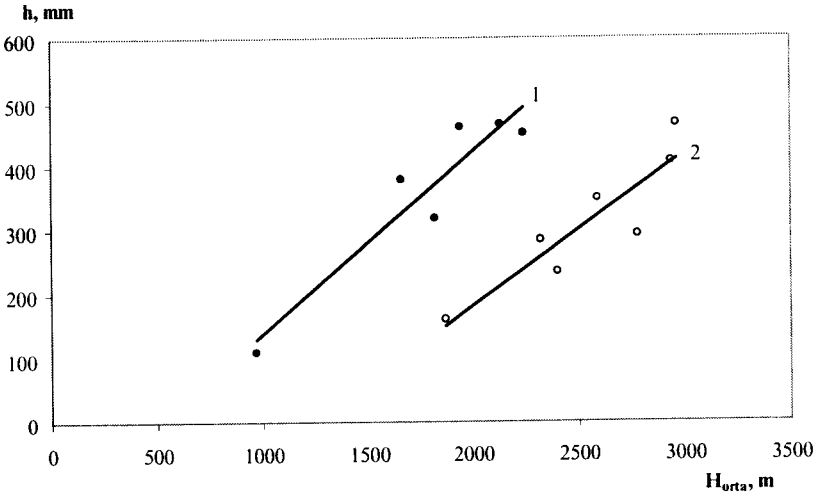
Hidroloji rayonların bircinsliyini qiymətləndirmək üçün statistik üsullardan da istifadə olunur.

2.2.2. Empirik asılılıqlar

Empirik asılılıqlar çay axımının xarakteristikalarını onun əmələgəlmə şəraitinin kəmiyyət göstəriciləri ilə əlaqələndirir. Bu asılılıqlar hidrometik müşahidə məlumatları olmadıqda geniş istifadə olunur və bircins hidroloji rayonlar üçün qurulur.

Empirik əlaqələri müəyyən etmək üçün əvvəlcə axımın formalaşmasına əhəmiyyətli təsir göstərən amillər seçilir və onların kəmiyyət göstəriciləri təyin edilir.

Empirik asılılıqlar qrafiki və ya analitik şəkildə ifadə olunur (şəkil 2.2).



Şəkil 2.2. Böyük Qafqazın cənub (1) və şimal-şərq (2) yamacı çayları üçün axım layı ilə hövzənin orta hündürlüyü arasında əlaqə qrafiki

Qrafiki metod (əlaqə qrafiki) axım xarakteristikası ilə hövzənin iqlim, landşaft və s. göstəriciləri arasında əlaqənin xarakteri (olub-olmaması) haqqında əyani təsəvvür əldə etməyə imkan verir. Əlaqənin sıxlığı korrelyasiya əmsalına görə qiymətləndirilir.

Bu qrafiklərin əsas üstünlüklərindən biri əlaqə xəttindən kəskin meyl edən nöqtələrin (əgər, varsa) aşkar olunmasıdır. Belə anomal məlumatlar adətən hövzənin yerli xüsusiyyətləri (karst hadisəsi, göl və ya buzlaqların olması və s.) ilə izah olunur.

Qrafiki metodun əsas çatışmazlığı iki və daha çox arqumentdən istifadənin çətinliyidir. Hidroloji hesablamalarda kompyuter texnologiyalarının tətbiqi analitik metod üçün geniş perspektivlər açmışdır. Bu metod təhlilə istənilən sayda arqumentin cəlb olunmasına imkan verir. Bu məqsədlə adətən, çoxhədli xətti korrelyasiya metodundan istifadə olunur. "Hidrometeorologiyada statistik metodlar" kursunda bu məsələ ətraflı izah olunur.

Analitik metoddan istifadə etdikdə kəskin meyl edən nöqtələri aşkar etmək mümkün olmur. Bu analitik metodun əsas çatışmazlığıdır. Ona görə də yaxşı olar ki, hər iki metod paralel istifadə olunsun.

İstər qrafiki, istərsə də analitik metod tətbiq olunduqda alınmış empirik asılılığın dayanıqlığı və bu asılılığa görə yerinə yetirilən hesablamaların dəqiqliyi qiymətləndirilməlidir. Bunun üçün axım xarakteristikasının nisbi xətası hesablanır. Yaxşı olar ki, hesablamalar asılı olmayan məlumatlara görə yerinə yetirilsin.

Empirik asılılıqlar çay axımının bütün xarakteristikalarının hesablanmasında tətbiq olunur. Bircins hidroloji rayonlar üçün təklif olunan empirik əlaqələr kiçik düzənlik çayları, kiçik və orta dağ çayları üçün qurulur.

Empirik asılılıqlar genetik metodlar (coğrafi-hidroloji metod) qrupuna aid edilir. Lakin bu asılılıqların təhlilində statistik metodlardan istifadə olunur.

2.2.3. Axım xəritələri

Hidroloji xəritələrin nəzəri əsasını müəyyən tarixi dövr ərzində ərazinin orta rütubətlənmə şəraitinin dəyişməzliyi və çayların hidroloji rejiminin coğrafi zonallıq qanununa müvafiq dəyişməsi təşkil edir. Bu, çay axımının ilk növbədə iqlim amillərindən asılı olması ilə əlaqədardır.

Hər hansı bir təbii zonada su rejimi, axımın çoxillik tərəddüdlərinin ən səciyyəvi xüsusiyyətlərini özündə əks etdirən çaylar, zonal rejimli çaylar adlanır. Yerli amillərin (göllər, bataqlıqlar, karst və s.) təsiri nəticəsində su rejimi zonal çayların rejimindən fərqlənən çaylara isə azonal rejimli çaylar deyilir. Əgər, çay axımını bir neçə təbii zonada formalaşsın və çayın su rejimi mürəkkəb xarakter daşıyarsa, belə çaylar polizonal rejimli çaylar adlanır.

Axım izoxətləri xəritələri zonal rejimli çayların axım məlumatları əsasında tərtib edilir, çünki onlar baxılan xarakteristikanın ərazi üzrə zonal dəyişməsinə əks etdirir. Bu amillərin ərazi üzrə dəyişməsi tədricən, lakin müxtəlif intensivliklə baş verir. Bu, iqlim proseslərinin çoxillik gedişi və hövzənin səth amilləri ilə əlaqədardır. Buna görə də axım izoxətləri xəritələri axımın yerli, azonal amillərin təsiri ilə bağlı dəyişmələrini əks etdirmir. Yerli amillərin təsiri nəticəsində kiçik çayların axımı zonal rejimli çayın axımından kəskin fərqlənə bilər. Müxtəlif təbii zonalarda və iqlim şəraitində axımı formalaşan polizonal rejimli çayların da axım xarakteristikaları zonal axımdan kəskin şəkildə az və ya çox ola bilər.

Çay üzərindəki hidrometrik mövqedə qeydə alınan axım, mövqedən yuxarıda yerləşən hövzə hissəsində formalaşmış axımın inteqral göstəricisidir. Ona görə də axım xəritələri tərtib edilərkən axımın kəmiyyəti sutoplayıcı sahənin ağırlıq mərkəzinə aid edilir. Axım, modul və ya lay ilə ifadə olunur. Düzən çayları üçün axım izoxətləri qonşu çay hövzələrinin ağırlıq mərkəzləri arasında düzxətli interpolyasiya yolu ilə keçirilir. Dağlıq ərazilərdə isə axımın hövzənin hündürlüyündən asılılıq qrafiki qurulur və axımın hündürlüyə görə dəyişməsinin qradiyenti təyin olunur. Sutoplayıcı sahənin mərkəzinin hündürlüyünə görə axım modulu bu qrafikdən birbaşa da hesablanı bilər.

Axım izoxətlərinin addımı, yəni qonşu izoxətlər arasında axım fərqi, axım modulu, q , (və ya axım layı) və onun orta kvadratik xətasının iki mislini, $\pm 2\sigma$, nəzərə almaqla seçilir. İzoxətlərin addımı axımın təyininin mümkün xətasından böyük olmalıdır.

İzoxətlərin addımı, T , aşağıdakı düsturla hesablanır:

Konkret bir ərazi üçün axım xəritəsi tərtib edildikdə izoxətlərin addımı sabit və ya fiziki-coğrafi şəraitdən asılı olaraq müxtəlif cür təyin edilə bilər. Praktikada izoxətlərin addımı 0,1; 0,2; 0,5; 1; 0; 2,0; 5,0 və ya $10 \ell / (s \cdot km^2)$ olur. Qapalı izoxətlər keçirildikdə onların mərkəzində konkret sutoplayıcı üçün faktik axımın ən böyük və ya ən kiçik qiymətini göstərmək məqsədəuyğundur. Bu, qapalı izoxətlərin daxilində yerləşən çayların axımının təyini asanlaşdırır və onun dəqiqliyini artırır.

Düzən ərazilər üçün axım xəritələri tərtib edildikdə kompüterdən istifadə oluna bilər.

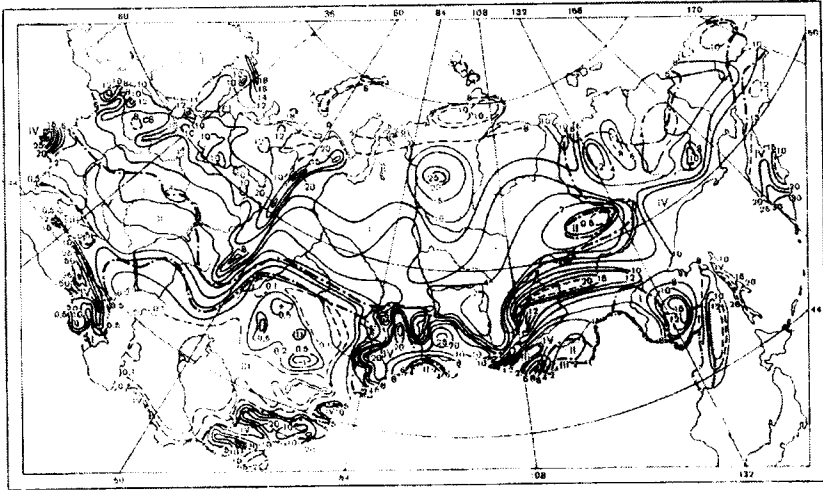
Bu halda optimal və polinomial interpolyasiya metodları tətbiq edilir.

İzoxətli xəritələrə görə axımın təyininin etibarlılığı aşağıdakılardan asılıdır:

- ilkin hidrometrik məlumatların xətlərindən;
- xəritə tərtib edilərkən istifadə olunan axım sıralarının uzunluğundan;
- axımın zamana görə dəyişkənliyindən (variasiya əmsalından);
- xəritə tərtib edilən ərazidə hidrometrik şəbəkənin sıxlığından;
- relyefin bircinslik dərəcəsindən;
- xəritənin miqyasından;
- axımın və izoxətlərin addımının kəmiyyətindən;
- axımın antropogen dəyişmələrinin nəzərə alınma dərəcəsindən;
- xəritələrdə sutoplayıcının ağırlıq mərkəzinin düzgün təyin edilməsindən və izoxətlərin düzgün keçirilməsindən;
- xəritənin kartoqrafik əsasının dəqiqliyi və etibarlılığından.

Dağlıq ərazilər üçün axım xəritələri tərtib edilərkən bir sıra obyektiv çətinliklər ortaya çıxır. Bu çətinliklər ilk növbədə relyefin mürəkkəbliyi və hidroloji şəbəkənin sıxlığının kifayət

qədər olmaması ilə əlaqədardır. Buna görə də dağlıq ərazilərdə axım izoxətləri təxmini keçirilir və bu axım xəritələrinin həm dəqiqliyini, həm də praktiki əhəmiyyətini azaldır.



Şəkil 2.3. Keçmiş SSRİ ərazisi üçün illik axım modulu xəritəsi

3. MÜŞAHİDƏ MƏLUMATLARI KİFAYƏT QƏDƏR OLDUQDA AXIM XARAKTERİSTİKALARININ HESABLANMASI

Çay axımı xarakteristikalarının hesablanma texnologiyası müşahidə məlumatlarının həcmindən, başqa sözlə, müşahidə sırasının uzunluğundan asılıdır. Hesablamalar üç müxtəlif hal üçün yerinə yetirilir:

1. Müşahidə məlumatları kifayət qədər olduqda;
2. Müşahidə məlumatları kifayət qədər olmadıqda;
3. Müşahidə məlumatları olmadıqda .

Hər üç halda hesablamaların məqsədi hidroloji xarakteristikanın (illik, maksimal, minimal və s.) tələb olunan təminatlı qiymətinin təyiniidir. Məsələn, 50% təminatlı orta illik su sərfi, $Q_{50\%}$, o deməkdir ki, müşahidə illərinin yarısında orta illik su sərfinin qiyməti $Q_{50\%}$ -ə bərabər və ya ondan böyük olacaq. 1% təminatlı maksimal su sərfinin, $Q_{\max 1\%}$, təkrarlanma ehtimalı 100 ildə 1 dəfədir. 80 % təminatlı minimal su sərfinin, $Q_{\min 80\%}$, təkrarlanması ehtimalı isə 5 ildə 1 dəfədir, yəni 100 ildən 20-sində minimal su sərfi $Q_{\min 80\%}$ -ə bərabər və ya ondan kiçik ola bilər.

Qeyd etmək lazımdır ki, Azərbaycanda və Rusiyada hidroloji hesablamalarda su sərfələrinin təminatlı qiymətlərindən, Qərb ölkələrində isə verilmiş təkrarlanmaya müvafiq su sərfələrindən istifadə olunur. Məsələn, Azərbaycan şəraitində tapşırıq belə qoyula bilər: çayın verilmiş məntəqəsində 5% təminatlı maksimal su sərfini hesablayın. Eyni tapşırıq Qərb ölkələrində belə verilir: çayın verilmiş məntəqəsində təkrarlanması 20 ildə 1 dəfə olan maksimal su sərfini hesablayın.

Təminat, P , və təkrarlanma, T , arasındakı asılılıqdan istifadə edərək, onlardan biri verildikdə, o birini asanlıqla hesablamaq olar:

$$P < 50\% \text{ olduqda, } T = \frac{100}{P}, \quad (3.1)$$

$$P > 50\% \text{ olduqda, } T = \frac{100}{100 - P}. \quad (3.2)$$

Adətən ehtimallar damasının aşağı üfqi oxunda təminatlar, yuxarı üfqi oxunda isə müvafiq təkrarlanma dövrləri göstərilir (şəkil 3.3).

Misal 3.1. Dəmir yolu xətləri altından keçəcək suötürücü kanalı layihələndirərkən yaxın 5 il ərzində daşqının keçmə riskinin 10% təşkil etməsi üçün, hansı təkrarlanma dövrü istifadə olunmalıdır?

Həlli: Hesablamalar aşağıdakı düstura görə yerinə yetirilir:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n,$$

burada R-daşqının keçmə riski, vahidin hissəsi ilə; T – daşqının təkrarlanma dövrü, il; n – hidrotexniki qurğunun (bu misalda kanalın) istismar müddətidir, il.

$$0.10 = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^5$$

T=48,1 il.

Belə misalların həllində cədvəl 3.1-dən də istifadə oluna bilər.

Cədvəl 3.1

Müxtəlif dərəcəli risklərə və hidrotexniki qurğuların gözlənilən istismar müddətinə uyğun təkrarlanma dövrləri

Risk, %	Hidrotexniki qurğuların gözlənilən istismar müddəti, il							
	2	5	10	15	20	25	50	100
75	2,00	4,02	6,69	11,0	14,9	18,0	35,6	72,7
50	3,43	7,74	14,9	22,1	29,4	36,6	72,6	144,8
40	4,44	10,3	20,1	29,9	39,7	49,5	98,4	196,3
30	6,12	14,5	28,5	42,6	56,5	70,6	140,7	281
25	7,46	17,9	35,3	52,6	70,0	87,4	174,3	348
20	9,47	22,9	45,3	67,7	90,1	112,5	224,6	449
15	12,8	31,3	62,0	90,8	123,6	154,3	308	616
10	19,5	48,1	95,4	142,9	190,3	238	475	950
5	39,5	98,0	195,5	292,9	390	488	976	1949
2	99,5	248	496	743	990	1238	2475	4950
1	198,4	498	996	1492	1992	2488	4975	9953

Misal 3.2. Yaşayış məntəqəsindən yağış sularını kənarlaşdıran sistem təkrarlanma dövrü 10 il olan leysana görə layihələndirilir. Bu sistemin 20 ildə 1 dəfə sıradan çıxma ehtimalını qiymətləndirin. Sistemin 20 ildə ən azı 1 dəfə sıradan çıxma ehtimalı nə qədərdir?

Həlli: Sistem suyu o halda kənarlaşdırma bilməz ki, leysan layı hesabi (layihədə nəzərdə tutulan) laydan böyük olsun. 10 ildə 1 dəfə təkrarlanan leysanın ehtimalı $P=1/10=0,1$ (və ya 10%) təşkil edir. Təkrarlanma dövrü 10 il olan leysanın 20 ildə 1 dəfə ötürmə (aşma) ehtimalı binomial paylanmaya görə qiymətləndirilə bilər:

$$f(n) = \frac{N!}{n!(N-n)!} p^n (1-p)^{N-n}$$

burada $n = 1, N = 20$ və $p = 0.1$. Bu qiymətləri yerinə yazsaq

$$f(1) = \frac{20!}{1!(20-1)!} (0.1)^1 (1-0.1)^{20-1} = 0.27$$

Beləliklə, baxılan sistemin 20 ildə 1 dəfə sıradan çıxma ehtimalı 27%-dir.

10 ildə 1 dəfə təkrarlanan leysanın 20 ildə ən azı 1 dəfə ötürmə (aşma) ehtimalı aşağıdakı kimi hesablanır:

$$P = \sum_{i=1}^{20} f(i) = 1 - f(0) = 1 - \frac{20!}{0!(20-0)!} (0.1)^0 (1-0.1)^{20-0} = 1 - 0.12 = 0.88$$

Hesabi kəmiyyətin ən azı 1 dəfə ötürmə ehtimalı sistemin riski, və ötürməmə ehtimalı isə sistemin etibarlılığı adlanır. Bu misalda, 20 il ərzində sistemin öz funksiyasını yerinə yetirilə bilməməsi riski 88%, həmin dövr ərzində etibarlılığı isə 12%-dir.

Misal 3.3. Daşqına nəzarət sistemi təkrarlanma dövrü 50 il olan daşqın hadisəsinə görə layihələndirilir. Əgər, daşqının maksimal su sərfi Puasson paylanması ilə təsvir olunursa, onda sistemin istismar müddətinin ilk 10 ilində hesabi sərfin iki dəfə (iki hadisə) ötürmə ehtimalını hesablayın. İlk 10 ildə hesabi sərfin iki dəfədən (iki və daha çox sayda hadisə) çox ötürmə ehtimalı nə qədərdir?

Həlli: Puasson paylanmasına görə verilən hadisənin (maksimal su sərfinin) ötürmə (aşma) hallarının sayı aşağıdakı tənliklə hesablanabilir:

$$f(n) = \frac{\lambda^n e^{-\lambda}}{n!}.$$

10 ildən artıq dövrdə ötürmələrin gözlənilən sayı, λ , 50 ildə 1 dəfə təkrarlanan su sərfi üçün

$$\lambda = Np = (10) \left(\frac{1}{50} \right) = 0.2$$

və hesabi sərfin iki dəfə ötürmə ehtimalı

$$f(2) = \frac{0.2^2 e^{-0.2}}{2!} = 0.016 = 1.6\%$$

İlk 10 il ərzində hesabi sərfin iki dəfədən çox sayda ötürmə ehtimalı belə hesablanır:

$$\begin{aligned} P &= 1 - [f(0) + f(1) + f(2)] = 1 - \frac{0.2^0 e^{-0.2}}{0!} + \frac{0.2^1 e^{-0.2}}{1!} + \frac{0.2^2 e^{-0.2}}{2!} = \\ &= 1 - [0.819 + 0.164 + 0.016] = 0.001 \end{aligned}$$

Beləliklə, istənilən interval ərzində 10 illik təkrarlanma dövrü 50 il olan maksimal su sərfinin iki dəfədən çox sayda ötürmə ehtimalı cəmi 0,1%-dir.

3.1. Müşahidə sıralarına tələblər və onların reprezentativliyi

Müşahidə məlumatları kifayət qədər olduqda hidroloji xarakteristikaların hesabi qiymətləri analitik və empirik təminat ayrılmasına görə təyin olunur. Bu zaman aşağıdakı şərtlər ödənilməlidir:

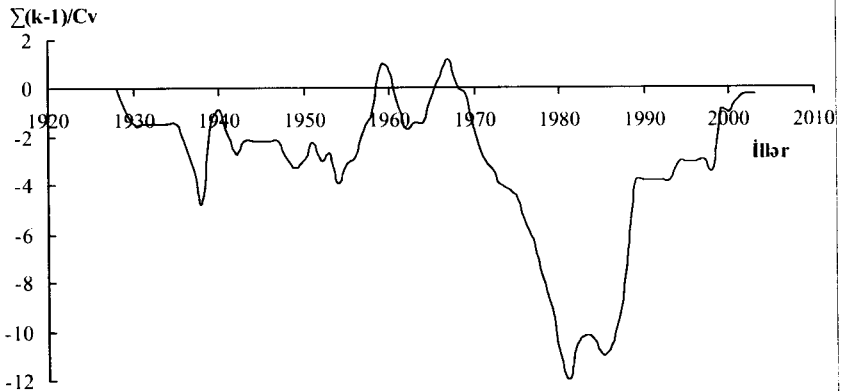
1. Müşahidə dövrü reprezentativ olmalı, baxılan hidroloji xarakteristikanın nisbi orta kvadratik xətası illik və mövsümi axım üçün 10%-dən, maksimal və minimal axım üçün isə 20%-

dən çox olmamalıdır.

2. Müşahidə sırasının (n il) representativliyi analoq çaya (N il) görə qiymətləndirilir: $N > 50$ il və $N > n$ olmalıdır. Sıranın representativliyi fərq-inteqral əyrilərinə görə də qiymətləndirilə bilər.

Hidroloji sıraların representativliyinin qiymətləndirilməsi coğrafi təbəqənin əsas qanunauyğunluqlarından biri olan ritmiklik hadisəsi ilə bağlıdır. Müşahidələr göstərir ki, çayların sululuğunda azsulu və çoxsulu fazalar növbələnir. Məsələn, 10-20 illik qısa müşahidə dövrü yalnız azsulu illəri və ya əksinə, çoxsulu illəri əhatə edə bilər. Belə qısa sıraya görə hesablanmış orta su sərfi, daha uzun sıraya (50 il və daha çox) görə hesablanmış orta kəmiyyətdən fərqlənir və bu, hidroloji hesablamaların dəqiqliyini azaldır.

Orta illik su sərfələri üçün representativ sıra çüt sayda (2, 4 və daha çox) tsikl (iki qonşu azsulu və çoxsulu faza bir tsikl əmələ gətirir) əhatə etməlidir. Minimal su sərfələrinin representativ sırasında ən quraq illərin, maksimal su sərfələrində isə ən bolsulu illərin müşahidə məlumatları təmsil olunmalıdır (şəkil 3.1).



Şəkil 3.1. Kürəkçay-Çaykənd məntəqəsi üçün minimal qış axımının fərq-inteqral əyrisi

3. Əgər, hidroloji xarakteristikanın nisbi orta xətası 1-ci bənddə göstərilən qiymətdən böyükdürsə və müşahidə sırası reprezentativ deyildirsə, onda baxılan axım xarakteristikası çoxillik dövrə gətirilməlidir (bax fəsil 4-ə).

4. Hidroloji xarakteristikanın analitik təminat əyrisi tərtib edilməzdən əvvəl, müşahidə sırasının bircinsliyi (stasionarlığı) qiymətləndirilməlidir.

5. Müşahidə məlumatlarının keyfiyyəti şübhə doğurduqda, onlar əlavə təhlil olunmalıdır. Bu təhlil zamanı aşağıdakılara diqqət yetirmək lazımdır:

- suyun səviyyəsi və sərfələri üzərində müşahidələrin vaxtlı-vaxtında yerinə yetirilməsinə, ən yüksək və ən aşağı səviyyələrin qeydə alınmasına;
- çayda bir neçə müşahidə məntəqəsi olduqda, çay boyu illik, maksimal və s. axım göstəricilərinin uyğunluğuna;
- sərfələr əyrisinin ən yüksək və ən aşağı səviyyələrə kimi ekstrapolyasiyasının düzgün yerinə yetirilməsinə;
- ayrı-ayrı günlərdə, aylarda və illərdə buraxılmış müşahidələrin bərpasına;
- antropogen amillərin çay axımına birbaşa təsirinə (kanallar, bəndlər və s. vasitəsilə).

3.2. Axım sıraları strukturunun statistik təhlili

Hidroloji xarakteristikaların hesablanmasında istifadə olunan analitik təminat əyriləri yalnız həddləri (məsələn, su sərfələri) keyfiyyətcə bircins, lakin asılı olmayan sıralar üçün tətbiq edilə bilər. Buna görə də, hidroloji məlumatların təhlilinin mühüm məsələlərindən biri sıraların strukturunun statistik təhlilidir. Adətən, belə təhlil çərçivəsində sıraların bircinsliyi və təsadüfiliyi ilə yanaşı onun qonşu həddləri arasında əlaqənin korrelyasiya (avtokorrelyasiya) əmsalı da qiymətləndirilir.

Sıraların statistik təhlili müxtəlif meyarların tətbiqi ilə yerinə yetirilir. Bu meyarlar iki qrupa bölünür: parametrik və qeyri-parametrik. Parametrik meyarların tətbiqi analitik paylanma funksiyasının tipindən asılıdır. Belə meyarların əksəriyyəti nor-

mal paylanma funksiyası üçün işlənmişdir və onların köməyi ilə sıranın müxtəlif parametrlərinin (orta kəmiyyət, variasiya və asimmetriya əmsalları) bircinsliyi qiymətləndirilir. Qeyri-parametrik meyarlar su səflərinin paylanma funksiyasının tipindən asılı deyil və onların istifadəsi daha asandır. Parametrik meyarlar sıralardakı qeyri-bircinsliyə daha həssasdır.

Hidroloji sıranın orta kəmiyyətə və dispersiyaya görə bircinsliyini yoxlamaq üçün, müvafiq olaraq parametrik Styudent və Fişer meyarlarından daha çox istifadə olunur. Hər iki meyarın praktikada istifadəsi zamanı baxılan sıra iki bərabər hissəyə bölünür və hər bir hissə üçün orta kəmiyyət və ya dispersiyanın müvafiq qiymətləri müqayisə olunur. Sonra isə sıranın bircins olub-olmaması haqqında qərar qəbul edilir. Fişer və Styudent meyarları (F -statistika və t -statistika), müvafiq olaraq aşağıdakı düsturlara görə hesablanır:

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}, \quad (3.3)$$

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{n_x \sigma_x^2 + n_y \sigma_y^2}} \sqrt{\frac{n_x n_y (n_x + n_y - 2)}{n_x + n_y}}, \quad (3.4)$$

burada \bar{x} və \bar{y} -sıranın müvafiq olaraq birinci və ikinci yarısının orta kəmiyyəti; n_x və n_y -sıra hissələrinin uzunluğudur.

Sıraların bircinsliyinin qiymətləndirilməsində qeyri-parametrik Uilkikson, Mann-Uitni, Van der Varden və s. meyarlarından da istifadə olunur.

Sıraların təsadüfiliyi seriyaların sayı və maksimal uzunluğu meyarlarına görə yoxlanıla bilər. Seriyaların ümumi böhran sayı aşağıdakı düstura görə hesablanır:

$$R = \frac{1}{2}(n+1) - t_\alpha \sqrt{n-1}, \quad (3.5)$$

burada t_α - $\alpha\%$ -li əhəmiyyətlik səviyyəsində standart normal paylanmanın kvantili; təsadüfi kəmiyyətin orta qiymətdən normalaş-

dırılmış meyl etməsi; n -sıranın uzunluğudur.

Seriyanın maksimal uzunluğu meyarı Puasson qanunundan alınmış düsturla tapılır:

$$K = \frac{\lg \left[-\frac{n}{\ln(1-\alpha)} \right]}{\lg 2} - 1 \quad (3.6)$$

burada n -sıranın uzunluğu; K -sırada seriyanın maksimal uzunluğu; α -əhəmiyyətlik dərəcəsidir, vahidin hissələri ilə.

Sıranın qonşu həddləri arasında əlaqənin korrelyasiya əmsalı $r(1)$ aşağıdakı düstura görə hesablanır:

$$r(1) = \frac{\sum_1^{n-1} (Q_i - \bar{Q}_1)(Q_{i+1} - \bar{Q}_2)}{\sqrt{\sum_1^{n-1} (Q_i - \bar{Q}_1)^2 \sum_2^n (Q_i - \bar{Q}_2)^2}}, \quad (3.7)$$

$$\bar{Q}_1 = \frac{\sum_1^{n-1} Q_i}{n-1}, \quad \bar{Q}_2 = \frac{\sum_2^n Q_i}{n-1}. \quad (3.8)$$

Təsadüfi hidroloji sıralarda adətən sıradaxili korrelyasiya olmur. Azərbaycan çaylarının maksimal su sərfələri sıraları üçün $r(1)=0$. Lakin bəzi çayların minimal su sərfələri sıraları üçün $r(1) \neq 0$ olur. Bu onunla izah olunur ki, minimal su sərfələri əsasən yeraltı suların hesabına formalaşır və bu sular öz ətalətliyi ilə seçilir: konkret il ərzində əmələ gəlmiş yeraltı suların bir hissəsi həmin ildə yox, növbəti ildə çayın qidasında iştirak edir.

İstənilən meyarın statistikasını hesablandıqdan sonra alınmış qiymət xüsusi cədvəllərdə (Рождественский, Чеботарев, 1974; Сикан, 2007 və s.) verilmiş müvafiq böhran qiymətlə müqayisə olunur və sıranın biricinsliyi haqqında fərziyyə ya qəbul, ya da tərhib olunur. Fərziyyələr adətən 5%-li əhəmiyyətlik səviyyəsində yoxlanılır. Bəzən 1 və ya 10%-li əhəmiyyətlik səviyyəsi də tətbiq olunur.

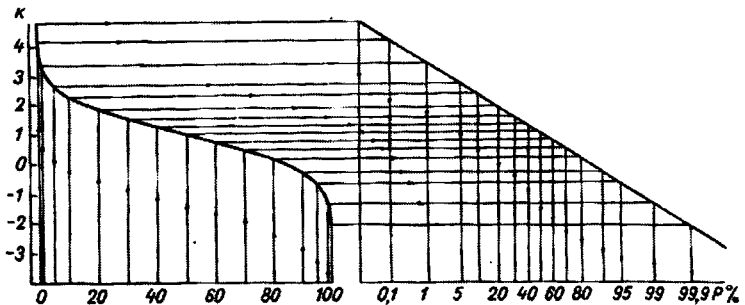
Hidroloji sıraların strukturunun statistik meyarlarla təhlilinə aid misallar “Tətbiqi hidrologiya” kitabında verilmişdir.

3.3. Paylanma parametrlərinin hesablanması

3.3.1. Empirik və analitik təminat əyriləri

Müşahidə sıralarının genetik və statistik biricinsliyi qiymətləndirildikdən sonra, hidroloji hesablamaların növbəti mərhələsi empirik və analitik (nəzəri) təminat əyrilərinin qurulmasıdır. Əvvəlcə, empirik əyri qurulur və sonra ona uyğun analitik əyri seçilir.

Hər iki əyri xüsusi ehtimallar damasında qurulur. Bu onunla izah olunur ki, hidrologiyada geniş istifadə edilən ehtimalların paylanmasının inteqral əyriləri (məsələn, su səflərinin davamiyyət əyriləri) dekart koordinat sistemində mürəkkəb formalıdır. Bu əyrilərin həm yuxarı, həm də aşağı hissələrində cəm ehtimalın (təminatın) cüzi artımına hidroloji xarakteristikanın böyük artımı uyğun gəlir. Bu isə öz növbəsində inteqral əyrini hamarlaşdırmağı və onu müşahidə məlumatları ilə əhatə olunmayan yuxarı və aşağı hissələrə uzatmağı (ekstrapolyasiyanı) çətinləşdirir. Ehtimallar damasından istifadədə məqsəd bu texniki çətinliyi aradan götürmək və bununla da təminat əyrisinin hamarlaşdırılmasına, hətta düzləndirilməsinə nail olmaqdır (şəkil 3.2).



Şəkil 3.2. Normal paylanma qanunu üçün ehtimallar damasının tərbi sxemi.

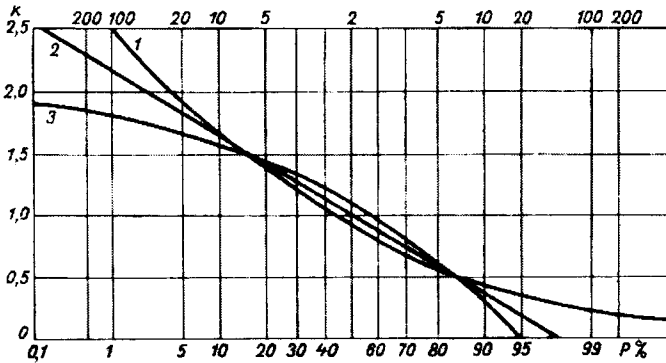
Əgər, ehtimallar daması təminat əyrisini düz xəttə transformasiya edirsə, onda hidroloji sıranın parametrləri elə alınmış düz xəttə görə təyin oluna bilər. Ehtimallar damasında təminat əyrisi səlis əyri forma aldıqda, sıranın parametrləri qrafoanalitik üsulla qiymətləndirilə bilər.

Hidroloji hesablamalar təcrübəsində ehtimallar damasının (ED) aşağıdakı tipləri istifadə olunur:

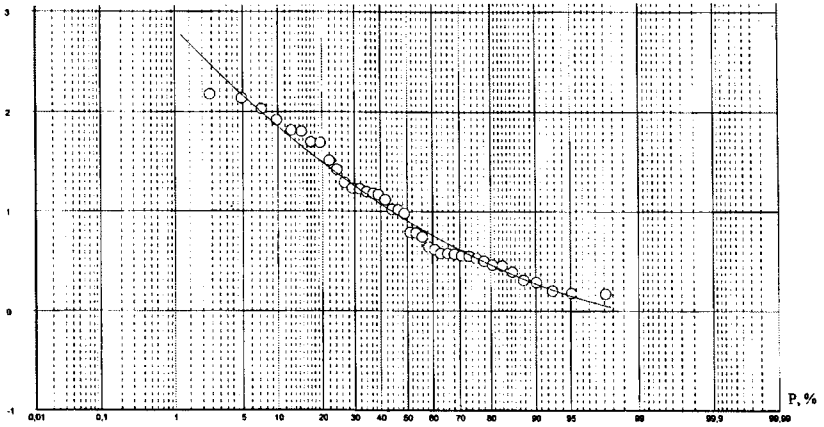
- normal paylanma qanununun ED;
- variasiya və asimmetriya əmsallarının müxtəlif nisbətlərində üç parametrlə qamma paylanmanı düzləndirən ED (Brovkoviçin ED, Rojdestvenski və Çebotaryovun ED);
- loqarifmik-normal paylanma qanununun ED ($C_v > 0,5$ və $C_s > 2C_v$ olduqda istifadə olunur);
- Qudriçin ED ($C_s > 3C_v$ olduqda istifadə olunur);
- Qumbelin ED;
- Çeqodayevin ED.

Praktikada daha çox ilk üç ED-dan istifadə edilir. Qumbel və Qudriçin ED-ları müvafiq paylanma funksiyaları istifadə edildikdə tətbiq olunur.

Bəzi ED-da qurulmuş təminat əyriləri şəkil 3.3, 3.4 və 3.8 -də göstərilmişdir.



Şəkil 3.3. $C_v=0.5$ və C_s -in müxtəlif qiymətlərində normal paylanma qanununun ehtimallar damasında binomial təminat əyriləri
 1 – $C_s=2C_v$; 2 – $C_s=0$; 3 – $C_s=-2C_v$



Şəkil 3.4. Qaraçay-Ryuk məntəqəsi üçün maksimal su sərfələrinin empirik və analitik (Kritski-Menkel) təminat əyriləri

Empirik təminat əyriləri modul əmsalları ($Q_q = Q_i / \bar{Q}$) və ya su sərfələrinə görə qurula bilər. Əyri modul əmsalına görə qurulduqda, müxtəlif təminatlı su sərfələri aşağıdakı düstura görə hesablanır:

$$Q_p = K_p \bar{Q}, \quad (3.9)$$

burada K_p - $P\%$ təminatlı modul əmsalı; \bar{Q} -su sərfinin norması və ya orta çoxillik kəmiyyətidir.

Empirik təminat əyrisi qurulduqda, müşahidə sırası azalma qaydasında düzülür və hidroloji sıranın hər bir həddinin empirik təminatı hesablanır. Ehtimal nəzəriyyəsinə görə hidroloji sıranın ixtiyari həddinin təkrarlanma ehtimalı aşağıdakı ifadəyə görə hesablanır:

$$P = \frac{m}{n} \cdot 100\%, \quad (3.10)$$

burada m -verilən su sərfinin müşahidə olunduğu halların sayı; n -müşahidələrin ümumi sayıdır.

Bu düsturdan istifadə etdikdə, azalma qaydasında düzülmüş axırındı (ən kiçik) həddin empirik təminatı sıranın uzunluğundan

(n) asılı olmayaraq həmişə 100%, ən böyük həddinki isə $\frac{100\%}{n}$ təşkil edir. Əlbəttə, bu çox kobud qiymətləndirmədir.

Empirik təminatın qiymətini onun nəzəri qiymətinə maksimum yaxınlaşdırmaq üçün müxtəlif düsturlar təklif olunmuşdur:

A.Hazen

$$P = \frac{m - 0,5}{m} \cdot 100\% ; \quad (3.11)$$

V.Veybul

$$P = \frac{m}{n + 1} \cdot 100\% ; \quad (3.12)$$

N.N.Çeqodayev

$$P = \frac{m - 0,3}{n + 0,4} \cdot 100\% ; \quad (3.13)$$

M.Ə.Məmmədov

$$P = \frac{m}{n + k^z} \cdot 100\% , \quad (3.14)$$

burada k -modul əmsalı; z -üst göstəricisidir.

1948-ci ilə kimi, keçmiş SSRİ-də Hazenin düsturundan istifadə edilmişdir. Sonra illik və minimal su sərfələri üçün Çeqodayevin, maksimal su sərfələri üçün isə Veybulun düsturu tövsiyə olunmuşdur. Hazırda Rusiya və Azərbaycanda yalnız Veybulun düsturundan istifadə olunur. Bu düstur Rusiyada Kritski və Menkel düsturu kimi tanınır. M.Ə.Məmmədovun düsturu maksimal su sərfələri sıralarındakı ən böyük həddlərin empirik təminatını hesablamaq üçün işlənmişdir. Lakin sonrakı tədqiqatlar göstərmişdir ki, o minimal su sərfələri üçün də tətbiq oluna bilər.

Empirik təminatları təyin etmək üçün təklif edilmiş düsturlarla yerinə yetirilmiş hesablamaların nəticələri yalnız təminatların böyük və kiçik diapazonunda fərqlənir. Təminat əyrisinin orta hissəsində onlar çox yaxın nəticələr verir.

Hidroloji xarakteristikaların müşahidə sıraları qısa olduğuna

görə empirik təminat əyriləri (empirik nöqtələrin düzülüşü) mürəkkəb formalı-bəzi hissələri batıq, bəziləri isə qabarıq olur. Digər tərəfdən kiçik və böyük təminatlar zonasında empirik nöqtələr olmur. Bu isə empirik əyrilərin yuxarı və aşağıya ekstrapolyasiyasını subyektiv edir. Bütün bunları nəzərə alaraq, hidrologiyada empirik təminat əyrilərini approksimasiya etmək üçün ehtimalların paylanma funksiyalarından istifadə edilir. Hidroloqlar bu funksiyaları analitik təminat əyriləri adlandırırlar. Hidrologiyada istifadə olunan analitik təminat əyriləri aşağıdakılardır:

- Binomial və ya Pirsunun III tip paylanması;
- Üç parametrlı qamma paylanma və ya Kritski və Menkelin təminat əyriləri;
- Loqarifmik-normal paylanma;
- Qumbel paylanması;
- Qudriç paylanması;
- Puasson paylanması
- Normal paylanma;
- Conson paylanması və s.

İlk iki analitik təminat əyrisi daha geniş tətbiq olunur. Məsələn, Rusiya Dövlət Tikinti Komitəsinin normativ sənədinə görə hidroloji xarakteristikaların hesablanmasında Kritski və Menkelin təminat əyrilərinə üstünlük verilməlidir. Qərb ölkələrində isə daha çox Pirsunun III tip paylanması tətbiq olunur. Lakin ekstremal axım xarakteristikalarının-maksimal və minimal su sərfələrinin hesablanması Qumbel paylanmasının istifadəsi ilə yerinə yetirilir.

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, analitik təminat əyrisinin istifadəsində məqsəd empirik əyriləri approksimasiya və ekstrapolyasiya etməkdir. Analitik əyri tipinin düzgün seçilməsinin əsas meyarı onun empirik əyriyə uyğunluğudur. Analitik və empirik əyrilərin uyğunluğu ilk növbədə vizual qiymətləndirilir. Lakin bu uyğunluğu kəmiyyətə qiymətləndirmək üçün statistik meyarlar işlənmişdir: χ^2 (xi-kvadrat), Kolmoqorov, $n\omega^2$ (Mizes) və s. Analitik əyri seçilərkən çalışmaq lazımdır ki, onun parametrlərinin sayı üçdən çox olmasın. Bu tövsiyə onunla bağlıdır ki, hidroloji

sıralar qıسادır və belə sıralara görə əyrinin yalnız iki parametrini (orta kəmiyyət və variasiya əmsalını) kifayət qədər dəqiq hesablamaq mümkündür. Hətta üçüncü parametr-asimetriya əmsalı, adətən fərdi sıralar üçün hesablanmır və onun variasiya əmsalına nisbəti empirik və analitik əyrilərin uyğunluğuna görə seçmə yolu ilə təyin edilir.

Təsadüfi kəmiyyətlərin əksəriyyəti normal paylanma qanununa tabedir. Bu paylanma, Qauss və ya Qauss-Laplas paylanması da adlanır. Normal paylanma əyrisinin tənliyi differensial şəkildə və ya ehtimallar sıxlığının paylanma əyrisi formasında aşağıdakı kimidir:

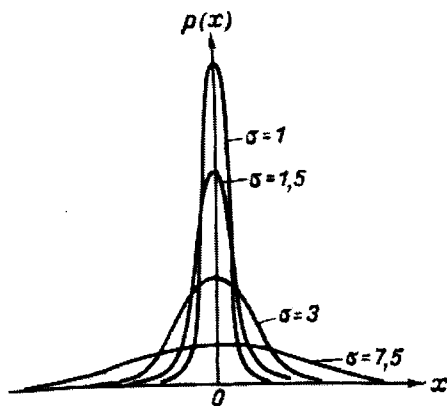
$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2n}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}, \quad (3.15)$$

burada \bar{x} -dəyişən kəmiyyətin riyazi gözləməsi (orta qiyməti); σ - orta kvadratik meyletmədir.

Normal əyrinin yalnız 2 parametri var: \bar{x} və σ . Bu qanuna tabe olan təsadüfi kəmiyyətlər $-\infty < x < \infty$ arasında qiymətlər ala bilər (şəkil 3.5).

Su səflərinin müxtəlif təminatlı qiymətlərinin hesablanmasında normal paylanma qanunundan az istifadə olunur. Bunun əsas səbəbi odur ki, normal paylanmada asimetriya əmsalı sıfıra bərabərdir ($C_s = 0$), lakin su səfləri sıralarının böyük əksəriyyəti müsbət asimetriyalıdır ($C_s > 0$).

Buna görə də hidroloji hesablamalar praktikasındakı ilk dəfə olaraq A.Foster (ABŞ) 1923-cü ildə binomial paylanma qanunundan istifadə etmişdir. Pirsonun III tip əyrisinin



Şəkil 3.5. Orta kvadratik meyletmənin müxtəlif qiymətlərində normal paylanma əyriləri

dən geniş istifadə mümkün olsun deyə, Foster xüsusi cədvəl hazırlamışdı. Bu cədvəli sonradan S.I.Rıbkin (Рыбкин, 1938) dəqiqləşdirmişdir və indi bu cədvəl Foster-Rıbkin cədvəli adlanır. Bu cədvəlin köməyi ilə hidroloji sıranın üç əsas parametrinə (\bar{Q} , C_v və C_s) görə analitik təminat əyrisini qurmaq olar.

Keçmiş SSRİ-də ilk dəfə olaraq D.L.Sokolovski 1930-cu ildə hidroloji hesablamalarda təminat əyrilərindən istifadə etmişdir.

Hazırda dünyada daha çox K.Pirsonun təklif etdiyi Pirson III tip əyrilərdən istifadə edilir. O, bu əyriləri diskret binomial paylanmanın kəsilməz təsadüfi kəmiyyətlər üçün ümumiləşdirilməsi yolu ilə almışdır. Lakin Pirsonun III tip əyrilərindən istifadə etdikdə yalnız $C_s = 2C_v$ olduqda hidroloji xarakteristikalar öz fiziki mahiyyətlərinə müvafiq olaraq sıfırdan böyük qiymətlər alır. $C_s < 2C_v$ olduqda isə hidroloji xarakteristikalar mənfi qiymətlər alır və bu, baxılan əyri tipindən istifadəni qeyri-mümkün edir.

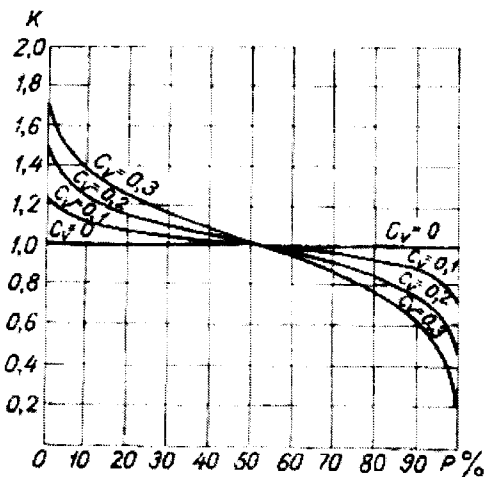
Pirsonun III tip paylanmasının bu problemini 1946-cı ildə S.H.Kritski və M.F.Menkel həll etmişlər. Onlar ilkin model kimi Pirsonun III tip əyrisini ($C_s = 2C_v$ və $\bar{x} = 1$) qəbul etmişlər. C_s və C_v -nin istənilən nisbətində hidroloji xarakteristikaların yalnız müsbət qiymət ($0 \leq x < \infty$) alması üçün onlar əvvəlcə ilkin dəyişəni yeni dəyişənə transformasiya etmişlər:

$$X = \overline{az^b}, \quad (3.16)$$

burada a və b parametrlərdir və a elə seçilir ki, $\bar{x} = \overline{az^b} = 1$ olsun.

Kritski və Menkelin bu yolla aldıkları yeni paylanma, üç parametrlili qamma paylanma adlanır. Qeyd etmək lazımdır ki, ilkin model kimi qəbul edilmiş Pirsonun III tip əyrisi üçün $C_s = 2C_v$ idi. Yeni paylanmada isə C_s və C_v -nin hər biri asılı olmayan parametrdir. Müəlliflər C_s / C_v -nin müxtəlif nisbətləri və $C_v = 0,1 \div 2,0$ üçün təklif etdikləri paylanmanın ordinatlarını hesablamış və cədvəl şəklində vermişlər.

Təminat əyrisinin əsas parametrlərindən olan variasiya (C_v) və asimmetriya (C_s) əmsallarının faktiki sıraya görə hesablanmış qiymətləri kifayət qədər dayanıqlı deyillər. Bu daha çox asimmetriya əmsalına aiddir. Digər tərəfdən, empirik təminat əyrisini aproksimasiya etmək üçün analitik əyri C_s / C_v nisbətinin müxtəlif qiymətlərindən istifadə etməklə seçmə yolu

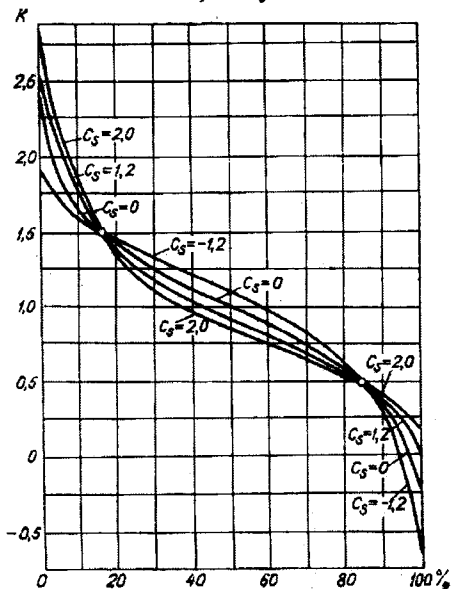


Şəkil 3.6. Variasiya əmsalının təminat əyrisinin formasına təsiri ($C_s = 0$)

ilə təyin olunur.

Buna görə də təminat əyriləri qurulduqda və aproksimasiya edildikdə C_s və C_v -nin bu əyrilərin formasına təsiri nəzərə alınmalıdır (şəkil 3.6 və 3.7).

C_v artdıqca, təminat əyrisinin üfüqi xəttə ($C_s = 0$ və $k = 1$) meyilliyi artır. Bu o deməkdir ki, təminat dəyişdikcə, əyrinin ordinatları daha kəskin dəyişir. Dəyişmənin qradiyenti təminat əyrisinin yuxarı və aşağı hissələrində daha böyük



Şəkil 3.7. Asimmetriya əmsalının təminat əyrisinin formasına təsiri ($C_s = 0,5$)

dür. C_v nə qədər böyük olarsa, onun hesablanma xətası axım karakteristikasının təyininə bir o qədər güclü təsir göstərir.

$C_s = 0$ olduqda, təminat əyrisi $k = 1$ üfüqi xəttini $P = 50\%$ -ə uyğun nöqtədə kəsir, çünki bu əyri simmetrikdir. C_s artdıqca, təminat əyrisinin orta hissəsində ordinatlar kiçilir, yuxarı və aşağı hissələrində isə, əksinə artır. C_s nə qədər böyük olarsa, onun yuxarı hissəsi bir o qədər dik, aşağı hissəsi isə az meyilli olar. Eyni zamanda əyrinin asimmetrikliliyi artır və onun $k = 1$ xətti ilə kəsişmə nöqtəsi üfüqi ox boyu sola tərəf ($P < 50\%$ zonasına) yerini dəyişir. Asimmetriya əmsalının mənfi qiymətlərində ($C_s < 0$) təminat əyrisinin orta hissəsi qabarıq, yuxarı və aşağı hissələrində ordinatların qiymətləri kiçik olur.

Variasiya əmsalları eyni, asimmetriya əmsalları isə fərqli olan təminat əyriləri iki nöqtədə kəsişir.

Belə hesab olunur ki, hidroloji karakteristikaların təminatlı qiymətlərinin hesablanmasında istifadə olunan bütün analitik təminat əyriləri 10-75% təminatlar intervalında çox yaxın nəticələr verir. Pirsonun III tip və Kritski-Menkelin əyriləri isə üst-üstə düşür. Pirsonun III tip əyrisi ilə müqayisədə Kritski-Menkelin əyrisi ilə daha böyük qiymətlər alınır (30%-ə qədər). Qumbelin əyrisinə görə hesablanmış qiymətlər ($P < 1\%$ və $C_v \geq 0.4-0.6$ olduqda) isə Pirsonun III tip əyrisinə görə təyin olunmuş qiymətlərlə müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə kiçikdir. Əksinə, C_v -nin kiçik qiymətlərində Qumbelin paylanması Pirsonun III tip paylanmasına nisbətən şişirdilmiş qiymətlər verir (Соколовский, 1968).

V.T.Çou göstərmişdir ki, Qumbelin paylanması faktiki olaraq daimi asimmetriyalı loqarifmik-normal paylanmadır.

Veybul (Qudriç) paylanması isə üç parametrlili qamma-paylanmanın xüsusi halıdır (Крицкий, Менкель, 1981).

Misal 3.4. Cədvəl 3.2-də verilmiş maksimal su sərfələrinin empirik təminat əyrisini qurun.

Həlli: 1. Verilmiş su sərfələri sırası azalan qaydada düzülür (cədvəl 3.2).

Cədvəl 3.2

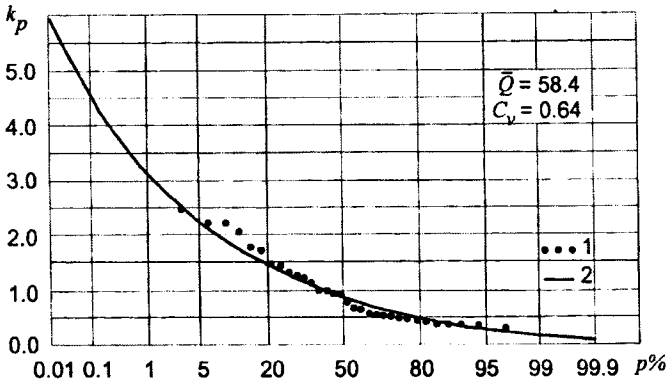
Maksimal su sərfələri üçün empirik təminat
əyrisinin ordinatlarının hesablanması

m _i	İllər	Su sərfələri, m ³ /s	Azalma sıraları		Təminat, %
			su sərfələri, m ³ /s	modul əmsalları	
1	1954	71.4	145	2.48	3.03
2	1955	22.1	130	2.22	6.06
3	1956	32.7	130	2.22	9.09
4	1957	145	121	2.07	12.1
5	1958	46.0	104	1.78	15.2
6	1959	29.9	100	1.71	18.2
7	1960	28.4	84.5	1.45	21.2
8	1961	73.8	84.4	1.44	24.2
9	1962	121	78.1	1.34	27.3
10	1963	25.0	73.8	1.26	30.3
11	1964	31.4	71.4	1.22	33.3
12	1965	17.3	66.0	1.13	36.4
13	1966	54.8	58.7	1.00	39.4
14	1967	29.9	58.2	1.00	42.4
15	1968	104	54.8	0.94	45.5
16	1969	27.5	54.0	0.92	48.5
17	1970	84.5	46.0	0.79	51.5
18	1971	37.5	39.2	0.67	54.6
19	1972	24.0	37.5	0.64	57.6
20	1973	22.1	32.7	0.56	60.6
21	1974	130	31.4	0.54	63.6
22	1975	21.3	29.9	0.51	66.7
23	1976	58.2	29.9	0.51	69.7
24	1977	58.7	28.4	0.49	72.7
25	1978	130	27.5	0.47	75.8
26	1979	22.0	25.0	0.43	78.8
27	1980	54.0	24.0	0.41	81.8
28	1981	100	22.1	0.38	84.9
29	1982	78.1	22.1	0.38	87.9
30	1983	39.2	22.0	0.38	90.9
31	1984	66.0	21.3	0.36	93.9
32	1985	84.4	17.3	0.30	97.0

2. Azalma sırasının hər bir su sərfi üçün, $P = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%$

düsturuna əsasən empirik təminat hesablanır. Sıranın uzunluğu $n=32$ -dir və sıranın birinci həddinin təminatı $p_1=(1/33)100\%=3,03\%$; ikinci həddininki isə $p_2=(2/33)100\%=6,06\%$ -ə bərabərdir və s.

3. Cədvəl 3.2-nin axırındakı iki sütununun məlumatlarına əsasən ehtimal damasında empirik təminat əyrisi qurulur (şəkil 3.8).



Şəkil 3.8. Empirik (1) və analitik (2) təminat əyriyələri

Misal 3.5. Qvadalupe çayının Viktoriya yaxınlığında (Texas) maksimal su sərfəri 1965-1978-ci illər üçün cədvəldə verilmişdir.

il	Mak.su sərfi (fut ³ /s)	il	Mak.su sərfi (fut ³ /s)
1965	15,000	1972	58,500
1966	9790	1973	33,100
1967	70,000	1974	25,200
1968	44,300	1975	30,200
1969	15,200	1976	14,100
1970	9190	1977	54,500
1971	9740	1978	12,700

Veybul və Qrinqorten düsturlarından istifadə edərək maksimal su sərfələrinin inteqral (kumulyativ) paylanma və təminat funksiyalarını qurun. Alınan nəticələri müqayisə edin.

Həlli: Müşahidə sırası azalma qaydasında düzülür və aşağıdakı cədvəlin 2-ci sütununda yazılır.

Sıranın uzunluğu $N = 14$ ildir. Veybul düsturuna görə empirik təminatlar hesablanır

$$P(Q > q_m) = \frac{m}{N+1} = \frac{m}{14+1} = \frac{m}{15}$$

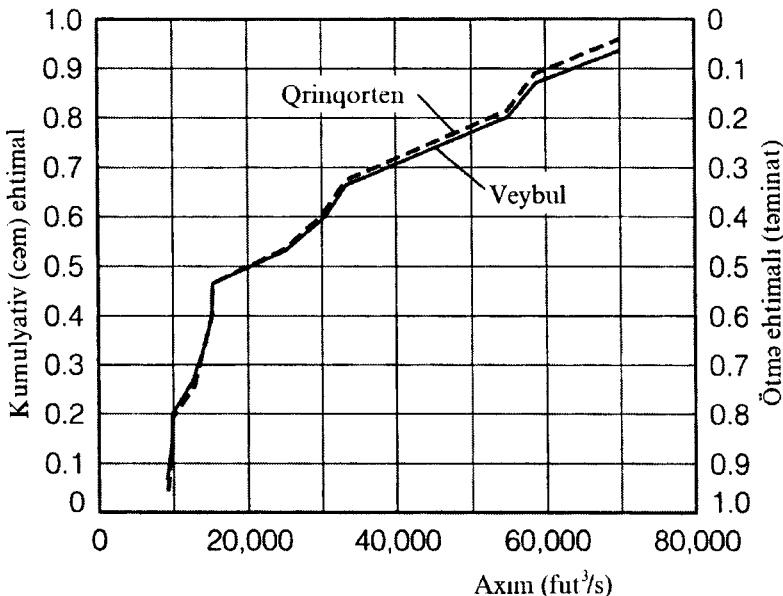
Bu empirik təminatlar cədvəlin 3-cü sütununda yazılır. Qrinqorten düsturuna görə empirik təminatlar hesablanır ($a = 0,40$ qəbul olunur)

$$P(Q > q_m) = \frac{m - a}{N + 1 - 2a} = \frac{m - 0.40}{14 + 1 - 2(0.40)} = \frac{m - 0.40}{14.2}$$

(1) m	(2) Mak.su sərfi (fut^3/s)	(3) Veybul $P(Q > q_m)$	(4) Qrinqorten $P(Q > q_m)$
1	70,000	0.067	0.042
2	58,500	0.133	0.113
3	54,500	0.200	0.183
4	44,300	0.267	0.253
5	33,100	0.333	0.324
6	30,200	0.400	0.394
7	25,200	0.467	0.465
8	15,200	0.533	0.535
9	15,000	0.600	0.606
10	14,100	0.667	0.676
11	12,700	0.733	0.746
12	9790	0.800	0.817
13	9740	0.867	0.887
14	9190	0.933	0.958

və empirik təminatlar cədvəlin 4-cü sütununda yazılır.

Hər iki düstura görə hesablanmış empirik təminatlara əsasən ehtimalın paylanma funksiyası və empirik təminat əyriləri qurulmuşdur (şəkil 3.9). Bu əyrilər çox oxşardır. Su sərfliyinin böyük qiymətləri üçün Qrinqorten düsturu ilə hesablanmış empirik təminatlar daha kiçik qiymətlər alır və müvafiq olaraq daha böyük təkrarlanma dövrünə malikdir.

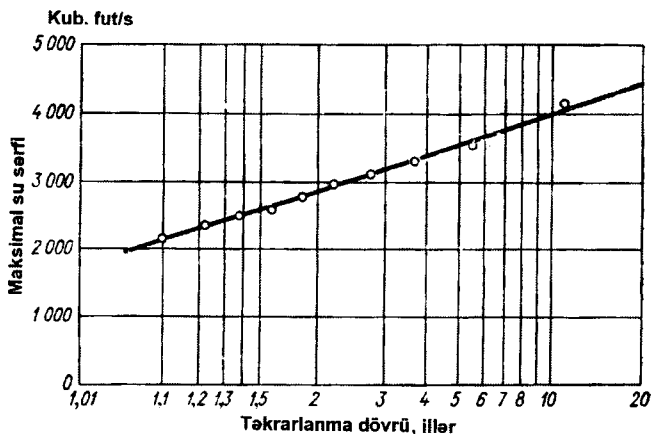


Şəkil 3.9. Ehtimalın paylanma funksiyası və empirik təminat əyriləri

Misal 3.6. Aşağıdakı cədvəlin ilk iki sütununda Missuri hövzəsində yerləşən kiçik çayın maksimal su sərfliyi haqqında məlumat verilmişdir. Verilənləri artan sıra ilə düzün və onları ekstremal kəmiyyətlərin ehtimallar damasında qeyd edin.

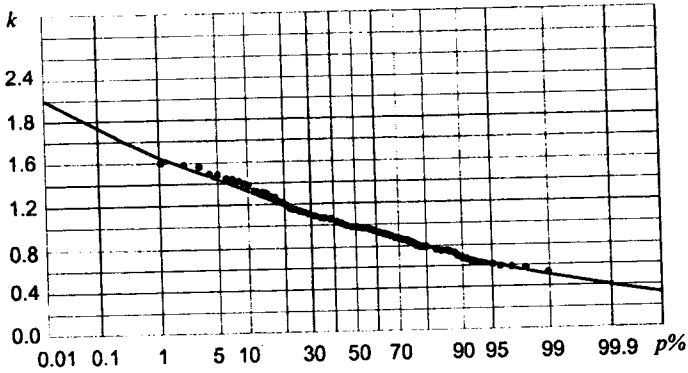
Hidroloji il	Maksimal su sərfəri, kub fut/s	Ranq, m	$\frac{n+1}{m}$
1967	2510	8	1.375
1966	4150	1	11.0
1965	2990	5	2.2
1964	2120	10	1.1
1963	3555	2	5.5
1962	2380	9	1.22
1961	2550	7	1.57
1960	2800	6	1.83
1959	3300	3	3.67
1958	3150	4	2.75

Analizin nəticələri yuxarıdakı cədvəldə və şəkil 3.10-da verilmişdir.



Şəkil 3.10. Missouri hövzəsində yerləşən kiçik çay üçün maksimal su sərfərinin təkrarlanma əyrisi

Misal 3.7. Şəkil 3.11-də orta illik su sərfələrinin empirik təminat əyrisi ($n=98$ il) və Kritski-Menkelin parametrləri $\bar{Q} = 19,5 \text{ m}^3/\text{s}$, $C_v=0,25$, $C_s/C_v=2$ olan üçparametrlı qamma paylanmasının analitik əyrisi göstərilmişdir. χ^2 (Pirson) meyarına görə $2\alpha=5\%$ əhəmiyyətlik səviyyəsində empirik və analitik əyriyə uyğunluq dərəcəsini qiymətləndirin.



Şəkil 3.11. Orta illik su sərfələri üçün empirik və analitik təminat əyriləri

Həlli: 1. Bu tapşırığın həlli üçün qrafikin təminat oxu 10 bərabər intervala bölünür: $k \approx 5 \lg(n) \approx 10$.

2. İntervalların sərhədlərində analitik təminat əyrisinin ordinatlarının qiymətləri tapılır. Paylanma funksiyası yuxarıdan məhdudlanmadığından, birinci interval üçün (0 – 10%) yuxarı sərhədsuzluğa bərabər olacaq. İkinci interval üçün (10 – 20%) yuxarı sərhəd birinci intervalın aşağı sərhədinə bərabərdir və s.; axırncı interval üçün aşağı sərhəd sifirə bərabərdir, belə ki, paylanma funksiyasının aşağı sərhədi sifirdir (cədvəl 3.3).

3. Hər bir interval üçün su sərfələrinin müvafiq intervala düşmə hallarının sayı (m_i^*) hesablanır, (cədvəl 3.3). Əgər sərfin qiyməti intervalın sərhədinə düşürsə, onu yuxarı intervala aid etmək lazımdır. m_i^* -nin qiymətləri cədvəl 3.3-ün 4-cü sütununa yazılır.

4. Su sərfələrinin hər bir intervala düşmə hallarının nəzəri sayı $m=n/k$ ifadəsinə görə təyin edilir və $m=98/10=9,8$. Cədvəl 3.3-ün 4-cü sütununda verilmiş empirik məlumatlar nəzəri qiymətdən (9,8) fərqlənir. Bu fərqlər ya seçmə tezliklərin təsadüfi tərəddüdü, ya da empirik və analitik təminat əyrilərinin uyğunsuzluğu ilə əlaqədardır.

Cədvəl 3.3

χ^2 meyarının hesablanması üçün ilkin məlumatlar

İnterval k	Təminat, %	İntervalların sərhədləri	Su səflərinin intervala düşmə hallarının sayı m_i^*	$(m_i^*)^2$
1	0 – 10	$\infty - 1,33$	11	121
2	10 – 20	1,33 – 1,20	8	64
3	20 – 30	1,20 – 1,11	10	100
4	30 – 40	1,11 – 1,05	8	64
5	40 – 50	1,05 – 0,98	13	169
6	50 – 60	0,98 – 0,92	11	121
7	60 – 70	0,92 – 0,85	10	100
8	70 – 80	0,85 – 0,79	6	36
9	80 – 90	0,79 – 0,70	11	121
10	90 – 100	0,70 – 0,00	10	100
			Cəm	996

5. Aşağıdakı düsturdan istifadə etməklə χ^2 -nin empirik qiyməti hesablanır:

$$(\chi^2)^* = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{10} (m_i^*)^2 - n = \frac{1}{9,8} 996 - 98 = 3.63$$

6. Xüsusi cədvələ əsasən, sərbəstlik dərəcəsi $\nu = k - r - 1 = 10 - 3 - 1 = 6$ və əhəmiyyətlik səviyyəsi $2\alpha = 5\%$ olduqda χ^2 -nin nəzəri qiyməti tapılır. Bu halda $\chi_{95}^2 = 12.6$.

7. $(\chi^2)^* < \chi_{95}^2$ olduğundan, belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, empirik və analitik təminat ayrılıqlarının uyğunluğu haqda fərziyyə $2\alpha = 5\%$ əhəmiyyətlik səviyyəsində təkzib olunmur.

3.3.2. Təminat ayrılıqlarının parametrlərini qiymətləndirmə metodları

Hidroloji məlumatların paylanma parametrlərini qiymətləndirmək üçün bir neçə hesablama metodundan istifadə olunur. Bu metodlar üç qrupa bölünür: analitik, qraf-analitik və qrafik.

Momentlər metodu və ən çox həqiqətəbənzər metod analitik

metodlar qrupuna aiddir.

Momentlər metodu. Bu metod empirik paylanmanın parametrlərindən istifadəyə əsaslanır. Paylanmanın parametrləri aşağıdakı düsturlara görə hesablanır:

Orta kəmiyyət

$$\bar{Q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (3.17)$$

Variasiya əmsali

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n-1}}, \quad (3.18)$$

Asimmetriya əmsali

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{(n-1)(n-2)C_v^3} \quad (3.19)$$

Bu düsturlarda n -müşahidə sırasının uzunluğu; Q_i -su sərfələrinin müşahidə olunmuş qiymətləri; $k_i = Q_i / \bar{Q}$ modul əmsalidir.

Hidroloji sıraların uzunluğu üçüncü momenti (həmçinin C_s -i) və daha yüksək dərəcəli momentləri tələb olunan dəqiqliklə hesablamağa imkan vermir. Buna görə də praktikada asimmetriya əmsalının əvəzinə C_s / C_v nisbətinin rayon qiymətindən istifadə olunur. Bu nisbət təyin edildikdən sonra variasiya əmsalının qiymətinə görə asimmetriya əmsalını hesablamaq olar.

C_s / C_v nisbətinin rayon qiymətini təyin etmək üçün bircins hidroloji rayon daxilində uzunsıralı müşahidə məntəqələri seçilir və hər bir belə sıra üçün C_v , C_s və C_s / C_v hesablanır. C_s / C_v nisbətinin orta qiyməti hidroloji rayonun bütün məntəqələrinə şamil olunur.

Əgər hidroloji rayonda müşahidə sıraları qısadırsa, onda

C_s/C_v nisbəti hər bir sıra üçün fərdi qaydada təyin olunur. Bu halda empirik təminat əyrisinə daha uyğun olan analitik əyrinin C_s/C_v nisbəti qəbul edilir.

Momentlər metodunun əsas üstünlüklərindən biri parametrlərin hidroloji xarakteristikanın paylanma qanunundan asılı olmasındadır. Həmçinin, hesablama düsturları kifayət qədər sadədir. Buna görə də hidroloji hesablamalar praktikasında bu metod daha geniş yayılmışdır.

Eyni zamanda qeyd etmək lazımdır ki, bu metoda görə hesablanmış variasiya və asimmetriya əmsallarının qiymətləri həqiqi qiymətlə müqayisədə bir qədər kiçik alınır. Adətən, bu metoddan $C_v < 0,5$ olduqda istifadə olunur. $C_v > 0,5$ olduqda, parametrlərin qiymətləndirilmə dəqiqliyi əhəmiyyətli dərəcədə azalır və bu səbəbdən ən çox həqiqətəbənzər metoddan istifadə etmək tövsiyə olunur.

Misal 3.8. 1954-1985-ci illəri əhatə edən dövrün maksimal su sərfələrinin müşahidə sırasına əsasən (cədvəl 3.2) paylanma parametrlərini momentlər üsulu ilə qiymətləndirin.

Həlli: Parametrləri bu üsulla qiymətləndirmək üçün aşağıdakı düsturlardan istifadə olunur. Cədvəl 3.4-də bu aralıq hesablamalar verilmişdir.

Cədvəl 3.4

Maksimal su sərfələrinin parametrlərinin hesablanması

No	$Q_i, m^3/s$	$k_i = Q_i/\bar{Q}$	$k_i - 1$	$(k_i - 1)^2$	$(k_i - 1)^3$
1	71.4	1.22	0.22	0.0484	0.01065
2	22.1	0.38	-0.62	0.3844	-0.23833
3	32.7	0.56	-0.44	0.1936	-0.08518
...
30	39.2	0.67	-0.33	0.1089	-0.03594
31	66.0	1.13	0.13	0.0169	0.00219
32	84.4	1.45	0.456	0.2025	0.09112
Cəm	1868	32	0.00	12.698	6.857
Orta	58.4	1	0		

Cədvəl 3.4-ün məlumatlarına və aşağıdakı düsturlara əsasən paylanma parametrlərinin qiymətləri hesablanır:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} = \frac{1868}{32} = 58.4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C_v^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{12.698}{31}} = 0.64$$

$$C_s^* = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{(n-1)(n-2)C_v^{*3}}} = \frac{32 \cdot 6.857}{31 \cdot 30 \cdot 0.64^3} = 0.90$$

$$C_s/C_v = 1.41$$

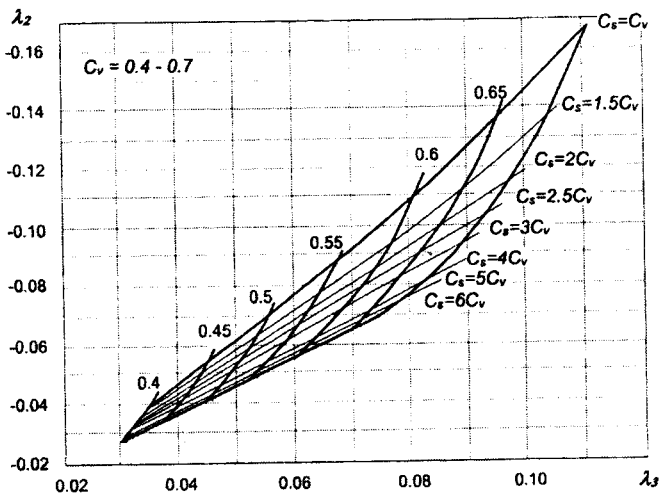
Ən çox həqiqətəbənzər metod. Praktikada bu metod əsasən üç parametrlili gamma paylanmanın parametrlərini hesablamaq üçün istifadə olunur. Əvvəlcə, müşahidə məlumatlarına görə köməkçi λ_2 və λ_3 statistikalar təyin edilir:

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg k_i}{n-1}, \quad (3.20)$$

$$\lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \lg k_i}{n-1}, \quad (3.21)$$

burada $k_i = Q_i / \bar{Q}$ - modul əmsalları; \bar{Q} - sıranın orta qiymətidir.

Sonra λ_2 və λ_3 statistikalarına görə xüsusi nomoqrammadan (şəkil 3.12) C_v və C_s tapılır.



Şəkil 3.12. Üç parametrlı qamma paylanmanın parametrlərini ən çox həqiqətəbənzər üsul ilə qiymətləndirmək üçün nomogramma

Parametrlər bu metodla hesablandıqda, sıranın ehtimalı daha böyük olan orta həddləri nisbətən böyük çəki ilə nəzərə alınır. Momentlər metodunda isə sıranın kənar həddlərinin çəkisi daha böyük olur.

Ən çox həqiqətəbənzər metodun əsas çatışmazlığı ondan ibarətdir ki, bu metodu tətbiq etmək üçün paylanma qanununu dəqiq bilmək tələb olunur. Hidroloji praktikada isə bu həmişə mümkün olmur.

Rusiyada bu metodun nomogrammaları Kritski-Menkelin paylanması üçün işlənmişdir. Lakin praktikada bəzən λ_2 və λ_3 statistikalarının qiymətləri nomogrammalardan kənara çıxır, yəni variasiya və asimmetriya əmsallarını təyin etmək mümkün olmur. Belə hallarda ən çox həqiqətəbənzər metodun qısaldılmış variantından istifadə edilir. Bu variantda λ_3 statistikasını hesablanmır və onun əvəzinə C_s / C_v nisbətinin orta rayon qiymətindən istifadə olunur. Məlum λ_2 və C_s / C_v nisbətinə görə nomogram-

madan variasiya əmsali tapılır.

Qısaldılmış ən çox həqiqətəbənzər metod Pirsonun III tip ayriləri üçün də istifadə olunur. Bu paylanma üçün variasiya əmsalının λ_2 və C_s / C_v nisbətindən asılılığı cədvəl şəkilində tərtib edilmişdir (Сикан, 2007).

Misal 3.9. 1954-1985-ci illəri əhatə edən dövrün maksimal su səflərinin müşahidə sırasına əsasən (cədvəl 3.2) paylanmanın parametrlərini ən çox həqiqətəbənzər üsul ilə qiymətləndirin.

Həlli: 1. Sıranın orta qiyməti və λ_2 , λ_3 statistikalarını hesablamaq üçün köməkçi cədvəl (cədvəl 3.5) tərtib olunur.

Cədvəl 3.5

Paylanma parametrlərinin qiymətlərini ən çox həqiqətəbənzər üsul ilə hesablamaq üçün köməkçi cədvəl

No	$Q_i, m^3/s$	K	$\lg(k)$	$k \cdot \lg(k)$
1	71.4	1.22	0.086	0.1054
2	22.1	0.38	-0.4202	-0.1435
3	32.7	0.56	-0.2518	-0.1410
...
30	39.2	0.67	-0.1739	-0.1165
31	66.0	1.13	0.0531	0.0600
32	84.4	1.45	0.1614	0.2340
Cəm	1868		-2.697	2.573
Orta	58.4			

1. Aşağıdakı düsturlara görə λ_2 və λ_3 statistikaları hesablanır:

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg k_i}{n-1} = \frac{-2.697}{31} = 0.087, \lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \lg k_i}{n-1} = \frac{2.573}{31} = 0.083$$

3. λ_2 və λ_3 -ün qiymətlərinə görə nomogrammadan istifadə etməklə (şəkil 3.12) paylanmanın parametrləri təyin edilir:

$$C_v = 0.67; C_s / C_v = 2.8.$$

L-momentlər metodu. Artıq qeyd olunduğu kimi, hidrometeoroloji müşahidə sıraları qısa olduğuna görə, adətən onların üçüncü və daha yüksək momentləri qiymətləndirilmir. Bu səbəbdən, təsadüfi kəmiyyətlərin paylanma funksiyalarının parametrlərini hesablamaq üçün L-momentlər adlanan alternativ qiymətləndirmə sistemi təklif olunmuşdur. Paylanmanın r dərəcəli ehtimallı-çəki momenti, β_r , aşağıdakı düstura görə təyin olunur:

$$\beta_r = \int_{-\infty}^{\infty} x [F_X(x)]^r f_X(x) dx, \quad (3.22)$$

burada F_X və f_X -müvafiq olaraq, X təsadüfi kəmiyyətinin inteqral paylanma funksiyası və ehtimalının sıxlıq funksiyasıdır. L-momentlər, λ_r , r dərəcəli ehtimallı-çəki momentlərinin, β_r , xətti kombinasiyalarıdır və ilk dörd L-moment aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\lambda_1 = \beta_0, \quad (3.23)$$

$$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0, \quad (3.24)$$

$$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0, \quad (3.25)$$

$$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0. \quad (3.26)$$

Ehtimallı-çəki momentlər F_X funksiyasının artan qiymətlərini nəzərə aldığına və $F_X \leq 1$ olduğuna görə, ehtimallı-çəki momentləri və L-momentlərin qiymətlərinin müşahidə sırasının ekstremal (ən böyük və ya ən kiçik) həddlərinə həssaslığı çox zəifdir. Beləliklə, hidroloji dəyişənlərin paylanma funksiyalarının parametrlərini qiymətləndirdikdə momentləri hesablamaq üçün L-momentlər metodunun tətbiqi daha məqsədəuyğundur.

Tutaq ki, X təsadüfi kəmiyyəti üzərində N sayda müşahidə yerinə yetirilmiş və sıra tərtib olunmuşdur. Bu sıranın paylanma funksiyasının L-momentlərini qiymətləndirmək üçün əvvəlcə dəyişənlərin artan sırası $x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq \dots \leq x_N$ tərtib olunur və sonra ehtimallı-çəki momentləri hesablanır (Hosking and Wallis, 1997):

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad (3.27)$$

$$b_1 = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=2}^N (i-1)x_i, \quad (3.28)$$

$$b_2 = \frac{1}{N(N-1)(N-2)} \sum_{i=3}^N (i-1)(i-2)x_i, \quad (3.29)$$

$$b_3 = \frac{1}{N(N-1)(N-2)(N-3)} \sum_{i=4}^N (i-1)(i-2)(i-3)x_i, \quad (3.30)$$

Müşahidə sırası üçün ilk dörd L-moment qiymətləndirildikdə, əvvəlcə (3.27)-(3.30) düsturlarına görə b_0 , b_1 , b_2 , və b_3 (empirik ehtimalılı-çəki momentləri) təyin olunur, sonra isə $\beta_0=b_0$, $\beta_1=b_1$, $\beta_2=b_2$ və $\beta_3=b_3$ əvəzləmələrini edərək (3.23)-(3.26) düsturlarına görə λ_1 - λ_4 momentləri hesablanır.

Misal 3.10. 1946-1970-ci illər üçün çayın maksimal su sərfələri aşağıdakı cədvəldə verilir:

<i>İl</i>	Maksimal su sərfi, m ³ /s	<i>İl</i>	Maksimal su sərfi, m ³ /s	<i>İl</i>	Maksimal su sərfi, m ³ /s
1946	126	1955	3	1964	11
1947	178	1956	2	1965	1122
1948	251	1957	141	1966	2
1949	35	1958	282	1967	1259
1950	71	1959	112	1968	158
1951	501	1960	40	1969	126
1952	891	1961	63	1970	25
1953	18	1962	398		
1954	2239	1963	708		

Bu maksimal su sərfələri loq-normal paylanma qanununa tabedir.

L-momentlər metodundan istifadə edərək sıranın orta qiyməti və standart meylətməsini hesablayın və alınmış qiymətləri momentlər metodu ilə hesablanmış müvafiq qiymətlərlə müqayisə edin.

Həlli: Hesablamaların əvvəl hissəsinin nəticələri cədvəldə verilir:

i	Q_i (m ³ /s)	$(1-i)Q_i$	$\ln Q_i$	$(\ln Q_i - \mu_V)^2$
1	2		0.693	15.314
2	2	2	0.693	15.314
3	3	6	1.099	12.305
4	11	33	2.398	4.878
5	18	72	2.890	2.945
6	35	175	3.555	1.105
7	35	210	3.555	1.105
8	40	280	3.689	0.842
9	63	504	4.143	0.215
10	71	639	4.263	0.118
11	112	1120	4.718	0.013
12	126	1386	4.836	0.053
13	126	1512	4.836	0.053
14	141	1833	4.949	0.117
15	158	2212	5.063	0.208
16	178	2670	5.182	0.331
17	251	4016	5.525	0.844
18	282	4794	5.642	1.072
19	398	7164	5.986	1.904
20	501	9519	6.217	2.592
21	708	14.160	6.562	3.826
22	891	18.711	6.792	4.778
23	1122	24.684	7.023	5.839
24	1259	28.957	7.138	6.409
25	2239	53.736	7.714	9.655
Cəm	8772	178.395	115.163	91.836

Birinci dərəcəli ehtimallı-çəki momenti, b_0 düstur (3.27)-yə görə təyin olunur. $b_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Q_i = \frac{1}{25} \cdot (8772) = 350.9$

Yuxarıdakı cədvəlin 3-cü sütununda göstərilmiş $(1-i)Q_i$ kəmiyyətinin yekun cəmi nəzərə alınmaqla düstur (3.28)-ə görə ikinci dərəcəli ehtimallı-çəki momenti, b_1 hesablanır:

$$b_1 = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=2}^N (i-1)Q_i = \frac{1}{25(25-1)} \cdot (178395) = 297.3$$

Birinci L-moment, λ_1 , düstur (3.23)-ə görə

$$\lambda_1 = b_0 = 350.9$$

və ikinci L-moment, λ_2 , isə düstur (3.24)-ə görə hesablanır.

$$\lambda_2 = 2b_1 - b_0 = 2(297.3) - 350.9 = 243.8$$

Birinci və ikinci L-momentlər, λ_1 və λ_2 , ilə loq-normal paylanmanın parametrləri, μ_Y , σ_Y (burada $y = \ln Q$) arasında asılılıq aşağıdakı kimidir:

$$\lambda_1 = Y = \exp\left(\mu_Y + \frac{\sigma_Y^2}{2}\right),$$

$$\lambda_2 = Y = \exp\left(\mu_Y + \frac{\sigma_Y^2}{2}\right) \operatorname{erf}\left(\frac{\sigma_Y}{2}\right),$$

burada $\operatorname{erf}(\sigma/2)$ xəta funksiyasıdır (cədvəl 3.6).

λ_1 -in qiymətindən istifadə etməklə λ_2 -nin ifadəsindən əvvəlcə $\operatorname{erf}(\sigma_Y/2)$, sonra isə cədvəl 3.6-ya görə σ_Y tapılır:

Sonra isə μ_Y təyin olunur: $\mu_Y = 4.81$.

Yuxarıdakı cədvəlin müvafiq olaraq 4-cü və 5-ci sütunlarında verilmiş $\ln Q_i$ və $(\ln Q_i - \mu_Y)^2$ kəmiyyətlərinin cəmlərini nəzərə almaqla momentlər metodu ilə loq-normal paylanmanın orta qiyməti (μ_Y) və standart meyletməsi (σ_Y) hesablanır.

$$\mu_Y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln Q_i = \frac{1}{25} \cdot (115.163) = 4.61,$$

$$\sigma_Y = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\ln Q_i - \mu_Y)^2} = \sqrt{\frac{1}{25-1} 91.836} = 1.96$$

Beləliklə, verilmiş maksimal su sərfələri sırasının L-momentlər metodu və momentlər metodu ilə hesablanmış parametrləri bir qədər fərqlənir. L-momentlər metodu ilə hesablanmış qiymətlər daha etibarlı olduğu üçün, üstünlük onlara verilməlidir.

Belə hesab olunur ki, L-momentlər metodu və ən çox həqiqətəbənzər metodun effektivlikləri çox yaxındır.

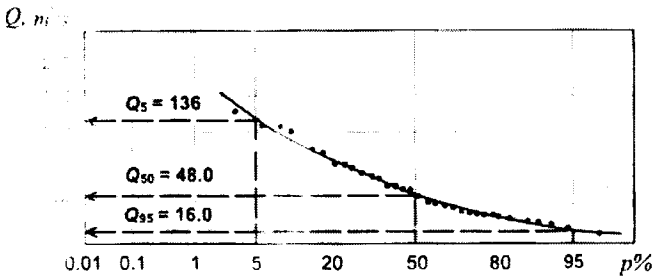
Xəta funksiyası

z	$erf(z)$	z	$erf(z)$
0.0	0.00000	1.6	0.97635
0.1	0.11246	1.7	0.98379
0.2	0.22270	1.8	0.98909
0.3	0.32863	1.9	0.99279
0.4	0.42839	2.0	0.99532
0.5	0.52050	2.1	0.99702
0.6	0.60386	2.2	0.99814
0.7	0.67780	2.3	0.99886
0.8	0.74210	2.4	0.99931
0.9	0.79691	2.5	0.99959
1.0	0.84270	2.6	0.99976
1.1	0.88021	2.7	0.99987
1.2	0.91031	2.8	0.99992
1.3	0.93401	2.9	0.99996
1.4	0.95229	3.0	0.99998
1.5	0.96611	∞	1.00000

Qraf-analitik metod (kvantillər metodu). Paylanma parametrlərinin qraf-analitik metodla hesablanmasında həm qrafiki, həm də analitik analiz istifadə olunur. Bu metodu tətbiq etdikdə istifadə olunacaq analitik əyrinin tipi əvvəlcədən məlum olmalıdır.

Pirsonun III tip əyri üçün bu metodu G.A.Alekseyev (1960-cı il) işləmişdir.

Əvvəlcə, ehtimallar damasında empirik nöqtələr qeyd edilir (şəkil 3.13).



Şəkil 3.13. Empirik təminat əyrisinə görə dayaq ordinatların təyini sxemi

Ordinat oxunda modul əmsalları deyil, hidroloji xarakteristikanın (məsələn, su sərfələrinin) öz qiymətləri göstərilməlidir. Sonra empirik nöqtələr səlis əyri ilə ortalaşdırılır. Bu əyridən üç dayaq ordinat (5, 50 və 95%-li təminatlar üçün) təyin olunur: Q_5 , Q_{50} və Q_{95} .

Növbəti hesablamalarda paylanmanın parametrlərinin ehtimal qiymətləri (\bar{Q}, C_v, C_s) tapılır ki, bu qiymətlərdə analitik əyri Q_5 , Q_{50} və Q_{95} nöqtələrindən keçsin. Bunun üçün aşağıdakı düsturlardan istifadə olunur:

$$Q_5 = \sigma_Q \cdot t_5 + \bar{Q}, \quad (3.31)$$

$$Q_{50} = \sigma_Q \cdot t_{50} + \bar{Q}, \quad (3.32)$$

$$Q_{95} = \sigma_Q \cdot t_{95} + \bar{Q}, \quad (3.33)$$

burada t_5, t_{50}, t_{95} -Pirsonun III tip əyrisinin normalaşdırılmış ordinatları; σ_Q - sıranın orta kvadratik meyl etməsi; \bar{Q} -sıranın orta qiymətidir. Beləliklə, üç tənlik və qiymətləri məlum olmayan üç parametr var.

Asimmetriya əmsalını qiymətləndirmək üçün əvvəlcə, əyintilik əmsalı (S) hesablanır:

$$S = \frac{Q_p + Q_{100-p} - 2Q_{50}}{Q_5 - Q_{95}}. \quad (3.34)$$

Birinci dayaq ordinatın təminatı $P=5\%$ olduğu üçün:

$$S = \frac{Q_5 + Q_{95} - 2Q_{50}}{Q_5 - Q_{95}}. \quad (3.35)$$

(3.31)-(3.33) ifadələrini axırıncı düsturda yerinə yazırıq:

$$S = \frac{t_5 + t_{95} - 2t_{50}}{t_5 - t_{95}}. \quad (3.36)$$

Pirsonun III tip normalaşdırılmış paylanması üçün əyintilik əmsalının asimmetriya əmsalından birmənalı asılılığı mövcuddur. Beləliklə, əyintilik əmsalını hesablayıb, sonra asimmetriya əmsalını təyin etmək olar.

Sıranın orta kvadratik meyl etməsi, orta qiyməti və variasiya əmsalı, müvafiq olaraq aşağıdakı düsturlara görə hesablanır:

$$\sigma_Q = \frac{Q_5 - Q_{95}}{t_5 - t_{95}}; \quad (3.37)$$

$$\bar{Q} = Q_{50} - \sigma_Q t_{50}; \quad (3.38)$$

$$C_v = \frac{\sigma_Q}{\bar{Q}}. \quad (3.39)$$

Loqarifmik normal paylanmanın üçüncü parametri (a) təminat əyrisinin formasına təsir göstərmir. Buna görə bu paylanma üçün əyintilik əmsalının asimmetriya əmsalından birmənalı asılılığı mövcuddur. Beləliklə, bu paylanma üçün də Pirsonun III tip əyirlərinə tətbiq edilən yanaşma istifadə oluna bilər. Metodika yalnız onunla fərqlənir ki, əlavə olaraq **a** parametri hesablanmalıdır.

G.A.Alekseyev göstərmişdir ki, **a** parametri ilə təminat əyrisinin dayaq ordinatları arasındakı əlaqə aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$a = \frac{Q_5 Q_{95} - Q_{50}^2}{Q_5 + Q_{95} - 2Q_{50}}. \quad (3.40)$$

Qalan hesablamalar standart sxem üzrə yerinə yetirilir:

- düstur (3.35)-ə görə əyintilik əmsalı qiymətləndirilir;
- əyintilik əmsalına görə loqarifmik normal paylanma cədvəlindən üç normalaşdırılmış dayaq ordinatları və asimmetriya əmsalı təyin olunur;
- (3.37)-(3.39) düsturlarına görə σ_Q, \bar{Q}, C_v hesablanır.

Kritski-Menkelin əyirləri əsasında qraf-analitik metodun tətbiq metodikası 1996-cı ildə Rusiya Dövlət Hidrometeorologiya Universitetinin Qurunun hidrologiyası kafedrasında işlənmişdir.

Bu metodikaya görə, standart yanaşmadan fərqli olaraq adı

əyintilik əmsalı, S , ilə yanaşı, S_2 , əmsalı da hesablanır:

$$S_2 = \frac{2Q_{50}}{Q_5 - Q_{95}} = \frac{2K_{50}}{K_5 - K_{95}}. \quad (3.41)$$

C_s / C_v nisbətinin konkret qiymətləri üçün S_2 və S arasında birmənalı əlaqə mövcuddur. Bu əlaqə əsasında xüsusi nomoqramma hazırlanmışdır.

Beləliklə, S və S_2 əmsallarını hesablayıb, nomoqrammadan C_s / C_v nisbətini təyin etmək olar. C_s / C_v nisbətinin qiymətini 0,5-ə kimi yuvarlaqlaşdırmaq lazımdır.

Əyintilik əmsalının böyük qiymətləri ($S > 0,6$) $C_v > 1$ olduğunu göstərir. Bu halda C_s / C_v nisbətinin seçmə qiyməti çox dayanıqsız olduğu üçün, onu qraf-analitik metodla təyin etmək məqsədəuyğun deyildir və bu nisbətə orta rayon qiymətindən istifadə etmək olar.

C_s / C_v nisbətinin konkret qiyməti üçün variasiya əmsalı ilə əyintilik əmsalı arasında birmənalı əlaqə mövcuddur. C_s / C_v məlum olduqda, xüsusi cədvəldən variasiya əmsalı təyin oluna bilər.

Sıranın orta qiymətini hesablamaq üçün Kritski-Menkel əyrisinin 50% təminatlı modul əmsalı, K_{50} , tapılır. Onda:

$$\bar{Q} = \frac{Q_{50}}{K_{50}}. \quad (3.42)$$

Ümumiyyətlə, qraf-analitik metod kifayət qədər sadə və əyanidir. Lakin bu metodu ehtiyatla tətbiq etmək lazımdır, çünki empirik əyrinin səlisləşdirilməsi subyektiv xarakter daşıyır və müəyyən təcrübə tələb edir.

Misal 3.11. Maksimal su sərfələrinin müşahidə sırasına əsasən (cədvəl 3.2) paylanmanın parametrlərini qraf-analitik üsul ilə qiymətləndirin. Analitik təminat əyrisi kimi Pirsonun III tip əyrisindən istifadə edin.

Həlli: 1. Sıra azalma qaydasında düzülür və $P = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%$ düsturuna görə empirik təminat əyrisinin ordnatları hesablanır.

2. Mülayim asimmetriyalı ehtimal damasında empirik təminat əyrisi qurulur (şəkil 3.13).

3. Hamarlaşdırılmış empirik təminat əyrisinin dayaq ordinatları təyin edilir: $Q_5^* = 136$; $Q_{50}^* = 46$; $Q_{95}^* = 16$.

4. Əyrintilik əmsalı hesablanır:

$$S^* = (Q_5 + Q_{95} - 2Q_{50}) / (Q_5 - Q_{95}) = (136 + 16 - 2 \cdot 48) / (136 - 16) = 0.47$$

5. Əyrintilik əmsalına görə xüsusi cədvələ əsasən Pirsonun III tip əyrisinin üç normalaşdırılmış ordinatı və asimmetriya əmsalı təyin edilir:

$$t_5 = 1,98; t_{50} = -0,26; t_{95} = -1,07; C_s^* = 1.67$$

6. Aşağıdakı düstura görə orta kvadratik meyletmə hesablanır:

$$\sigma_Q = (Q_5 - Q_{95}) / (t_5 - t_{95}) = (136 - 16) / (1.98 + 1.07) = 39.3$$

7. Riyazi gözləmənin qiyməti hesablanır:

$$\bar{Q} = Q_{50} - \sigma_Q \cdot t_{50} = 48 - 39.3(-0.26) = 58.2$$

8. Variasiya əmsalının (C_v) qiyməti hesablanır:

$$C_v^* = \sigma_Q^* / Q = 39.3 / 58.2 = 0.68$$

9. Beləliklə, verilmiş sıranın əsas parametrləri aşağıdakılardır:

$$\bar{Q} = 58.2; C_v^* = 0.68; C_s^* = 1.67; C_s^* / C_v^* = 2.46$$

Qrafiki metod. Paylanma parametrləri qrafiki metodla qiymətləndirildikdə, istifadə olunacaq analitik əyrinin tipi əvvəlcədən məlum olmalıdır. Bu üsul həm iki parametrlı, həm də üç parametrlı paylanma əyriləri üçün istifadə oluna bilər.

Üç parametrlı əyri üçün C_s və C_v əmsallarının müxtəlif nisbətlərində analitik əyrini düzləndirən ehtimallar damaları istifadə olunur. Ehtimallar damasında modul əmsallarına görə empirik təminat əyrisi qurulur. Yekun hesablamalar üçün düz xətt şəkilini alan empirik təminat əyrisinə uyğun C_s / C_v nisbəti qəbul edilir. Alınmış düz xəttin üfüqi xəttlə əmələ gətirdiyi bucaq variasiya əmsalından asılıdır. Bunu nəzərə alaraq ehtimallar damasının yuxarı sol və aşağı sağ küncələrində C_v şkalası qurulur (şəkil 3.14).

Misal 3.12. Maksimal su sərfələrinin müşahidə sırasına əsasən

(cədvəl 3.2) paylanmanın parametrlərini qrafiki üsulla qiymətləndirin. Analitik təminat əyrisi kimi Kritski-Menkel əyrisindən istifadə edin.

Həlli: 1. Riyazi gözləmənin qiyməti hesablanır:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} = \frac{1868}{32} = 58.4$$

2. $k_i = Q_i / \bar{Q}$ düsturuna əsasən modul əmsalları hesablanır.

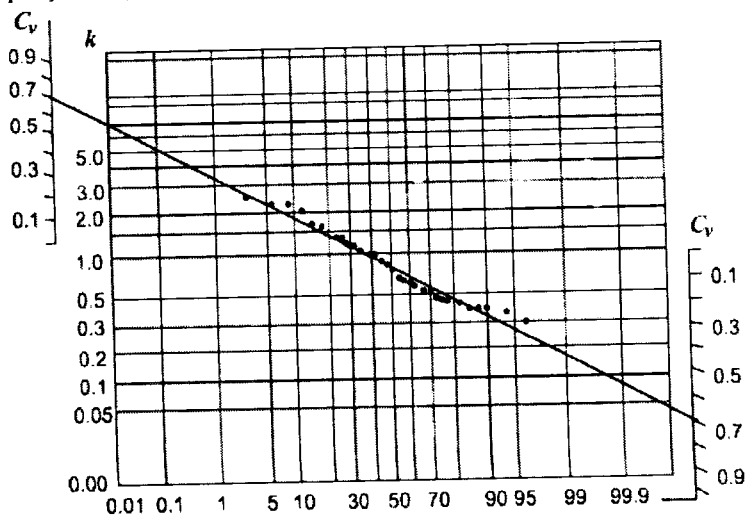
3. Modul əmsalları sırası azalan qaydada düzülür və

$$P = \frac{m}{n+1} \cdot 100\% \text{ düsturuna əsasən empirik təminat əyrisinin}$$

ordinatları hesablanır.

4. Kritski-Menkel əyrisini düzləndirən xüsusi ehtimal damalarında beş dəfə empirik təminat əyriləri qurulur ($C_s / C_v = 1; 1.5; 2.0; 3.0; 4.0$ üçün).

5. Hesablamalar üçün $C_s / C_v = 3$ qiymətini qəbul edirik, beləki, bu nisbətdə ehtimal damasında empirik nöqtələr düz xətt boyunca qruplaşır (şəkil 3.14).



Şəkil 3.14. Kritski-Menkelin əyrisini düzləndirən ehtimallar daması və təminat əyriləri ($C_s / C_v = 3$)

6. Nöqtələri ortalaşdıran düz xətt keçirilir və ehtimal damasının küncələrindəki şkalalara əsasən variasiya əmsalı təyin edilir $C_v^* = 0.70$.

Beləliklə, verilmiş sıranın əsas parametrləri aşağıdakılardır:

$$\bar{Q} = 58.4; C_v^* = 0.70; (C_s/C_v)^* = 3$$

və müvafiq olaraq $C_s^* = 2.1$.

Beləliklə, qrafiki metod paylanmanın variasiya əmsalı və C_s/C_v nisbətini təyin etməyə imkan verir. Sıranın orta qiyməti momentlər metodunun məlum düsturuna görə hesablanır.

3.3.3. Tarixi maksimumların nəzərə alınması və qarantiyalı düzəliş

Çox nadir hallarda təkrarlanan tarixi daşqınların maksimal su sərtləri haqqında məlumatlardan istifadə etməklə təminat ayrılmasının parametrlərini dəqiqləşdirmək olar. Əgər, belə maksimumlar hidroloji müşahidə məntəqəsində qeydə alınmamışlarsa, onlar yüksək su səviyyələrinin izlərinə, arxiv və ədəbiyyat mənbələrinə, qonşu çayların məlumatlarına görə və ya yaşlı insanlarla sorğu nəticəsində təyin oluna bilər. Tarixi maksimumlar haqqında müxtəlif mənbələrdən alınmış məlumatlar ətraflı təhlil və müqayisə olunmalıdır. Tarixi səviyyəyə müvafiq su sərfi sərtlər əyrisinin ekstrapolyasiyası yolu ilə təyin edilir. Tarixi səviyyə haqqında məlumatın etibarlılığına əmin olmaq üçün məcranın dayanıqlığı qiymətləndirilməlidir.

Maksimal su sərtləri sıralarının parametrlərinin qiymətləndirilməsində tarixi maksimumun nəzərə alınma metodunu Kritski və Menkel 1960-cı ildə təklif etmişlər və bu metod hazırda Rusiyada hidroloji xarakteristikaların hesablanması üzrə normativ sənədə daxil edilmişdir. Əgər, yalnız bir tarixi maksimum haqqında məlumat varsa və o, müşahidə sırasına daxil deyilsə, onda təminat əyrisinin əsas parametrləri, olan \bar{Q} və C_v , həm momentlər, həm də təqribi ən çox həqiqətəbənzər metodları ilə hesablanıla bilər:

a) momentlər metodu:

$$\bar{Q} = \frac{1}{N} \left(Q_N + \frac{N-1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i \right), \quad (3.43)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\left(\frac{Q_n}{\bar{Q}} - 1 \right)^2 + \frac{N-1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i}{\bar{Q}} \right)^2 \right]} \quad (3.44)$$

b) təqribi ən çox həqiqətəbənzər metod:

$$\lambda_2 = \frac{1}{N} \left(\lg \frac{Q_N}{\bar{Q}} + \frac{N-1}{n-1} \sum_{i=1}^n \lg \frac{Q_i}{\bar{Q}} \right) \quad (3.45)$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{N} \left(\frac{Q_N}{\bar{Q}} \lg \frac{Q_N}{\bar{Q}} + \frac{N-1}{n-1} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{\bar{Q}} \lg \frac{Q_i}{\bar{Q}} \right) \quad (3.46)$$

Əgər, yalnız bir tarixi maksimum varsa və o müşahidə sırasına daxildirsə, onda hesablamalar aşağıdakı düsturlara görə yerinə yetirilir:

a) momentlər metodu:

$$\bar{Q} = \frac{1}{N} \left(Q_N + \frac{N-1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} Q_i \right), \quad (3.47)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\left(\frac{Q_n}{\bar{Q}} - 1 \right)^2 + \frac{N-1}{n-2} \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{Q_i}{\bar{Q}} \right)^2 \right]} \quad (3.48)$$

b) təqribi ən çox həqiqətəbənzər metod:

$$\lambda_2 = \frac{1}{N} \left(\lg \frac{Q_N}{\bar{Q}} + \frac{N-1}{n-2} \sum_{i=1}^{n-1} \lg \frac{Q_i}{\bar{Q}} \right), \quad (3.49)$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{N} \left(\frac{Q_N}{\bar{Q}} \lg \frac{Q_N}{\bar{Q}} + \frac{N-1}{n-2} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{Q_i}{\bar{Q}} \lg \frac{Q_i}{\bar{Q}} \right). \quad (3.50)$$

Yuxarıdakı düsturlarda: \bar{Q} -maksimal axımın tarixi maksimum nəzərə alınmaqla təyin olunmuş norması; N -tarixi maksimumun

Q_N ötürmədiyi illərin sayı; n -maksimal axımın müşahidə sırasının uzunluğudur .

Tarixi maksimumun empirik təminatı aşağıdakı düstura görə təyin olunur:

$$P_{Q_N} = \frac{1}{N + 1} \cdot 100\%. \quad (3.51)$$

Yuxarıda göstərilən düsturlar yalnız o zaman tətbiq oluna bilər ki, tarixi maksimum və onun ötürmədiyi illərin sayı haqqında məlumatlar etibarlı olsun. Q_N və N -nin ixtiyari təyini yolverilməzdir.

İki tarixi maksimum haqqında məlumat olduqda, onları nəzərə almaq üçün də düsturlar təklif edilmişdir (Владимиров, 1990).

Tarixi maksimumların nəzərə alınması maksimal su sərfələrinin hesablanma dəqiqliyini əhəmiyyətli dərəcədə artırmağa imkan verir. Eyni zamanda kiçik təminatlı ($P=1-2\%$) maksimal su sərfələri təminat əyrisi ekstrapolyasiya olunmadan təyin edilir. Lakin I sinifə aid edilən hidrotexniki qurğuların uzun müddət qəzasız şəraitdə fəaliyyət göstərməsini və əhəlinin təhlükəsizliyini təmin etmək üçün 0,1, hətta 0,01% təminatlı maksimal su sərfələrini hesablamaq lazım gəlir. Bu halda müşahidə sırasının uzunluğunun kifayət qədər olmaması ilə bağlı hesablama xətlərini kompensasiya etmək üçün maksimal su sərfələrinin çox kiçik təminatlı qiymətlərinə qarantıya düzəlişi əlavə edilir. Praktiki olaraq bu o deməkdir ki, dağılması fəlakətlə nəticələnə bilən bütün hidrotexniki qurğular qarantıya düzəlişi də nəzərə alınmaqla 0,01% təminatlı maksimal su sərfəsinin buraxılması üçün hesablanmalıdır.

Aydındır ki, müşahidə sırasına görə hesablanmış çox kiçik təminatlı maksimal su sərfi öz həqiqi qiymətindən kiçikdir və gələcəkdə müşahidə sırası uzandıqca, maksimal su sərfələrinin qiymətləri də artacaq.

Məsələn, 1957-ci ildə Çirçik çayı üzərində Çarvak SES-nin layihə tapşırığı hazırlananda tarixi mənbələrə və arxiv materiallarına görə $1650 \text{ m}^3/\text{s}$ su sərfəsinin təminatı 1% qəbul olunmuşdu. Lakin 1959-cu ildə çayda daşqın zamanı $1960 \text{ m}^3/\text{s}$ su qeydə

alınmış və bu səbəbdən 1% təminatlı maksimal su sərfinin əvvəlki qiyməti 30% artırılmışdı.

Qarantiyalı düzəliş, $\Delta Q_{0,01\%}$, aşağıdakı düstura görə təyin olunur:

$$\Delta Q_{0,01\%} = \frac{aE_{0,01\%}}{\sqrt{N}} \cdot Q_{0,01\%}, \quad (3.52)$$

burada a -çayın hidroloji öyrənilməsini xarakterizə edən əmsaldır: öyrənilmiş çaylar üçün $a = 1,0$, qalan bütün çaylar üçün isə $a = 1,5$; N -çoxillik dövrə gətirilmə də nəzərə alınmaqla müşahidə illərinin sayı; $E_{0,01\%}$ -0,01 % təminatlı maksimal su sərfinin təsadüfi orta kvadratik xətasını xarakterizə edən kəmiyyətdir (cədvəl 3.7).

Cədvəl 3.7

Qarantiyalı düzəlişlərin qiymətləri

C_s / C_v nisbəti	Variasiya əmsalları, C_v														
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Üç parametrlı qamma paylanma															
Ən çox həqiqətəbənzər metod															
2	0.25	0.45	0.60	0.75	0.88	0.96	1.05	1.14	1.22	1.30	1.38	1.46	1.54	1.60	1.67
3	0.30	0.50	0.75	1.00	1.18	1.130	1.43	1.55	1.68	1.78	1.90	2.00	2.10	2.24	2.33
4	0.40	0.70	1.00	1.30	1.48	1.60	1.74	1.88	2.00	2.15	2.27	2.40	2.58	2.65	2.77
Momentlər metodu															
2	0.25	0.45	0.60	0.75	0.88	0.96	1.05	1.14	1.22	1.30	1.38	1.46	1.54	1.60	1.67
3	0.30	0.57	0.84	1.10	1.34	1.55	1.74	1.93	2.12	2.28	2.42	2.56	2.68	2.80	2.92
4	0.40	0.77	1.12	1.43	1.73	2.00	2.22	2.42	2.60	2.77	2.94	3.10	3.26	3.11	3.57
Binomial paylanma															
Momentlər metodu															
2	0.25	0.45	0.60	0.75	0.88	0.96	1.05	1.14	1.22	1.30	1.38	1.46	1.54	1.60	1.67
3	0.28	0.52	0.75	0.97	1.19	1.135	1.59	1.63	1.96	2.14	2.31	2.49	2.66	2.84	3.01
4	0.30	0.61	0.91	1.20	1.49	1.66	2.04	2.30	2.56	2.82	3.09	3.35	3.62	3.89	4.15

Cədvəl 3.7-dən göründüyü kimi, $E_{0,01\%}$ -in kəmiyyəti analitik təminat əyrisinin tipindən və parametrlərinin təyini metodundan, C_v və C_s/C_v qiymətlərindən asılıdır.

Əgər, düzəliş, $\Delta Q_{0,01\%}$, əvvəlcə (düzəlişsiz) hesablanmış 0,01% təminatlı maksimal su sərfinin 20%-dən çoxdursa, onda o, elə 20% səviyyəsində saxlanılır. $P=0,01\%$ təminatlı maksimal su sərfinin qarantiyalı düzəlişi nəzərə alınmaqla yekun qiyməti müşahidə edilmiş ən böyük su sərfindən kiçik olmamalıdır.

3.3.4. Paylanmanın seçmə parametrlərinin xətalərinin qiymətləndirilməsi

Paylanma funksiyasının parametrlərinin qiymətləri müəyyən səpələnmə ilə səciyyələnən təsadüfi kəmiyyətlərdir. Başqa sözlə, eyni bir baş çoxluğun müxtəlif seçmələri üçün hesablanmış parametrlərin qiymətləri fərqlənir. Buna görə də hidroloji sıraların parametrlərinin xətaləri qiymətləndirilir. Bu qiymətləndirilmədə istifadə olunan düsturlar, parametrin hesablanma metodundan asılıdır.

Momentlər metodu. Sıranın orta kəmiyyətinin mütləq xətası aşağıdakı düstura görə hesablanır:

$$\sigma_{\bar{Q}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (3.53)$$

burada σ -sıranın orta kvadratiki meyl etməsi; n -sıranın uzunluğudur.

Orta kəmiyyətin nisbi xətası:

$$E_{\bar{Q}} = \frac{\sigma_{\bar{Q}}}{Q} \cdot 100 = \frac{\sigma}{Q\sqrt{n}} \cdot 100\% = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100\%, \quad (3.54)$$

burada C_v -variasiya əmsəlidir.

Variasiya əmsalının mütləq və nisbi xətaləri aşağıdakı düsturlara görə hesablanır:

$$\sigma_{C_r} = \frac{C_r \sqrt{1 + aC_r^2}}{\sqrt{2n}}, \quad (3.55)$$

$$E_{C_r} = \frac{\sqrt{1 + aC_r^2}}{\sqrt{2n}} \cdot 100\% \quad (3.56)$$

burada $a = 2$ (normal paylanma üçün) və $a = 1$ (iki parametrlı qamma paylanma üçün).

Məlumdur ki, iki parametrlı qamma paylanma üçün $C_s/C_v = 2$, normal paylanma üçün isə $C_s = 0$. Hidroloji sıralar adətən mülayim müsbət asimmetriya ilə səciyyələndiklərinə görə, yuxarıdakı düsturlarda $a = 1$ qəbul olunması məqsədəuyğun hesab edilir.

Düstur (3.55)-dən başqa, Y.Q.Bloxinovun düsturundan da istifadə olunur:

$$\sigma_{C_r} = \frac{C_v}{n + 4C_v^2} \sqrt{\frac{n(1 + C_v^2)}{2}}, \quad (3.57)$$

Bu düstur da iki parametrlı qamma paylanma üçün alınmışdır. Asimmetriya əmsalının xətlərini qiymətləndirmək üçün aşağıdakı düsturlar təklif olunmuşdur:

S.N.Kritski və M.F.Menkelin düsturları:

$$\sigma_{C_s} = \sqrt{\frac{6}{n}(1 + 6C_v^2 + 5C_v^4)}, \quad (3.58)$$

$$E_{C_s} = \frac{1}{C_s} \sqrt{\frac{6}{n}(1 + 6C_v^2 + 5C_v^4)} \cdot 100\% . \quad (3.59)$$

A.Ş.Reznikovskinin düsturları:

$$\sigma_{C_s} = \sqrt{\frac{6}{n}(1 + C_v^2)}, \quad (3.60)$$

$$E_{C_s} = \frac{1}{C_s} \sqrt{\frac{6}{n}(1 + C_v^2)} \cdot 100\% . \quad (3.61)$$

Ən çox həqiqətəbənzər metod. Sıranın orta kəmiyyəti və asimmetriya əmsalının mütləq və nisbi xətalari elə momentlər metodunda istifadə olunan (3.53)-(3.54) və (3.58)-(3.59) düsturlarına görə qiymətləndirilir.

Variasiya əmsalının xətalərini təqribi hesablamaq üçün aşağıdakı düsturlar tətbiq edilir:

$$\sigma_{C_r} = \frac{C_v}{\sqrt{2n}} \sqrt{\frac{3}{3 + C_v^2}}, \quad (3.62)$$

$$E_{C_r} = \sqrt{\frac{3}{2n(3 + C_v^2)}} \cdot 100\% . \quad (3.63)$$

Hidroloji hesablamalar praktikasında belə qəbul olunmuşdur ki, əgər, sıranın orta kəmiyyətinin nisbi xətası 10%-dən, variasiya əmsalının ki isə 15%-dən azdırsa, onda sıranın parametrləri etibarlı hesablanmışlar.

Hidroloji sıralar, adətən qısa olduqları üçün asimmetriya əmsalının xətası böyük olur və buna görə də bu əmsalın qiyməti təyin olunduqda C_s/C_v nisbətinin orta rayon qiymətindən və ya fərdi yolla seçilmiş qiymətindən istifadə olunur.

Kvantillər metodu. Paylanmanın parametrləri bu metodla hesablandıqda mütləq və nisbi xətalər qiymətləndirilmir. Bu halda analitik əyri üçün aşağıdakı bərabərsizliyin ödənilməsi şərti istifadə oluna bilər:

$$|\bar{Q} - \bar{Q}_q| < 0,02 \bar{Q}, \quad (3.64)$$

burada \bar{Q} – faktiki sıraya görə hesablanmış orta qiymət;
 \bar{Q}_q – qrafanalitik metodla təyin olunmuş orta qiymətdir.

3.4. Axımın təminatlı qiymətlərinin hesablanması

Beləliklə, müşahidə məlumatları kifayət qədər olduqda axımın təminatlı qiymətlərinin hesablanması aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirilir:

1. Müşahidə məlumatları genetik təhlil olunur. $Q = f(H)$ əyrisinin (sərfələr əyrisinin) ekstrapolyasiyasının etibarlılığı qiymətləndirilir. Məqsəd, kobud xətalara müəyyən etmək və müşahidə sırasının genetik bircinsliyinə əmin olmaqdır.

2. Müşahidə sırasının strukturunun statistik analizi yerinə yetirilir. Sıraların təsadüfiliyi, dispersiya və orta kəmiyyətə görə bircinsliyi yoxlanılır. Bu təhlildə statistik meyarlardan istifadə olunur. Məqsəd, hidroloji sıranın çoxillik tərəddüdlərini təsvir etmək üçün münasib riyazi modelin seçilməsidir. Hidroloji hesablamalarda adətən təsadüfi kəmiyyət modelindən, bəzən isə Markov zənciri modelindən istifadə olunur.

3. Müşahidə sırasının (paylanmanın) statistik parametrləri hesablanır. Sıranın orta qiyməti, variasiya və asimmetriya əmsalları momentlər, L-momentlər, ən çox həqiqətəbənzər və qrafoanalitik metodlarından birinə görə qiymətləndirilir.

4. Paylanma parametrlərinin xətalara qiymətləndirilir. Bu qiymətləndirmə paraqraf 3.3.4-də verilən düsturlara görə yerinə yetirilir. Sıranın orta qiymətinin xətası 10%-dən, variasiya əmsalının xətası isə 15%-dən çox olmamalıdır. Maksimal axım üçün xəta 20%-ə qədər ola bilər.

5. Empirik və analitik təminat ayrılmasının qurulması. Empirik təminatlar Veybulun düsturuna (düstur 3.12) görə hesablanır. Analitik əyri kimi daha çox Pirsonun III tip və Kritski-Menkelin ayrılərindən istifadə olunur.

6. Axımın təminatlı qiymətləri analitik təminat əyrisinə və ya təkrarlanma faktoruna görə hesablanır (bax aşağıdakı misallara).

Misal 3.13. Çay üzərində 150 il ərzində yerinə yetirilmiş müşahidə məlumatlarına əsasən maksimal su sərfələrinin integral paylanma funksiyasının koordinatları hesablanıb və aşağıdakı cədvəldə verilib. Təkrarlanma dövrü 10, 50 və 100 il olan maksimal su sərfələrini təyin edin.

n	Su sərfələri, x_n (m^3/s)	$P(X < x_n)$
1	0	0
2	25	0,19
3	50	0,35
4	75	0,52
5	100	0,62
6	125	0,69
7	150	0,88
8	175	0,92
9	200	0,95
10	225	0,98
11	250	1,00

Həlli: Düstur (3.1)-ə görə, təkrarlanma dövrü T , 10, 50, və 100 il olan su sərfələrinin təminatı, müvafiq olaraq $1/10=0.10$, $1/50=0.02$ və $1/100=0.01$ təşkil edir. Bu təminatlara müvafiq inteqral (cəm) ehtimallar $1-0.1=0.9$, $1-0.02=0.98$ və $1-0.01=0.99$ alınır. Verilmiş inteqral paylanma funksiyasından interpolyasiya yolu ilə aşağıdakı nəticələr alınır.

Təkrarlanma dövrü (illər)	Su sərfi m^3/s
10	163
50	225
100	238

Misal 3.14. Qvadalupe (Guadalupe) çayının Viktoriya yaxınlığında (Texas) maksimal su sərfinin orta çoxillik qiyməti $801 m^3/s$, standart meyletməsi $851 m^3/s$, məcranın suburaxma qabiliyyəti $900 m^3/s$ təşkil edir. Su sərfələri log-normal qanuna müvafiq paylanarsa, maksimal su sərfinin məcranın suburaxma qabiliyyətini ötmə (aşma) ehtimalını təyin edin.

Həlli: Şərtə görə $\mu_x = 801 m^3/s$; və $\sigma_x = 851 m^3/s$.

$$\exp(\mu_y + \sigma_y^2 / 2) = 801 \quad (= \mu_x)$$

və

$$(801)^2 [\exp(\sigma_y^2) - 1] = (851)^2 (= \sigma_x^2)$$

buradan

$$\mu_y = 6.31 \text{ və } \sigma_y = 0.870$$

Əgər, $x = 900 \text{ m}^3/\text{s}$ olarsa, onda loqarifmik dəyişdirilmiş y dəyişəni $y = \ln 900 = 6.80$ və normallaşdırılmış təsadüfi z kəmiyyəti

$$z = \frac{y - \mu_y}{\sigma_y} = \frac{6.80 - 6.31}{0.870} = 0.563$$

Standart normallaşdırılmış kəmiyyət $z > 0$ ($z \leq (0,563)$ olduğuna görə $F(x) = F(0,563) = 1 - B$

$$\begin{aligned} B &= \frac{1}{2} \left[1 + 0.196854|z| + 0.115194|z|^2 + 0.000344|z|^3 + 0.019527|z|^4 \right]^4 \\ &= \frac{1}{2} \left[1 + 0.196854|0.563| + 0.115194|0.563|^2 + 0.000344|0.563|^3 \right]^3 \\ &\quad + 0.019527|0.563|^4 \Big]^4 = 0.286 \end{aligned}$$

buradan $F(0.563) = 1 - B = 1 - 0,286 = 0,714 = 71,4\%$ alınır. Çayın maksimal su sərfinin məcranın suburaxma qabiliyyətini ötmə ehtimalı $1 - 0,714 = 0,286 = 28,6\%$ təşkil edir. Bu kifayət qədər böyük ehtimaldır və faktiki olaraq baxılan hadisə hər il baş verə bilər.

Misal 3.15. Çayın maksimal su sərfələrinin orta kəmiyyəti $811 \text{ m}^3/\text{s}$, standart meyletməsi $851 \text{ m}^3/\text{s}$ və asimmetriya əmsalı $0,94$ -ə bərabərdir. Maksimal su sərfələri Pirsonun III tip əyrlərinə uyğun

paylanır. Təkrarlanması 100 ildə 1 dəfə olan maksimal su sərfini qiymətləndirin. Əgər asimmetriya əmsalı 1,52 olarsa, bu, hesabi maksimal su sərfinə necə təsir göstərir?

Həlli: Verilənlərə görə: $\mu_x = 811 \text{ m}^3/\text{s}$, $\sigma_x = 851 \text{ m}^3/\text{s}$, və $g_x = 0.94$. Təkrarlanma dövrü 100 il (empirik təminatı 1%) olan standart normal kəmiyyət, $x'_{100} = 2.33$ (cədvəl 3.8). $k = g_x / 6 = 0.94 / 6 = 0.157$. Təkrarlanma faktoru, K_{100} , (və ya analitik əyrinin 1% təminatlı ordinatı) hesablanır:

$$K_{100} = \frac{1}{3k} \left\{ (x'_{100} - k)k + 1 \right\}^3$$

$$= \frac{1}{3(0.157)} \left\{ (2.33 - 0.157)(0.157) + 1 \right\}^3 - 1 = 3.00$$

Artıq standart normal kəmiyyətdən həqiqi su sərfinə, x_{100} , keçmək olar:

$$x_{100} = \mu_x + K_{100}\sigma_x = 811 + (3.00)(851) = 3364 \text{ m}^3/\text{s}$$

Əgər, asimmetriya əmsalı 1,52 olarsa, artıq bu qiymət $[-1, +1]$ intervalından kənara çıxır və buna görə də təkrarlanma faktoru, K_{100} , yuxarıdakı düstura görə təyin edilə bilməz. Bu halda K_{100} xüsusi cədvəldən tapılır. Bu misal üçün $K_{100} = 3.342$ və

$$x_{100} = \mu_x + K_{100}\sigma_x = 811 + (3.342)(851) = 3655 \text{ m}^3/\text{s}$$

Beləliklə, asimmetriya əmsalının qiymətinin 0.94-dən 1.52-yə ki-mi artırılması (62%), 100 ildə 1 dəfə təkrarlanan maksimal su sərfinin 9% çoxalmasına səbəb olmuşdur.

Parsonun III tip analitik teminat avrisinin normalleştirilmiş ordmatları

$$t_p = f(C_s, p); t_p = (x_p - \bar{x}) / \sigma = (k_p - 1) / C_s$$

C_s	Teminat, p%																S	
	0.01	0.1	1.0	5.0	10	20	25	30	50	70	75	80	90	95	97	99		99.9
-1.8	1.11	1.11	1.09	1.02	0.94	0.80	0.72	0.64	0.28	-0.24	-0.42	-0.64	-1.32	-1.99	-2.46	-3.50	-5.64	-0.51
-1.6	1.26	1.24	1.20	1.10	0.99	0.81	0.73	0.64	0.25	-0.28	-0.46	-0.68	-1.33	-1.97	-2.42	-3.39	-5.37	-0.45
-1.4	1.41	1.39	1.32	1.17	1.04	0.83	0.73	0.64	0.22	-0.31	-0.49	-0.71	-1.34	-1.95	-2.37	-3.27	-5.09	-0.39
-1.2	1.68	1.58	1.45	1.24	1.08	0.84	0.74	0.63	0.19	-0.35	-0.52	-0.73	-1.34	-1.92	-2.31	-3.15	-4.81	-0.34
-1.0	1.92	1.79	1.59	1.32	1.13	0.85	0.73	0.62	0.16	-0.41	-0.55	-0.76	-1.34	-1.88	-2.25	-3.02	-4.53	-0.27
-0.8	2.23	2.02	1.74	1.38	1.17	0.86	0.73	0.60	0.13	-0.44	-0.58	-0.79	-1.34	-1.84	-2.18	-2.89	-4.24	-0.22
-0.6	2.57	2.27	1.88	1.45	1.20	0.85	0.72	0.59	0.10	-0.47	-0.61	-0.80	-1.33	-1.80	-2.12	-2.75	-3.96	-0.17
-0.4	2.98	2.54	2.03	1.52	1.23	0.85	0.71	0.57	0.07	-0.50	-0.63	-0.82	-1.32	-1.75	-2.04	-2.61	-3.66	-0.11
-0.2	3.37	2.81	2.18	1.58	1.26	0.85	0.69	0.55	0.03	-0.55	-0.65	-0.83	-1.30	-1.70	-1.96	-2.47	-3.38	-0.05
0.0	32.72	3.09	2.33	1.64	1.28	0.84	0.67	0.52	0.00	-0.52	-0.67	-0.84	-1.28	-1.64	-1.88	-2.33	-3.09	0.00
0.2	4.16	3.38	2.47	1.70	1.30	0.83	0.65	0.50	-0.03	-0.50	-0.69	-0.85	-1.26	-1.58	-1.79	-2.81	-2.81	0.06
0.4	4.61	3.66	2.61	1.75	1.32	0.82	0.63	0.47	-0.07	-0.52	-0.71	-0.85	-1.23	-1.52	-1.70	-2.03	-2.54	0.11
0.6	5.05	3.96	2.75	1.80	1.33	0.80	0.61	0.44	-0.10	-0.55	-0.72	-0.85	-1.20	-1.45	-1.61	-1.88	-2.27	0.17
0.8	5.50	4.24	2.89	1.84	1.34	0.78	0.58	0.41	-0.13	-0.59	-0.73	-0.86	-1.17	-1.38	-1.52	-1.74	-2.02	0.22
1.0	5.96	4.53	3.02	1.88	1.34	0.76	0.55	0.38	-0.16	-0.60	-0.73	-0.85	-1.13	-1.32	-1.42	-1.59	-1.79	0.28
1.2	5.41	4.81	3.15	1.92	1.34	0.73	0.52	0.35	-0.19	-0.62	-0.74	-0.84	-1.08	-1.24	-1.33	-1.45	-1.58	0.34
1.4	6.87	5.09	3.27	1.95	1.34	0.71	0.49	0.31	-0.22	-0.63	-0.73	-0.83	-1.04	-1.17	-1.23	-1.32	-1.39	0.39
1.6	7.31	5.37	3.39	1.97	1.33	0.68	0.46	0.28	-0.25	-0.64	-0.73	-0.81	-0.99	-1.10	-1.14	-1.20	-1.24	0.45
1.8	7.76	5.64	3.50	1.99	1.32	0.64	0.42	0.24	-0.28	-0.64	-0.72	-0.80	-0.94	-1.02	-1.06	-1.09	-1.11	0.51
2.0	8.21	5.91	3.60	2.00	1.30	0.61	0.39	0.20	-0.31	-0.64	-0.71	-0.78	-0.90	-0.95	-0.97	-0.99	-1.00	0.57
2.2	8.63	6.14	3.68	2.02	1.27	0.57	0.35	0.16	-0.33	-0.64	-0.69	-0.75	-0.84	-0.88	-0.90	-0.90	-0.91	0.52
2.4	9.00	6.37	3.78	2.00	1.25	0.52	0.29	0.12	-0.35	-0.62	-0.67	-0.72	-0.79	-0.82	-0.83	-0.83	-0.83	0.67
2.6	9.39	6.54	3.86	2.00	1.21	0.48	0.25	0.085	-0.37	-0.61	-0.66	-0.70	-0.75	-0.76	-0.77	-0.77	-0.77	0.72
2.8	9.77	6.86	3.96	2.00	1.18	0.44	0.22	0.057	-0.39	-0.60	-0.64	-0.67	-0.70	-0.71	-0.71	-0.72	-0.72	0.76
3.0	10.16	7.10	4.05	1.97	1.13	0.39	0.19	0.027	-0.40	-0.59	-0.62	-0.64	-0.66	-0.66	-0.67	-0.67	-0.67	0.80

Misal 3.16. Maksimal su sərfələrinin natural loqarifmləri sırasının orta qiyməti 6,33, standart meyletməsi 0,862 və asimmetriya əmsalı -0,833-dür. Pirsonun III tip loqarifmik paylanmasıdan istifadə edərək 100 ildə 1 dəfə təkrarlanan maksimal su sərfini təyin edin.

Həlli: Verilənlərə görə $\mu_y = 6.33$, $\sigma_y = 0.862$, və $g_y = -0.833$. Onda, $k = g_y / 6 = -0.833 / 6 = -0.139$. Təkrarlanma dövrü 100 il olan $x'_{100} = 2.33$ (cədvəl 3.8).

Təkrarlanma faktoru, K_{100} , (və ya analitik əyrinin 1% təminatlı ordinat) hesablanır:

$$K_{100} = \frac{1}{3k} \left\{ [(x'_{100} - k)k + 1]^3 - 1 \right\}$$

$$= \frac{1}{3(-0.139)} \left\{ [(2.33 + 0.139)(-0.139) + 1]^3 - 1 \right\} = 1.72$$

Təkrarlanma dövrü 100 il olan su sərfinin loqarifmi, y_{100} ,

$$y_{100} = \mu_y + K_{100}\sigma_y = 6.33 + (1.72)(0.862) = 7.81$$

və maksimal su sərfinin həqiqi qiyməti, x_{100} , tapılır.

$$x_{100} = e^{y_{100}} = e^{7.81} = 2465 \text{ m}^3/\text{s}$$

Misal 3.17. Çayın orta çoxillik maksimal su sərfi $811 \text{ m}^3/\text{s}$, standart meyletməsi $851 \text{ m}^3/\text{s}$ təşkil edir. Maksimal su sərfələri Qumbel paylanmasına (I tip ekstremal kəmiyyət paylanması) uyğundur. Təkrarlanma dövrü 100 il olan su sərfini təyin edin..

Həlli: Şərtə görə $\mu_x = 811 \text{ m}^3/\text{s}$. Paylanmanın a və b parametrləri μ_x və σ_x -ə görə tapılır.

$$a = \frac{\sigma_x}{\sqrt{1.645}} = \frac{851}{\sqrt{1.645}} = 664 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b = \mu_x - 0.577a = 811 - 0.577(664) = 428 \text{ m}^3/\text{s}$$

Bu parametrlərdən istifadə etməklə maksimal su sərfələri, X , normalaşdırılmış kəmiyyətə, Y , transformasiya olunur (çevrilir):

$$Y = \frac{X - b}{a} = \frac{X - 428}{664}$$

100 illik təkrarlanma dövrü üçün maksimal su sərfinin ötürmə ehtimalı (təminatı) $1/100 = 0,01$ və inteqral (kumulyativ) ehtimalı isə $F(y) = 1 - 0,01 = 0,99$. Qumbel paylanmasının tənliyinə görə

$$0.99 = \exp[-\exp(-y_{100})]$$

burada y_{100} təkrarlanma dövrü 100 il olan kəmiyyətdir. Buradan

$$y_{100} = -\ln(-\ln 0.99) = 4.60$$

Təkrarlanma dövrü 100 ildə bir dəfə olan maksimal su sərfi, X_{100} , aşağıdakı ifadəyə görə hesablanır:

$$y_{100} = \frac{x_{100} - 428}{664}$$

və

$$x_{100} = 428 + 664y_{100} = 428 + 664(4.60) = 3482 \text{ m}^3/\text{s}$$

Misal 3.18. Müşahidə dövrü 25 il olan hidroloji məntəqədə maksimal su sərfələri sırasının orta qiyməti 1000 kub fut/s, orta kvadratik meyletmə 400 kub. fut/s təşkil edir. Ötürmə (aşma) ehtimalı 50 ildə 1 dəfə olan maksimal su sərfini hesablayın.

Həlli: Cədvəl 3.9-a görə təkrarlanma faktoru $K=3.088$,
 $x = \bar{x} + K_s = 1000 + 3.088 \cdot 400 = 2235$ kub. fut/s .

Cədvəl 3.9
 Qumbel paylanması üçün təkrarlanma faktorunun (K) qiymətləri

Sıranın uzunluğu	Təkrarlanma dövrü								
	2.33	5	10	20	25	50	75	100	1000
15	0.065	0.967	1.703	2.410	2.632	3.321	3.721	4.005	6.265
20	0.052	0.919	1.625	2.302	2.517	3.179	3.563	3.386	6.006
25	0.044	0.888	1.575	2.235	2.444	3.088	3.463	3.729	5.842
30	0.038	0.866	1.541	1.188	2.393	3.026	3.393	3.653	5.727
40	0.031	0.838	1.495	2.126	2.326	2.943	3.301	3.554	5.476
50	0.026	0.820	1.466	2.086	2.283	2.889	3.241	3.491	5.478
60	0.023	0.807	1.446	2.059	2.253	2.852	3.200	4.446	5.410
70	0.020	0.797	1.430	2.038	2.230	2.824	3.169	3.413	5.359
75	0.019	0.794	1.423	2.029	2.220	2.812	3.155	3.400	5.338
100	0.015	0.779	1.401	1.998	2.187	2.770	3.109	3.340	5.261
∞	-0.067	0.720	1.305	1.866	2.044	2.592	2.911	3.137	4.900

Misal 3.19. 30 illik müşahidə məlumatlarına görə çayın maksimal su sərfələri sırasının orta kəmiyyəti $811 \text{ m}^3/\text{s}$ və standart meylətməsi $851 \text{ m}^3/\text{s}$ təşkil edir. Qumbel paylanmasından (I tip ekstremal kəmiyyət paylanması) istifadə edərək təkrarlanma dövrü 100 ildə 1 dəfə olan maksimal su sərfini təyin edin. Əgər, sıranın uzunluğu 60 il və ya sonsuz olarsa, hesabi su sərfi necə dəyişər?

Həlli: Şərtə görə $\mu_x = 811 \text{ m}^3/\text{s}$ və $\sigma_x = 851 \text{ m}^3/\text{s}$. 100 ildə 1 dəfə təkrarlanan su sərfi, x_{100} , aşağıdakı ifadəyə görə hesablanır:

$$x_{100} = \mu_x + K_{100} \sigma_x = 811 + K_{100} 851$$

Sıranın uzunluğu 30 il olduqda, 100 ildə 1 dəfə təkrarlanan su sərfi üçün təkrarlanma faktoru, $K_{100} = 3,653$ (cədvəl 3.9) alınır. Onda

$$x_{100} = 811 + (3.653)851 = 3920 \text{ m}^3/\text{s}$$

Əgər, sıranın uzunluğu 60 il olarsa, onda $K_{100} = 3.446$ (cədvəl 3.9) və hesabi su sərfi

$$x_{100} = 811 + (3.446)851 = 3740 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Əgər, sıranın uzunluğu sonsuz olarsa,

$$K_{100} = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{100}{100-1} \right) \right] \right\} = 3.137$$

(cədvəl 3.9-dan da eyni qiymət alınır)

Onda

$$x_{100} = 811 + (3.137)851 = 3480 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Beləliklə, sıranın uzunluğu 30, 60 il və sonsuz olarsa, 100 ildə 1 dəfə təkrarlanan maksimal su sərfələri müvafiq olaraq $3920 \text{ m}^3/\text{s}$, $3740 \text{ m}^3/\text{s}$ olar. Bu onu göstərir ki, müşahidə illərinin sayı artdıqca 100 ildə 1 dəfə təkrarlanan maksimal su sərfinin qiyməti azalır.

Misal 3.20. Mauri çayının Leksinqton məntəqəsində 26 illik müşahidə dövrü üçün maksimal su sərfələri aşağıdakı kimidir:

Hidroloji il	Sərf, kub fut/s	Hidroloji il	Sərf, kub fut/s	Hidroloji il	Sərf, kub fut/s
1926	6 730	1935	13 800	1944	6 680
1927	9 150	1936	40 000	1945	6 540
1928	6 310	1937	10 200	1946	5 560
1929	10 000	1938	13 400	1947	7 700
1930	15 000	1939	8 950	1948	8 630
1931	2 950	1940	11 900	1949	14 500
1932	8 650	1941	5 840	1950	23 700
1933	11 100	1942	20 700	1951	15 100
1934	6 360	1943	12 300		

5, 10, 50 və 100 ildə bir dəfə təkrarlana bilən maksimal su sərfələrini təyin edin və cədvəl 3.10-dan istifadə edərək onların aşağı və yuxarı etibarlılıq sərhədlərini göstərin.

Cədvəl 3.10

Daşqınların təkrarlanma əyriləri üçün xətlərin sərhədləri

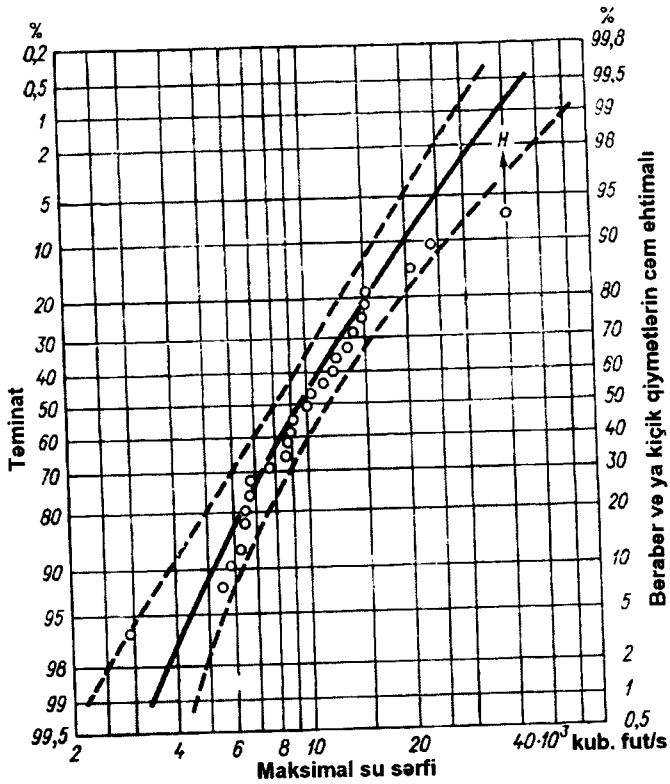
Müşahidə dövrü, il	Etibarlılıq intervalı (%), 5%-li əhəmiyyətlik səviyyəsi						
	99,9	99	90	50	10	1	0,1
5	1.22	1.00	0.76	0.95	2.12	3.41	4.41
10	0.94	0.76	0.57	0.58	1.07	1.65	2.11
15	0.80	0.65	0.48	0.46	0.79	1.19	1.52
20	0.71	0.58	0.42	0.39	0.64	0.97	1.23
30	0.60	0.49	0.35	0.31	0.50	0.74	0.93
40	0.53	0.43	0.31	0.27	0.42	0.61	0.77
50	0.49	0.39	0.28	0.24	0.36	0.54	0.67
70	0.42	0.34	0.24	0.20	0.30	0.44	0.55
100	0.37	0.29	0.21	0.17	0.25	0.36	0.45
	0,1	1	10	50	90	99	99,9

Etibarlılıq intervalı (%), 95%-li əhəmiyyətlik səviyyəsi

Həlli: 1. Əsas statistik parametrlərin hesablanmış qiymətləri aşağıdakı cədvəldə verilmişdir:

Sıranın parametrləri	Mütləq	Loqarifmik
Sıranın uzunluğu	26	26
Orta kəmiyyət	11 606	4, 001
Dispersiya, s^2	$53,87 \cdot 10^6$	0, 0516
Asimmetriya əmsali, C_s	2,4	0, 38

2. Məlumatları artan sıra ilə düzdükdən sonra onlar ehtimallar damasına köçürülmüşdür (şəkil 3.15).



Şəkil 3.15. Mauri çayının maksimal su sərfələrinin təkrarlanma əyrisi və etibarlılıq sərhədləri (Leksinqton məntəqəsi, Virciniya ştatı)

3. Şəkil 3.15-də Pirsonun III tip loqarifmik paylanma əyrisi keçirilmişdir. Əyrinin koordinatları məlumat kitablarında verilən cədvəllər əsasında müəyyən edilmişdir. Hesablamaların nəticələri aşağıdakı cədvəldə verilmişdir:

Təminat, %	$C_s=0.38 K$	$\bar{y}=4.001,$ $s=0.227,$ $\bar{y}+K_s=\log Q$	$Q, m^3/s$
99	-2.050	3.535	3 424
95	-1.532	3.653	4 496
90	-1.241	3.719	5 235
80	-0.855	3.760	5 752
50	-0.062	3.987	9 700
20	0.818	4.187	15 370
10	1.315	4.300	19 930
4	1.872	4.426	26 670
2	2.248	4.511	32 470
1	2.597	4.590	38 950
5	2.924	4.665	46 290

Cədvəl 3.10-nun məlumatlarına əsasən təyin olunmuş etibarlılıq sərhədləri şəkil 3.15-də göstərilmişdir. Bir nöqtənin etibarlılıq intervalı sərhədlərindən kənara çıxması diqqəti cəlb edir. Meyl edən H nöqtəsinin qrafikdə yeri Hazen metoduna görə dəqiqləşdirilmişdir.

Misal 3.21. Roki (Rocky) çayı üzərində 1960-1980-ci illərdə yerinə yetirilmiş müşahidələrin məlumatlarına görə maksimal su sərfələrinin orta çoxillik qiyməti $52 m^3/s$, standart meyletməsi $21 m^3/s$ və asimetriya əmsalı $0,8$ -dir. Bu parametrlərin standart (mütləq) və nisbi xətalərini hesablayın.

Həlli: Şərtə görə $N = 21$ (1960-1980), $\hat{\mu} = 52 m^3/s$, $\hat{\sigma} = 21 m^3/s$, və $\hat{g} = 0.8$. Əvvəlcə orta kəmiyyət, μ , və standart meyletmənin, σ , mütləq xətaləri (S_{μ} və S_{σ}) hesablanır:

$$\hat{S} = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{N}} = \frac{21}{\sqrt{21}} = 4.6 m^3/s$$

$$S_{\hat{\sigma}} = \hat{\sigma} \sqrt{\frac{1+0.75\hat{g}}{2N}} = \sqrt{\frac{1+0.75(0.8)}{2(21)}} = 4.1 m^3/s$$

Asimetriya əmsalının, \hat{g} , mütləq xətası, $S_{\hat{g}}$ aşağıdakı düstü-

ra görə təyin olunur:

$$S_{\hat{g}} = \left[10^{A - B \log_{10}(N/10)} \right]^{0.5}$$

$|g_x| \leq 0,9$ olduğuna görə

$$A = -0.33 + 0.08|g_x| = -0.33 + 0.08|0.8| = -0.27$$

və $|g_x| \leq 1,50$ olduğuna görə

$$B = 0,94 - 0,26|g_x| = 0.94 - 0.26|0.8| = 0.73$$

və beləliklə

$$S_{\hat{g}} = \left[10^{-27 - 0.73 \log_{10}(21/10)} \right]^{0.5} = 0.56$$

Beləliklə, orta kəmiyyət, standart meyletmə və asimmetriyanın mütləq xətaları müvafiq olaraq $4.6 \text{ m}^3/\text{s}$, $4.1 \text{ m}^3/\text{s}$, və 0.56 təşkil edir.

Nisbi xətlər aşağıdakı ifadələrə görə hesablanır:

$$\text{orta kəmiyyətin nisbi xətası} = \frac{S_{\hat{\mu}}}{\hat{\mu}} \times 100 = \frac{4.6}{52} \times 100 = 8.8\%$$

$$\text{standart meyletmənin nisbi xətası} = \frac{S_{\hat{\sigma}}}{\hat{\sigma}} \times 100 = \frac{4.1}{21} \times 100 = 20\%$$

$$\text{asimmetriyanın nisbi xətası} = \frac{S_{\hat{g}}}{\hat{g}} \times 100 = \frac{0.56}{0.8} \times 100 = 70\%.$$

Parametrlərin təyininin nisbi xətlərinin təhlili göstərir ki, momentlərin dərəcələri artdıqca, xətlər də artır.

Misal 3.22. Yaşayış məntəqəsini içməli su ilə təchiz etmək üçün su götürülməsi nəzərdə tutulan çayın orta çoxillik minimal su sərfi $123 \text{ m}^3/\text{s}$, standart meyletməsi isə $37 \text{ m}^3/\text{s}$ təşkil edir. Minimal su sərfinin ən kiçik qiyməti $0 \text{ m}^3/\text{s}$ olarsa Veybul paylanmasından (III tip ekstremal kəmiyyət paylanması) istifadə etməklə minimal su sərfinin $80 \text{ m}^3/\text{s}$ -dən az olma ehtimalını hesablayın.

Həlli: Şərtə görə $\mu_x = 123 \text{ m}^3/\text{s}$ və $\sigma_x = 37 \text{ m}^3/\text{s}$. Veybul paylanması üçün a və b parametrlərini təyin etmək üçün aşağıdakı ifadələrdən istifadə olunur:

$$b\Gamma\left(1 + \frac{1}{a}\right) = 123 \quad (= \mu_x)$$

və

$$b^2 \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{a}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{a}\right) \right] = (37)^2 \quad (= \sigma_x^2)$$

Bu iki tənliyi birgə həll edərək b parametrini a -dan asılı tapıb o biri tənlikdə yerinə yazsaq aşağıdakı tənliyi ala bilərik:

$$\frac{123^2}{\Gamma^2\left(1 + \frac{1}{a}\right)} \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{a}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{a}\right) \right] = 37^2$$

və ya

$$\frac{\Gamma\left(1 + \frac{2}{a}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{a}\right)}{\Gamma^2\left(1 + \frac{1}{a}\right)} = 0.0905$$

Bu tənliyi iterasiya yolu ilə həll edib $f(a)$ funksiyasına görə a parametrini təyin etmək olar.

$$f(a) = \frac{\Gamma\left(1 + \frac{2}{a}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{a}\right)}{\Gamma^2\left(1 + \frac{1}{a}\right)} = \frac{\Gamma\left(1 + \frac{2}{a}\right)}{\Gamma^2\left(1 + \frac{1}{a}\right)} - 1$$

Gamma funksiyasının aşağıdakı cədvəldə verilmiş qiymətlərindən istifadə etməklə də a parametrini tapmaq olar: $f(a) = 0,0905$ qiymətinə uyğun $a = 3,65$.

a	$\Gamma\left(1+\frac{2}{a}\right)$	$\Gamma\left(1+\frac{1}{a}\right)$	$f(a)$
2.00	1.000	0.886	0.273
3.00	0.903	0.893	0.132
4.00	0.886	0.906	0.079
3.79	0.888	0.904	0.0866
3.69	0.888	0.903	0.0890
3.65	0.889	0.903	0.0903

beləliklə, $a = 3.65$ və

$$b = \frac{123}{\Gamma\left(1+\frac{1}{a}\right)} = \frac{123}{\Gamma\left(1+\frac{1}{3.65}\right)} = \frac{123}{0.903} = 136$$

Minimal su sərfələri üçün Veybulun kumulyativ (inteqral) paylanması tənliyinə görə

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{b}\right)^a\right] = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{136}\right)^{365}\right]$$

və $X \leq 80 \text{ m}^3/\text{s}$ hadisəsinin ehtimalı

$$F(80) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{80}{136}\right)^{365}\right] = 0.134 = 13.4\%.$$

4. QISA MÜŞAHİDƏ SİRALARINA GÖRƏ AXIM XARAKTERİSTİKALARININ QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

4.1. Ümumi müddəalar

Müşahidə məlumatları əsasında tərtib edilmiş su sərfələri sıraları həmişə reprezentativ olmur, yəni bütöv tsiklləri əhatə etmir və sıranın orta kəmiyyətinin nisbi orta kvadratik xətası 10-20%-dən çox olur. Belə sıraların uzunluğu axım normasını hesablamaq üçün kifayət etmir.

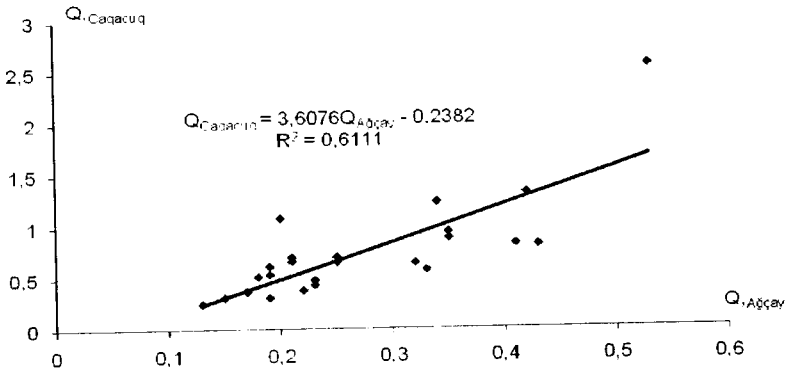
Əgər, müşahidə sırası qısadirsə, onda belə çayın axım norması analoq çayın məlumatlarından istifadə edilməklə təyin olunur.

Analoq çay seçilərkən aşağıdakılar nəzərə alınır:

- hesabi (axımının hesablanması tələb olunan) və analoq çay coğrafi baxımdan mümkün qədər bir-birinə yaxın yerləşməlidirlər, çünki onların arasında məsafə artdıqca axımın əmələgəlmə şəraiti daha çox fərqlənir;
- hər iki çay hövzəsində iqlim şəraiti eyni olmalıdır;
- hər iki çayın müvafiq axım xarakteristikasının tərəddüdləri sinxron olmalıdır, çünki sinfaz tərəddüdlərdə baxılan əlaqə adətən zəif olur;
- çay hövzələrinin relyefi, torpaq və bitki örtükləri, hidrogeoloji xüsusiyyətləri çox fərqli olmamalıdır;
- çay sutoplayıcılarının göllük və meşəlik əmsalları yaxın olmalıdır;
- düzənlik çaylarının sutoplayıcı sahələrinin nisbəti 10 dəfədən, dağ çaylarının sutoplayıcılarının orta hündürlüklər fərqi isə təqribən 300 m-dən az olmalıdır;
- hövzələrdə çayların zonal rejimini pozan amillər (karst, artezian suları və s.) olmamalıdır;
- hər iki çay üzərində paralel müşahidələr dövrü 10 ildən az olmamalıdır, belə ki, adətən bu müddət ərzində çayların ümumi rejim xüsusiyyətlərini müəyyən etmək olur.

Analoq çayın düzgün seçilməsinin iki obyektiv meyarı var:

- paralel müşahidələr dövründə axım xarakteristikaları arasındakı əlaqənin korrelyasiya əmsalı $r \geq 0,7$ olmalıdır (şəkil 4.1);
- bu əlaqənin analitik ifadəsinin reqressiya əmsalının, k , onun orta kvadratik xətasına, σ_k , nisbəti $k/\sigma_k \geq 2$ olmalıdır.



Şəkil 4.1. Ağçay (Suktakala məntəqəsi) və Caqacuqçayın (Rustov məntəqəsi) orta illik su sərfləri arasında əlaqə qrafiki

Müşahidə sırası qısa olan çayla analoq çayın müvafiq axım xarakteristikaları arasında əlaqə qrafiki qurulduqda (şəkil 4.1) axım norması iki yolla hesablan bilər:

- analoq çayın axım normasına görə hesabi (qısa sıralı) çay üçün birbaşa norma təyin olunur;
- əlaqəyə görə qısa sıra uzadılır və uzadılmış sıra üçün axım norması hesablanır.

Təqribən 2000-ci ilə kimi, müşahidə məlumatları kifayət qədər olmadıqda hidroloji sıranın parametrləri yuxarıda göstərilən sxemə müvafiq yerinə yetirilirdi. Lakin son illərdə bu sxem təkmilləşdirilmişdir. Hazırda müşahidə illərinin sayından asılı olaraq müxtəlif hesablama metodlarından istifadə olunur. Bu metodlara növbəti iki paragrafda baxılır.

4.2. Müşahidələrin davamiyyəti 6 ildən az olduqda istifadə edilən hesablama metodları

Hidroloji müşahidə məlumatları 6 ildən az olduqda onların parametrlərini çoxillik dövrə gətirmək, buraxılmış müşahidələri bərpa etmək və paylanmanın kvantillərini təyin etmək üçün üç metoddan istifadə olunur: nisbətələr metodu, reqressiya tənlikləri metodu və qrafiki metod.

4.2.1. Nisbətələr metodu

Bu metod tətbiq olunduqda belə hesab edilir ki, qısa müşahidələr yerinə yetirilmiş məntəqədə və analoq məntəqədə modul əmsalları təqribən bərabərdir. Axımın illik qiymətini bərpa etmək, norma və təminatlı qiymətlərini çoxillik dövrə gətirmək üçün müvafiq olaraq aşağıdakı düsturlardan istifadə olunur:

$$y_{i-k} = x_{i-k} \frac{y_i}{x_i}, \quad (4.1)$$

$$\bar{y} \cong \bar{x} \frac{y_i}{x_i}, \quad (4.2)$$

$$y_p \cong x_p \frac{y_i}{x_i}, \quad (4.3)$$

burada y və x – müvafiq olaraq, qısa sıralı və analoq məntəqədə çay axımının müşahidə olunmuş qiymətləri; \bar{y} və \bar{x} , həmçinin y_p və x_p – müvafiq olaraq, qısa sıralı məntəqədə və analoq məntəqədə axım norması və axımın $P\%$ təminatlı qiymətləridir.

Nisbətələr metodu istifadə olunduqda qısa sıralı çayın axım kəmiyyətləri ilə analoq çayın axım kəmiyyətləri arasında əlaqənin korrelyasiya əmsalı, R , bu əmsalın böhran qiymətindən, R_b , böyük olmalıdır ($R \geq R_b$). Mövcud tələblərə görə $R_b \geq 0,7$ olmalıdır. R məkan korrelyasiya funksiyası və ya analoq məntəqələrin məlumatlarına görə tərtib edilmiş cüt korrelyasiya əmsallarının matrisindən təyin olunur.

Hesablamalarda yalnız bir analoqdan deyil, bir neçə analoq məntəqənin məlumatından istifadə etmək olar. Müəyyən edilmişdir ki, təsadüfi orta kvadratik xətlər analoqların sayı yalnız üçə qədər artdıqda azalır.

Axımın illik qiyməti, norması və təminatlı qiymətlərinin hesablanması orta kvadratik (standart) xətası analoq məntəqələrin məlumatlarına görə qiymətləndirilir. Bu məqsədlə layihə yerinə yetiriləcək bircins hidroloji rayonda iki hidroloji müşahidə məntəqəsi seçilir. Bu məntəqələrdən biri şərti olaraq hesabı (axımı öyrənilən) məntəqə, o biri isə analoq məntəqə qəbul edilir. Axımın qiyməti, hesabı məntəqədəki müşahidə illərinin sayı dəfə 4.1-4.3 düsturlarına görə hesablanır.

Yalnız bir ilin müşahidə məlumatlarından istifadə edildikdə, axımın illik qiyməti, norması və paylanma kvantilləri qiymətlərinin təyininin standart xətası aşağıdakı düstura görə hesablanır:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_m - y_n)^2}{n-1}}, \quad (4.4)$$

burada y_m -konkret il üçün axımın müşahidə olunmuş qiymətləri və ya axım norması və ya paylanma kvantilləri; y_n - konkret il üçün axımın hesablanmış qiymətləri və ya axım norması və ya paylanma kvantilləridir.

Əgər hidroloji xarakteristikanın standart xətası bir ilin müşahidə məlumatlarına görə təyin edilibsə, onda 2-5 illik müşahidə məlumatlarına görə yerinə yetirilmiş hesablamaların standart xətaləri təqribi olaraq aşağıdakı düstura görə tapıla bilər:

$$\sigma_{y(n)} = \frac{\sigma_{y(1)}}{\sqrt{n}}, \quad (4.5)$$

burada $\sigma_{y(1)}$ -hidroloji xarakteristikanın bir illik müşahidə məlumatlarına görə hesablanmış qiymətinin standart xətası; $\sigma_{y(n)}$ -hidroloji xarakteristikanın n illik müşahidə məlumatlarına görə hesablanmış qiymətinin standart xətası; n -müşahidə illərinin sayıdır.

Bu düstura görə hidroloji xarakteristikanın verilən dəqiqliklə (standart xəta ilə) hesablanması üçün tələb olunan müşahidə

illərinin sayını təyin etmək olar. Bu, hidrometeoroloji çöl tədqiqat işlərinin müddətinin təyində istifadə oluna bilər.

Nisbətler metodu çox etibarlı analoq olduqda istifadə edilə bilər. Müşahidə məntəqələri eyni çay üzərində yerləşdikdə və ya müşahidə məntəqəsinin yeri dəyişdirildikdə bu metodun tətbiqi kifayət qədər effektivdir.

4.2.2. Regressiya tənlikləri metodu

Bu metoda görə hər bir il üçün axımın qiymətini bərpa etmək olar. Bunun üçün hesabi çay yerləşən bircins hidroloji rayonda ən azı 5 analoq məntəqə olmalıdır. Əgər, hesabi çayda axımın hər hansı bir xarakteristikası üzərində yalnız 1 il müşahidə aparılıbsa, onda analoq məntəqələrin məlumatlarına görə həmin ilin su sərtləri ilə qalan bütün müşahidə illərinin müvafiq su sərtləri arasında ardıcıl olaraq regressiya tənlikləri hesablanır:

$$Q_{h,b} = KQ_{h,m} + b, \quad (4.6)$$

burada $Q_{h,b}$ və $Q_{h,m}$ -hesabi çay üçün müvafiq olaraq axımın bərpa olunan və müşahidə olunmuş qiymətləridir.

Hesablamalarda yalnız o tənliklərdən istifadə edilir ki, $r \geq 0,7$ şərti ödənilsin.

Tutaq ki, Kiçik Qafqaz təbii vilayətinin bircins hidroloji rayonlarından birində 9 hidroloji müşahidə məntəqəsi var. Bu məntəqələrdə müşahidə dövrü 1935-2009-cu illəri əhatə edir (müşahidə dövrləri fərqli də ola bilər). Bu rayonun çaylarından birində (hesabi çayda) yalnız 1 il (məsələn, 2007-ci il) su sərtləri (məsələn, minimal su sərtləri) üzərində müşahidələr yerinə yetirilib. 9 məntəqənin minimal su sərtlərinə görə aşağıdakı regressiya tənlikləri hesablanır:

$$\begin{aligned} Q_{1935} &= K_{1935}Q_{2007} + b_{1935} \\ Q_{1936} &= K_{1936}Q_{2007} + b_{1936} \end{aligned} \quad (4.7)$$

$$Q_{2009} = K_{2009}Q_{2007} + b_{2009}$$

Bu tənliklərdən istifadə edərək, hesabi çayda 2007-ci ildə müşahidə olunmuş minimal su sərfinə görə qalan illərin (1935, 1936,....., 2009) müvafiq su sərfəri bərpa olunur.

Minimal su sərfələrinin bərpa olunmuş qiymətlərinə görə çox-illik hidroloji sıra tərtib edilir və paylanmanın parametrləri (norma, variasiya və asimmetriya əmsalları) və kvantilləri, həmçinin avtokorrelyasiya əmsalı hesablanır.

Əgər, hesabi çayda müşahidələr 2-5 il yerinə yetirilibsə, hesablamalar oxşar yolla aparılır.

Tutaq ki, 2 illik (2007 və 2008-ci illər) müşahidə məlumatları var. Onda, 2007-ci ilin məlumatlarına görə alınmış (4.7) tənliklərinə oxşar reqressiya tənlikləri 2008-ci ilin su sərfələrinə görə də tərtib olunur. Belə olduqda, hər bir il üçün (məsələn, 1935-ci il) hesabi çayda su sərfinin 2 bərpa olunmuş qiyməti alınır. Hesabi qiymət kimi, bu 2 su sərfinin ədədi ortası qəbul olunur.

Aydındır ki, hesabi çayda müşahidə illərinin sayı artdıqca, baxılan axım xarakteristikasının hesablanma dəqiqliyi də artır.

4.2.3. Qrafiki metod

Çay axımının variasiya əmsalını və təminatlı qiymətlərini təqribi qiymətləndirmək üçün qrafiki metod tətbiq oluna bilər. Tədqiq olunan çayın yerləşdiyi bircins hidroloji rayon üçün C_s/C_v nisbətini təyin olunmuş qiymətindən istifadə etməklə təminat əyrisi qurulur. Ehtimallar damasında ordinat oxunda modul əmsalının qiymətləri göstərilir. Modul əmsallarının qiymətləri layihələndirilən məntəqənin faktiki müşahidə məlumatlarına və axım normasına görə hesablanır. Axım norması isə nisbətələr metoduna və ya reqressiya metoduna görə təyin olunur. Axımın təminatlı qiymətlərini hesablamaq üçün tədqiq olunan məntəqədə ən azı iki illik müşahidə məlumatları olmalıdır.

Layihələndirilən məntəqədə müşahidələrin yerinə yetirildiyi konkret illər üçün analoq məntəqənin (və ya məntəqələrin) məlu-

matlarına görə axımın empirik təminatı hesablanır. Bu empirik təminatlara uyğun modul əmsallarının qiymətləri C_s/C_v nisbətinin müəyyən olunmuş qiymətində ehtimallar damasında qeyd edilir. Müşahidə olunmuş su sərfələrinin empirik təminatlarınınin fərqi 10%-dən az olmamalıdır.

Ehtimallar damasında empirik nöqtələr düz xəttlə approksimasiya olunur və variasiya əmsalları şkalası ilə kəşifənə qədər uzadılır.

Məlum axım normasına və modul əmsallarının qiymətlərinə görə axımın müxtəlif təminatlı qiymətləri hesablanır.

Qrafiki metod yalnız layihə işlərinin ilkin mərhələlərində istifadə oluna bilər.

4.3. Müşahidələrin davamiyyəti 6 il və daha çox olduqda istifadə edilən hesablama metodları

Hidroloji müşahidələrin davamiyyəti 6 il və daha çox olduqda sızaların və onların parametrlərinin çoxillik dövrə gətirilməsi analitik, qraf-analitik və qrafiki metodlarla yerinə yetirilir.

4.3.1. Analitik metodlar

Axımın paylanması parametrlərini və kvantillərini, həmçinin ayrı-ayrı illərdə axım qiymətlərini obyektiv hesablamaq üçün analitik üsullardan istifadə olunur. Bu metodlar reqression analize əsaslanır və bir və ya bir neçə analoq məntəqənin məlumatlarından istifadə etməyə imkan verir. Analıq kimi meteoroloji informasiya, həmçinin axımın əmələgəlmə şəraitinin əsas amilləri də istifadə oluna bilər.

Analitik metodların tətbiqi aşağıdakı şərtlərin ödənilməsinə tələb edir:

$$n \geq 6-10; R \geq R_b; R/\sigma_R \geq 2; K/\sigma_K \geq 2; y/\sigma_y \geq 2, \quad (4.8)$$

burada n -hesablamalar yerinə yetirilən məntəqədə və analıq məntəqələrdə (bir analıq üçün $n \geq 6$, iki və daha çox analıq üçün $n \geq 10$) paralel müşahidə illərinin sayı; R -cüt və ya çoxhədli korrelyasiya əmsalı; K -reqressiya tənliklərinin əmsalları; R_b -cüt

və ya çoxhədli korrelyasiya əmsalının böhran qiyməti ($R_b \geq 0,7$); y-tədqiq olunan hidroloji xarakteristikanın bərpa olunmuş qiyməti; σ_y -bərpa olunmuş hidroloji xarakteristikanın orta kvadratik xətasıdır.

Əgər, reqressiya tənliyinin hətta bir əmsalı üçün yuxarıda göstərilən şərt ödənilmirsə, onda çoxillik dövrə gətirmədə həmin tənlik istifadə olunmur.

Analitik metodlarla parametrlərin çoxillik dövrə gətirilməsi mərhələ-mərhələ yerinə yetirilir:

- yuxarıda göstərilən şərtləri ödəyən bütün tənliklər korrelyasiya əmsallarının azalma qaydasında düzülür;
- axımın illik qiymətləri ən böyük korrelyasiya əmsalına malik tənliyə görə bərpa olunur;
- axımı bərpa olunmamış illər və ya onların bəziləri üçün korrelyasiya əmsalı əvvəlkindən kiçik, lakin qalanlardan böyük olan reqressiya tənliyi istifadə olunur;
- axımın illik qiymətlərinin mərhələ-mərhələ bərpası bu qaydada axıra kimi davam etdirilir.

Axımı bərpa etmək üçün istifadə olunan çoxhədli reqressiya tənliyi aşağıdakı kimidir:

$$y = k_0 + k_1 x_1 + k_2 x_2 + \dots + k_j x_j + \dots + k_l x_l \quad (4.9)$$

burada y-qısa müşahidə sırası olan məntəqədə axımın qiymətləri; x_j - analoq məntəqələrdə axımın qiymətləri; k_0 -sərbəst hədd; k_j - $j=1,2,\dots,l$ olduqda xətti reqressiya tənliklərinin əmsalları; l -analoq məntəqələrin sayıdır.

Bu reqressiya tənliyinin əmsalları ən kiçik kvadratlar metoduna görə təyin olunur.

Əgər, hesablamalarda yalnız bir analoqdan istifadə olunursa, onda axımın kəmiyyəti çoxillik dövrə aşağıdakı düstura görə gətirilə bilər:

$$\bar{y}_N = \bar{y}_n + r \frac{\sigma_n}{\sigma_{n,a}} (\bar{y}_{N,a} - \bar{y}_{n,a}), \quad (4.10)$$

burada $\bar{y}_n, \bar{y}_{n,a}$ -müvafiq olaraq tədqiq olunan çay və analoq çayın paralel müşahidələr dövrü üçün hidroloji xarakteristikasının

orta qiyməti; $\bar{y}_N, \bar{y}_{N,a}$ -müvafiq olaraq, tədqiq olunan çay və analoq çayın N -illik dövr üçün axım norması; $\sigma_n, \sigma_{n,a}$ -müvafiq olaraq, tədqiq olunan çay və analoq çayın hidroloji xarakteristikasının paralel müşahidələr dövrü, n , üçün orta kvadratik meylətməsidir.

Çoxillik dövrə gətirilmiş axım normasının nisbi orta kvadratik xətası aşağıdakı düstura görə qiymətləndirilir:

$$E_{y_N}^- = \frac{\sigma_n}{y_N \sqrt{n}} \sqrt{1 + r^2 \left(\frac{n}{N} \frac{\sigma_{N,a}^2}{N \sigma_{n,a}^2} - 1 \right)} \cdot 100\%. \quad (4.11)$$

Variasiya əmsalı isə bu düstura görə hesablanır:

$$C_{V,N} = \frac{\sigma_n}{y_N \sqrt{1 - \left[r^2 (1 - \sigma_{n,a}^2 / \sigma_{N,a}^2) \right]}}. \quad (4.12)$$

Axırınıcı hər iki düsturda $\sigma_{N,a}$ -analoq çayın hidroloji xarakteristikasının N -illik dövr üçün orta kvadratik meylətməsidir

Çoxhədli reqressiya tənliyinə görə bərpa olunmuş məlumatların dispersiyası həqiqi dispersiya ilə müqayisədə kiçik alınır. Dispersiyanın sistemətik azalması iki üsulla aradan götürülə bilər.

1. Reqressiya tənliyinə görə hesablanmış axımın illik qiymətlərinə düzəliş etməklə:

$$y_i = \frac{y_i - \bar{y}_n}{r} + \bar{y}_n, \quad (4.13)$$

burada y_i -axımın reqressiya tənliyinə görə hesablanmış illik qiymətləri; \bar{y}_n -paralel müşahidələr dövrü üçün qısa sıranın orta qiyməti; r -paralel müşahidələr dövrü üçün qısa sıra və analoq məntəqənin sırası arasında əlaqənin cüt korrelyasiya əmsalıdır.

2. Müşahidə olunmuş məlumatların reqressiya tənliyinə görə hesablanmış qiymətlərdən meylətməsinin təsadüfi toplananı nəzərə almaqla:

$$y'_i = y_i + \varphi\sigma\sqrt{1-r^2}, \quad (4.14)$$

burada φ -riyazi gözləməsi (orta kəmiyyəti) sıfıra, dispersiyası vahidə bərabər və normal paylanma qanununa tabe olan təsadüfi kəmiyyətdir. Bu kəmiyyət, bərabər paylanan təsadüfi ədədlər cədvəlindən təyin olunan ehtimalla görə tapılır; σ -müşahidə sırasının orta kvadratik meyletməsidir.

İkinci üsuldan istifadə axımın bərpa olunmuş qiymətlərinin sayı 30-dan çox olduqda məqsədəuyğundur.

Çay axımının norması, axımın hər bir il üçün müxtəlif təminatlı qiymətləri, onların konkret illərin axım kəmiyyəti ilə əlaqələrinə görə təyin olunur (bax paraqraf 4.2-yə).

Qısa sıra bərpa olunduqdan sonra, alınmış yeni (uzun) sıranın parametrləri hesablanır: orta çoxillik qiymət, variasiya və asimmetriya əmsalları, sıranın qonşu həddləri arasında korrelyasiya əmsalı və kvantillər.

Asimmetriya əmsalı və sıranın qonşu həddləri arasında korrelyasiya əmsalının $r(1)$ qiymətləri kimi C_s/C_v nisbəti və $r(1)$ -in orta rayon qiymətləri qəbul olunur.

Bərpa olunmuş məlumatların etibarlılığı və dayanıqlığı yalnız tədqiq olunan çay üzərindəki müşahidə illərinin sayından deyil, həm də müşahidə məlumatlarına ekvivalent olan informasiyanın həcmindən asılıdır.

Müşahidə məlumatlarına ekvivalent informasiyanın həcmi, müvafiq olaraq axım norması və orta kvadratik meyletmə üçün aşağıdakı düsturlara görə təyin olunur:

$$N_{e,y} = \frac{N}{1 + \frac{N-n}{n-2} \cdot (1-r^2)}, \quad (4.15)$$

$$N_{e,\sigma} = \frac{Nn}{n + (N-n)(1-R^4)}, \quad (4.16)$$

burada n -tədqiq olunan çay və analoq çayda paralel müşahidə illərinin sayı; $(N-n)$ -reqressiya tənliyinə görə axımı bərpa olunmuş illərin sayı; R -cüt və ya çoxhədli korrelyasiya əmsalıdır.

Hidroloji xarakteristikalar arasında funksional asılılıqlar olmadığından ($R < 1$), ekvivalent asılı olamayan informasiyanın həcmi N_e , həmişə n -dən böyük, lakin N -dən kiçik olur. Yalnız $R = 1$ olduqda, $N_e = N$ olur.

Misal 4.1. Cekson x və Kaupeyşçer y çaylarının orta sutkalıq minimal su sərfələri arasında korrelyasiya əmsalını hesablayın və reqressiya tənliyini tərtib edin. Sıraların uzunluğu 12 ilə bərabərdir. Müşahidə məlumatları aşağıdakı cədvəldə verilir.

İl	Cekson çayı	Kaupeyşçer çayı
1941	61	58
1942	92	81
1943	65	70
1944	72	63
1945	82	68
1946	67	58
1947	74	74
1948	118	105
1949	124	134
1950	108	108
1951	65	93
1952	88	85
Orta	84,7	83,1
Orta kvadratik meylectmə	20,8	22,3

Həlli: 1. Əvvəlcə cəm ifadələr hesablanır: $\sum x = 1016$, $\sum y = 997$,
 $\sum x^2 = 91216$, $\sum xy = 89299$.

2. Reqressiya tənliyinin α və β parametrləri tapılır:

$$\beta = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}}{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}} = \frac{89299 - \frac{1016 \cdot 997}{12}}{91216 - \frac{(1016)^2}{12}} = 0.941$$

$$\alpha = \frac{\sum y_i}{n} - \beta \frac{\sum x_i}{n} = \frac{997}{12} - 0.941 \frac{1016}{12} = 3.44.$$

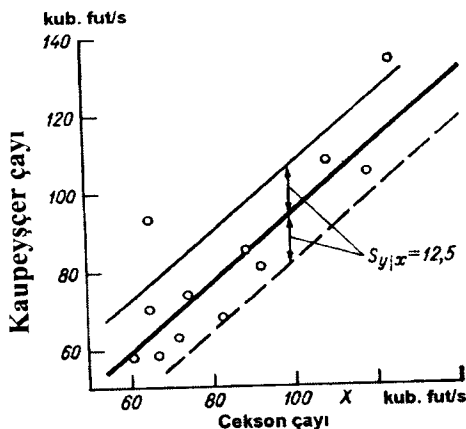
Regressiya tənliyi belə alınır: $y = 3.44 + 0.941x$.

3. Korrelyasiya əmsalı hesablanır: $r = \beta \frac{\sigma_y}{\sigma_x} = \frac{0.941 \cdot 20.8}{22.3} = 0.86$

4. Əlaqənin orta kvadratik xətası hesablanır:

$S_{y/x} = \frac{n}{n-2} S_y^2 (1-r^2)$. Xəta $\pm 12,5$ təşkil edir. Bu xətanın

qiymətini nəzərə almaqla şəkil 4.2-də əlaqələrin dayanıqlıq dərəcəsini göstərən iki düz xətt keçirilmişdir. Onlar regressiya xəttinə paraleldir.



Şəkil 4.2. Kaupeyşçer və Cekson çaylarının orta sutkalıq minimal su sərfələri arasında əlaqə qrafiki

4.3.2. Qrafiki metod

Layihələndirmənin ilkin mərhələlərində axım parametrlərini çoxillik dövrə gətirmək üçün qrafiki metoddan istifadə oluna bilər. Adətən, bu metodla axımın orta çoxillik kəmiyyəti (norması) təyin edilir. Əlaqə qrafikləri öyrənilən məntəqədə və analoq məntəqədə ən azı 6 il paralel yerinə yetirilmiş müşahidə məlumatlarına görə qurula bilər. Əlaqələr o halda istifadəyə yararlı hesab olunurlar ki, onların korrelyasiya əmsalı 0,7-dən kiçik olmasın. Əlaqə düzxətli olduqda axım norması birbaşa analoq çayın axım normasına görə təyin edilir.

Əlaqə əyrixətli olduqda, onun xətti olmamasının statistik əhə-

miyyətliliyi qiymətləndirilməlidir.

Əyrixətli əlaqədən istifadə etdikdə, əvvəlcə, analoq çayın məlumatlarına görə öyrənilən çayın qısa sırası uzadılır və bərpa olunmuş sıranın parametrləri hesablanır.

4.3.3. Qraf-analitik metod

Qraf-analitik metoddan istifadəyə də yalnız layihələndirmənin ilkin mərhələlərində yol verilir. Paylanma parametrlərinin çoxillik dövrə gətirilməsi aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirilir:

1. Paralel müşahidələr dövrü üçün öyrənilən çay və analoq çayın axım kəmiyyətləri arasında əlaqə qrafiki qurulur.

2. Analoq çayın axım sırasının parametrləri qraf-analitik metodla hesablanır və analitik təminat əyrisi qurulur.

3. Analoq çayın analitik təminat əyrisindən paylanmanın üç kvantili (5%, 50%, 95%) təyin olunur.

4. Analoq çayın 5%, 50% və 95% təminatlı axım kəmiyyətlərinə görə əlaqə qrafikindən qısa sıranın çoxillik dövrə gətirilmiş müvafiq təminatlı axım qiymətləri tapılır.

5. Öyrənilən çayın çoxillik dövrə gətirilmiş 5%, 50% və 95% təminatlı qiymətlərinə görə paylanmanın parametrləri hesablanır:

$$S = \frac{Q_{5\%} + Q_{95\%} - 2Q_{50\%}}{Q_{5\%} - Q_{95\%}}, \quad (4.17)$$

$$\sigma = \frac{Q_{5\%} - Q_{95\%}}{\phi_{5\%} - \phi_{95\%}}, \quad (4.18)$$

$$\bar{Q} = Q_{50\%} - \phi_{50\%} \cdot \sigma, \quad (4.19)$$

burada $Q_{5\%}, Q_{50\%}, Q_{95\%}$ -su sərfələrinin müvafiq təminatlı qiymətləri; $\phi_{5\%}, \phi_{50\%}, \phi_{95\%}$ - binomial paylanma əyrisinin normallaşdırılmış ordinatları; S-əyintilik əmsalı; σ -orta kvadratik meyletmədir.

Asimmetriya əmsalı əyintilik əmsalına görə təyin olunur.

Parametrlərin hesablanmış qiymətlərinə görə öyrənilən çay üçün analitik təminat əyrisi qurulur və tələb olunan təminatlı su sərfələri təyin edilir.

5. MÜŞAHİDƏ MƏLUMATLARI OLMADIQDA AXIM XARAKTERİSTİKALARININ HESABLANMASI

5.1. İllik axımın hesablanması

Ölçülmüş su sərfələri haqqında məlumatlar olmadıqda illik axımı hesablamaq üçün aşağıdakı metodlardan istifadə olunur:

1. İnterpolyasiya metodu;
2. İllik axım xəritələri;
3. Empirik rayon əlaqələri;
4. Su balansı metodu.

İnterpolyasiya metodu sadə və asandır. Əgər, hesabi kəsik çay üzərindəki iki müşahidə məntəqəsinin arasında yerləşirsə, onda bu metodun tətbiqi məqsədəuyğundur. Düzənlik çaylarında xətti interpolyasiyadan istifadə olunur, dağ çaylarında isə axım qradientinin hündürlüyə görə dəyişməsi nəzərə alınır.

İllik axım xəritələri, adətən orta çayların məlumatları əsasında tərtib olunur. Dağlıq ərazilər üçün axım xəritələri tərtib edilərkən bir sıra obyektiv çətinliklər ortaya çıxır. Bu, ilk növbədə relyefin mürəkkəbliyi və hidroloji şəbəkənin kifayət qədər sıx olmaması ilə əlaqədardır. Buna görə də dağlıq ərazilərdə axım izoxətləri təxmini keçirilir və onlar illik axımın ərazi üzrə paylanması ümumi qanunauyğunluqlarını əks etdirir. Dağlıq ərazilərdə xəritələrin dəqiqliyi az olduğuna görə, onlardan hidroloji hesablamalarda istifadə olunmur. Azərbaycan çaylarının ilk illik axım xəritəsini S.H.Rüstəmov hazırlamışdır (Rüstəmov, 1960).

Kiçik düzənlik, həm kiçik, həm də orta dağ çaylarının illik axımının hesablanmasında *empirik rayon əlaqələrindən* geniş istifadə olunur. İllik axımın əmələgəlmə şəraiti bircins olan hidroloji rayonlar üçün illik axım modulu ilə sutoplayıcının sahəsi, orta hündürlüyü, meşəlik, göllük əmsalı və s. parametrlər arasında əlaqə qrafikləri qurulur, onların analitik ifadələri alınır.

Kiçik düzənlik çaylarının illik axımını hesablamaq üçün çox zaman axım modulu ilə sutoplayıcının sahəsi arasında asılılıqdan istifadə olunur.

Dağlıq ərazilərdə əsas axım əmələgətirən amillərin dəyişmə-sində ən mühüm və ümumi qanunauyğunluq yüksəklik qurşaqlığının mövcudluğudur. Buna görə də çoxsaylı amillərin illik axıma birgə təsirini qiymətləndirmək üçün inteqral göstəricisi kimi sutoplayıcının orta hündürlüyündən istifadə edilir. İllik axımın çoxillik kəmiyyətinin ərazi üzrə paylanma qanunauyğunluqlarını müəyyən etmək üçün axım modulunun, q, sutoplayıcının orta hündürlüyündən, H, asılılığı təhlil olunur. Əslində $q=f(H)$ əlaqəsinin qurulması coğrafi ümumiləşdirmə metodunun realizə olunmasıdır: çay axımı və onun amillərinin ərazi üzrə paylanmaları haqqında məlumatlar çay hövzəsinin coğrafi mövqeyi ilə qiymətləndirilir. Bu zaman, düzənlik ərazilərdən fərqli olaraq sutoplayıcının planda yeri ilə yanaşı yüksəkliyi də nəzərə alınır. Baxılan əlaqənin etibarlılığı ilk növbədə hidroloji rayonda fəaliyyət göstərən müşahidə məntəqələrinin sayından asılıdır.

Ərazinin hidroloji öyrənilmə səviyyəsi yaxşılaşdıqca, illik axımın paylanmasında yeni detallar aşkarlanır və bu, ortalaşdırılmış (təxmini) əlaqələrin əvəzinə daha differensiasiyalı (dəqiq) əlaqələr almağa imkan verir.

Çoxillik dövr üçün çay hövzəsinin *su balansı tənliyi* aşağıdakı kimidir:

$$R=P-E, \quad (5.1)$$

burada R-orta axım layı, mm; P-sutoplayıcıya düşən atmosfer yağıntıları, mm; E-sutoplayıcının səthindən cəm buxarlanmadır, mm.

Su balansının bu tənliyi aşağıdakı şərtlər ödənildikdə doğrudur:

- Hövzədəki qrunt suları çayın qidalanmasında iştirak edir;
- Qonşu çaylarla yeraltı su mübadiləsi olmur;
- Atmosfer yağıntılarının əmələgətirdiyi sular fəal su mübadiləsi zonasından kənara infiltrasiya olunmur;
- Çayın qidalanmasında artezian suları iştirak etmir.

Bu sadalanan şərtlər ödənilmirsə, onda su balansı tənliyi aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$R=P-E \pm R_y, \quad (5.2)$$

burada R_y -suyun dərin su horizontlarına infiltrasiyanı ($-R_y$) və ya çayın əlavə yeraltı sularla ($+R_y$) qidalanmasını səciyyələndirir.

Öyrənilən çayla qonşu çaylar arasında yeraltı su mübadiləsini hidrodinamik metodlarla birbaşa qiymətləndirmək üçün geniş hidrogeoloji tədqiqatlar və quyuların su rejimi üzərində müşahidələr yerinə yetirilməlidir. Belə tədqiqatlırsız, daha doğrusu öyrənilməmiş çaylar üçün $\pm R_y$ elementini təyin etmək və ya qiymətləndirmək qeyri mümkündür. Hətta, hidrogeoloji şəraiti yaxşı öyrənilmiş çay hövzələri üçün bu elementin kəmiyyəti su balans hesablamalarının xətası səviyyəsində olur.

İllik axım normasını təyin etmək üçün su balansı tənliyi o halda tətbiq edilə bilər ki, $\pm R_y$ elementinin kəmiyyəti o qədər də böyük olmasın və onda o, hesablamalarda nəzərə alınmaya bilər. Belə yanaşma hövzələri çox da mürəkkəb olmayan geoloji şəraitdə yerləşən orta çaylar üçün düzgündür. Hətta, bu halda da su balansı tənliyi ilə bağlı bir sıra hidrometeoroloji problemlər nəzərə alınmalıdır.

Atmosfer yağıntıları haqqında məlumatlar təsadüfi və sistematik xətlərlə səciyyələnir. Çoxillik dövr üçün su balansı tənliyi tərtib edildikdə təsadüfi xətlərin təsiri əhəmiyyətli deyildir. Yağıntı haqqında məlumatlar ortalaşdırıldıqda sistematik xətlər kənarlaşdırılmaz və azalmır, nəticədə onlar yağıntı normasının qiymətinə təsir göstərir. Keçən əsrin 60-cı illərində müəyyən olunmuşdur ki, keçmiş SSRİ ərazisində ölçülmüş maye yağıntılarının kəmiyyəti 15-45%, sülb yağıntılarının isə 60%-ə qədər sistematik azaldılmışdır. Yağıntıların miqdarı dəqiqləşdirilərək orta hesabla 34% artırılmışdır. Nəticədə, buxarlanmanın orta kəmiyyəti 56% artırılmışdır.

Çay sutoplayıcısına düşən atmosfer yağıntılarının orta qiymətinin təyini kifayət qədər mürəkkəb məsələdir. Bu hesablamalar aşağıdakı metodlara görə yerinə yetirilir:

- ədədi ortalaşdırma metodu;
- orta çəki metodu;
- poliqonlar metodu [İngilis dilli ədəbiyyatda Tissen metodu (Thiessen polygon method, 1911)];

- kvadratlar metodu;
- izogiyet metodu.

Bu metodlar düzənlik çaylar üçün daha effektivdir.

Dağ çaylarının sutoplayıcılarına düşən yağıntıların normasını hesablamaq üçün illik yağıntı cəmləri ilə meteoroloji müşahidə məntəqələrinin yerləşdiyi hündürlük arasında əlaqə qrafiklərindən istifadə olunur. Belə qrafiklər səmti və relyefi bircins olan nisbətən kiçik yamaclar üçün qurulur. Bu qrafikdə 3-5 min km² ərazidə olan məntəqələrin məlumatları ümumiləşdirilir. Əgər yağıntılar üzərində müşahidələr çay hövzəsinin bütün hündürlük zonalarında aparılırsa, onda hündürlükləri yaxın olan müşahidə məntəqələrinin məlumatlarını ortalaşdırmaq olar. Ortalaşdırılmış cəm yağıntılar qrafikdə müvafiq məntəqələrin orta hündürlüyünə aid edilir. Əlaqə əyri və ya düzxətli ola bilər. Yerli amillər yağıntının miqdarına böyük təsir göstərdiyi üçün bəzi nöqtələr əlaqə xəttindən kəskin meyl edə bilər. Belə nöqtələrin uyğun olduğu məntəqələrin məlumatları qonşu məntəqələrin məlumatları ilə tutuşdurulmalıdır. Yalnız hərtərəfli təhlildən sonra bu nöqtələri nəzərə almamaq olar.

Dağ çayı hövzəsinə düşən orta yağıntı layı aşağıdakı düstura görə hesablanır:

$$\bar{P} = \frac{P_1 f_1 + P_2 f_2 + \dots + P_n f_n}{F}, \quad (5.3)$$

burada \bar{P} -hövzəyə düşən orta yağıntı layı; f_1, f_2, \dots, f_n -ayrı-ayrı hündürlük zonalalarının hipsometrik əyriyə görə hesablanmış sahələri; P_1, P_2, \dots, P_n -müxtəlif hündürlük zonaları üçün orta yağıntı layı (yağıntının hündürlükdən asılılıq əlaqəsinə görə təyin olunur); F -hövzənin sahəsi.

Aydın ki, istənilən metodla yağıntıların orta kəmiyyətinin qiymətləndirilmə dəqiqliyi ilk növbədə ölçmə məntəqələrinin sayından asılıdır. ABŞ-ın Milli Hava Xidməti (National Weather Service) meteoroloji müşahidə məntəqələrinin minimal sayını təyin etmək üçün aşağıdakı düsturu tövsiyə edir:

$$N=0,73 A^{0,33}, \quad (5.4)$$

burada N -məntəqələrin minimal sayı; A -ərazinin (sutoplayıcının) sahəsidir, km^2 .

Çay sutoplayıcısının səthindən buxarlanmanı dəqiq hesablamaq üçün hər bir landşaft tipindən buxarlanma nəzərə alınmalıdır. Lakin real şəraitdə öyrənilməmiş çayların axım norması hesablandıqda ayrı-ayrı landşaft tiplərinin yayıldığı sahələrdən buxarlanma haqqında mövcud informasiya kifayət qədər olmur və buna görə də sutoplayıcıdan cəm buxarlanma təyin edilir.

İlk dəfə alman alimi R.Şreyber (Schreiber, 1904) və rus alimi E.M.Oldekop (Ольдекоп, 1911) müxtəlif fiziki-coğrafi şəraitlərdə buxarlanma normasını hesablamaq üçün düsturlar təklif etmişlər.

Müxtəlif səthlərdən buxarlanmanı hesablamaq üçün su və istilik balansı tənliklərindən, turbulent diffuziya metodundan, empirik əlaqələrdən və buxarlandırıcıların məlumatlarından istifadə olunur. Keçmiş SSRİ-də buxarlanmanın orta çoxillik kəmiyyətini təyin etdikdə daha çox A.R.Konstantinov (Константинов, 1968) və M.İ.Budikonun (Будыко, 1956) metodlarına üstünlük verildi.

Qərb ölkələrində son bir neçə onillikdə buxarlanmanı qiymətləndirmək üçün 100-dən artıq empirik və yarım-empirik metodlar işlənmişdir. Bu metodlar 4 qrupa bölünür: radiasiya, temperatur, qarışıq (kombinə olunmuş) və buxarlandırıcı metodları. İlk 2 qrup metodun əsas parametrləri müvafiq olaraq cəm günəş radiasiyası və havanın temperaturudur. Bu qrup metodlarda küləyin sürəti və buxarlandırıcı səth üzərində xüsusi-rütubətlik qradienti nəzərə alınmır. Kombinə olunmuş metodlarda yuxarıda qeyd olunan bütün parametrlər nəzərə alınır. Hazırda hidroloqlar buxarlanmanı hesabladıqda məhz bu qrup metodlara aid edilən və fiziki-nöqteyi nəzərdən yaxşı əsaslandırılmış Penman-Monteys (Penman-Monteith, 1981) metodundan daha çox istifadə edirlər. Buxarlanmanı bu metodla hesablanmış və ölçülmüş qiymətləri bir-birinə kifayət qədər yaxındır (ASCE, 1990).

Penman-Monteys tənliyi aşağıdakı kimi yazılır:

$$ET_c = \frac{1}{\rho_w \lambda} \left[\frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a C_p \frac{e_s - e_a}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)} \right], \quad (5.5)$$

burada ET_c -cəm buxarlanma, mm/sutka; ρ_w -suyun sıxlığı; λ - buxar əmələgəlmənin gizli istiliyi; Δ -doymuş su buxarının elastikliyinə qradienti; R_n -cəm günəş radiasiyası; G -torpağın qızmasına sərf olunan enerji; ρ_a -havanın sıxlığı; C_p -havanın xüsusi istilik tutumu; e_s -doymuş su buxarının elastikliyi; e_a -havadakı su buxarının elastikliyi; r_a - aerodinamik müqavimət; γ -psixrometrik sabit; r_s -səthin müqavimət əmsəlidir.

Su balans metodu tətbiq edildikdə nəzərə almaq lazımdır ki, nə yağıntılar, nə də buxarlanma haqqında dəqiq məlumatlar yoxdur. Hər iki elementin hövzə üçün hesablanmış qiymətlərinin sistemə xətalarına nəzarət etmək mümkün deyildir. Buna görə də su balans metodunun dəqiqliyini qiymətləndirmək üçün statistik metodlardan istifadə olunur. Bu məqsədlə, əvvəlcə bircins hidroloji rayonda hidrometrik müşahidə məlumatları olan hər bir çay üçün axım norması iki müxtəlif metodla təyin olunur:

- faktiki hidrometrik məlumatlara görə (“hidrometrik axım”),
- yağıntı və buxarlanmanın hesablanmış qiymətlərinin fərqinə görə, ($P_h - E_h$) (“iqlim axımı”).

Sonra illik axım normasının bu iki yolla müəyyən edilmiş qiymətləri müqayisə olunur. Belə təhlil reqressiya tənliyinə görə yerinə yetirilə bilər:

$$R_f = a(P_h - E_h), \quad (5.6)$$

burada R_f -illik axım normasının faktiki hidrometrik müşahidə məlumatlarına görə təyin olunmuş qiyməti; P_h -sutoplayıcı üçün atmosfer yağıntılarının orta qiyməti; E_h -sutoplayıcı səthdən buxarlanmanın orta qiyməti; a -reqressiya əmsəlidir.

Bu halda illik axım normasının yağıntı və buxarlanmaya görə hesablanmış qiymətinin sistematik xətalari reqressiya tənliyinin parametrləri ilə nəzərə alınır. Təsadüfi xətalər isə faktiki nöqtələrin reqressiya xəttindən meyl etmələrinə görə qiymətləndirilir. Bu yolla tərtib edilmiş reqressiya tənliyindən müşahidə məlumatları olmayan çayların illik axım normasını hesablamaq üçün istifadə etmək olar.

Müşahidə məlumatları olmayan çayların illik axımının variasiya əmsalını hesablamaq üçün empirik əlaqələrdən istifadə olunur (şəkil 5.1). Əsas empirik əlaqə kimi K.P.Voskresenskinin (Воскресенский, 1962) düsturu qəbul edilmişdir:

$$C_v = \frac{A}{q^{0.4}(F + 1000)^{0.1}}, \quad (5.7)$$

burada A -coğrafi parametr (analoq çayların məlumatlarına görə təyin olunur və 1-3 arasında qiymətlər alır); q -orta çoxillik axım modulu; F -sutoplayıcının sahəsidir.

Digər regional empirik düsturlar da var:

$$C_v = a - b \lg q - c \lg F, \quad (5.8)$$

$$C_v = \frac{A}{q^m F^n}, \quad (5.9)$$

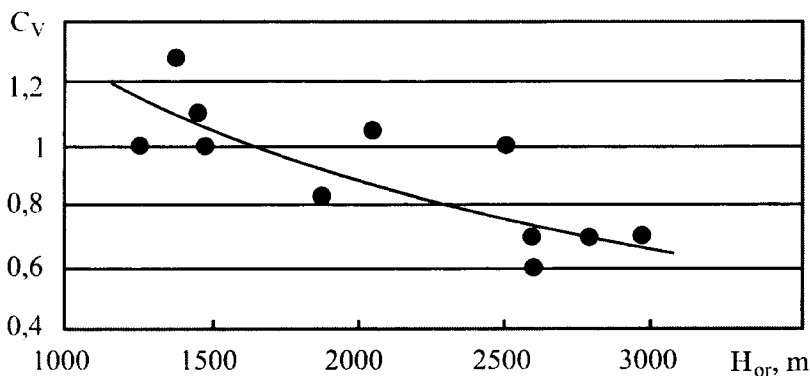
burada a, b, c, A, m, n -hövzənin coğrafi şəraitini səciyyələndirən parametrlərdir.

Dağ çaylarının illik axımının variasiya əmsalı aşağıdakı düsturlara görə təyin oluna bilər:

$$C_v = \frac{a}{H^m}, \quad (5.10)$$

$$C_v = \frac{b}{H^m F^n}, \quad (5.11)$$

burada H -sutoplayıcının orta hündürlüyü; a, b, m, n -asılılığın parametrləridir.



Şəkil 5.1. Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacı çayları üçün variasiya əmsalının hövzənin orta hündürlüyündən asılılıq qrafiki

Asimmetriya əmsalını təyin etmək üçün analoq çayın asimmetriya əmsalının variasiya əmsalına nisbətindən istifadə olunur. Analıq çay olmadıqda bircins hidroloji rayonun digər çayları üçün hesablanmış C_s / C_v nisbətindən orta qiyməti qəbul edilir.

Adətən, ifrat və dəyişən rütubətli zonaların çayları üçün $C_s = 2C_v$, arid zona üçün $C_s = 1,5-1,8 C_v$ və epizodik quruyan çaylar üçün $C_s = 1,5 C_v$ təşkil edir. Dağ çayları üçün bu nisbət 2,5-3,0-ə çata bilər.

5.2. Maksimal axımın hesablanması

5.2.1. Maksimal axımın əmələ gəlməsinin genetik düsturu

Yaz gursululuğu və yağış daşqınlarının maksimal axımını hesablamaq üçün istifadə olunan düsturların əksəriyyəti səth axımının formalaşmasının genetik nəzəriyyəsinə və axımın genetik düsturuna əsaslanır. Genetik nəzəriyyə çay sutoplayıcısında səth axımı əmələ gələrkən yaranan səbəb-nəticə əlaqələrini əks etdirir.

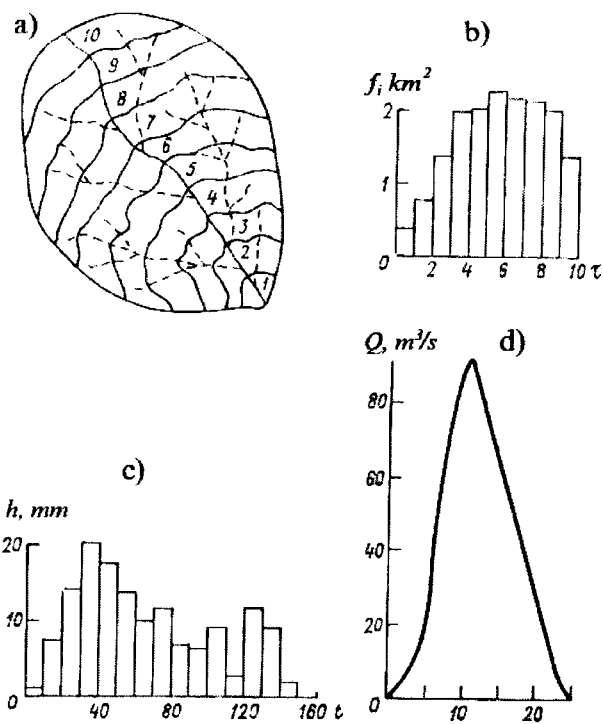
O, qarın əriməsi və ya yağışın yağması nəticəsində sutoplayıcıdan suvermənin gedişini, çay hövzəsinin bəzi fərdi xüsusiyyətlərini nəzərə almağa və bunların nəticəsində gursululuq və ya daşqının sxematik hidroqrafını tərtib etməyə imkan verir.

Maksimal axımın formalaşmasının genetik nəzəriyyəsi ilk dəfə N.Y.Dolqov tərəfindən 1916-cı ildə təklif olunmuşdur.

Yaz gursululuğu və yağış daşqınları ərinti və yağış sularının sutoplayıcının yamacları ilə axması, onların hidroqrafik şəbəkəyə gəlib çatması və qapayıcı məntəqədə elementar su sərfələrinin cəmlənməsi nəticəsində formalaşır. Buna görə də gursululuq və daşqınların əmələgəlmə sxeminin əsasını suyun qapayıcı məntəqəyə qədər qaçış müddətinin nəzərə alınması təşkil edir. Sutoplayıcıda suyun əmələgəlmə intensivliyi (qarın əriməsi və ya yağışın yağması) zamana görə sabit qəbul olunur.

Sutoplayıcının səthində formalaşan suyun qapayıcı məntəqəyə qədər qaçış müddəti (τ) onun yamaclarda və məcrada keçdiyi yolun uzunluğundan, ℓ , və axının sürətindən, v , asılıdır. Beləliklə, $\tau = \ell / v$.

Qaçış müddətinin, τ , davamiyyətindən asılı olaraq, hesabi zaman intervalı τ_0 təyin olunur: 10, 20, 30, 60 dəq, 2 saat və s. Adətən, τ/τ_0 nisbəti 10-20 arasında dəyişir. Sonra suyun τ_0 zaman intervalı ərzində keçdiyi çay hissəsinin uzunluğu hesablanır, yəni $\ell_0 = v\tau_0$. Sutoplayıcının planında qapayıcı məntəqədən başlayaraq hidroqrafik şəbəkə boyu və yamaclarda ℓ_0 məsafələri qeyd olunur. Beləliklə, sutoplayıcıda qapayıcı məntəqədən qaçış müddətinə görə eyni məsafədə yerləşmiş nöqtələr sistemi alınır. Bu nöqtələr əyri xətlə birləşdirilir və alınan xətlər izoxronlar adlanır. İzoxronlar sutoplayıcını bir neçə (τ/τ_0) hissəyə bölür. Qonşu izoxronlar arasında məsafə ℓ_0 -dir. İzoxronları keçirdikdə belə hesab olunur ki, su yamaclardan ən yaxın məcraya relyefin horizontallarına perpendikulyar istiqamətdə daxil olur. Buna görə də izoxronların istiqaməti, ümumi halda, horizontalların istiqamətinə uyğun gəlir (şəkil 5.2).



Şəkil 5.2. Sutoplayıcıda izoxronların sxemi (a), vahid sahələrdən eyni zamanda axımın paylanma qrafiki (b), yağıntılardan gedişi (c) və daşqın hidroqrafı (d)

Beləliklə, genetik nəzəriyyəyə görə daşqın əmələ gəldikdə sutoplayıcının müxtəlif hissələrində formalaşan elementar su həcmi (sərfələri) toplanır və qapayıcı mövqeyə doğru hərəkət edir. Əgər daşqının formalaşma prosesinə mərhələ-mərhələ baxılarsa, axımın genetik nəzəriyyəsini riyazi formada ifadə etmək olar. Qar əridikdə və yağış yağdıqda əvvəlcə sutoplayıcının səthi islanır, sonra isə axım başlayır. Axım başladıqdan sonra birinci hesabi zaman intervalında qapayıcı mövqeyə ən yaxın hövzə hissəsindən axım müşahidə olunur və elementar su sərfi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$Q_1 = h_1 f_1. \quad (5.12)$$

Eyni vaxtda hər bir hövzə hissəsində elementar su sərfi əmələ gələcək. İkinci zaman intervalının sonunda müşahidə məntəqəsinə həm birinci və həm də ikinci meydançadan su gəlib çatacaq:

$$Q_2 = h_1 f_2 + h_2 f_1 \quad (5.13)$$

Lakin yuxarıda qeyd olunduğu kimi, maksimal axımın formalaşmasının baxılan sxemində yağışın yağma intensivliyi zamana görə dəyişməz (sabit) qəbul edilir. Buna görə də $h_1 = h_2 = \dots = h_n$ və $Q_2 = h(f_1 + f_2)$. Üçüncü zaman intervalının axırında:

$$Q_3 = h \sum_1^3 f_i \quad (5.14)$$

və ümumi halda:

$$Q_i = h \sum_1^i f_i \quad \text{və ya} \quad Q_i = \int_0^{\tau} h \frac{\partial f}{\partial \tau} d\tau, \quad (5.15)$$

burada Q_i –daşqın və ya gursululuq başladıqdan sonra i zaman anında su sərfələri; h - i -zaman anında yamac axımının layı; τ -qaçış müddəti; f -qonşu izoxronlar arasında sahədir.

Tənlik (5.15) axımın genetik düsturu adlanır və adətən səth axımının formalaşma prosesinin nəzəri təhlilində istifadə olunur. Bu onun praktiki tətbiqinin və vahid axım layının (modulunun) təyininin mürəkkəbliyi ilə əlaqədardır. Təbii çay sutoplayıcılarında axımın bir hissəsi müxtəlif növ itkilərə sərf olunur və buna görə də tənlik (5.15) aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$Q_i = \int_0^t (x - p) \frac{\partial f}{\partial t} dt, \quad (5.16)$$

burada x - t zaman intervalı ərzində yağış və ya ərinti sularının layı; p -həmin zamanda axım itkisidir.

Hər iki tənliyə (5.15 və 5.16) dəyişən kəmiyyətlər və bir-biri ilə əlaqəli parametrlər daxildir. Bunlar isə təbii çay sutoplayıcısı

üçün qeyri-müəyyən funksiyalardır. Buna görə də bu tənlilikləri müəyyən sadələşdirmələrsiz həll etmək qeyri-mümkündür. Əgər, yağış yağan zaman əmələ gələn suyun hərəkət sürəti bütün daşqın üçün sabit, sutoplayıcının müxtəlif hissələri üçün eyni qəbul edilərsə və axım itkisi nəzərə alınarsa, onda axımın genetik düsturunu aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$Q_t = h_1 f_t + h_2 f_{t-1} + \dots + h_n f_1. \quad (5.17)$$

Axımın genetik düsturu (5.17) daşqının məcrada hərəkəti zamanı onun yastılaşmasını və məcra şəbəkəsinin axım tənzimləyici rolunu nəzərə almır. Kiçik çayların məcra şəbəkəsi zəif olduğuna görə daşqın az yastılanır. Bu səbəbdən, axımın genetik düsturu praktikada kiçik çaylar üçün daha yaxşı nəticələr verir.

Daşqın və ya gursululuğun formalaşması öyrəniləndikdə qaçış müddəti, τ , ilə suvermənin davamiyyətinin, t_s , nisbətindən asılı olaraq üç hala baxılır. Bu barədə “Çay axımı” dərslində geniş məlumat verilir (İmanov, 2002).

Bəzi məlum şərtlərə (axın sürətlərinin dəyişməməsi, izoxronların stasionarlığı) baxmayaraq, axımın genetik düsturu yağış və qarın suverməsinin gedişini, habelə yamacların və məcranın uzunluğunu, hidroqrafik şəbəkənin sıxlığını, sutoplayıcının formasını qaçış müddətinin vasitəsilə nəzərə almağa imkan verir. Buna görə də axımın genetik düsturunun istifadəsi ilə hesablanmış su sərfələrinin cəmi daşqının ümumi həcmi verir:

$$W = \tau_0 \sum_{i=1}^{i=\tau+t_s} Q_i = 1000HF, \quad (5.18)$$

burada τ_0 – hesabi zaman intervalında saniyələrin sayı; H-suvermənin ümumi layı; $H = \sum h_i$; F-sutoplayıcının ümumi sahəsi; 1000-keçid əmsalındır ($W \text{ m}^3$, H mm və F km^2 -lə ifadə olunduqda).

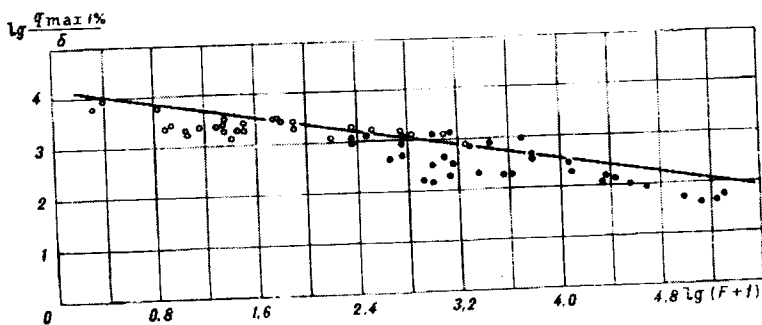
5.2.2. Maksimal axımın reduksiyası

Axımın genetik nəzəriyyəsinə görə, daşqın və ya gursululuğun davamiyyəti qaçış müddəti ilə suvermənin davamiyyətinin

cəminə bərabərdir: $T=\tau+t_s$. Onda, axımın maksimal modulu daşqın axımının layı ilə ifadə edilərsə, $q_{\max} = h/T = h/(\tau+t_s)$ olar. Bu ifadədən görünür ki, qaçış müddəti nə qədər böyük olarsa, maksimal axım modulu bir o qədər kiçik olar. Qaçış müddətinin kəmiyyəti sutoplayıcının sahəsindən asılıdır: sutoplayıcı sahə böyüdükcə, qaçış müddəti də artır. Beləliklə, sutoplayıcının sahəsi böyüdükcə, maksimal axım modulunun azalması (reduksiya) müşahidə olunur. Bunu axım və suvermənin maksimal intensivliklərinin nisbətinin təhlili də təsdiqləyir. Suvermənin maksimal intensivliyi, A_{\max} , suvermə layının zamana nisbətində bərabərdir: $A_{\max} = h_s/t_s$. Əgər, axım layı suverməyə bərabər olarsa, yəni $h=h_s$, onda $h=A_{\max}t_s$ və

$$q_{\max} = A_{\max}t_s/(t_s + \tau) = A_{\max}/(1 + \tau/t_s) = \varphi A_{\max}, \quad (5.19)$$

burada φ -maksimal axım modulunun reduksiya əmsəlidir. Bu düsturdan görünür ki, maksimal axımın reduksiya əmsəli həmişə vahiddən kiçikdir. Axımın maksimal intensivliyi də həmişə suvermənin maksimal intensivliyindən azdır: $q_{\max} < A_{\max}$. Suvermənin davamiyyəti sabit qalarsa ($t_s = \text{const}$), qaçış müddəti və ya sutoplayıcı sahə böyüdükcə, q_{\max} və A_{\max} arasında fərq də artır. Qeyd etmək lazımdır ki, sutoplayıcı sahə böyüdükcə də maksimal axım modulunun reduksiya müşahidə olunur (şəkil 5.3).



Şəkil 5.3. Maksimal axım modulunun sutoplayıcının sahəsinə görə reduksiya qrafiki

Maksimal axım modulunun mümkün qiymətlərinin həddləri qaçış müddətindən asılıdır: $\tau \rightarrow 0$ olduqda $q_{\max} \rightarrow A_{\max}$ və $\tau \rightarrow \infty$ olduqda isə $q_{\max} \rightarrow 0$.

Yağış daşqınlarının maksimal modulunun reduksiyası yaz gursululuğu ilə müqayisədə daha qabarıq şəkildə müşahidə olunur, çünki leysan yağışları zamanı suvermənin davamiyyəti qarın ərimə müddətinə nisbətən xeyli azdır. Axımın maksimal modulunun azalma sürəti $\tau < t_s$ olduqda kiçik sutoplayıcılar üçün daha azdır.

Daşqın və gursululuğun maksimal axım modulunun reduksiyası haqqında yuxarıda qeyd olunanlar yamac axımının torpağın səthində müşahidə olunduğu rayonlara tətbiq oluna bilər. Meşəli çay hövzələrində yamac axımı əsasən torpaq qatında baş verir. Belə hallarda kiçik çaylar üçün τ/t_s nisbəti çox kiçik olur, reduksiya əmsali vahidə yaxınlaşır və maksimal axım modulu sutoplayıcının sahəsi artdıqca nəinki azalmır, bəzən dəyişməz qalır və ya artır. Yerli şəraitdən asılı olaraq, maksimal axım modulunun mütəmadi azalması sutoplayıcı sahənin 100-300 km²-dən böyük qiymətlərində müşahidə olunur. Geniş ərazilərdə daşqın və gursululuq sularının rəngarəng formalaşma və axım şəraiti maksimal axım modulunun sahəyə görə reduksiyasının müxtəlif xarakterli olması ilə nəticələnir.

Misal 5.1. Aşağıda verilmiş məlumatlardan istifadə etməklə yağıntılardan 10% təminatlı intensivlik-davamiyyət-təkrarlanma əyrisini qurun.

Davamiyyət, t dəq	0.5	10	15	30	60	120
İntensivlik, <i>i</i> düym/saat	7.1	5.9	5.1	3.8	2.3	1.4
1/ <i>i</i>	1.4	1.7	2.0	2.6	4.3	7.1

Həlli: 1. $i = \frac{A}{t + B}$ bərabərliyi aşağıdakı xətti şəkllə salına bilər:

$$\frac{1}{i} = \frac{t}{A} + \frac{B}{A}$$

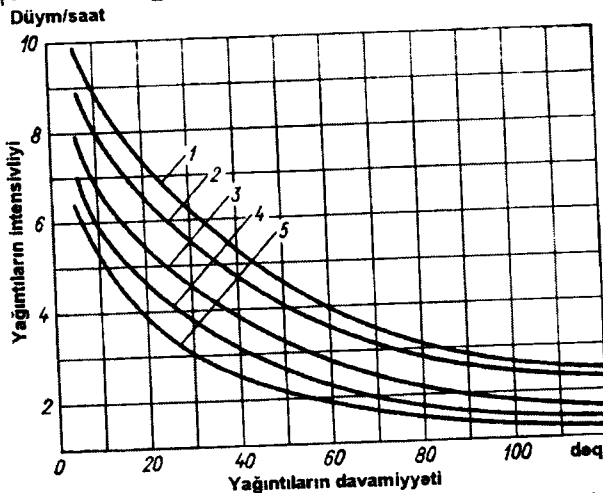
2. 1/*i*-nin zamandan (*t*) asılılıq qrafikini quraraq,

$\frac{1}{i} = 0.005t \pm 0.12$ regressiya tənliyini alırıq. Bu tənlikdən görünür

ki, $A=200$, $B=24$.

3. Beləliklə, yağımının intensivliyi üçün düstur belə yazılır:

$$i = \frac{200}{(t + 24)}$$
 Korrelyasiya əmsalı – 0.997-ə bərabərdir. Empirik nöqtələr şəkil 5.4-də göstərilən 4-cü əyriyə tam uyğundur.



Şəkil 5.4. İntensivlik-davamiyyət-təkrarlanma əyriləri
 1-100 ildə 1 dəfə təkrarlanma; 2- 50 ildə 1 dəfə təkrarlanma; 3- 20 ildə 1 dəfə təkrarlanma; 4- 10 ildə 1 dəfə təkrarlanma; 5- 5 ildə 1 dəfə təkrarlanma.

5.2.3. Yaz gursulu dövrünün maksimal su sərflərinin hesablanması

Maksimal su sərfələri hidroloji müşahidə məlumatlarının coğrafi-hidroloji ümumiləşdirilməsi yolu ilə hesablanır. Bunun bir neçə əsas səbəbi var:

- yaz gursulu dövründə axımın əmələgəlmə prosesi çox mürəkkəb olduğundan və hidrometeoroloji müşahidə məntəqələr şəbəkəsi zəif inkişaf etdiyinə görə, bu prosesi analitik şəkildə ifadə etmək çox çətinidir;
- hidroloji hesablamalar təcrübəsində nisbətən sadə metodlara üstünlük verilir, çünki bu halda hidroloji axtarışlara və hesablama işlərinə minimal həcmdə vəsait sərf olunur;

- kütləvi şəkildə istifadəyə yararlı riyazi modellər hələlik işlənilməmişdir.

Yuxarıda qeyd olunanlar göstərir ki, hələ uzun müddət ərzində su sərfələrinin hesablanmasında istifadə edilən mövcud metodologiya alternativ metod kimi qiymətləndirilən fiziki-riyazi axım modelləri ilə uğurla rəqabət aparacaqdır.

Maksimal su sərfələrinin hesablanması üçün təklif olunmuş bütün düsturlar iki qrupa bölünür:

1. Reduksion düsturlar-sutoplayıcı sahə artdıqca maksimal axım modulunun azalmasını (reduksiyasını) nəzərə alır;

2. Həcmi düsturlara-maksimal su sərfinə gursulu dövrün axım həcmi, davamiyyəti və formasının funksiyası kimi baxılır.

Reduksion düsturlar birfazlı hesab olunurlar, çünki onlar gursulu dövrün yalnız bir xarakteristikasını – su sərfini hesablamağa imkan verirlər.

Həcmi düsturlarda isə reduksiya dolayı yolla-gursulu dövrün davamiyyəti ilə nəzərə alınır.

Qar sularının əriməsi nəticəsində formalaşan maksimal su sərfələrini hesablamaq üçün ilk reduksion düsturu A.O.Karaçayevski-Volk (1899-cu il) təklif etmişdir:

$$q_{\max} = \frac{12}{\sqrt{F + 114}} + 0,05, \quad (5.20)$$

burada F-sutoplayıcının sahəsidir, km².

F.Q.Zbrojekin (1901-ci il) düsturu aşağıdakı kimidir:

$$Q_{\max} = Q_0 + K\alpha \frac{H}{T} Fz, \quad (5.21)$$

burada Q_{\max} – yaz gursulu dövrün maksimal su sərfi; H-qar örtüyündəki su layı və gursulu dövrdə düşən atmosfer yağıntılarının cəmi; T-gursulu dövrün davamiyyəti; α -axım əmsalı; Q_0 –gursulu dövrün başladığı gündən əvvəlki günün orta su sərfi; F-sutoplayıcı sahə; K-mütənasiblik əmsalı; z-qarın ərimə intensivliyinin sahə üzrə və zamana görə qeyri-bərabərliyini nəzərə alan əmsaldır.

Y.V.Lanqe 1907-1914-cü illərdə Rusiyanın Zavoljye regionu üçün reduksion düstur almışdır:

$$q_{\max} = K \left(\frac{9,1}{\sqrt{F}} + 0,17 \right), \quad (5.22)$$

burada K-sutoplayıcının meyilliyi, forması və səthinin xüsusiyyətlərindən asılı olan parametrdir ($K=0,75-1,25$).

O, həmçinin Rusiyanın Avropa hissəsi və Qərbi Sibir çayları üçün daha sadə düstur təklif etmişdir:

$$Q_{\max} = 3,53F^{0,75}. \quad (5.23)$$

Q.I.Tarlovski 1913-cü ilə kimi məlum olan bütün düsturları təhlil etmiş və onları ümumi bir riyazi ifadə şəklinə gətirmişdir:

$$q_{\max} = \frac{A}{\sqrt[n]{F}}, \quad (5.24)$$

burada n-reduksiya əmsalı; A-vahid sutoplayıcı sahədən (1km^2) maksimal axımın norması ($m^3 / s \cdot km^2$); F-sutoplayıcı sahədir.

D.İ.Koçerin 1926-1928-ci illərdə keçmiş SSRİ-nin Avropa çaylarının maksimal su sərfələri haqqında məlumatları ümumiləşdirmiş və belə nəticəyə gəlmişdir ki, birçins hidroloji rayon daxilində maksimal su sərfinə yalnız sutoplayıcı sahənin funksiyası kimi baxıla bilər:

$$q_{\max} = \frac{A}{F^n} - B, \quad (5.25)$$

burada A, B, n-rayon parametrləridir.

1927-1937-ci illərdə keçmiş SSRİ ərazisində müşahidə məlumatları olmadıqda hidrotexniki qurğuların dəliklərinin ölçüləri Koçerinin düsturuna görə hesablanmışdır.

D.L.Sokolovski hesab edir ki, Koçerinin düsturu, Şezi düsturuna görə hesablanmış və buna görə də dəqiqliyi az olan məlumatlar əsasında alınmışdır. Digər tərəfdən, bu düstura daxil olan parametrlərin fiziki mənası tam aydın deyil. Bunları nəzərə alaraq Sokolovski 1937-ci ildə reduksion tipli yeni düstur təklif etmişdir:

$$q_{\max} = \frac{KA_{\max}}{(F+1)^{0.25}} \delta, \quad (5.26)$$

burada A_{\max} – sahəsi 1km^2 olan ərazidən çay şəbəkəsinə daxil olan maksimal axımın modulu (elementar axımın maksimal modulu); K - mütənasiblik əmsalı ($K=1$, əgər, A_{\max} m^3/s və $K=0,278$, əgər, A_{\max} mm/saat ilə ifadə olunduqda); δ -göl, bataqlıq və meşənin təsiri nəticəsində maksimal axımın azalmasını nəzərə alan əmsaldır.

İ.F.Qoroşkovun fikrincə, Sokolovskinin düsturunun əsas üstünlüyü onun sadəliyi və maksimal axımın fiziki cəhətdən mümkün ən böyük qiymətini təyin etməyə imkan verməsi idi. Buna görə də faktiki olaraq 1951-ci ilə qədər hidroloji hesablamalarda bu düsturdan daha geniş istifadə olunmuşdur. Bu düsturun əsas nöqsan cəhəti reduksiya əmsalının bütün çaylar üçün eyni; $n=0,25$, qəbul edilməsidir. Bu halda kiçik sutoplayıcı sahəyə malik çayların maksimal axım modulu üçün şişirdilmiş qiymətlər alınır, çünki sutoplayıcı sahənin kiçik qiymətlərində reduksiya zəifləyir. Bu çatışmazlığı aradan götürmək üçün hesablama düsturunda “ n ” və “ A ” parametrlərinin qiymətləri dəyişən olmalıdır. Lakin kütləvi hesablamalarda bu müəyyən problemlər yarađır. Buna görə də, K.P.Voskresenski (1951-ci il) həm böyük, həm də kiçik çay sutoplayıcıları üçün reduksiya əmsalının qiymətini eyni ($n=0,25$) saxlamaqla aşağıdakı düsturdan istifadə olunmasını tövsiyə etmişdir:

$$q_{\max} = \frac{K_0 h}{(F+10)^{0.25}} \delta, \quad (5.27)$$

burada h -yaz gursulu dövrün axım layı, mm ; K_0 - sutoplayıcıda qarın əriməsinin qeyri-bərabərliyini nəzərə alan əmsaldır ($K_0 = A/h$). Beləliklə, Voskresenski Sokolovskinin düsturunu təkmilləşdirmişdir: A parametrinin qiymətləri ərazi üzrə böyük diapazonda dəyişdiyinə görə o, gursulu dövrün axım layı ilə əvəz

olunmuş, sutoplayıcı sahəyə 10 km² əlavə edilməsi ilə kiçik sutoplayıcılarda reduksiyanın zəifləməsi nəzərə alınmışdır.

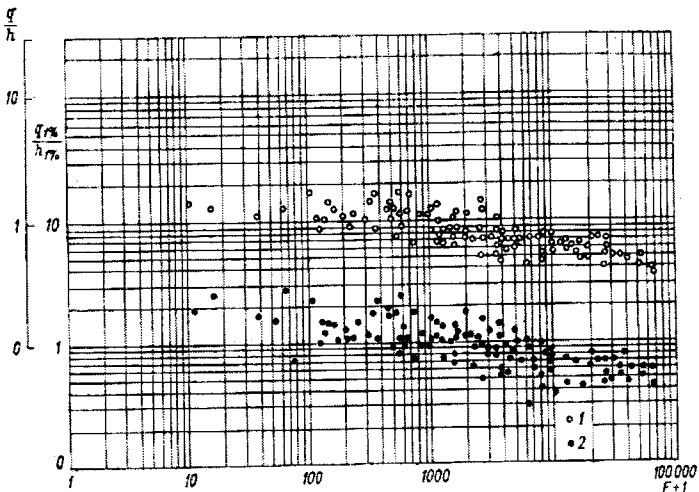
K_0 və h parametrlərindən istifadə hesablamaların dəqiqliyini artırmış və praktikada düsturdan istifadəni asanlaşdırmışdır.

K.P.Voskresenskinin təklif etdiyi yanaşma sonradan A.A.Sokolovun rəhbərliyi altında daha da təkmilləşdirilmiş və indi QQİ (Dövlət Hidrologiya İnstitutu) metodu kimi tanınır.

Bu metod 1966-cı ildə keçmiş SSRİ-də hidroloji hesablamalar üzrə təsdiq olunmuş normativ sənədə daxil edilmişdir.

1972 və 1983-cü illərdə hazırlanmış normativ sənədlərdə də bu metod kiçik dəqiqləşdirmələr və düzəlişlərlə saxlanılmışdır.

Hesablama düsturunun əsas parametrləri K_0 və h regional reduksiya əlaqələrinə $q_{1\%}/h_{1\%} = f(F)$ görə təyin olunur. A.A.Sokolov göstərmişdir ki, K_0 parametri üçün orta çoxillik \bar{q}/\bar{h} və bərabər təminatlı $q_{1\%}/h_{1\%}$ kəmiyyətlərin loqarifmik formada qurulmuş qrafikləri bir-birinə paraleldir (şəkil 5.5).



Şəkil 5.5. $q_{1\%} = \psi(F)$ (1) və $q_{\max} = \psi(F)$ (2) qrafikləri

Reduksiya tənliliklərinin bu xüsusiyyəti imkan verir ki, maksimal su sərfələrinin orta çoxillik kəmiyyəti ilə yanaşı müxtəlif təminatlı maksimumları da hesablasın. Əgər, 1% təminatlı maksimal su sərfəni təyin etmək tələb olunursa, onda, əvvəlcə mövcud xəritələrdən \bar{h} və C_{vh} tapılır və $h_{1\%}$ hesablanır. Bundan sonra isə $q_{1\%} / h_{1\%} = f(F)$ qrafikinə və ya onun analitik ifadəsinə görə $q_{1\%}$ təyin olunur:

$$q_{1\%} = \frac{K_0 h_{1\%}}{(F + 1)^n} \quad (5.28)$$

Maksimal axımın digər təminatlı ($P \neq 1\%$) qiymətlərini hesabladıqda yaz gursulu dövrün maksimal su sərfələri və axım layının variasiya əmsallarının fərqli olduğu nəzərə alınmalıdır: $C_{vy} > C_{vh}$. Bu fərq μ əmsalı ilə nəzərə alınır və yekun düstur aşağıdakı kimi yazılır:

$$q_{p\%} = \frac{K_0 h_{p\%}}{(F + 1)^n} \mu_{p\%} \quad (5.29)$$

Düstura daxil olan $\mu_{p\%}$ parametri aşağıdakı düstura görə təyin olunur:

$$\mu_{p\%} = \frac{\lambda_{p\%}}{\eta_{p\%}}, \quad (5.30)$$

burada $\lambda_{p\%}$ və $\eta_{p\%}$, müvafiq olaraq maksimal axım modulu və gursululuğun axım layının 1% təminatlı qiymətindən digər təminatlı qiymətlərə keçid əmsalındır ($P=1\%$ olduqda $\mu=1$, $P \leq 1\%$ olduqda $\mu > 1$, $P > 1\%$ olduqda $\mu < 1$).

Rusiya Federasiyasının “Əsas hidroloji xarakteristikaların təyini” adlı normativ sənədində yuxarıdakı reduksion düsturun dəqiqləşdirilmiş son variantı aşağıdakı kimi verilmişdir (Определение..., 2004):

$$Q_{p\%} = \frac{K_0 h_{p\%}}{(F + F_1)^n} \mu_{p\%} \delta \delta_1 \delta_2 F, \quad (5.31)$$

burada F_1 -sutoplayıcı sahə kiçildikcə maksimal axım modulunun azalmasını nəzərə alan əlavə sahə, km^2 ; δ , δ_1 , δ_2 -axarlı göllər və su anbarlarının (δ), meşə örtüyünün (δ_1) və bataqlıqlaşmış ərazilərin (δ_2) maksimal su sərfələrinə təsirini nəzərə alan əmsallardır.

Bu düstura daxil olan K_0 parametri analoq çayın məlumatlarına görə elə bu düsturla tapılır. Əgər, etibarlı analoq çaylar varsa, onda K_0 iki-üç analoqa görə hesablanır və alınmış qiymətlərin ədədi ortası təyin olunur.

Yaz gursulu dövrün axım layının müxtəlif təminatlı qiymətləri, $h_{p\%}$, variasiya əmsalı, asimetriya və variasiya əmsallarının nisbəti və axım layının orta çoxillik kəmiyyətinə, h_0 , görə hesablanır. Düzənlik çayları üçün h_0 parametri analoq çaylara və ya yaz gursulu dövrünün axım layı xəritəsinə görə təyin olunur. Dağ çayları üçün $h_0 = f(H)$ əlaqələrindən istifadə edilir. Variasiya əmsalı da $C_v = f(H)$ əlaqəsinə görə tapılır.

Göllərin maksimal axıma təsiri aşağıdakı düstura görə hesablanır:

$$\delta = \frac{1}{1 + C f_g}, \quad (5.32)$$

burada C -əmsaldır (meşə və meşə çöl zonası üçün $C=0,2$, çöl zonası üçün $C=0,4$); f_g - gölün aynasının onun sutoplayıcı sahəsinə nisbətidir (%-lə).

Dağ çayları üçün δ_1 və δ_2 əmsalları vahidə bərabər qəbul olunur.

Qeyd etmək lazımdır ki, M.Ə.Məmmədov Qafqaz, o cümlədən Azərbaycan çaylarında yaz gursuluğunun maksimal su sərfələrini bu tip düstur ilə hesablaması tövsiyə etmişdir. O, müxtəlif rayonlar üçün $K_0 = f(H)$ və $K_0 = f(F)$ əlaqələrini almış, $\mu_{p\%}$ parametrinin qiymətlərini hesablamışdır.

Hidroloji hesablamalarda geniş istifadə olunan (5.31) düsturünün əsas çatışmazlığı onun yalnız bir qanunauyğunluğu (sütoplayıcı sahə artdıqca maksimal axım modulunun azalmasını) nəzərə alması hesab olunur.

G.A.Alekseyev maksimal axımın reduksiyasını daha dəqiq nəzərə almağa çalışmışdır:

$$Q_{p\%} = \frac{K_0 h_{p\%} K_1}{(K_2 K_0 \tau + \delta_{mb})} \delta_g F, \quad (5.33)$$

burada K_1 -maksimal su sərfinin orta sutkalıq qiymətindən onun müşahidə saatındaki qiymətinə keçid əmsalı; K_2 -suyun qaçış (hərəkət) sürətindən asılı olan əmsal; δ_{mb} -meşə və bataqlığın təsirini nəzərə alan əmsal; δ_g - gölün təsirini nəzərə alan əmsal; τ -suyun qaçış müddəti (əsas axının uzunluğunun suyun hərəkət sürətinə nisbəti) aşağıdakı düstura görə təyin olunur:

$$\tau = \frac{L}{v} = \frac{L}{a I^{0,33} Q_{\max}^{0,25}}, \quad (5.34)$$

burada L -əsas çayın uzunluğu; v -suyun hərəkət sürəti; a -çayın məcrə və subasarının kələkötürlüyündən asılı parametr; I -çayın orta meyilliyi; Q_{\max} -orta sutkalıq maksimal su sərfidir.

Alekseyevin düsturu fiziki nöqteyi-nəzərdən ən yaxşı əsaslandırılmış düsturlardan hesab olunur: maksimal axım modulunun zamana görə reduksiyasını və su sərfinin sutka daxili tərəddüdünü nəzərə alır. Lakin praktikada bu düsturdan az istifadə olunur və bu τ parametrinin təyininə bağlıdır.

Həcmi düsturlar yaz gursuluğu hidroqrafının bu və ya digər həndəsi sxematizasiyasına əsaslanır. Onların əsasını maksimal axım modulunun aşağıdakı düsturu təşkil edir:

$$q_{\max} = \frac{h}{T_{ad}} K_f K_{\ddot{o}} = \frac{h}{T_s + \tau} K_f K_{\ddot{o}}, \quad (5.35)$$

burada h -gursulu dövrün axım layının orta çoxillik kəmiyyəti, mm; T_{ad} - gursulu dövr axımının davamiyyəti ($T_{ad} = T_s + \tau$),

sutka; T_s - qarın suvermə müddəti, sutka; τ - yamac və məcra qaçış müddəti; sutka; K_f - gursulu dövr hidroqrafının forma əmsalı ($K_f = Q_{\max} / \overline{Q}_{gur}$), $K_f = 2$ - üçbucaq formalı hidroqraf üçün, $K_f = 3$ - parabolik formalı hidroqraf üçün; K_0 -ölçü vahidindən asılı olan əmsaldır, h mm-lə ifadə olunduqda $K_0 = 0,0116$.

İlk belə düsturları F.Q.Zbrojek (1901-ci il) və A.V.Oqiyevski (1938) təklif etmişlər. Məsələn, $K_f = 2$ olduqda A.V.Oqiyevskinin düsturu alınır:

$$Q_{\max} = 0,0116 \frac{hF}{T_s + \tau} 2 = \frac{0,023hF}{T_s + \tau} . \quad (5.36)$$

Həcmi düsturlara əsaslanan hesablama sxemləri işlənildikdə bir sıra ehtimal xarakterli çətinliklər ortaya çıxır: $P(Q)$ paylanması $P(K_f)$, $P(h)$ və $P(1/T_{ad})$ paylanma funksiyalarının kompozisiyasıdır. Buna görə də həcmi düsturlar yalnız h , T və K_f -in konkret qiymətlərində formalaşmış gursulu dövr üçün doğrudur. Maksimal su sərfələrinin 1% və başqa təminatlı qiymətlərini hesablamaq tələb olunduqda nəzərə almaq lazımdır ki, bu su sərfələri h , T və K_f parametrlərinin çoxsaylı kombinasiyaları nəticəsində əmələ gələ bilər. Buna görə də müşahidə məlumatları olmayan çayların maksimal axımını təyin etmək üçün işlənən hesablama metodlarında bir sıra kobud fərziyyələr qəbul olunur. Məsələn, hidroqrafın forma əmsalı sabit qəbul edilir. Əslində o, xüsusilə kiçik çay sutoplayıcıları üçün dəyişən kəmiyyətdir.

Daha bir çətinlik qarın suvermə müddəti və axımın qaçış müddətinin təyini ilə bağlıdır. Bu səbəblərə görə hidroloji hesablamalar təcrübəsində daha çox reduksion tipli düsturlardan istifadə olunur.

Yaz gursulu dövrün maksimal axımını hesablamaq üçün təklif olunmuş hesablama metodları təkmilləşdirilməlidir. Yeni metod-

lar təkcə maksimal su sərfini yox, gursulu dövrün bütün hidroqrafını hesablamağa imkan verməlidir. Gələcəkdə bu problem axımın əmələgəlməsinin fiziki-riyazi modellərinin tətbiqi ilə həll oluna bilər. Lakin belə modellər üçün gursulu dövr axımının formalaşmasına təsir göstərən çoxsaylı fiziki-coğrafi amillər haqqında məlumatlar tələb olunur. Bu məlumatların kifayət qədər olmaması hazırda praktikada geniş tətbiq edilə bilən riyazi modellərin işlənməsinə imkan vermir.

5.2.4. Yağış daşqınlarının maksimal su sərfələrinin hesablanma metodları

Yağış daşqınlarının maksimal su sərfələrini hesablamaq üçün təklif olunmuş düsturlar, yaz gursululuğunun maksimal axımını hesablamaq üçün işlənmiş düsturlarla müqayisədə sayca daha çoxdur. Tarixi nöqteyi-nəzərdən də bu düsturlar daha əvvəl işlənmiş və praktikada tətbiq olunmuşlar. Mövcud düsturlar nəzəri əsaslarına və istifadə olunan məlumatların xarakterinə görə də fərqlənirlər. Onlar üç əsas qrupa bölünür:

1. Maksimal intensivlik düsturları-izoxron nəzəriyyəsinə əsaslanır və suvermənin orta intensivliyinin maksimal kəmiyyətinin reduksiyasına əsaslanır.

2. Reduksion düsturları- açıq şəkildə sutoplayıcı sahə böyüdükcə maksimal axım modulunun azalmasını nəzərə alır.

3. Həcmi düsturları-maksimal su sərfi daşqın hidroqrafının digər elementləri (axım layı, daşqının davamiyyəti, hidroqrafın forma əmsalı) ilə ifadə olunur.

Maksimal su sərfini hesablamaq üçün ilk düsturu avstriyalı Kestlin 1868-ci ildə təklif etmişdir. 1884-cü ildən bu düstur rəsmi olaraq Rusiyada tətbiq olunmağa başlanmışdır:

$$Q=K_p a \alpha F, \quad (5.37)$$

burada a -leysanın hesabı intensivliyi ($a=0,96\text{mm/dəq}$); F -sutoplayıcı sahə, km^2 ; α -leysan sularının süzülməyə sərf olunan itkilərini, həmçinin qapayıcı məntəqəyə kimi qaçış müddətinin qeyri-

bərabərliyini nəzərə alan əmsal; K_p -ölçü vahidindən asılı olan əmsaldır və metrik sistemdə 16,67 təşkil edir (beləki, 1mm/dəq intensivlikli yağış 1 saniyə ərzində 1km^2 sahədən

$$\frac{1 \cdot 10^6}{10^3 \cdot 60} = \frac{1000}{60} = 16,67 \text{ m}^3/\text{san axım verir}.$$

Kiçik sutoplayıcıların ($F < 200 \text{ km}^2$) maksimal su sərfini hesablamaq üçün daha çox *maksimal intensivlik düsturlarından* istifadə olunur:

$$Q_p = A_{1\%} \alpha H_{1\%} F \delta_g \lambda_p, \quad (5.38)$$

burada Q_p -P% təminatlı ani maksimal su sərfi; $A_{1\%}$ -1% təminatlı

nisbi maksimal axım modulu $A_{1\%} = \frac{q_{1\%}}{\alpha H_{1\%}}$; α -axım əmsalı; $H_{1\%}$ -

1% təminatlı maksimal sutkalıq yağış layı; δ_g -sutoplayıcının göllük əmsalı; λ_p - maksimal su sərfinin müxtəlif təminatlı qiymətlərinə keçid əmsalıdır.

$A_{1\%}$ parametri məcranın hidromorfometrik xarakteristikasından, yamac qaçış müddətindən və yağışın intensivliyinin reduksiya əyrisinin tipindən asılıdır. Məcranın hidromorfometrik xarakteristikası aşağıdakı düstura görə təyin olunur:

$$\Phi_m = \frac{1000L}{m l^{1.3} F^{1.4} (\alpha H_{1\%})^{1.4}}, \quad (5.39)$$

burada L -məcranın uzunluğu; m -məcranın kələ-kötürlüyünü nəzərə alan əmsal; l -məcranın meyilliyidir.

Axımın yamac qaçış müddəti öz növbəsində yamacın hidromorfometrik xarakteristikasından asılıdır:

$$\Phi_y = \frac{(1000\bar{\ell})^{1/2}}{m_y I_y^{1/4} (\alpha H_{1\%})^{1/2}}, \quad (5.40)$$

burada $\bar{\ell}$ -yamacın orta uzunluğudur:

$$\bar{\ell} = \frac{1000}{1,8\rho}, \quad (5.41)$$

m_y və \dot{I}_y – müvafiq olaraq, yamacın kələ-kötürlüyünü səciyyələndirən əmsal və onun meyilliyi; ρ – çay və yarıqan-qobu şəbəkəsinin sıxlığıdır.

Beləliklə, maksimal intensivlik düsturu tətbiq olunduqda hesablamalar aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirilir:

1. $\alpha H_{1\%}$ hasili tapılır.

2. Φ_m və Φ_y hesablanır.

3. Yağışın reduksiya əyrisinin nömrəsinə (keçmiş SSRİ ərazisi üçün 34 əyri alınmışdı) və Φ_y parametrinin qiymətinə görə yamac qaçış müddəti, τ_y , təyin olunur.

4. Reduksiya əyrisinin (rayonun) nömrəsinə, Φ_m və τ_y parametrlərinə görə $A_{1\%}$ qiymətləndirilir.

5. Əvvəlcə, $Q_{1\%}$, sonra isə λ_p əmsallarından istifadə etməklə Q_p hesablanır.

Qeyd etmək lazımdır ki, maksimal intensivlik düsturu daha çox dəmir yolları və avtomobil yolları yarıqan və qobuları kəsədikdə axırınıclarda formalaşan daşqınların maksimal su sərfələrini buraxmaq üçün en kəskin sahələrinin hesablanmasında istifadə olunur.

Misal 5.2. Sutoplayıcı sahəsi 15 km^2 , uzunluğu $7,5 \text{ km}$, orta çəki meyilliyi $\dot{I}=50\%$, yamaclarının meyilliyi $\dot{I}_y=250\%$, meşəlik əmsalı $f_m=0,8$ məcrası əyrintili və daşlı, torpaqları gillicəli olan kiçik çayda yağış daşqınının 1 və 5% təminatlı maksimal su sərfələrini hesablayın.

Həlli: Hesablamalar maksimal intensivlik düsturuna (5.38) görə yerinə yetirilir. Bu düsturun parametrləri aşağıdakılardır: sutkalıq maksimal yağış layınının 1% təminatlı qiyməti $H_{1\%}=96,0 \text{ mm}$ (xəritə və ya $H_{1\%}=f(H)$ əlaqəsinə görə təyin olunur); axım əmsalı $\alpha=0,65$ (xüsusi cədvəldən sutoplayıcının sahəsi və torpaq tipinə görə tapılır):

$$\alpha H_{1\%}=62,4.$$

Yamac qaçış müddəti mövcud təlimatlara görə təyin olunur: $\tau_y=100$ dəqiqə. Məcranın kələ-kötürlüyünü nəzərə alan əmsal $m=9$ (xüsusi cədvəldən götürülür).

Məcranın hidromorfometrik xarakteristikası hesablanır:

$$\Phi_m = \frac{1000 \cdot 7,5}{9 \cdot 50^{1/3} 15^{1/4} (62,4)^{1/4}} = 43,8.$$

Φ_m , τ_y və yağıntıların reduksiya əyrisinə görə xüsusi cədvəldən maksimal axım modulunun nisbi qiyməti təyin olunur:

$$\frac{q_{1\%}}{\alpha H_{1\%}} = 0,038.$$

1% təminatlı maksimal su sərfi :

$$Q_{1\%} = q_{1\%} F = 0,038 \cdot 62,4 \cdot 15 = 35,5 \text{ m}^3/\text{s}.$$

5% təminatlı maksimal su sərfi:

$$Q_{5\%} = Q_{1\%} \lambda_{5\%} = 35,5 \cdot 0,69 = 24,5 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Reduksion düsturlar ümumi halda aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$Q_p = q_p F = \frac{A_p}{(F + C)^n} \delta F, \quad (5.42)$$

burada q_p - maksimal axım modulu; F -sutoplayıcı sahə; A_p - vahid sutoplayıcı sahədə ($F=1 \text{ km}^2$ və ya $F \rightarrow 0$) maksimal axım modulu; n -reduksiya əmsalı; C -sutoplayıcının kiçik qiymətlər zonasında reduksiyanın zəifləməsinə nəzərə alan parametrlər ($C \geq 1$); δ -göl və bataqlıqların təsiri nəticəsində maksimal axımın azalmasını nəzərə alan parametrdir.

Bu düsturun parametrlərini təyin etmək üçün bircins hidroloji rayon çaylarının məlumatları əsasında ikioxlu loqarifmik miqyasda maksimal axım modulu və sutoplayıcı sahə arasında əlaqə qrafiki qurulur. Bu əlaqə düzxətlidir:

$$\text{Lg } q_p = \text{Lg } A_p - \text{nlg } (F+C). \quad (5.43)$$

Reduksion düsturların əsas üstünlükləri onların sadəliyi, parametrlərin hidrometrik müşahidə məlumatları əsasında təyin edilməsi və bu səbəbdən hesablamaların xətalılarına nəzarətin mümkünlüyüdür.

Reduksion sxemin əsas çatışmazlığı onun sutoplayıcı sahəsi kiçik olan çaylarda tətbiqi ilə əlaqədardır. C parametrlərinin qiymətinin zəif əsaslandırılması hesablamaların xətasını kəskin artırır. Bunun izahı axımın genetik düsturundan alınır: sutoplayıcı sahənin kiçik qiymətlərində maksimal su sərfələrinin azalmasında əsas rol yamac axımının transformasiyası oynayır. “Böyük” və “kiçik” sutoplayıcıların sərhəddi yalnız empirik yolla təyin oluna bilər. Bu halda şərti olaraq sutoplayıcı sahənin müəyyən bir böhran qiyməti qəbul olunur və bundan kiçik qiymətlərdə $\text{lg } q_p = f[\text{lg}(F+1)]$ əlaqə qrafikində nöqtələr çox səpələndiyindən, reduksion düsturun tətbiqi effektiv olur.

Təcrübə göstərir ki, reduksion düsturlar $F > 200 \text{ km}^2$ olduqda daha yaxşı nəticə verir.

Keçmiş SSRİ-də və indi Rusiya Federasiyasında çayların əsas hidroloji xarakteristikalarını hesablamaq üçün qəbul olunmuş normativ sənədlərə reduksion düsturların iki tipi daxil edilmişdir.

I tip reduksion düstur analoq çay olduqda istifadə edilir:

$$Q_{p\%,a} = q_{p\%,a} \frac{\delta_g \delta_b}{\delta_{g_a} \delta_{b_a}} \varphi * F, \quad (5.44)$$

burada $q_{p\%,a}$ -analoq çayın ani maksimal su sərfəsinin P% təminatlı moduludur, $\text{m}^3 / \text{s} \cdot \text{km}^2$ və aşağıdakı düstura görə hesablanır:

$$q_{p\%,a} = \frac{Q_{p\%,a}}{F_a}, \quad (5.45)$$

burada $Q_{p\%,a}$ -analoq çayda maksimal su sərfəsinin P% təminatlı qiyməti, m^3/s ; F_a -analoq çayın sutoplayıcı sahəsi, km^2 ; φ^* -yağış daşqınının maksimal axım modulunun ($q_{1\%}$) sutoplayıcı sahə (F,

km²) və ya məcra qaçış müddətinin (τ_m , dəqiqə) artması ilə əlaqədar reduksiyasını nəzərə alan əmsaldır. Bu əmsal tədqiq olunan çay və analog çayın sutoplayıcılarının forma əmsalının nisbətində- η_f əmsalına görə hesablanır:

$$\eta_f \approx \frac{LF_a^{0.56}}{L_a F^{0.56}}, \quad (5.46)$$

burada L və L_a -müvafiq olaraq, tədqiq olunan çayın və analog çayın uzunluğu, km; F və F_a -müvafiq olaraq, tədqiq olunan çay və analog çayın sutoplayıcı sahələridir, km².

$\eta_f < 1,5$ olduqda φ^* əmsalı aşağıdakı düstura görə təyin olunur:

$$\varphi^* = \left(\frac{F_a}{F} \right)^n \quad (5.47)$$

$\eta_f > 1,5$ olduqda isə hesablamalar başqa düsturla yerinə yetirilir:

$$\varphi^* = \left(\frac{\phi_a}{\phi} \right)^{n_1}, \quad (5.48)$$

burada Φ və Φ_a -müvafiq olaraq tədqiq olunan və analog çay üçün məcranın hidromorfometrik xarakteristikasıdır:

$$\phi = \frac{1000L}{m_m I_m^m F^{0.25}}, \quad (5.49)$$

burada m_m və m -çayın məcrasının vəziyyətini və kələ-kötürlüyünü xarakterizə edən hidravlik parametrlər; I_p -çay məcrasının orta çəki meyilliyi, ‰; n və n_1 -müvafiq olaraq sutoplayıcı sahənin, F , və məcra qaçış müddətinin, τ_m , artması ilə əlaqədar daşqının maksimal axım modulunun, $q_{1\%}$, reduksiyasını əks etdirən üst göstəricilərdir.

Məcra qaçış müddəti aşağıdakı düstura görə təyin olunur :

$$\tau_m = \frac{1000L}{v} = \frac{1000L}{m_m I_m^m Q_{1\%}^{0.25}}, \quad (5.50)$$

burada v -əsas çayda suyun orta qaçış sürətinin maksimal qiymətidir.

δ_g və δ_a , δ_b və $\delta_{b,a}$ –tədqiq olunan çay və analoq çayın maksimal axımına müvafiq olaraq göllər və bataqlıqların tənzimləyici təsirini nəzərə alan düzəliş əmsallarıdır.

II tip reduksion düstur analoq çay olmadıqda istifadə olunur:

$$Q_{P\%} = q_{200} \left(\frac{200}{F} \right)^n \delta_g \delta_h \delta_d \lambda_{p\%} F, \quad (5.51)$$

burada $Q_{P\%}$ - $P\%$ təminatlı ani maksimal su sərfi; q_{200} - $\delta_g = \delta_b = \delta_d = 1,0$ olduqda $P=1\%$ təminatlı ani maksimal axım modulunun sahəsi 200 km^2 olan şərti sutoplayıcıya gətirilmiş qiyməti; δ_d -dağlıq rayonlarda sutoplayıcının orta hündürlüyü artdıqca q_{200} parametrinin dəyişməsinə nəzərə alan əmsal; λ_p - 1% təminatlı su sərfindən hesabi təminatlı su sərfinə keçid əmsalındır.

II tip reduksion düsturda əsas parametr q_{200} hesab olunur. Bu onunla izah edilir ki, elementar axım modulu, A , ilə müqayisədə q_{200} daha etibarlı təyin olunur. Həmçinin, bu parametr reduksiya əmsalından, n , az asılıdır və ərazi üzrə tədricən dəyişir. Buna görə də q_{200} parametrini təyin etmək üçün onun axım izoxətləri xəritəsi tərtib oluna bilər.

Reduksiya əmsalı $q_{200} = \frac{q_{1\%}}{\delta_g \delta_b} = f(F)$ rayon əlaqəsinə görə tə-

yin edilir.

Dağ çayları üçün δ_d əmsalı $q_{200} = f(H)$ əlaqəsinə görə qiymətləndirilir.

II tip reduksion düsturla yerinə yetirilmiş hesablamaların dəqiqliyi I tip düsturla müqayisədə nisbətən aşağıdır.

Qafqaz, o cümlədən Azərbaycan çaylarında yağış daşqınlarının maksimumunu hesablamaq üçün M.Ə.Məmmədov (Мамедов, 1989) II tip reduksion və maksimal intensivlik düsturlarının imkanlarını araşdırmış və göstərmişdir ki, hər iki düstur qənaətbəxş nəticələr verir.

Misal 5.3. Çayın sutoplayıcı sahəsi $F=2830\text{km}^2$, müşahidə məntəqəsindən ən uzaqda yerləşən nöqtəyə kimi məsafə $L=135$ km, çayın orta çəki meyilliyi $\dot{I}=4,3$ ‰, təşkil edir. Sutoplayıcıda bataqlıqlar $\delta_b=6\%$, meşələr isə $\delta_m=75\%$ ərazi tutur. Bu çay üçün yağış daşqınlarının 1 və 5% təminatlı maksimal su sərfələrini hesablayın.

Həlli: Hesablamalar II tip reduksion düstura (5.51) görə yerinə yetirilir. Baxılan çay hövzəsi üçün bu düsturun parametrləri hesablanır:

1. Sutoplayıcınınun ağırlıq mərkəzi üçün maksimal axım modulunun 1% təminatlı qiyməti müvafiq axım xəritəsi və ya $q_{200}=f(H)$ əlaqəsinə görə təyin olunur: $q_{200}=1,75 \text{ l/skm}^2$.

2. Reduksiya əmsalı müvafiq cədvəldən tapılır:

$$n=0,35.$$

3. Maksimal su sərfinin bataqlıqların təsiri nəticəsində azalmasını nəzərə alan əmsal məlum düstura görə hesablanır:

$$\delta_b=1-0,81g(1+0,16)=0,84.$$

Bu parametrləri hesablama düsturunda yerinə yazdıqda 1% təminatlı maksimal su sərfi alınır:

$$Q_{1\%}=1,75 \left(\frac{200}{2830} \right)^{0,35} \cdot 2830 \cdot 0,84 = 1680 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Keçid əmsalını, $\lambda_{5\%}=0,69$, nəzərə alaraq $Q_{5\%}$ də qiymətləndirilə bilər:

$$Q_{5\%}=1680 \cdot 0,69=1160 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Hesablamalar I tip reduksion düstur ilə də yerinə yetirilə bilər. Analoq çayın müvafiq su sərfələri $Q_{1\%}=2630 \text{ m}^3/\text{s}$ və $Q_{5\%}=1630 \text{ m}^3/\text{s}$ təşkil edir. Analoq çayın digər xarakteristikaları belədir: $F=5170 \text{ km}^2$, $L=175 \text{ km}$, $\dot{I}=1,9\%$, $f_b=7\%$, $f_m=79\%$. Analoq çayın sutoplayıcısında bataqlıqların maksimal axıma təsirini nəzərə alan əmsal hesablanır:

$$\delta_{b.a}=1-0,8\lg(1+0,1 \cdot 7)=0,82.$$

$Q_{1\%}$ və $Q_{5\%}$ təyin olunur:

$$Q_{1\%}=2630 \left(\frac{2830}{5170} \right)^{0.65} \frac{0,84}{0,82} = 1820 \text{ m}^3/\text{s},$$

$$Q_{5\%}=1630 \left(\frac{2830}{5170} \right)^{0.65} \frac{0,84}{0,82} = 1130 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Göründüyü kimi , hər iki düsturla çox yaxın qiymətlər alınır.

Həcmi düsturlar axımın genetik nəzəriyyəsinə əsaslanır və buna görə də yağış layının hesabi təminatlı kəmiyyəti bu tip düsturların əsas parametrlərindən biridir. Onlar ümumi şəkildə aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$Q_p = K_{\delta} K_f \frac{H_p F}{T_{sv} + \tau_m}, \quad (5.52)$$

burada, K_{δ} - ölçü vahidini nəzərə alan əmsal; K_f -hidroqrafın formasını nəzərə alan əmsal; H_p -yağış layının $P\%$ təminatlı qiyməti; τ_m - məcrə qaçış müddəti; T_{sv} - sutoplayıcıda yağış axımının (suvermənin) davamiyyətidir.

Hidroloji hesablamalar təcrübəsində həcmi düsturlardan ən geniş istifadə ediləni D.L.Sokolovskinin düsturudur. Bu düsturun əsas parametri daşqının qalxma fazasının davamiyyəti və ya yağış və daşqın maksimumları arasındakı zaman fərqi. Hidroqrafın forması isə parabola şəklindədir. Düstur aşağıdakı kimidir:

$$Q_p = K_{\delta} K_f \frac{H_p - H_0}{t_q} \alpha_p F_y \delta_g \delta_t + Q_{y.a}, \quad (5.53)$$

burada H_0 -yağış layının itkisi; α_p - daşqının axım əmsalının $P\%$ təminatlı qiyməti; F_y - yağışın eyni vaxtda düşdüyü sutoplayıcı sahə; t_q - daşqının qalxma fazasının davamiyyəti; $Q_{y.a}$ - daşqın keçməzdən əvvəl çayda qurunt sularının sərfi; δ_g - göllərin maksimal

axımın azaltmasını nəzərə alan əmsal; δ_1 - maksimal axımın təbii və süni tənzimlənməsini nəzərə alan əmsaldır. Hazırda həcmi düsturlar çox az tətbiq edilir.

Yuxarıda təhlili verilən hesablamada düsturları keçmiş SSRİ-də işlənmişlər və hazırda postsovet məkanında çox geniş tətbiq olunurlar.

Yağış daşqınlarının maksimal su sərfini təyin etmək üçün Qərb ölkələrində də çoxsaylı düsturlar təklif olunmuşdur.

Orta Avropa ölkələrində P.Kresnikin düsturundan istifadə olunur:

$$Q_{\max} = \frac{32cF}{0,5 + \sqrt{F}}, \quad (5.54)$$

burada c -sutoplayıcının formasından asılı olan əmsaldır və 0,6-6,0 arasında qiymətlər alır.

Avstriyada yağış daşqınlarının maksimal su sərfini hesablamaq üçün R.Hofbauerin düsturu tətbiq edilir:

$$Q_{\max} = [16,67a_{\text{saat}} \cdot 25 + 0,0116a_{\text{sut}}(F - 25)]\alpha, \quad (5.55)$$

burada a_{saat} -yağışın maksimal saatlıq intensivliyi; a_{sut} -yağışın maksimal sutkalıq intensivliyi; α -axım əmsalındır.

İngiltərədə Riçardsın (B.D.Richards) düsturundan istifadə olunur:

$$Q_{\max} = k\alpha, \quad (5.56)$$

burada a -yağışın hesabi intensivliyi; α -axım əmsalı; k -keçid əmsalındır.

ABŞ-da da bir sıra düsturlar işlənmişdir.

Cervisin (C.S.Jarvis) düsturu:

$$q = 100b \sqrt{A_d}, \quad (5.57)$$

burada q -daşqının maksimal su sərfi, fut^3/s ; A_d - sutoplayıcının sahəsi kv.mil ; b -əmsaldır, bəzən Mayers əmsalı adlanır.

Maksimal su sərfələrinin təminatlı qiymətlərini hesablamaq

üçün ilk düsturu W.E.Fuller təklif etmişdir:

$$q = \bar{q}(1 + c \lg T_p), \quad (5.58)$$

burada \bar{q} -daşqın maksimumunun orta çoxillik kəmiyyəti; q -təkrarlanma dövrü T_p olan daşqının maksimal su sərfi; c -əmsaldır.

R.E.Hortonun düsturu:

$$q = \frac{KT_r^n}{A_d}, \quad (5.59)$$

burada T_r - daşqının təkrarlanma dövrü; K və n -əmsallardır.

Müasir dövrdə yağış daşqınlarının maksimal su sərfələrini hesablamaq üçün ABŞ-da üç metoddan daha çox istifadə olunur (David A.Chin, 2007):

1. Rasional metod.
2. NRCS-TR-55 metodu.
3. USGS regional reqressiya tənlikləri metodu

Rasional metod urbanizasiya olunmuş ərazilərdə daha geniş istifadə olunur. ABŞ-da şəhərlərin əksəriyyətində leysan suların kənarlaşdırma şəbəkəsi bu metod əsasında layihələndirilmişdir. Bu, rasional metodun sadə və etibarlı olması ilə bağlıdır. Rasional metod hələ XIX əsrdən (Mulvaney, 1850; Kuichling, 1889) tətbiq edilir. Bu metodda maksimal su sərfi, Q_p , yağışın intensivliyinə görə hesablanır:

$$Q_p = C_i A, \quad (5.60)$$

burada C -axım əmsalı; i -yağışın intensivliyi; A -sutoplayıcının sahəsidir. Rasional metodun tətbiqi aşağıdakılara əsaslanır:

- Axımın əmələ gəlməsində bütün sutoplayıcı sahə iştirak edir və leysanın davamiyyəti sutoplayıcıda suyun cəm (yamac və məcrə) qaçış müddətinə bərabər və ya ondan artıq olmalıdır;
- Yağış layı sutoplayıcı sahədə bərabər paylanır;
- Hövzədə bütün axım itkiləri axım əmsalı ilə nəzərə alınır.

Rasional metod çox kiçik sutoplayıcılarda formalaşan yağış daşqınlarının maksimal su sərfələrini hesablamağa imkan verir: sutoplayıcı sahə 80 hektardan (200akr) kiçik (ASCE, 1992), cəm qaçış müddəti isə 20 dəqiqədən az olmalıdır (Wanielista et al., 1997).

Urbanizasiya olunmuş ərazilərdə səthin xarakterindən asılı olaraq axım əmsalı 0,05-0,95 arasında dəyişir. Bu əmsalın 2 və 10 ildə 1 dəfə təkrarlanan leysanlara müvafiq qiymətləri müxtəlif xarakterli sutoplayıcı səthlər üçün qiymətləndirilmişdir (ASCE, 1992; Виссмен и др., 1979).

Məlumdur ki, axım əmsalı 1-dən böyük ola bilməz. Hesablamalarda riski azaltmaq üçün Böyük Britaniyada urbanizasiya olunmuş ərazilərdə axım əmsalı 1-ə bərabər qəbul edilir. Başqa sözlə, belə hesab edilir ki, sutoplayıcının bütün (100%) səthi su keçirmir (Butler and Davies, 2000).

D.L. Sokolovski (Соколовский, 1968) qeyd edir ki, ABŞ-da və başqa Qərbi ölkələrində geniş istifadə olunan rasional metod keçmiş SSRİ-də tətbiq edilən maksimal intensivlik metoduna uyğundur. Maksimal intensivlik metodunun əsas çatışmazlıqları (sutoplayıcı sahədə suyun sürəti və qaçış müddətinin, yağışın maksimal intensivliyinin və axım əmsalının qeyri-dəqiq təyin olunması) rasional metoda da aid edilir. Bu çatışmazlıqlara baxmayaraq, artıq üç əsrdir ki, rasional metod hidroloji hesablamalarda geniş istifadə edilir.

Misal 5.4. Sahəsi 1,2 ha olan yeni yaşayış məntəqəsindən yağış sularını kənarlaşdırma sistemi bələdiyyənin müvafiq şəbəkəsinə qoşulmalıdır. Bu ərazidə axım əmsalının orta qiyməti 0,4, Manning əmsalı $n=0,20$, suları kənarlaşdıran xəttin uzunluğu $L=70$ m, orta meyillik $i=0,7\%$ təşkil edir. Suyun cəm qaçış müddəti kinematik dalğa tənliyinə görə təyin olunmalıdır. Suyu kənarlaşdıran borunun diametri 10 ildə 1 dəfə təkrarlanan leysan üçün hesablanmalıdır. Belə leysanın intensivliyi intensivlik-davamiyyət-təkrarlanma əyrisinə görə aşağıdakı düsturla təyin olunmalıdır:

$$i = \frac{315,5}{t^{0,81} + 6,19},$$

burada i -yağışın intensivliyi, sm/saat; t -yağışın davamiyyətidir, dəqiqə. Suyun minimal yığılma (qaçış müddəti) 5 dəqiqədir.

Maksimal su sərfini rasional metoda görə qiymətləndirin.

Həlli: Suyun qaçış müddəti kinematik dalğa tənliyinə görə hesablanır:

$$t_c = 6,99 \frac{(nL)^{0,6}}{i_e^{0,4} S_o^{0,3}} = 6,99 \frac{(0,20 \times 70)^{0,6}}{i_e^{0,4} (0,007)^{0,3}} = \frac{151}{i_e^{0,4}} \text{ dəq.},$$

burada i_e - effektiv yağıntıların intensivliyidir, mm/saat. Təkrarlanma dövrü 10 ildə 1 dəfə olan leysan üçün

$$i_e = C_i = \frac{3155C}{t_c^{0,81} + 6,19} \text{ mm/saat.}$$

$C=0,4$ olduğunu nəzərə alsaq, axırındakı iki tənliyin birgə həllindən aşağıdakı ifadə alınır:

$$i_e = \frac{3155(0,4)}{\left(\frac{151}{i_e^{0,4}}\right)^{0,81} + 6,19} = \frac{1262i_e^{0,324}}{58,2 + 6,19i_e^{0,324}}$$

Bu tənliyi həll etdikdə $i_e = 58 \text{ mm/saat}$, ona müvafiq cəm qaçış müddəti 30 dəqiqə alınır ki, bu da qaçış müddətinin tələb olunan minimal qiymətindən (5 dəq) artıqdır.

Yaşayış məntəqəsindən maksimal su sərfi aşağıdakı düstura görə hesablanır:

$$Q_p = C_i A = i_e A,$$

burada $i_e = 58 \text{ mm/saat} = 1,61 \times 10^{-5} \text{ m/san}$ və $A = 1,2 \text{ ha} = 1,2 \times 10^4 \text{ m}^2$.

Beləliklə,

$$Q_p = (1,61 \times 10^{-5})(1,2 \times 10^4) = 0,19 \text{ m}^3/\text{s} \text{ alınır.}$$

NRCS-TR-55 metodunu ABŞ-ın Təbii Ehtiyatların Mühafizəsi Xidməti (The Resources Conservation Service, NRCS) təklif etmişdir. Bu metod kiçik və orta ölçülü sutoplayıcılarda formalaşan maksimal su sərfini hesablamağa imkan verir. Hesablamalar 24 saatlıq yağış layına görə yerinə yetirilir. NRCS əyri-nömrəsi modelinə görə effektiv yağıntılar, NRGS vahid-hidroqraf modelinə görə isə axım hidroqrafı hesablanır. Bu hesablamalar TR-20 komyuter proqramı (SCS, 1983) ilə yerinə yetirilir.

TR-55 metodu tətbiq olunan sutoplayıcılarda suyun cəm qaçış (yığılma) müddəti 0,1-10 saat arasında olmalıdır. Bu metoda görə maksimal su sərfi, q_p , aşağıdakı düsturla hesablanır (SCS, 1986):

$$q_p = q_u A Q F_p, \quad (5.61)$$

burada q_u - 1 km^2 sutoplayıcıdan 1sm axım layına müvafiq vahid maksimal su sərfi, m^3/s ; A-sutoplayıcı sahə, km^2 ; Q-verilmiş təkrarlanmaya malik 24 saatlıq leysanın əmələ gətirdiyi axım; F_p -nohur və bataqlıqların maksimal axımı azaltmasını nəzərə alan əmsal və ölçü vahidi olmayan parametrdir.

Axım, Q, birbaşa NRCS əyri-nömrəsi modelinə görə 24 saatlıq yağıntılar haqqında məlumatlardan istifadə etməklə tapılır. F_p parametri xüsusi cədvələ görə təyin olunur: əgər, sutoplayıcıda nohur və bataqlıqlar yoxdursa, $F_p=1$, onların sahəsi 5% təşkil edirsə, $F_p=0,72$ qəbul olunur.

Vahid maksimal su sərfi, q_u , empirik düstura görə hesablanır:

$$\log(q_u) = C_0 + C_1 \log t_c + C_2 (\log t_c)^2 - 2,366. \quad (5.62)$$

C_0, C_1 və C_2 əmsallarının qiymətləri cədvəl 5.1-də tapılır.

Cədvəl 5.1

Vahid maksimal su sərfini, q_u , qiymətləndirmək üçün istifadə olunan parametrlər

Yağışın tipi	I_a/P	C_0	C_1	C_2
I	0.10	2.30550	-0.51429	-0.11750
	0.20	2.23537	-0.50387	-0.08929
	0.25	2.18219	-0.48488	-0.06589
	0.30	2.10624	-0.45695	-0.02835
	0.35	2.00303	-0.40769	0.01983
	0.40	1.87733	-0.32274	0.0574
	0.45	1.76312	-0.15644	0.00453
	0.50	1.67889	-0.06930	0.0
IA	0.10	2.03250	-0.31583	-0.13748
	0.20	1.91978	-0.28215	-0.07020
	0.25	1.83842	-0.25543	-0.02597
	0.30	1.72657	-0.19826	0.02633
	0.50	1.63417	-0.09100	0.0
II	0.10	2.55323	-0.61512	-0.16403
	0.30	2.46532	-0.62257	-0.11657
	0.35	2.41896	-0.61594	-0.08820
	0.40	2.36409	-0.59857	-0.05621
	0.45	2.29238	-0.57005	-0.02281
	0.50	2.20282	-0.51599	-0.01259
III	0.10	2.47317	-0.51848	-0.17083
	0.30	2.39628	-0.51202	-0.13245
	0.35	2.35477	-0.49735	-0.11985
	0.40	2.30726	-0.46541	-0.11094
	0.45	2.24876	-0.41314	-0.11508
	0.50	2.17772	-0.36803	-0.09525

Cədvəldəki I_a kəmiyyəti aşağıdakı düstura görə təyin olunur:

$$I_a=0,2S \quad (5.63)$$

burada S-torpağın maksimal (potensial) susaxlama qabiliyyəti, əyri nömrəsi nəzərə alınmaqla düstura görə tapılır; P-24 saatlıq yağış layıdır. Əgər, $I_a/P < 0,1$ olarsa, onda C_0 , C_1 və C_2 əmsallarının qiymətləri $I_a/P=0,1$ nisbətində müvafiq qiymətlərə, $I_a/P > 0,5$ olarsa, onda $I_a/P=0,5$ nisbətində müvafiq qiymətlərə bərabər qəbul edilir.

Nəzərə almaq lazımdır ki, NRGs-TR-55 metodu ilə hesablanmış maksimal su sərfələrinin dəqiqliyi o qədər də yüksək deyil: standart xəta 25% və daha böyük olur (Mc Cuen, 2001)

Misal 5.5. Sutoplayıcı sahə $A=2,25 \text{ km}^2$, sutoplayıcıda nohurların sahəsi 0,2%, suyun yığılma (qaçış) müddəti $t_c=2,4$ saat, 24 saatlıq (III tip) yağış layı $P=13 \text{ sm}$, əyri nömrəsi $CN=85$ olarsa, NRGs-TR-55 metodu ilə maksimal su sərfini hesablayın.

Həlli: $CN=85$ üçün torpağın potensial (maksimal) susaxlama qabiliyyəti, S , hesablanır:

$$S = \frac{1}{0,0394} \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) = \frac{1}{0,0394} \left(\frac{1000}{85} - 85 \right) = 45 \text{ mm}.$$

Yağıntı layı $P=130 \text{ mm}$ olduğunu nəzərə alaraq axım, Q , təyin olunur:

$$Q = \frac{[P - 0,25]^2}{P + 0,8S} = \frac{[130 - 0,2(45)]^2}{130 + 0,8(45)} = 88 \text{ mm} = 8,8 \text{ sm}$$

Xüsusi cədvələ görə nohurların sahəsi 0,2% olduqda onların maksimal axımı azaltmasını nəzərə alan parametr $F_p=0,97$ təşkil edir.

Aşağıdakı nisbət hesablanır:

$$\frac{I_a}{P} = \frac{0,2S}{P} = \frac{(0,2)(45)}{130} = 0,069.$$

$I_a/P < 0,1$ olduğuna görə cədvəl 5.1-dən $C_0=2,47317$, $C_1 = -0,51848$, $C_2 = -0,17083$ tapılır. Tənlik 5.62-yə görə
 $\log(\text{qu}) = C_0 + C_1 \log t_c + C_2 (\log t_c)^2 - 2,366 = 2,47317 - 0,51848 \log(2,4) - 0,17083 (\log 2,4)^2 - 2,366 = -0,116$.

buradan

$$q_u = 10^{-0,116} = 0,765 (\text{m}^3/\text{s})/\text{sm}/\text{km}^2.$$

Beləliklə, TR-55 metoduna görə maksimal su sərfi hesablanır:

$$q_p = q_u A Q F_p = 0,765(2,25)(8,8)(0,97) = 14,7 \text{m}^3/\text{s}.$$

USGS regional reqressiya tənlilikləri metodu bircins hidroloji rayonlar üçün tərtib olunur. Bu tənliliklər daşqının maksimal su sərfini hövzənin müxtəlif fiziki-coğrafi xarakteristikaları ilə əlaqələndirir. Ümumi halda maksimal su sərfinin reqressiya tənliyi aşağıdakı şəkildədir:

$$Q_T = a x_1^b x_2^c x_3^d, \quad (5.64)$$

burada Q_T -təkrarlanma dövrü T il olan maksimal su sərfi; x_1, x_2 və x_3 -hövzəni xarakterizə edən prediktorlar (parametrlər); a, b, c və d -reqression analiz nəticəsində təyin olunan parametrlərdir.

Bu tənliyin ən mühüm parametri sutoplayıcı sahədir. Digər mühüm parametrlərə misal olaraq çayın (məcranın) və ya sutoplayıcının meyilliyini, sukeçirməyən ərazilərin, göl və nöhlərin hövzədə nisbi sahəsini, orta illik yağıntılardan miqdarını və s. göstərmək olar.

1973-cü ildən başlayaraq ABŞ-ın Geoloji Xidmət İdarəsi (USGS), Federal Yol Administrasiyası (FHWA) və Federal Fövqəladə Hallar Agentliyi (FEMA) ilə birlikdə bütün ştatlar, Puerto-Riko, Samoa və bir sıra metropoliya əraziləri üçün regional reqressiya tənlilikləri tərtib və çap etdirmişdir.

Bu reqressiya tənlilikləri Milli Daşqın Təkrarlanması (National Flood Frequency, NFF) adlı xüsusi kompüter proqramında toplanmışdır. NFF proqramına ABŞ-ın yağış daşqınları müşahidə olunan 280 rayonunu üçün 2065 reqressiya tənliyi daxil edilmişdir. Reqressiya tənlilikləri müxtəlif təkrarlanma dövrünə (təminat) malik tənlilikləri üçün tərtib olunmuşdur.

Maksimal su sərfələrinin təminatı Pirsonun III tip olunmuş loqaritmik Pirson paylanmasına görə təyin olunmuşlar.

Məsələn, Florida ştatında 4 hidroloji rayon ayrılmış və hər bir rayon üçün təkrarlanma dövrü 2, 5, 10, 25, 50, 100 və 500 il olan

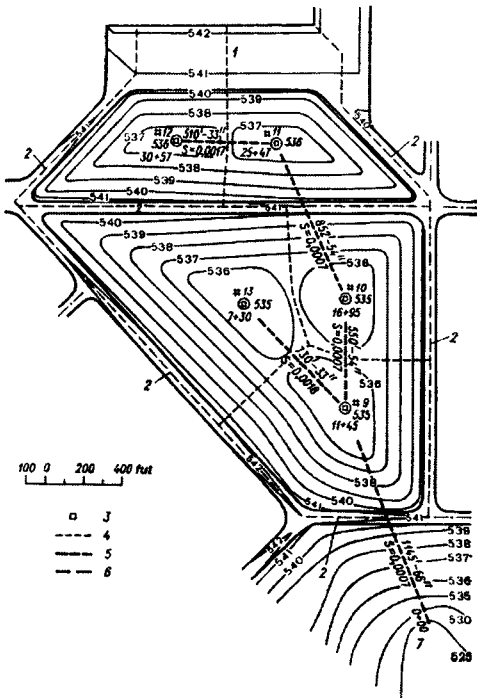
maksimal su sərfələrinin sutoplayıcının morfoimetrik ünsürlərindən asılılıqları alınmışdır (Bridges,1982). Rayonlardan biri üçün təkrarlanma dövrü 100 ildə 1 dəfə olan maksimal su sərfi, Q_{100} , aşağıdakı tənliyə görə hesablanır:

$$Q_{100}=609A^{0.685} S^{0.227}(L+3)^{-0.695}, \quad (5.65)$$

burada A-sutoplayıcı sahə, mil²; S-çayın meyilliyi, fut/mil; L-sutoplayıcıda göl və nohurların nisbi sahəsidir, % .

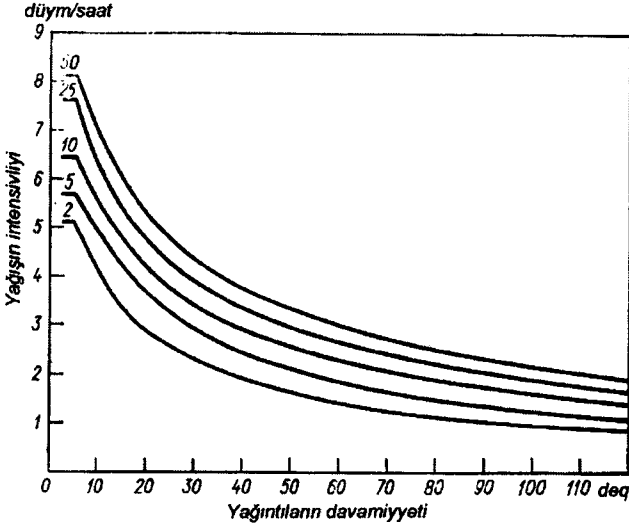
Müşahidə sıraları çox halda qısa olduğuna görə reqressiya tənlikləri ilə hesablamların xətası 15-100% arasında dəyişir.

Misal 5.6. Hava limanının verilmiş hissəsindən (şəkil 5.6) drenaj şəbəkəsinin köməyi ilə səth sularının kənarlaşdırılmasını hesablayın. Yağıntılarn təkrarlanma müddəti 5 ildə 1 dəfədir. Müxtəlif təkrarlanmaya malik yağıntılarn reduksiya əyriləri şəkil 5.7-də verilmişdir.



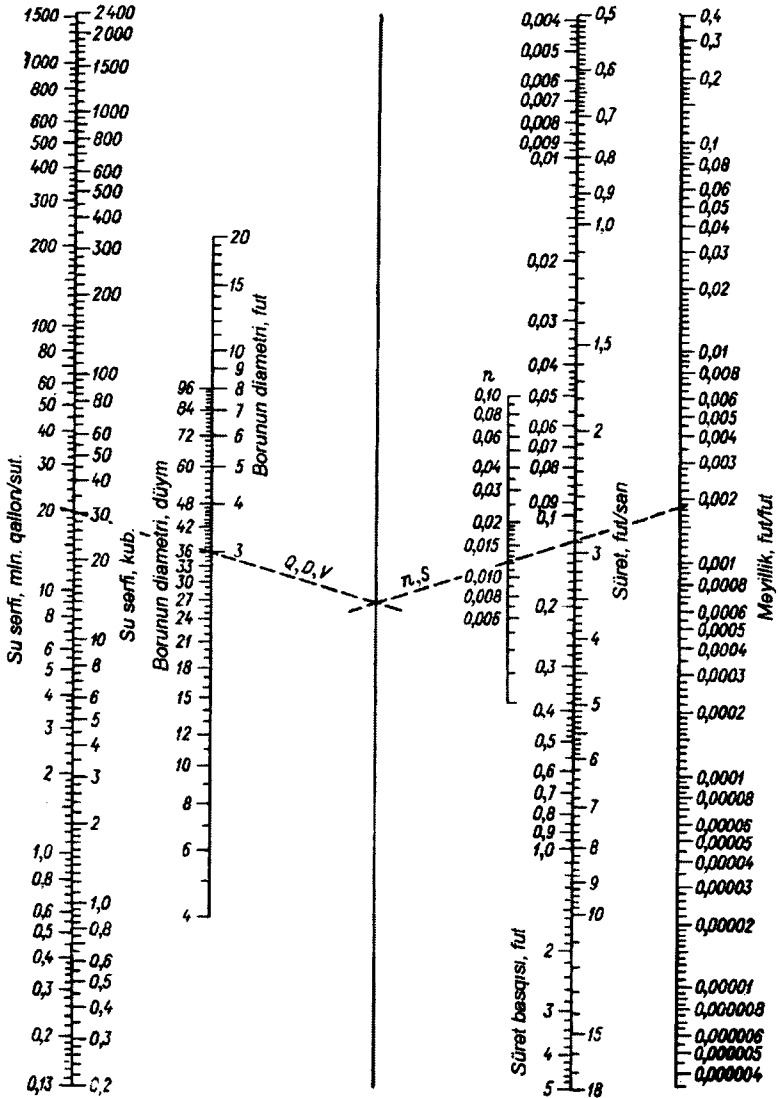
Şəkil 5.6. Yağıntı sularını kənarlaşdırmaq üçün layihələndirilən şəbəkənin sxemi (hava limanı hissəsi üçün)

1- dayanacaq meydançası;
2- dönəcək yolları; 3- yağış sularının qəbuledicisi; 4- arx;
5- yağış kanalizasiyası; 6- sutoplayıcıların sərhədləri; 7- çixış.



Şəkil 5.7. Leysanların şiddətliyinin onların davamiyyətinə və təkrarlanmasına görə reduksiya əyriləri (Əyrilərin yanında leysanın təkrarlanması (illərlə) göstərilmişdir)

Həlli: Sutoplayıcı sahələrin, axım əmsallarının ortalasdırılmış qiymətlərinin C və yamac qaçış müddətinin hesablanması üçün gedişatı cədvəl 5.2-də verilmişdir. Drenaj sisteminin hesablanması haqqında məlumatlar cədvəl 5.3-də göstərilmişdir. Suyu kənarlaşdırmaq üçün tələb olunan boruların en kəsiyinin sahəsi meyllilik və kələ-kötürlük əmsalından asılıdır. Beton borular üçün kələ-kötürlük əmsalı 0,015-ə bərabər qəbul edilir. Suyun sərfini borunun diametri və digər hidravliki kəmiyyətlərlə əlaqələndirən nomogramma şəkil 5.8-də göstərilmişdir. Gətirmələrin çox çökməsinin qarşısını almaq üçün boruda suyun minimal sürəti 2,5 fut/s qəbul edilir.



Şəkil 5.8. Borularda su sarfini təyin etmək üçün nomogramma (Manning düsturuna görə)

Cədvəl 5.2

Axım əmsalları və yamac qaçış müddətinin hesablanması

Suqəbuledici quyuların nömrəsi	Sutoplayıcı sahə, akra					Ən uzaq nöqtədən məsafə, fut			Yamac qaçış müddəti, dəq		
	Süni döşəməli	Torpaq örtüklü sahə	Cəmi	Ümumi cəm	C*	Süni döşəməli	Torpaq örtüklü sahə	Cəmi	Süni döşəməli	Torpaq örtüklü sahə	Cəmi
12	4.78	9.91	14.69	14.69	0.49	100	790	890	4	37	41
11	5.48	9.24	14.72	29.41	0.53	90	750	840	4	36	40
10	1.02	10.95	11.97	41.38	0.35	65	565	630	3.5	31.3	34.8
13	1.99	19.51	21.50	21.50	0.35	110	1140	1250	4.3	44.3	48.6
9	1.46	14.59	16.05	78.93	0.35	85	612	697	3.9	32.4	36.3
Cəm	14.73	64.20	78.93								

Qeyd: C* - C əmsalının orta çəki qiymətidir: süni döşəməli səthlər üçün C=0.9 və torpaq örtüklü sahələr üçün isə C=0.3.

Cədvəl 5.3

Drenaj sisteminin hesablanması üçün məlumatlar

Suqəbuledici quyuların nömrələri	Müvafiq №-li quyular arasında kollektor hissələri	Kollektor hissəsinin uzunluğu, fut	Yamac qaçış müddəti, dəq	Kollektor hissəsində suyun qaçış müddəti, dəq	Yağış sularının tam yığılma müddəti, dəq	Axım əmsalının orta çəki qiymətləri, C	Yağışın şiddətliyi, l düym/saat	Sutoplayıcı sahələr, A akr	Fərdi sutoplayıcılardan su sərfi, Q kub fut/san	Qapayıcı mantaqədə cəm su sərfi, kub fut/san	Drenaj şəbəkəsində suyun sürəti, fut/san (şəkil 4.31-ə görə)	Borunun diametri, düym	Borunun meyilliyi, fut/fut	Borunun suburaxma qabiliyyəti, kub fut/san (şəkil 4.31-ə görə)	Borunun dibinin yüksəkliyi, fut
12	12-11	510	41	2.7	41.0	0.49	2.40	14.69	17.28	17.28	3.18	33	0.0017	18.90	530.65
11	11-10	852	40	5.0	43.7	0.53	2.31	14.72	18.02	35.30	2.84	54	0.0007	45.00	528.03
10	10-9	550	34.8	3.3	48.7	0.35	2.15	11.97	9.01	44.31	2.84	54	0.0007	45.00	527.44
13	13-9	730	48.6	3.7	48.6	0.35	2.16	21.50	16.25	16.25	3.27	33	0.0018	19.44	530.11
9	9-çixış	1145	36.3	5.9	52.3	0.35	2.03	16.05	11.40	71.96	3.24	66	0.0007	77.00	526.05
ÇIXIŞ															525.05

Qeyd: 1. Yamac qaçış müddəti aşağıdakı düstura görə təyin olunub:

$$\tau = \frac{1.8(1.1-C)\sqrt{D}}{\sqrt[3]{S}}$$

burada C - axım əmsalı; S - meyillik; D - yamacın uzunluğudur.

2. Kollektor hissəsində suyun qaçış müddətini tapmaq üçün hissənin uzunluğu boruda suyun hərəkət sürətinə bölünür.

3. Yağış sularının ümumi yığılma müddəti yamacda (ən uzaqda yerləşən nöqtədən) və boruda suyun qaçış müddətlərinin cəminə bərabərdir. Məsələn, 11№-li suqəbuledici quyu üçün yağış sularının ümumi yığılma müddəti 43.7 dəqiqə ($41+2.7=43.7$) təşkil edir. Eyni qayda ilə 10№-li suqəbuledici quyu üçün yağış sularının ümumi yığılma müddəti 48.7 dəqiqə ($41+2.7+5=48.7$) alınır.

4. Yağışın intensivliyi verilən təkrarlanma dövrü üçün (5 ildə bir dəfə) yağış sularının yığılma müddətinə görə təyin olunur (şəkil 5.7).

5. Minimal sürət 2.5 fut/san təşkil edir.

6. Borunun minimal diametri 12 düym qəbul olunmuşdur.

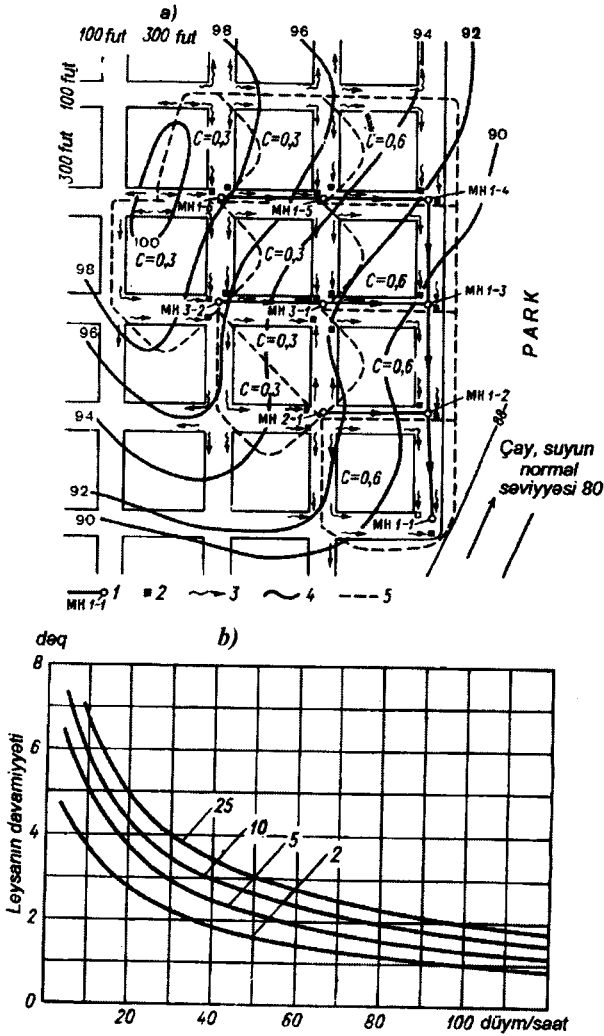
Misal 5.7. Şəkil 5.9-da göstərilmiş leysan kanalizasiyasının qapayıcı kəsiyində su sərfini təyin edin. Axım əmsalının ortalaşdırılmış C qiyməti yaşayış rayonları üçün 0,30, işgüzar məhəllələr üçün isə 0,60 qəbul edilib. Yağıntuların təkrarlanması 5 ildə 1 dəfə (şəkil 5.9b), yamac qaçış müddətinin minimal kəmiyyəti 20 dəqiqə təşkil edir.

Həlli: Hesablamalar rasional düstura görə yerinə yetirilir:

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

burada Q – su sərfi, kub.fut/s; I – leysanın şiddətliyi, düym/saat; A – sutoplayıcı sahədir, akra.

Hesablamaların gedişatı və alınmış nəticələr cədvəl 5.4-də göstərilmişdir.



Şəkil 5.9. Yağış sularının kənarlaşdırılması tələb olunan ərazinin sxemi (a) və leysanın davamiyyəti ilə intensivliyi arasında əlaqə qrafikləri (b)
 1- sutoplayıcı xətlər və baxış quyuları; 2- leysan sularının qəbuledicisi;
 3- yağış sularının küçələr boyu kənarlaşdırılma xətləri; 4- horizontallar;
 5- sutoplayıcıların sərhədləri. Əyrilərin yanında rəqəmlər leysanların təkrarlanması (illərlə) göstərir.

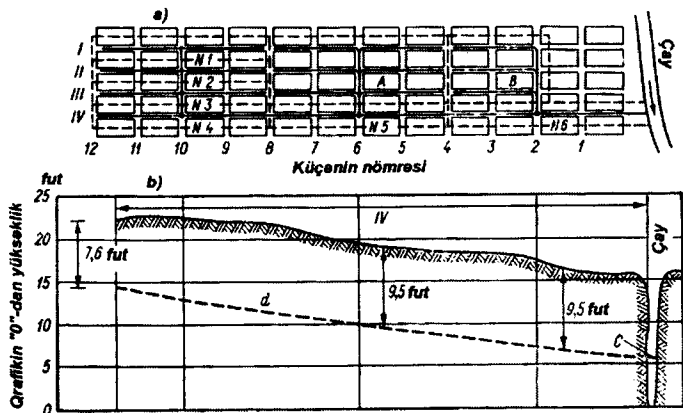
Cədvəl 5.4.

$Q = C \cdot I \cdot A$ rəsioməl düstürünə əsasən leysən kanalizasiyasının hesablanması :

Xətt	Müəhəndis quyularının № si		Zunluq, fut		Səhə, akra		Qayış müddət, dəq.		Orta axım əmsəli		Yığılılan qiddətliyi		Axım sərfi, kub.fut/s.əkrə		Cəm su sərfi, kub.fut/s		Kollektorun meylliyi, %		Borunun diametri, düym		Borunun tam sürətinə qəbilyət, kub.fut/s		Borun dolu obudəda sürət, fut/s		Sürət, fut/s		Suyun dəriniyim		Müəhəndis quyusunda düşmə, fut		Kollektorə basqı, fut		Borunun nəqli qurtaracağıam yüksəkliyi, fut		Yer səthinin yüksəklikləri, fut						
	Y	B	Hissə	Ümumi	Yuxarı səhədə	Kəçkədə	Yaxın müddət	Qayış müddət	Yaxın	Səhədə	Kəçkədə	Yaxın	Səhədə	Yaxın	Səhədə	Yaxın	Səhədə	Yaxın	Səhədə	Yaxın	Səhədə	Yaxın	Səhədə	Yaxın	Səhədə	Yaxın	Səhədə	Yaxın	Səhədə	Yaxın	Səhədə	Yaxın	Səhədə	Yaxın	Səhədə						
1	1-6	1-5	400	2,64	20,0	1,4	0,3	3,7	1,11	2,93	0,85	12	3,3	4,0	4,6	9	...	3,40	93,00	89,60	98,4	94,9	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7			
1	1-5	1-4	400	3,61	21,4	1,2	0,3	3,6	1,08	6,75	0,75	18	9,2	0,1	5,6	11	0,40	3,00	89,70	86,20	94,9	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7		
1	1-4	1-3	400	3,88	10,13	1,2	0,42	3,4	1,43	14,5	0,45	24	15,2	4,8	5,6	18	0,40	1,80	85,80	84,00	94,00	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7		
3	3-2	3-1	400	5,55	20,0	1,1	0,3	3,7	1,11	6,16	1,00	15	6,4	5,1	5,9	12	...	4,00	91,00	97,00	96,2	92,3	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7		
3	3-1	1-3	400	6,43	11,98	1,1	0,3	3,6	1,08	12,92	0,60	24	17,5	5,5	6,1	15	0,60	2,40	86,40	84,00	92,3	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	91,8	89,7	
1	1-3	1-2	400	3,92	26,03	1,1	0,39	3,3	1,29	33,6	0,30	36	17,0	5,1	5,9	26	0,80	1,20	83,20	82,00	89,7	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	
2	2-1	1-2	400	2,52	20,0	1,4	0,39	3,7	1,11	2,80	0,90	12	3,2	4,1	4,7	9	...	3,60	87,50	83,90	92,7	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	
1	1-2	1-1	400	3,86	32,41	1,1	0,41	3,2	1,31	42,5	0,24	42	30,0	5,2	5,9	29	0,40	0,96	81,60	80,64	89,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	
1	1-1		125	5,44	37,85	26,0	...	0,44	3,2	1,41	53,2	0,30	42	56,0	5,7	6,6	33	0,10	0,38	80,54	80,16	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5	88,5

Qeyd: 1-6-cı baxış quyularından (A) 1-5-ci baxış quyularına (B) kimi

Misal 5.8. Leysan kanalizasiya sisteminin baş kollektorunda su sərflərini təyin edin (şəkil 5.10).



Şəkil 5.10. Şəhər ərazisindən yağış sularının kənarlaşdırılma sxemi a-pan; b- uzununa profil; № 1-6 kiçik sutoplayıcı sahələrin nömrələri; I, II, III- küçələr; IV- əsas küçə; d- layihədə nəzərdə tutulan hidravlik gradient; c- suqəbuledici çayın səviyyəsi; A və B- yan kollektorlar.

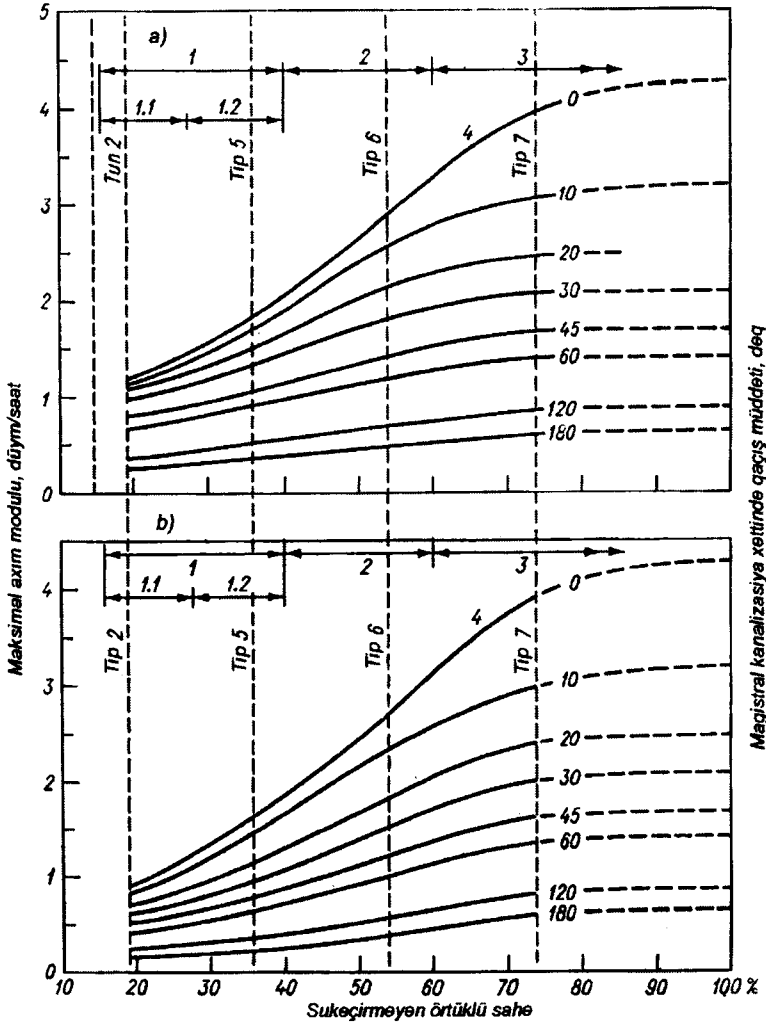
Həlli: Hesablamaların ardıcılığı və nəticələri cədvəl 5.5-də verilmişdir. Bu cədvəlin 1-4 sütunlarının məlumatları şəkil 5.10-dan götürülmüşdür.

Cədvəlin 9-cu sütununda ərazinin bölündüyü hissələrin sahələri, 11-ci sütununda bu ərazi hissələrində sukeçirməyən sahələr (%-lə) verilmişdir. Bu iki sütunun məlumatlarının hasilı sukeçirməyən ərazinin həqiqi sahəsini (akra ilə) verir (12-ci sütun). 13-cü sütunda AI_n hasilı göstərilmişdir (burada, A-ərazi hissələrinin sahəsi, akra; I_n – sutoplayıcıda kollektor kəsiyinə qədər sukeçirməyən ərazinin ümumi sahəsidir). Sonra 13-cü sütunun məlumatları 10-cu sütunun müvafiq məlumatlarına bölünür və alınan nəticələr 14-cü sütunda yazılır. Daha sonra 14-cü və 7-ci sütunların (suyun qaçış müddəti) məlumatlarına əsasən şəkil 5.11-in köməyi ilə axım modulu təyin olunur (15-ci sütun).

Cədvəl 5.5

Maksimal sortfin transformasiya usulu ilə hesablanması

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Korneliya Avenyu					0	1	20	20	38.6	7.72	7.72	38.6	1.82	36
10-cu küçə		330	0.002	4.5	1.2										
Eyni ilə	Blekkok					1.2	2	20	40	34.5	6.90	14.62	36.5	1.69	68
		330	0.0017	4.9	1.1										
"	Olbani Avenyu					2.3	3	20	60	36.0	7.20	21.82	36.4	1.67	100
		330	0.0014	5.0	1.1										
Əsas küçə	Əsas küçə	2.640	0.0012	5.2	8.5	3.4	4	20	80	45.5	9.10	30.92	38.6	1.75	140
	6-cı küçə						5	20		42.8	8.56				
Eyni ilə	Eyni ilə					11.9	4	60	160	35.2	21.12	60.60	37.9	1.51	242
Eyni ilə	2-ci küçə	2.640	0.001	5.5	8.0										
	Eyni ilə						6	23		50.1	11.52				
"	Eyni ilə	1.650	0.0009	5.6	4.9	19.9	B	34	217	37.2	12.68	84.80	39.0	1.30	282
	Çay					24.8									282



Magistral kanalizasiya xəttində qaçış müddəti, deq

Şəkil 5.11. Kanalizasiya sistemlərində axının intensivliyinin qaçış müddəti və sukeçirməyən ərazilərin sahəsindən asılılıqları
 a və b depressiyalarda suyun yığılması; 1- bir ailə üçün tikili (1.1 şəhər ətrafında, 1.2-şəhərdə); 2- yaşayış və işgüzar rayonlar; 3- sənaye və ticarət rayonları; 4- qaçış müddəti sıfıra uyğun olan əyri (yuxarı suqəbuledicidə). Şaquli qırıq xətlər torpaqdan istifadənin tiplərini göstərir.

Kollektorun uzunluğu boyu su sərfi, axım modulu ilə verilən kəsiyə qədər sutoplayıcı sahənin hasilı kimi tapılır (16-cı sütun).

Su sərfi (16-cı sütun) və meyllik (4-cü sütun) haqqında məlumatlara görə hidravlikanın mövcud diaqramlarından axının hesabi sürəti və qaçış müddəti təyin edilir.

Kollektor hissəsinin uzunluğunu axın sürətinə (5-ci sütun) bölməklə qaçış müddəti (6-cı sütun) hesablanır.

6-cı sütunda verilmiş rəqəmləri ardıcıl toplayaraq hər bir hesabi kəsiyə kimi qaçış müddəti təyin olunur. Əsas kollektora yan kollektorlar daxil olduqda (məsələn, 6-cı və IV küçələrin tinində) 9-cu və 10-cu sütunlarda 2 suyığılan ərazinin sahələri göstərilmişdir. Belə kəşişmələrdən aşağıda axımın şiddətliyini hesablamaq üçün kəsikdən yuxarıdakı bütün sahələrin cəmindən istifadə olunur. Məsələn, 160 akra (10-cu sütunun 10-cu sətiri), 80 akra (10-cu sütun və 7-ci sətir) 20 və 60 akra (9-cu sütunun 9-cu və 10-cu sətirləri) əlavə etməklə alınır. Analoji olaraq 13-cü sütunun (10-cu sətir) məlumatları 13-cü (7-ci sətir) və 12-ci sütunlardakı (9 və 10-cu sətirlər) rəqəmlərin cəminə bərabərdir.

5.3. Minimal axımın hesablanması

Çayların böyük əksəriyyətinin su rejimində aydın şəkildə çoxsulu və azsulu mövsümlər seçilir. Gursulu dövr yazda müşahidə olunan çaylar üçün iki azsulu mövsüm səciyyəvidir: yay-payız və qış. Gursulu mövsüm yaz və yayın əvvəllərini əhatə etdikdə və payızda daşqınlar keçdikcə yalnız yay və qış azsulu mövsümlər qeydə alınır. Azsulu mövsümlər birlikdə ilin azsulu dövrünü təşkil edir. Qış mövsümü iki hissəyə bölünməsin deyə, təqvim ili əvəzinə su təsərrüfatı ili təhlil olunur.

Əhəmiyyətli daşqınlar olmadıqda azsulu mövsümdə müşahidə edilən çay axımı aralıq faza axımı adlanır. Bu axım müşahidə olunan müddətə isə aralıq faza deyilir. Aralıq faza çayın su rejimində qış və yay-payız mövsümlərində müşahidə olunan, kəmiyyətə nisbətən kiçik və dayanıqlı su sərfələri ilə səciyyələnən fazadır. Bu su sərfələrinin qiymətləri daşqın zamanı müşahidə

olunan su sərfələrindən xeyli kiçik olur və hiqroqrafın onlara uyğun hissəsi üfqi xəttə yaxınlaşır.

Son dövrdə Qərb ölkələrində hidrologiyaya aid ədəbiyyatda tez-tez hidroloji quraqlıq termininə rast gəlinir. Hidroloji quraqlıq dedikdə elə dövr başa düşülür ki, onun müşahidə olunduğu müddətdə çaydakı təbii su sərfələri təsərrüfatın müxtəlif sahələrinin tələbatını ödəmək üçün lazım olan su sərfələrindən kiçik olur.

Hidroloji quraqlığın çoxsaylı meyarları var və onlar çay rejiminin kəmiyyət göstəricilərinə əsaslanır. Lakin indiyə kimi, bu hadisənin ümumi qəbul olunmuş meyarları işlənməmişdir.

Aralıq faza 2-4 aya qədər davam edir və bu dövrdə çay axımı illik axımın 10-20%-ni təşkil edir. Buna görə də il ərzində uzun müddət sudan istifadə məhdudlanır.

Aralıq fazada çaylar, əsasən, yeraltı və qismən (10-15%) səth suları ilə qidalanır. Qərbi Qafqaz və Lənkəran təbii vilayəti çaylarının qış aralıq faza axımında səth sularının payı 20-25%-ə qədər artır.

Müxtəlif formalı hidroqraflarda aralıq fazaları seçmək üçün A.M.Vladimirov metodika təklif etmişdir. Qış mövsümündə bu faza çaylarda buz hadisələri qeydə alındığı gündən başlanır. Əgər buz hadisələri müşahidə olunmursa, onda havanın temperaturunun 0°C-dən aşağı olduğu ilk gün qış aralıq fazanın başlanğıcı qəbul edilir. Bu faza yazda qarın əriməsi nəticəsində çayda səviyyənin kəskin qalxdığı günə qədər davam edir

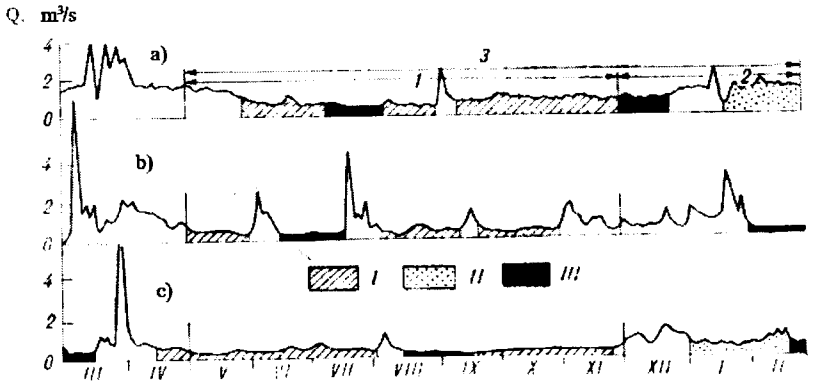
Yay aralıq faza yaz və yaz-yay gursulu dövrün sonundan payız daşqınlarına qədər olan dövrü əhatə edir. Payız daşqınları olmadıqda yay-payız aralıq faza müşahidə olunur və o, qış mövsümü başlananda qurtarır.

Aralıq fazanın sərhədlərini müəyyən etdikdə çalışmaq lazımdır ki, bu zaman intervalında müşahidə olunan axım genetik cəhətdən bircins olsun. Buna görə azsulu dövrdə müşahidə olunmuş əhəmiyyətli yağış daşqınları aralıq fazaya daxil edilmir. Azsulu dövrün davamiyyəti 10 gündən az olduqda, hidroqrafda aralıq faza seçilmir.

Çayların hidroqraflarında aralıq fazanı seçmək, yəni onun

başlandığı və qurtardığı günləri müəyyən etmək üçün əsaslandırılmış kəmiyyət meyarları yoxdur. Bunu, nəzərə alaraq, hidroqraflarda aralıq fazaları, yuxarıda göstərildiyi kimi gözəyari seçirlər.

Aralıq fazada müəyyən müddət ərzində axım ən az olur və o, minimal axım dövrü adlanır. Bu dövrün davamiyyəti 1 gündən 30 günə (1 aya) qədər olur. Xarici ölkələrdə 5, 7, 10 və 15-günlük minimal axımdan daha geniş istifadə olunur. Keçmiş SSRİ-də və hazırda Azərbaycanda hidroloji hesablamalar minimal axımın 1 və 30 günlük qiymətlərinə görə yerinə yetirilir. Minimal axımın davamiyyətindən asılı olmayaraq, onun kəmiyyəti baxılan zaman intervalında ardıcıl müşahidə olunmuş su sərfələrinin ən kiçik qiymətlərinin orta ədədi kəmiyyəti kimi təyin olunur (şəkil 5.12).



Şəkil 5.12. Çayın çoxsulu (a), orta sulu (b) və azsulu (c) illər üçün hidroqrafları

I – məhdudlandırıcı mövsüm; 2 – məhdudlandırmayan (azsulu) mövsüm; 3 – məhdudlandırıcı dövr; I – yay-payız aralıq faza; II – qış aralıq faza; III – 30 sutkalıq minimal axım dövrü

Azərbaycan çaylarının 96%-də 30 günlük minimal yay-payız və qış su sərfələri demək olar ki, yalnız yeraltı sularla formalaşır.

Minimal sutkalıq (1 günlük) su sərfələri çox vaxt sərfələr əyrisinin aşağıya ekstrapolyasiya olunmuş hissəsinə görə təyin edilir və bununla əlaqədar dəqiqliyi nisbətən aşağı olur. Minimal 30-gün-

lük su sərfələrinin hidroloji sırasını tərtib etmək çoxlu vaxt və zəhmət tələb edir. Minimal aylıq su sərfələri isə bəzən mənsəcə bircins olmur.

Hidroloji müşahidə məlumatları olmadıqda minimal axımı hesablamaq üçün iki metoddan istifadə olunur:

1. Parametrlər metodu;
2. Keçid əmsalları metodu.

5.3.1. Parametrlər metodu

Bu metodu tətbiq etdikdə minimal su sərfələrinin təminat əyri-lərinin üç parametrlərinin hər biri ayrılıqda təyin olunmalıdır.

Əvvəlcə, tədqiq olunan ərazinin minimal axımın əmələgəlmə şəraitinə görə hidroloji rayonlaşması yerinə yetirilir. Əsas diqqət iqlim amillərinə və hövzənin hidrogeoloji xüsusiyyətlərinə (sü-xurların sukeçirmə qabiliyyəti, bulaqların debiti və s.) yetirilir. İstənilən axım göstəricisinin formalaşmasına iqlim amillərinin təsir mexanizmi məlumdur. Hövzənin hidrogeoloji şəraiti isə ona görə nəzərə alınmalıdır ki, minimal axım dövründə çaylar başlıca olaraq yeraltı sularla qidalanır.

Ərazi rayonlaşdırıldıqdan sonra, hər bir bircins hidroloji ra-yonda minimal axımın parametrləri ilə hövzənin əsas fiziki-coğrafi göstəriciləri arasında əlaqələr təhlil olunur. Minimal axı-mın əmələgəlmə şəraitini səciyyələndirən göstəricilər kimi, su-toplayıcının sahəsi, A, orta hündürlüyü, H, meyilliyi, i, və s. istifadə olunur.

Minimal axımın orta çoxillik kəmiyyətinin təyini. Bu məq-sədlə, 1966-1991-ci illəri əhatə edən dövr ərzində keçmiş SSRİ ərazisində minimal su sərfi ilə sutoplayıcı sahə arasında əlaqə qrafikindən istifadə olunmuşdur (şəkil 5.13).

A.M.Vladimirov tərəfindən təklif olunan bu əlaqənin analitik ifadəsi aşağıdakı kimidir:

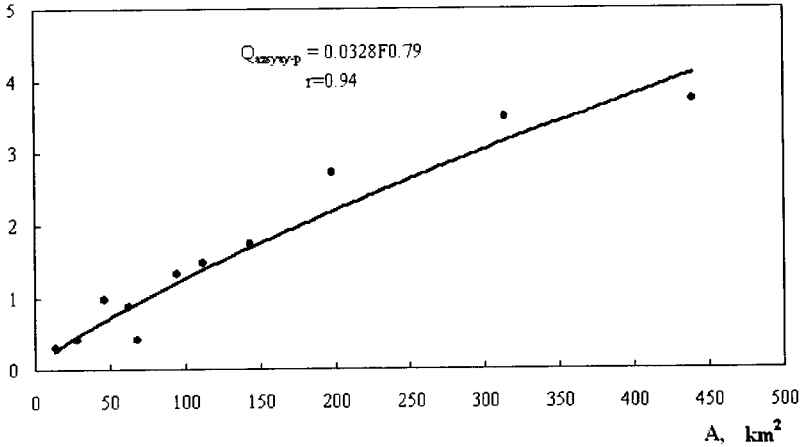
$$\bar{Q}_{\min} = a(A \pm f_0)^n, \quad (5.66)$$

burada \bar{Q}_{\min} –minimal yay-payız və ya qış su sərfələrinin orta

çoxillik kəmiyyəti , m^3/s ; A-sutoplayıcının sahəsi, km^2 ; a, n, f_0 - rayon parametrləridir.

$\bar{Q}_{min} = f(A)$ əlaqəsi düzənlik çayları üçün daha yaxşı nəticələr verir. Sutoplayıcının orta hündürlüyü nisbətən az dəyişən dağlıq rayonlarda da bu əlaqədən istifadə etmək olar. Məsələn, Şərqi Qafqazda ayrılmış 22 hidroloji rayondan 14-də minimal axımın orta çoxillik kəmiyyətinin təyini xətası 20-25%-dən azdır.

$Q_{azıy-y-p}$, m^3/s



Şəkil 5.13. Yay-payız azsulu dövrün orta su sərfi ilə sutoplayıcı sahə arasında əlaqə qrafiki

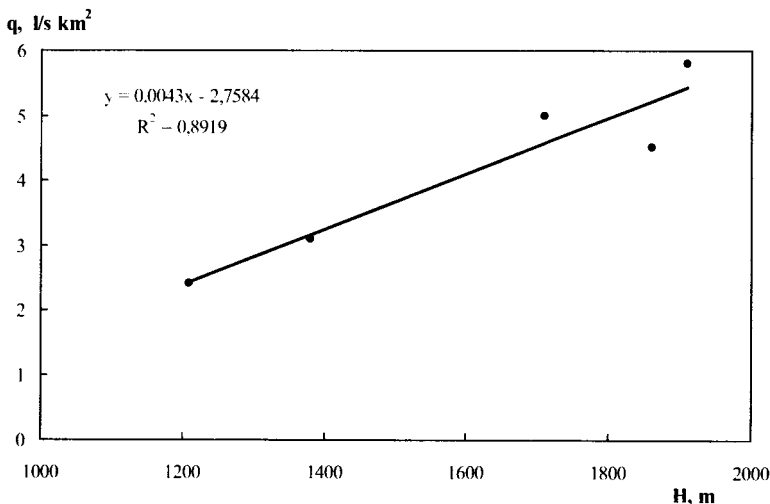
$\bar{Q}_{min}=f(A)$ əlaqəsinin təhlili göstərir ki, faktiki olaraq bütün qrafiklərdə bir neçə (1-dən 3-ə qədər) nöqtə əlaqə xəttindən kəskin meyl edir. Çox zaman belə nöqtələr sutoplayıcı sahəsi kiçik olan ($A < 50 km^2$) çaylara uyğun gəlir və minimal axıma yerli amillərin (göl, buzlaq, karst və s.) təsiri ilə izah olunur.

Dağlıq ərazilərdə $\bar{Q}_{min}=f(A)$ əlaqəsinin tətbiqini məhdudlandıran səbəblərdən biri də, çayın mənbəyindən onun mənsəbinə doğru ərazinin rütubətlənmə şəraitinin pisləşməsidir. Adətən, çay sutoplayıcısının mənsəbə yaxın hissəsində daha az yağıntı düşür, buxarlanma qabiliyyəti isə yüksək olur. Nəticədə, eyni bir hid-

roloji rayonda sutoplayıcının müxtəlif qiymətlər diapazonu üçün (məsələn, $A \leq 200 \text{ km}^2$ və $A > 200 \text{ km}^2$) iki əlaqə alınır.

Dağlıq rayonlarda minimal axımın orta kəmiyyətini hesabla-
maq üçün ənənəvi olaraq axım modulunun sutoplayıcının orta
hündürlüyündən asılılığından $\bar{q} = f(H)$ istifadə olunur (şəkil 5.14).
Belə asılılığın olmasına səbəb, minimal axımın formalaşmasına təsir
göstərən iqlim amillərinin hündürlüyə görə qanunauyğun şəkildə də-
yişməsidir. Bu bir daha təsdiqləyir ki, dağlıq ərazilərdə sutoplayı-
cının orta hündürlüyü onun sahəsi ilə müqayisədə çayların minimal
axımının əmələgəlmə şəraitinin daha effektiv inteqral göstəricisidir.

$\bar{q}_{\min} = f(H)$ əlaqə qrafiki qurulduqda yalnız kiçik çayların yox,
həm də orta çayların minimal axımı haqqında məlumatlardan is-
tadə olunur. Analizə əlavə məlumatların cəlb olunması daha
əsaslandırılmış və etibarlı əlaqələr almağa imkan verir. Dağlıq
ərazilərdə, adətən sutoplayıcının orta hündürlüyü artdıqca, mini-
mal axım modulu da artır. Lakin bəzi istisnalar da məlumdur:
Qara dənizin Qafqaz sahillərində və Lənkəran təbii vilayətində
minimal axım hündürlüyə görə azalır.



Şəkil 5.14. Yaz-payız azsulu dövrün axım modulu ilə hövzənin orta hündürlüyü arasında əlaqə qrafiki

Qeyd etmək lazımdır ki, $\bar{q}_{\min}=f(H)$ qrafiklərində də əlaqə xəttindən kəskin meyl edən nöqtələr olur. Lakin belə nöqtələrin sayı $\bar{Q}_{\min}=f(A)$ əlaqəsi ilə müqayisədə azdır.

Məlumdur ki, minimal axım çoxsaylı fiziki-coğrafi amillərin birgə təsiri altında formalaşır. Buna görə də hesablama düsturlarında yalnız bir amilin (A və ya H) nəzərə alınması heç də həmişə minimal axımın kəmiyyətini tələb olunan dəqiqliklə təyin etməyə imkan vermir. Hesablamaların dəqiqliyini artırmaq üçün düstur (5.66)-dəki “a” parametrini sutoplayıcının orta hündürlüyünə görə dəqiqləşdirmək olar (Иманов, 2000). Düstur (5.66)-dan görüldüyü kimi, “a” parametrinin qiyməti hidroloji rayonun bütün çayları üçün eyni (sabit) qəbul olunur. Lakin Qafqaz çaylarının misalında göstərilmişdir ki, eyni hidroloji rayon daxilində müxtəlif çaylar üçün “a” parametrinin qiyməti 2-3 dəfə və daha çox fərqlənir.

$\bar{Q}_{\min}=f(A,H)$ əlaqəsinin analitik ifadəsini almaq üçün hesablamalar aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirilir.

1. Baxılan hidroloji rayonun hər bir çayı üçün düstur 5.66-dan “a” parametrinin qiyməti təyin olunur:

$$a = \frac{\bar{Q}_{\min}}{(A \pm f_0)^n}. \quad (5.67)$$

2. $a=f(H)$ əlaqə qrafiki qurulur və onun analitik ifadəsi tapılır:

$$a = bH^m, \quad (5.68)$$

burada b və m rayon parametrləridir.

3. “a” parametrinin analitik ifadəsi düstur (5.66)-da yerinə yazılır:

$$\bar{Q}_{\min} = bH^m(A+f_0)^n. \quad (5.69)$$

Hesablamalar göstərir ki, düstur (5.66) ilə müqayisədə, düstur (5.69)-dan istifadə minimal axımın orta çoxillik kəmiyyətinin qiymətləndirilmə dəqiqliyini 7-9% artırmağa imkan verir.

Minimal axımın hesablanmasında çoxhədli xətti reqressiya tənliklərindən də istifadə oluna bilər:

$$\bar{q}_{\min} = k_1x_1 + k_2x_2 + k_3x_3 + \dots + k_nx_n, \quad (5.70)$$

burada k_i –reqressiya əmsalları; x_i –fiziki coğrafi parametrlərdir.

Reqressiya tənliklərinin əsas üstünlüyü axımın çoxsaylı amillərinin təsirinin eyni zamanda nəzərə alınmasıdır. Lakin təcrübə göstərir ki, bu üsul hidroloji baxımdan yaxşı öyrənilmiş düzənlik ərazilərin çayları üçün yaxşı nəticə verir.

Azərbaycan şəraitində bircins hidroloji rayonlarda müşahidə məntəqələrinin sayı azdır. Digər tərəfdən, minimal axımın əmələgəlmə şəraitini səciyyələndirən bir sıra amillərin, məsələn, hövzənin hidrogeoloji xüsusiyyətlərinin kəmiyyət meyarı yoxdur. Bu iki səbəbə görə, müasir dövrdə dağlıq ərazi çaylarının minimal axımını hesablamaq üçün çoxhədli reqressiya tənliklərindən az istifadə olunur və üstünlük $\bar{Q}_{\min} = f(A)$, $\bar{q}_{\min} = f(H)$ və $\bar{Q}_{\min} = f(A, H)$ əlaqələrinə verilir.

Müşahidə məlumatları olmadıqda minimal axımı hesablayarkən aşağıdakılar nəzərə alınmalıdır:

- $\bar{Q}_{\min} = f(A)$ və $\bar{q}_{\min} = f(H)$ əlaqələrindən istifadə etdikdə onların korrelyasiya əmsalı 0,7-dən böyük olmalıdır;
- minimal axımı bir neçə üsulla hesablayıb yekun nəticə kimi orta kəmiyyəti tövsiyə etmək olar;
- mühüm layihələr həyata keçirildikdə əlavə olaraq epizodik müşahidələr təşkil edilməli və ölçülmüş su sərfələri hidrometrik planalma metodu ilə çoxillik dövrə gətirilməlidir (bax paraqraf 4.2-yə).

Variasiya əmsalının təyini. Müşahidə məlumatları olmayan çayların variasiya əmsalını hesablamaq üçün istifadə olunan metodlar bu əmsalın qiymətləri ilə fiziki-coğrafi amillər arasındakı əlaqələrə əsaslanır. Daha çox $C_v = f(H)$, $C_v = f(\bar{q}_{\min})$ və $C_v = f(A)$ əlaqələrindən istifadə olunur. Bu əlaqələr hidroloji

bircins rayonlar üçün qurulur və sonra müvafiq əlaqəyə və ya əlaqələrə görə bu rayonların sərhədləri dəqiqləşdirilir.

Minimal su sərfələri başlıca olaraq yeraltı sularla formalaşır və bu suların ətalətli olması məlumdur. Məhz bu səbəbdən, adətən minimal su sərfələri sıralarının çoxillik dövr ərzində dəyişkənliyi (variasiyası) yüksək olmur. Dağlıq ərazilərdə yeraltı suların və həm də minimal axımın əmələgəlməsinə təsir edən iqlim amilləri hündürlüyə görə dəyişir. İqlim şəraitinin dolayı göstəricisi kimi minimal axım modulunun norması da istifadə oluna bilər. Minimal su sərfələrinin dəyişkənliyinə hövzənin axımı tənzimləmə qabiliyyəti də təsir göstərir. Hövzənin sahəsi artdıqca, bu təsir də güclənir. Sutoplayıcı sahənin və axım modulunun variasiya əmsalına təsiri nəzəri cəhətdən D.L.Sokolovski və Q.P.Kalinin tərifindən əsaslandırılmışdır. Minimal axımın dəyişkənliyinə buzlaqlar, göllər, karst hadisələri, bitki örtüyü və digər amillər də təsir edir.

Dağ çaylarının minimal axımının variasiya əmsalını hesablamaq üçün ənənəvi olaraq $C_v=f(H)$ əlaqəsindən istifadə olunur. Sutoplayıcının orta hündürlüyü artdıqca, variasiya əmsalının qiyməti azalır. Bu qanunauyğunluq, hündürlük artdıqca iqlim amillərinin dəyişkənliyinin azalması ilə izah olunur.

Adətən, $C_v=f(H)$ əlaqəsi kifayət qədər sıx olan hidroloji rayonlarda $C_v=f(\bar{q}_{\min})$ əlaqəsi də aşkarlanır.

Dağ çayları üçün $C_v=f(A)$ əlaqəsi çox az hallarda praktik əhəmiyyət kəsb edir. Bunun səbəblərindən biri belə ərazilərdə $\bar{q}_{\min}=f(A)$ əlaqəsinin çox zəif olması və ya heç olmamasıdır.

Düzənlik ərazi çayları üçün daha çox variasiya əmsalının xəritəsindən istifadə olunur.

Bəzən hidroloji rayon üçün yuxarıda göstərilən əlaqələri aşkar etmək mümkün olmur və ya bu əlaqələrin sıxlığının zəif olması onlardan istifadə etməyə imkan vermir. Belə rayonlarda variasiya əmsallarının qiymətlərinin bir-birindən fərqlənməsi təsadüfi amillərlə izah olunur. Ona görə də rayonun bütün çaylarının variasiya əmsallarının orta qiyməti hesablanır və alınmış bu

qiymət rayonun qalan çaylarına da aid edilir.

Asimmetriya əmsalı. Müşahidə məlumatları olmadıqda asimmetriya əmsalı və ya asimmetriya əmsalının variasiya əmsalına nisbəti iki üsulla təyin oluna bilər:

- analoq çay (və ya çaylar) seçilir və onun (onların) C_s/C_v nisbəti hesabi çaya tətbiq olunur;
- hidroloji rayon üçün C_s/C_v nisbətinin qəbul olunmuş orta qiyməti tətbiq olunan çaya tətbiq edilir.

Asimmetriyanın göstəricilərini (C_s və C_s/C_v) daha dəqiq qiymətləndirmək üçün onların ərazi üzrə paylanma qanunauyğunluqlarını müəyyən etmək lazımdır. Lakin bu çox mürəkkəb məsələdir. Əvvəla, hətta müşahidə məlumatları olduqda belə asimmetriya əmsalının hesablanma xətası çox böyükdür. Digər tərəfdən, faktiki olaraq bu əmsalın kəmiyyətinə təsir edən amillər məlum deyildir.

Bəzi regionlarda məsələn, Şərqi Qafqazda minimal axımın asimmetriya və variasiya əmsalları arasında əlaqələr $C_s=f(C_v)$ alınmışdır. Lakin bu əlaqələr kifayət qədər sıx olmadığından, hidroloji hesablamalarda istifadəyə yararlı deyillər. Buna baxmayaraq, $C_s=f(C_v)$ əlaqəsinin mövcudluğu göstərir ki, asimmetriyanın göstəriciləri variasiya əmsalını hesablamaq üçün ayrılmış hidroloji rayonlar üzrə ümumiləşdirilə (ortalasdırıla) bilər.

5.3.2. Keçid əmsalları metodu

Bu metodu tətbiq etmək üçün əvvəlcə iki parametrlə təyin olunmalıdır:

- Minimal su sərfliyinin dayaq təminatlı qiyməti;
- Keçid əmsalları.

Hidroloji hesablamalar praktikasında minimal su sərfliyinin böyük təminatlı qiymətlərindən istifadə olunur. Bu təminatlar 75-99% arasında dəyişir. Adətən dayaq təminat kimi 80% qəbul olunur. Başqa sözlə, müşahidə məlumatları olmadıqda, əvvəlcə 80% təminatlı minimal yay-payız və ya qış su sərfi hesablanır:

$$Q_{80\%} = d(A \pm f_0)^{\ell}, \quad (5.71)$$

burada A-sutoplayıcı sahə, km²; d, f₀ və ℓ rayon parametrləridir.

Göründüyü kimi, bu düstur öz strukturuna görə A.M.Vladimirovun düsturu (5.66) ilə eynidir. Təcrübə göstərir ki, əgər, hidroloji rayonda $\bar{Q}_{\min} = f(A)$ əlaqəsi varsa, onda $Q_{80\%} = f(A)$ əlaqəsi də alınır. Bu onunla izah olunur ki, minimal su sərfələrinin orta çoxillik və 80% təminatlı qiymətlərinin mənşəyi eynidir-hər ikisi başlıca olaraq yeraltı suların hesabına formalaşır. Bu səbəbdən, bircins hidroloji rayonlar üçün kifayət qədər sıx $Q_{80\%} = f(\bar{Q}_{\min})$ əlaqəsi alınır.

Anoloji olaraq $q_{80\%} = f(H)$ və $Q_{80\%} = f(A, H)$ əlaqələrindən istifadə oluna bilər.

Minimal su sərfələrinin digər təminatlı (75, 85, 90, 95, 97 və 99) qiymətlərini hasablamaq üçün keçid əmsallarından istifadə olunur. Bu əmsalların qiymətləri aşağıdakı kimi təyin olunur:

1. Bircins hidroloji rayonun çayları üzərində fəaliyyət göstərən (və ya göstərmiş) və müşahidə illərinin sayı 9 ildən az olmayan bütün hidroloji məntəqələr üçün empirik və analitik təminat əyriləri qurulur;

2. Analitik təminat əyrisindən $Q_{75\%}$, $Q_{80\%}$, $Q_{85\%}$, $Q_{90\%}$, $Q_{95\%}$, $Q_{97\%}$ və $Q_{99\%}$ təyin olunur;

3. $Q_{75\%} = f(Q_{80\%})$, $Q_{85\%} = f(Q_{80\%})$, $Q_{90\%} = f(Q_{80\%})$ və s. əlaqə qrafikləri qurulur və onların analitik ifadəsi tapılır. Baxılan əlaqələr düzxətli olduğuna görə, ümumi halda analitik ifadə aşağıdakı kimidir:

$$Q_{p\%} = \lambda_{p\%} Q_{80\%}, \quad (5.72)$$

burada $Q_{p\%}$ -minimal su sərfəsinin P% təminatlı qiyməti; $\lambda_{p\%}$ -80% təminatlı minimal su sərfindən P% təminatlı su sərfinə keçid əmsalındır.

Artıq qeyd olunduğu kimi, minimal axımın əsas göstəriciləri sutkalıq və 30- sutkalıq (və ya aylıq) minimal su sərfəridir. Müşahidə məlumatları olmayan çaylar üçün hesablama üsulu 30-

sutkalıq minimal su sərfələrinə görə işlənir. Sutkalıq minimal su sərfələrini təyin etmək üçün isə $Q_1=f(Q_{30})$ əlaqəsindən istifadə olunur. Bircins hidroloji rayon üçün qurulan bu düzxətli əlaqələrin korrelyasiya əmsalları 0,9-dan böyükdür.

Parametrlər və keçid əmsalları metodlarının müqayisəli təhlili bir sıra nəticələrə gəlməyə imkan verir. Keçid əmsalları metodu daha sadədir və onu tətbiq etmək üçün yalnız iki parametr ($\lambda_{p\%}$; $Q_{80\%}$ və ya $q_{80\%}$) təyin olunur. Lakin bu metodla minimal su sərfələrinin yalnız böyük təminatlı (75-99%) qiymətlərini hesablamaq mümkündür. Hidroloji hesablamalarda bu metod daha geniş tətbiq olunur.

Parametrlər metodundan istifadə etmək üçün üç parametr (\bar{Q}_{\min} və ya \bar{q}_{\min} , C_v , C_s və ya C_s/C_v) təyin edilməlidir. Bu metod minimal su sərfələrinin istənilən təminatlı qiymətini hesablamağa imkan verir.

Qafqaz çaylarının misalında göstərilmişdir ki, minimal su sərfələrinin 75, 80, 90 və 95% təminatlı qiymətlərini hesablamaq üçün hər iki metodun imkanları eynidir. Lakin 97% təminatlı minimal su sərfələrinin hesablanma dəqiqliyi keçid əmsalları üsuluna görə daha yüksəkdir. Bu onunla izah olunur ki, xüsusilə quraq ərazi çaylarının minimal su sərfələrinin empirik təminat ayrılırları $P>95\%$ olduqda aşağıya doğru kəskin əyilir. Belə empirik ayrılırlara analitik əyri seçmək mümkün olmur.

5.3.3. Çayların quruması

Çay məcrasının quruması iqlim və hidrogeoloji amillər kompleksinin müəyyən nisbətində müşahidə olunur. Axımın olmaması yalnız müəyyən fiziki-coğrafi rayonların çayları və çay hissələri üçün səciyyəvidir.

Çayda axımın olmaması sudan istifadəni məhdudlandırır və buna görə də bu hadisənin davamiyyəti haqqında məlumatlar böyük praktiki əhəmiyyət kəsb edir. Çayların quruması epizodik (bəzi illərdə) və ya hər il onları qidalandıran su horizontlarında

ehtiyatların tükənməsi nəticəsində müşahidə olunur. Uzun müddət yağıntılardan düşməməsi, havanın yüksək temperaturu və rütubət çatışmazlığı, həmçinin intensiv buxarlanma da çayların qurumasına təsir göstərir.

Quruma hadisəsinin müşahidə olunma vaxtı sutoplayıcının coğrafi mövqeyindən, ölçülərindən, ərazinin hündürlüyündən, hövzənin tənzimləyici rolundan asılıdır.

Volqa, Ural, Kuma çaylarının hövzələrində sutoplayıcılarının sahəsi 200 km^2 -dən 1000 km^2 -ə qədər, minimal 30 günlük axım modulu isə $0,1-0,2 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ qədər olan çaylar hər il quruyur. Şimali Qazaxstanda bu hadisə sutoplayıcının sahəsi $900-1000 \text{ km}^2$ olan çaylar üçün səciyyəvidir.

Çayların epizodik quruması ən quraq illərdə müşahidə olunur.

Hövzənin orta hündürlüyü artdıqca çaylarda quruma hadisəsinin davamiyyəti azalır və bu, baxılan istiqamətdə ərazinin ümumi rütubətlənmə şəraitinin yaxşılaşması ilə izah olunur.

Quraq ərazilərdə çayların su ehtiyatları, sudan istifadə haqqında məlumatlarla yanaşı çaylarda quruma hadisəsinin davamiyyəti və başqa zaman göstəriciləri də nəzərə alınmalıdır.

Hidroloji hesablamalar praktikasında qurumanın davamiyyətinin müxtəlif təminatlı qiymətləri haqqında məlumatlar tələb olunur. Əgər, çay hər il quruyursa, onda qurumanın davamiyyətinin empirik və analitik təminat əyriləri qurulur və məsələ asanlıqla həll olunur. Lakin nəzərə almaq lazımdır ki, çay sularından istifadə baxımından qurumanın davamiyyətinin ən böyük qiymətləri ən əlverişsiz haldır. Buna görə də qurumanın davamiyyət sırası hidroloji hesablamalarda qəbul olunduğu kimi azalma qaydasında yox, əksinə artma qaydasında tərtib olunmalıdır. Bu uyğunsuzluğu aradan götürmək üçün A.M.Vladimirov təklif etmişdir ki, təminat əyriləri birbaşa qurumanın davamiyyətinə (T) görə yox, $1/T$ parametrinə görə qurulsun. Bu halda təminat əyriləri həm öz ənənəvi formasını, həm də məzmununu qoruyub saxlayır.

M.Ə.Məmmədov hər il və epizodik quruyan çaylarda qurumanın davamiyyətini statistik metodlarla təhlil etmiş və

göstərmişdir ki, hər il quruyan çaylarda qurumanın davamiyyəti Pirsonun III tip paylanmasına uyğundur. O, empirik təminatları hesablamaq üçün düstur təklif etmişdir:

$$P = \frac{m}{n + t^\alpha} \cdot 100\%, \quad (5.73)$$

burada t -qurumanın davamiyyətidir və modul əmsalı ilə ifadə olunur ($t_i = T_i/T_{or}$ -burada, T_i -konkret ildə qurumanın davamiyyəti, T_{or} -bütün müşahidə dövründə qurumanın orta davamiyyəti, sutka); α -üst göstəricisidir və $\alpha=2$; m -qurumanın davamiyyətinin azalma sırasında hədlərin sıra nömrəsi; n -sıranın uzunluğudur.

Epizodik quruyan çaylar üçün təklif olunan düstur bir qədər fərqlidir.

$$P = \frac{m}{n + k^z + (at)^\alpha} \cdot 100\%, \quad (5.74)$$

burada k -minimal su sərfinin modul əmsalıdır; z -üst göstəricisidir; a -əmsaldır.

Axırıncı düsturun əsas üstünlüyü ondan ibarətdir ki, çayların minimal axımı və qurumanın davamiyyəti haqqında məlumatları ümumi bir statistik çoxluqda birləşdirmək imkanı yaranır.

Azərbaycan ərazisində bəzi çayların quruması antropogen amillərin təsiri nəticəsində baş verir.

Əgər çay epizodik quruyursa və belə illərin sayı azdırsa (məsələn, 10 ildən az), onda qurumanın davamiyyətinin müxtəlif təminatlı qiymətlərini hesablamaq praktiki olaraq mümkün deyildir. Bu halda çayda quruma hadisəsinin hansı ehtimalla baş verə biləcəyini qiymətləndirmək olar (məsələn, yaxın 10, 20, 30 ildə və s.).

Bu tipli məsələ diskret binomial paylanma qanunu və ya Puasson paylanmasının istifadəsi ilə həll oluna bilər.

V.Evdjeviç və D.M.Herşfield qurumanın davamiyyətini təhlil edərkən seriyalar nəzəriyyəsindən istifadə etmişlər. Onlar qurumanın davamiyyətinin paylanma qanununu almışlar:

$$P=p^{k-1}(1-p), \quad 0 < p < 1 \quad (5.75)$$

burada P - k sutka ərzində qurumanın ehtimalıdır; p -paylanmanın parametridir və 1 sutka ərzində qurumanın baş verməsinin şərti ehtimalıdır.

Bu həndəsi paylanmanın p parametrini hesablamaq üçün aşağıdakı düstur təklif olunur:

$$\frac{1}{1-p} = \frac{T_0}{N_0}, \quad (5.76)$$

burada T_0 -bütün müşahidə illərində çayda quruma hadisəsinin qeydə alındığı günlərin cəmidir; N_0 -quruma hadisəsi qeydə alınmış bütün periodların ümumi sayıdır (əgər hər hansı bir ildə çay müəyyən fasilələrlə 3 dəfə quruyubsa, onda həmin il üçün $N_0=3$ qəbul edilir).

Əgər, nəzərə alsaq ki, T_0/N_0 nisbəti müxtəlif davamiyyətli qurumanın orta kəmiyyətidir (T_{or}), onda düstur (5.76)-dan aşağıdakı ifadə alınır:

$$p = 1 - \frac{1}{T_{or}}. \quad (5.77)$$

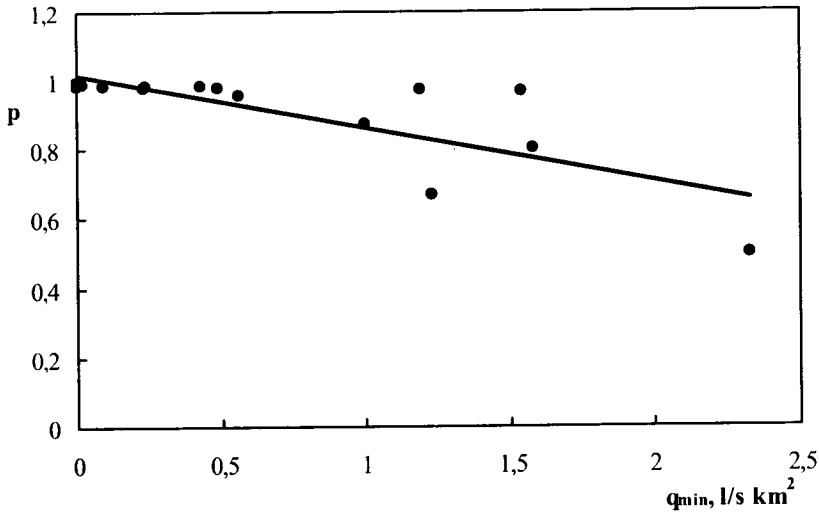
Beləliklə, müşahidə məlumatları olduqda, p parametrini hesablayaraq qurumanın ehtimalını qiymətləndirmək olar.

Müşahidə məlumatları kifayət qədər olmayan və ya heç olmayan hallar üçün p parametrinin kəmiyyəti ərazi üzrə ümumiləşdirilə bilər.

Çinin şimalındakı Futoxe və Luanxe çay hövzələri üçün p -nin sutoplayıcının sahəsindən və minimal axım modulundan asılılıq əlaqələri alınmışdır.

Abşeron-Qobustan rayonunda p parametri ilə hövzənin orta hündürlüyü arasında əlaqə var (şəkil 5.15). Hündürlük artdıqca, p azalır.

p parametrinin qiymətləri minimal axım modulu artdıqca da azalır və bu əlaqənin korrelyasiya əmsalı $r=0,80$ təşkil edir.



Şəkil 5.15. Lənkəran təbii vilayəti və Qobustan-Abşeron çayları üçün $p=f(q_{min})$ əlaqə qrafiki

Misal 5.9. Çayın su rejimi üzərində 20 il müşahidələr yerinə yetirilmiş və 4 ildə quruma hadisəsi qeydə alınmışdır. Növbəti 20 il ərzində çayın 8 dəfə qurumasının ehtimalını təyin edin.

Həlli: Hesablamalar aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirilir:

1. Müşahidə dövrü ərzində çayın qurumasının ehtimalı tapılır:

$$P=n/N=4/20=0.2.$$

2. Binomial paylanmanın düsturuna görə çayın növbəti 20 ildə 8 dəfə quruma ehtimalı hesablanır:

$$P_{20}(8) = \frac{N!}{n!(N-n)!} P^n (1-P)^{N-n} = \frac{20!}{8 \cdot (20-8)!} 0.2^8 (1-0.2)^{20-8} = 0.0221$$

6. AXIMIN İL DAXİLİ PAYLANMASI

Axımın il daxili paylanması hesablandıqda ayrı-ayrı mövsümlər, aylar və dekadalarda keçən axımın kəmiyyətcə qiymətləndirilməsi tələb olunur. Bu məlumatlar su anbarları layihələndirildikdə, minimal və maksimal su sərfələrinin qarantiyalı qiymətləri təyin olunduqda, su anbarlarının su balansı tərtib edildikdə, su ehtiyatlarından istifadə planlaşdırıldıqda, həmçinin daşqınlarla mübarizə tədbirləri işləndikdə, kənd təsərrüfatı, sənaye və yaşayış məntəqələrinin su təchizatı layihələri həyata keçirildikdə istifadə olunur.

6.1. Müşahidə məlumatları kifayət qədər olduqda axımın ildaxili paylanmasının hesablanması

Müşahidə məlumatları kifayət qədər olduqda (15 il və daha çox) axımın ildaxili paylanmasının mövcud hesablanma sxemləri iki qrupa bölünə bilər:

- axımın təqvim (xronoloji) paylanmasının hesablanma metodları;
- axımın qeyri-təqvim paylanmasının (sutkalıq və su sərfələrinin davamiyyət əyriləri) hesablanma metodları.

Hidroloji hesablamalar praktikasında birinci sxemdən daha geniş istifadə olunur. Bu sxemə görə hesablamalar xronoloji ardıcılıqla mövsümlər və aylar (bəzən dekadalar) üçün yerinə yetirilir.

Axımın təqvim paylanması üç metodla hesablanma bilər:

1. Komponovka metodu
2. Real il metodu
3. Səciyyəvi sululuqlu illərdə axımın orta paylanma metodu.

Bu metodlarla hesablamalar, adətən su təsərrüfatı ili üçün aparılır. Su təsərrüfatı ili çoxsulu mövsümün birinci ayından başlayır. Şərqi Avropa ölkələrində hesablamalar hidroloji il üçün yerinə yetirilir. Hidroloji il, hövzədə rütubətin yığılmağa başladığı noyabr (bəzən oktyabr) ayından başlayır.

Aylıq axım haqqında ilkin məlumatlar m^3 / s ilə ifadə olunur.

Lakin axımın ildaxili paylanması hesablandıqda bu məlumatları km^3 və ya m^3 ilə göstərmək daha məqsədəuyğundur. Belə olduqda, ilin günlərinin (365 və ya 366) və ay ərzindəki saniyələrin sayının fərqli olması nəzərə alınır.

Tədqiq olunan çayın su rejiminin tipindən, layihələndirilən obyektədən və çay sularından istifadənin xarakterindən asılı olaraq su təsərrüfatı ili iki dövrə bölünür-məhdudlandıran və məhdudlandırmayan dövrlər. Məhdudlandıran dövr isə öz növbəsində iki mövsümə bölünür-məhdudlandıran və məhdudlandırmayan mövsümlər. Mövsümlərin zaman sərhədləri bütün müşahidə illəri üçün eyni qəbul edilir və ay dəqiqliyi ilə yuvarlaqlaşdırılır.

Yuxarıda göstərilən metodlara görə axımın ildaxili paylanması hesabi təminatın qiymətinə və çay sularından istifadənin məqsədinə müvafiq olaraq təyin edilir.

Müşahidə illərinin sayı 15-30 il olduqda, üç sululuq qrupu ayrılır: çoxsulu illər ($p < 33,3\%$), orta sulu illər ($33,3\% \leq P \leq 66,7\%$) və azsulu illər ($P > 66,7\%$). Müşahidə dövrü 30 ildən çox olduqda 5 sululuq qrupu ayrılır: həddən artıq çoxsulu illər ($P < 16,7\%$), çoxsulu illər ($16,7\% \leq P < 33,3\%$), orta sulu illər ($33,3\% \leq P < 66,7\%$), azsulu illər ($66,7\% \leq P < 83,3\%$) və həddən artıq azsulu illər ($P \geq 83,3\%$). İlləri səciyyəvi sululuqlu qruplara böldükdə çalışmaq lazımdır ki, üç əsas qrupa (çoxsulu, ortasulu və azsulu) aid edilən illərin sayı təqribən bərabər olsun.

Ayrı-ayrı su təsərrüfatı illərinin, onların müxtəlif dövrləri, mövsümləri və aylarının axım kəmiyyətlərinə görə analitik paylanma (təminat) ayrılmasının parametrləri və tələb olunan kvantillər hesablanır. Təminat ayrılmasının standart kvantilləri aşağıdakılardır: çoxsulu illər, dövrlər, mövsümlər və aylar üçün - 1, 3, 5, 10 və 25 % ; azsulu zaman intervalları üçün - 75, 90, 95, 97 və 99% və orta sulu zaman intervalları üçün - 50% .

6.1.1 Komponovka metodu

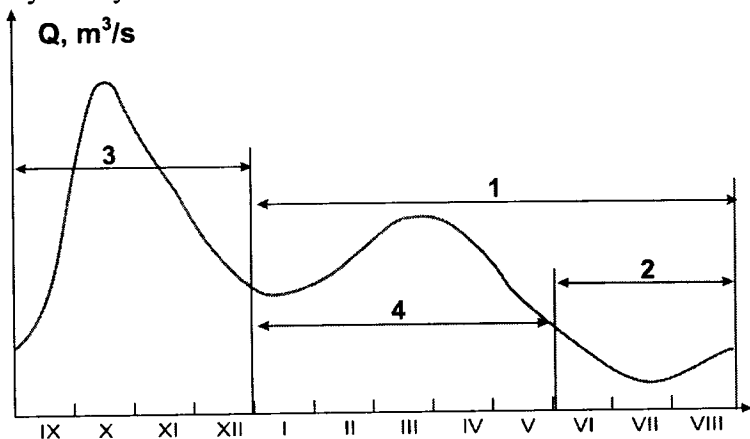
A.V.Ogiyevskinin təklif etdiyi bu metod V.Q.Andreyanov tərəfindən təkmilləşdirilmişdir. Ən vacib layihələr üçün çay axımının ildaxili paylanması bugün də komponovka metodu ilə

hesablanır.

Bu metod istifadə olunduqda məhdudlaşdırmayan dövrün axımı su təsərrüfatı ili və məhdudlandırıcı dövrlərin axımlarının fərqi kimi tapılır. Anoloji olaraq, məhdudlandırıcı dövrlərin axımı, məhdudlandırıcı dövrlə məhdudlandırıcı mövsümlərin axımlarının fərqi kimi hesablanır. Nəhayət bütün məhdudlandırıcı ayların axımlarının cəmi, məhdudlandırıcı mövsümlə məhdudlandırıcı ayın axımlarının fərqi kimi təyin olunur. Su təsərrüfatı ili, məhdudlandırıcı dövr, məhdudlandırıcı mövsüm və məhdudlandırıcı ayın təminatlı axım kəmiyyətləri analitik təminat ayrılmasına görə hesablanır. Bu hesablamaların və ümumiyyətlə komponent metodunun əsas prinsipi ondan ibarətdir ki, su təsərrüfatı ili (P_{sti}), məhdudlandırıcı dövr (P_{md}), məhdudlandırıcı mövsüm (P_{mm}) və məhdudlandırıcı ay (P_{ma}) üçün axımın təminatı eyni olmaqla tələb olunan hesabi təminata (P_h) bərabər qəbul edilir:

$$P_{sti} = P_{md} = P_{mm} = P_{ma} = P_h \quad (6.1)$$

Verilmiş təminat üçün axımın ildaxili paylanması əvvəlcə, mövsümlər üzrə, sonra isə mövsümlərin ayları, bəzən isə dekadalar üçün yerinə yetirilir.



Şəkil 6.1. Mövsümlərin və dövrlərin seçilmə sxemi.

- 1 - Məhdudlandırıcı dövr, 2 - Məhdudlandırıcı mövsüm,
3 - Məhdudlandırıcı olmayan dövr, 4 - Məhdudlandırıcı olmayan mövsüm.

Axımın mövsümdaxili paylanması xüsusi metodikaya əsasən hesablanır. Məhdudlandıran və məhdudlandırmayan mövsümlər daxilində axımın aylar üzrə paylanması elə hesablanır ki, bu mövsümlər üçün axımın paylanması mümkün qədər qeyri-bərabar olsun. Bunun üçün bütün müşahidə illəri üç və ya beş müxtəlif sululuq qrupuna bölünür. Hər bir qrup üçün ayrılıqda mövsümi axımın, məsələn, qış axımının kəmiyyətləri azalma qaydasında düzülür. Sonra hər bir il üçün konkret mövsümə aid edilən ayların orta aylıq su sərfələri öz növbəsində azalma qaydasında düzülür. Bu sırada hər bir su sərfəsinin yanında onun müşahidə olunduğu təqvim ayı göstərilir.

Daha sonra hər bir sululuq qrupu üçün ayrılıqda azalma sırasında eyni nömrəyə malik ayların su sərfələrinin orta qiyməti tapılır. Məsələn, qış mövsümü üç aydan ibarətdirsə (cəmi üç nömrə), əvvəlcə su sərfələri daha böyük olan birinci ayın, axırda isə su sərfələri daha kiçik olan üçüncü ayın su sərfələri ortalaşdırılır. Bu yolla hesablanmış hər bir orta axım kəmiyyəti eyni nömrəli ayların sırasında daha tez-tez rast gəlinən təqvim ayına aid edilir. Nəhayət hər bir sululuq qrupu üçün bütün mövsümlər daxilində axımın aylar üzrə nisbi (faizlə) və mütləq (km³) paylanması hesablanır.

6.1.2. Real il metodu

Axımın ildaxili paylanması bu metoda görə təyin olunduqda müşahidə illərindən biri hesabi il qəbul olunur və hesablamalar həmin ilin məlumatları əsasında yerinə yetirilir. Komponovka metodunda olduğu kimi, bu metodun da tətbiqinin əsas şərti baxılan zaman intervallarında (il, məhdudlandıran dövr və mövsüm, axımı ən az və ən çox olan aylar) axımın təminatlarının bir-birinə çox yaxın olmasıdır.

Real il metoduna görə hesablamalar aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirilir:

1. Hər bir müşahidə ili, məhdudlandıran dövr və mövsüm üçün orta aylıq su sərfələrinin cəmi tapılır;

2. Hər bir müşahidə ili üçün orta aylıq minimal (və ya maksimal) su sərfi təyin olunur;

3. Hər bir axım xarakteristikasının qiymətləri (illik, minimal axım və s.) azalma qaydasında düzülür və bu sıraların hər həddinin yanında su təsərrüfatı ili və empirik təminat göstərilir;

4. Müxtəlif axım xarakteristikalarının təminatları tələb olunan hesabi təminata ən yaxın olan real (konkret) il seçilir.

Real il üçün axımın mövsümlər və aylar üzrə paylanması hesablanır:

Komponovka metodu ilə müqayisədə real il üsulu daha asandır və onun istifadəsi ilə axımın il ərzində paylanmasını kifayət qədər dəqiq hesablamaq mümkündür. Buna görə də real il metodu əksər su təsərrüfatı layihələrində tətbiq oluna bilər.

6.1.3. Səciyyəvi sululuqlu illərdə axımın paylanma metodu

Bu metoda görə müşahidə dövrü su təsərrüfatı ilinin sululuğundan asılı olaraq bir neçə qrupa bölünür: məsələn, orta, çox və azsulu illər. Konkret qrupa aid edilən hər bir su təsərrüfatı ilinin hər bir ayı üçün axımın illik axımda payı hesablanır. Sonra qrup daxilində hər bir ayın nisbi axımı ortalasdırılır. Faktiki olaraq, bu yolla verilmiş sululuqlu illər üçün orta aylıq axımın nisbi paylanması alınır. Konkret sululuq qrupunda aylıq axımın mütləq kəmiyyətini hesablamaq üçün axımın aylıq payı (nisbi axım, %-lə) verilmiş təminatlı təsərrüfat ilinin axım həcminə vurulur. İllik axım həcmnin hesabı qiymətləri analitik təminat əyrisinə görə təyin olunur.

Əgər, baxılan hidroloji rayonda axımın mövsümlər və aylar üzrə paylanması praktiki olaraq ilin sululuğundan asılı deyildirsə, onda müşahidə dövrünü müxtəlif sululuqlu illərə bölməyə ehtiyac yoxdur. Hesablamalar bütün müşahidə illəri üçün eyni qaydada yerinə yetirilir və illik axımın aylar üzrə nisbi (%) paylanması alınır.

Axımın mövsümdaxili paylanması qarşıya qoyulan vəzifədən asılı olaraq iki üsulla hesablanıla bilər. Birinci üsul su balansı he-

sablamalarında, ekohidroloji qiymətləndirmələrdə istifadə olunur. Bu variantda mövsüm daxilində ayların təbii təqvim ardıcılığı pozulmur və hesablamalar müxtəlif sululuqlu illər qrupu (və ya mövsümlər) üçün ayrılıqda aparılır. İkinci üsul su təsərrüfatı hesablamaları üçün nəzərdə tutulmuşdur və o, komponovka metodunda istifadə olunur (bax bölmə 6.1.1-ə).

6.2. Sutkalıq su sərfələrinin paylanmasının hesablanması

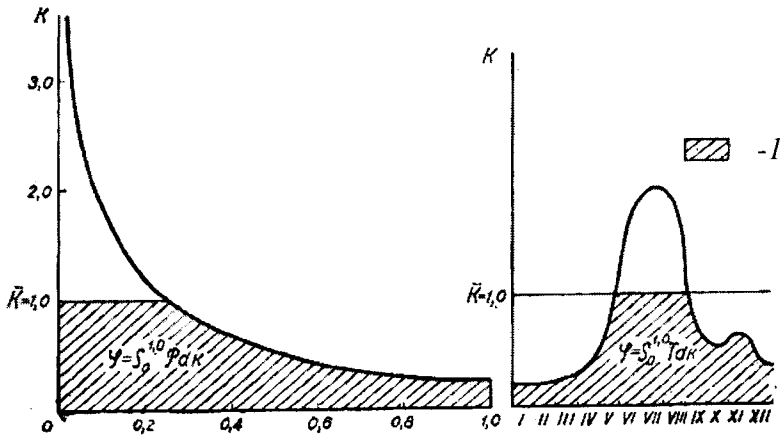
Axımın ildaxili paylanması hesablandıqda, adətən, onun aylar və mövsümlər üzrə paylanmasının xronoloji ardıcılığı gözlənilir. Lakin energetika, su təchizatı, suyun keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi məsələlərində sutkalıq su sərfələrinin davamiyyət əyrilərindən də istifadə olunur. Bu əyrilər qurulduqda su sərfələrinin müşahidə olunma ardıcılığı pozulur. Məlum olduğu kimi, sutkalıq su sərfələrinin davamiyyət əyriləri konkret qiymətə bərabər və ondan böyük olan su sərfələrinin ilin neçə sutkası ərzində müşahidə olunduğunu göstərir. Bu əyrilər hidrologiyada geniş istifadə edilən təminat əyrilərinə oxşayırlar. Ancaq təminat əyriləri bircins su sərfələrinə (minimal, maksimal və s.) görə qurulduğu halda, davamiyyət əyriləri çayın su rejiminin müxtəlif sululuqlu fazalarında müşahidə olunmuş su sərfələri haqqında məlumatlar əsasında tərtib olunur. Təqvim, hidroloji və ya su təsərrüfatı ili ərzində müşahidə olunmuş bütün su sərfələri azalma qaydasında düzülür və davamiyyət əyrisi qurulur. Bu əyrilər konkret illər üçün qurulduğundan adi təminat əyrilərindən fərqli olaraq onların ucları, daha doğrusu, mütləq minimal və maksimal su sərfələri məlumdur.

Sutkalıq su sərfələrinin davamiyyət əyriləri konkret ilin və ya çoxillik dövrün məlumatlarına görə qurula bilər.

Əyri konkret il üçün qurulduqda, 365 (və ya 366) su sərfə azalma qaydasında düzülür. Davamiyyəti bir sutka və 365 (və ya 366) sutka olan su sərfələri kimi müvafiq olaraq, ilin mütləq maksimal və minimal su sərfələrinin qiymətlərindən istifadə olunur. Maksimal və minimal su sərfələrinin orta sutkalıq qiymətlərindən istifadə tövsiyə olunmur.

Çoxillik dövr üçün orta davamiyyət əyrisi qurulduqda hər bir müşahidə ilinin məlumatları əsasında tərtib edilmiş əyrinin 30, 90, 180, 270 və ya 355 sutkalıq davamiyyətə malik ordnatları, həmçinin maksimal və minimal su sərfələrinin mütləq qiymətləri ortalaşdırılır.

Qeyd etmək lazımdır ki, hazırda fərdi kompyuterlərdən istifadə çoxillik dövr üçün davamiyyət əyrilərini bütün müşahidə illərinin məlumatlarına görə qurmağa imkan verir (şəkil 6.2).



Şəkil 6.2. Təbii tənzimlənmə əmsalının təyini sxemi
I - bazis axımı

İlk dəfə davamiyyət əyrilərini D.İ.Koçerin (1929-cu ildə) tərtib etmişdir. O, göstərmişdir ki, meşə zonasından meşə-çöl, çöl və yarımsəhra zonası istiqamətində sutkalıq su sərfələrinin ildaxili paylanmasının qeyri-bərabərliyi güclənir. D.L.Sokolovski keçmiş SSRİ çaylarının sutkalıq su sərfələrinin davamiyyət əyrilərini 13 tipə ayırmışdır (Соколовский, 1968).

Sutkalıq su sərfələrinin ildaxili paylanmasını kəmiyyətə qiymətləndirmək üçün axımın təbii tənzimlənmə əmsalından, φ , istifadə olunur:

$$\varphi = \int_0^1 p dK \quad (6.2)$$

burada p -vahidin hissələri ilə ifadə olunmuş təminat; K -modul əmsalıdır.

Axımın təbii tənzimlənmə əmsalının kəmiyyəti hidroqrafın və ya davamiyyət əyrisinin orta illik su sərfinə uyğun xəttədən aşağı hissəsinin sahəsinə bərabərdir (şəkil 6.2). Sutoplayıcısında göl, meşə, suyu yaxşı keçirən torpaq və süxurlar olan çayların təbii tənzimlənmə əmsalı daha böyük olur. Bu əmsal hövzənin hündürlüyünə görə də dəyişir. Cənubi Qafqazın çox hissəsində hündürlük artdıqca, axımın təbii tənzimlənməsi də güclənir.

Sutkalıq su sərfələrinin davamiyyət əyrilərinin analitik ifadələri müşahidə məlumatları olmayan oxşar çaylar üçün istifadə oluna bilər. İlk dəfə belə ifadəni V.A.Urıvayev (1941-ci il) təklif etmişdir. Sonralar V.Q.Andreyanov bu metodu təkmilləşdirmişdir. Davamiyyət əyrisini approksimasiya etmək üçün Qudriçin asimmetrik əyrisinin analitik ifadəsindən istifadə olunmuşdur:

$$P = 1 - 10^{-c \left(\frac{K_{\max} - K}{K - K_{\min}} \right)^n} \quad (6.3)$$

burada K_{\max} və K_{\min} -orta illik su sərfinin hissələri ilə ifadə olunan orta maksimal və minimal su sərfəri; K -hesabi təminatlı modul əmsalı; P -vahidin hissələri ilə ifadə olunan təminat; c və n əyrinin parametrləridir.

Bu tənlikdən bir dəfə loqarifmik şəkildə, o, aşağıdakı şəkildə yazıla bilər:

$$\lg[-\lg(1-P)] = \lg c + n \lg \frac{K_{\max} - K}{K - K_{\min}} \quad (6.4)$$

Müvafiq ordinat oxlarını bu tənliklə ifadə olunan əlaqə düz xətlidir. Bu səbəbdən davamiyyət əyrisinin məlum ordinatları ilə (K , K_{\max} , K_{\min}) görə c və n parametrləri təyin oluna bilər.

Ümumiyyətlə, sutkalıq su sərfələrinin davamiyyət əyriləri yalnız ilin quman intervalı üçün yox, istənilən axım fazası və ya vegetasiya dövrü üçün qurula bilər.

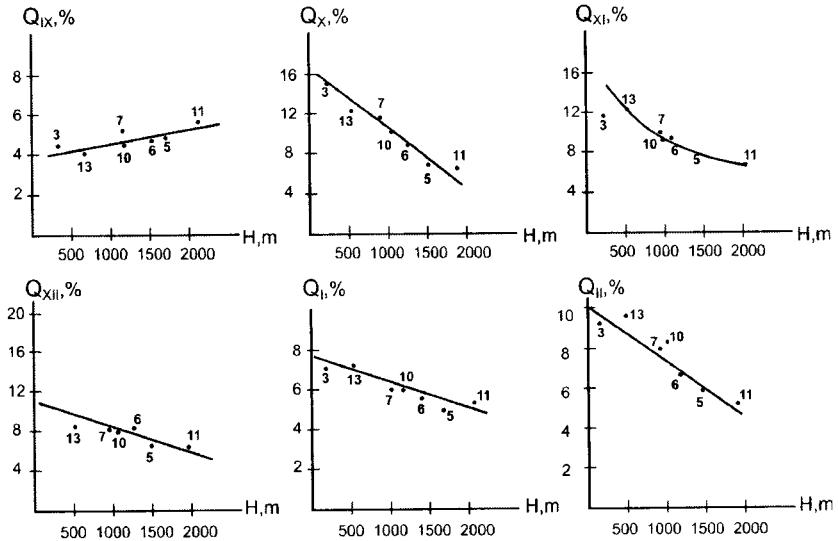
6.3. Müşahidə məlumatları olmadıqda axımın ildaxili paylanması

Müşahidə məlumatları olmadıqda axımın ildaxili paylanması onun parametrlərinin əsas fiziki-coğrafi amillərdən asılılıqlarına və ya bircins hidroloji rayon üçün işlənmiş hesablama sxemlərinə görə yerinə yetirilir. Bu halda iki məsələ həll edilməlidir:

1. Müxtəlif zaman intervalları (il, mövsüm, ay) üçün axımın təyini.

2. Tələb olunan hesabi təminatlı il üçün axımın ildaxili paylanmasının hesablanması.

Birinci məsələ hidroloji hesablamaların ümumi məsələlərinəndir. Məlumatlar olmadıqda, məsələn, illik axımın təyində istifadə edilən yanaşma burada da tətbiq oluna bilər (şəkil 6.3).



Şəkil 6.3. Viləşçay hövzəsi və Lənkəran-Muğanı rayonu üzrə aylıq axımın (illik axıma nisbətən faizlə) hövzənin orta hündürlüyündən asılılığı

İkinci məsələ isə, bilavasitə axımın ildaxili paylanması məsələsidir.

Hidroloji müşahidə məlumatları olmayan çayların axımının ildaxili paylanması analogiya metoduna görə də hesablanma bilər.

Analoq çay (məntəqə) seçmək mümkün olmadıqda hesabı çayın yerləşdiyi bircins hidroloji rayon üçün məhdudlandıran dövr və mövsümün illik axımda payı ilə fiziki-coğrafi amillər (hövzənin sahəsi, orta hündürlüyü, illik axım norması və s.) arasında əlaqə qrafikləri qurulur (düzənlik çayları üçün daha çox sutoplayıcı sahədən, dağ çayları üçün hövzənin orta hündürlüyündən istifadə olunur). Bu yolla ilin dövr və mövsümləri üçün axımın orta çoxillik kəmiyyətləri qiymətləndirilir.

Tələb olunan hesabı təminatlı il üçün axımın paylanmasını hesabladıqda modul əmsallarının $K_d=f(K_{il})$ və $K_m=f(K_{il})$ əlaqə qrafikləri tətbiq edilir. Bu qrafiklər qurulduqda bircins hidroloji rayondakı bütün müşahidə məntəqələrinin məlumatlarından istifadə olunur. Hər bir məntəqənin məlumatları əsasında 5%-dən 95%-ə qədər müxtəlif təminatlı modul əmsalları hesablanır və sonra hidroloji rayon üçün ümumi əlaqə alınır. Məhdudlandıran dövr və mövsümün, həmçinin illik axımın orta çoxillik qiymətlərini müvafiq modul əmsallarına (K_d , K_m , K_{il}) vurmaqla baxılan zaman intervalları üçün tələb olunan təminatlı axım kəmiyyətlərini hesablamaq olar. Məhdudlandıran dövr və ya mövsümün axımının illik axıma nisbəti, müvafiq zaman intervalı üçün axımın illik axımda payını göstərir.

Əgər, tədqiq olunan çay hövzəsinin yerləşdiyi ərazidə axımın əmələgəlmə şəraitinə əhəmiyyətli təsir göstərən azonal amillər (göl, karst və s.) yoxdursa, onda axımın ildaxili paylanması rayon üçün qəbul edilmiş ümumi (orta) paylanma sxeminə görə hesablanma bilər. Belə sxemin hazırlanmasında hidroloji rayonun zonal rejimli çaylarının məlumatlarından istifadə olunur. Məsələn, rayon üçün ortalaşdırılmış hidroqraf qurulur. Dağlıq ərazi çayları üçün aylıq və ya mövsümi axımın yüksəklik intervalları üzrə paylanma sxemi tərtib olunur (cədvəl 6.1).

Cədvəl 6.1

Böyük Qafqaz təbii vilayətində mövsümi axımın yüksəklik qurşaqları üzrə paylanması (illik axım həcminin % -i ilə) [Рустамов, Кашкай, 1989]

Yüksəklik qurşaqları	Mövsümlər			
	Qış	Yaz	Yay	Payız
	XII-II	III-V	VI-VIII	IX-XI
a) Cənub yamac				
500	31,0	40,5	8,5	20,0
1000	19,5	41,5	25,0	23,0
1500	14,0	42,5	33,0	24,0
2000	12,0	43,5	38,0	23,0
2500	11,0	44,5	39,0	23,0
b) Şimal-şərq yamac				
500	19,5	49,0	12,0	19,5
1000	14,0	45,5	22,5	18,0
1500	12,5	40,0	30,5	18,0
2000	9,5	33,5	39,0	18,0
2500	9,0	27,0	46,0	18,0
3000	8,0	18,5	56,5	17,0

7. DAŞQIN HİDROQRAFLARININ HESABLANMASI

Müxtəlif hidrotexniki qurğular və su təsərrüfatı obyektləri layihələndirildikdə ilk növbədə daşqının maksimal su sərfi haqqında məlumat tələb olunur. Lakin bir sıra hallarda, məsələn, daşqın su anbarından keçdikdə orada yığılan suyun həcmi hesablaşmaq və maksimal su sərfinin transformasiya dərəcəsinə təyin etmək üçün su anbarına axımın hesabi hidroqrafını tərtib etmək lazım gəlir. Daşqın hidroqrafının əsas parametrləri onun həcmi, W , maksimal su sərfi, Q_{\max} , və davamiyyətidir, T .

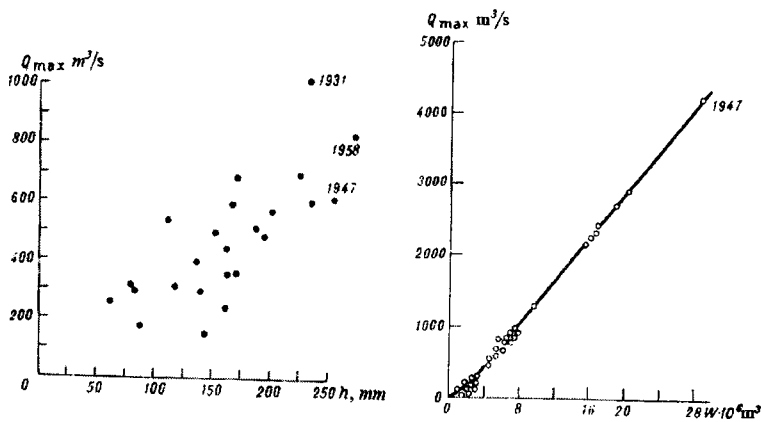
Daşqın hidroqraflarının hesablanmasının dörd metodu var:

- Model hidroqraf metodu;
- Həndəsi fiqur və tənliklər metodu;
- İzoqron metodu;
- Vahid hidroqraf metodu.

7.1. Model hidroqraf metodu

Bu metod hesabi və ya analog çayda ən azı 10-15 il müşahidə məlumatları olduqda istifadə edilə bilər. O həm birpiklikli, həm də çoxpiklikli daşqınlara tətbiq olunur.

Əvvəlcə, müşahidə məlumatlarından istifadə etməklə maksimal su sərfi ilə daşqının axım həcmi arasında əlaqə qrafiki qurulur (şəkil 7.1).



Şəkil 7.1. Maksimal su sərfi və yaz gursululuğunun axım layı (həcmi) arasında əlaqə qrafikləri

Əgər, Q_{\max} və W_{\max} parametrlərinin ən böyük qiymətləri eyni ildə müşahidə olunubsa, onda hesablamalar həmin ilin məlumatlarına görə yerinə yetirilir (şəkil 7.1). Bu iki parametrin ən böyük qiymətləri müxtəlif illərdə müşahidə olunduqda (şəkil 7.1), yəni onların empirik təminatları fərqləndikdə, iki hidroqraf - model seçilir:

- Q_{\max} müşahidə olunduğu ilin hidroqrafı;
- W_{\max} müşahidə olunduğu ilin hidroqrafı.

Yekunda, bu iki hidroqraftan biri-daha təhlükəlisi seçilir. Bu seçim su anbarının konkret xarakteristikalarından asılı olaraq edilir. Daha təhlükəli hidroqraf- transformasiya olunmuş maksimal su sərfi daha böyük olan hidroqrafdır.

Əgər, çay üzərində su anbarı yoxdursa, onda layihədə müvafiq olaraq yuxarıda göstərilən iki hidroqraftan biri model kimi istifadə oluna bilər.

Müşahidə olunmuş hidroqraf metodu iki hal üçün işlənmişdir:

1. Çayın hesabi kəsiyində müşahidə məlumatları olduqda;
2. Çayın hesabi kəsiyində müşahidə məlumatları olmadıqda, lakin ondan xeyli aralıda (yuxarıda və aşağıda) yerləşən kəsikdə və ya analoq çayda müşahidə məlumatları olduqda.

Birinci hal daha sadədir. Əvvəlcə, müşahidə məlumatlarına görə daşqının ən böyük su sərfi, Q_{\max} , ən böyük axım həcmi, W_{\max} , hesablanır. Sonra aşağıdakı əmsallar təyin olunur:

$$K_1 = \frac{Q_{p\%}}{Q_{\max}} \text{ və ya } K_2 = \frac{W_{p\%}}{W_{\max}}. \quad (7.1)$$

Hesabi hidroqrafın ordinatlarını hesablamaq üçün müşahidə olunmuş hidroqrafın (modelin) müvafiq ordinatları K_1 (və ya K_2) əmsalına vurulur.

Hesabi daşqın hidroqrafının davamiyyəti müşahidə olunmuş hidroqrafın davamiyyətinə bərabər qəbul edilir.

Misal 7.1. Tobol çayının (Kustanay şəhəri) maksimal su sərf-ləri və yaz gursulu dövrün axım həcmi haqqında 1931-1966-cı

illərin müşahidə məlumatlarından (cədvəl 7.1) istifadə etməklə model hidroqraf metoduna görə 1% təminatlı hidroqrafı tərtib edin.

Cədvəl 7.1

Tobol çayının Kustanay məntəqəsində yaz gursulu dövrün maksimal su sərfələri və axım həcmələri

No	il	Q_{\max} , m ³ /s	Tarix	$W \cdot 10^6$ m ³
1	1931	103	8 V	2,10
2	32	659	21 IV	5,62
...
16	46	2310	23 IV	16,5
17	47	4200	4 V	28,8
18	48	2165	21 IV	15,5
...
35	65	1260	24 IV	9,60
36	66	590	17 IV	5,21

Həlli: 1. Cədvəl 7.1-in məlumatlarına görə $Q_{\max}=f(W_{\max})$ əlaqə qrafiki tərtib olunur. Qrafikdən göründüyü kimi, Q_{\max} və W_{\max} eyni ildə-1947-ci ildə keçmişlər. Buna görə də 1947-ci ilin hidroqrafı model-hidroqraf qəbul edilir.

2. Cədvəl 7.1-də verilmiş maksimal su sərfələrinə görə ($n=36$ il) empirik təminat əyrisi qurulur və ona uyğun nəzəri təminat əyrisi seçilir. Axırını əyrindən 1% təminatlı maksimal su sərfi tapılır: $Q_{1\%}=4370\text{m}^3/\text{s}$.

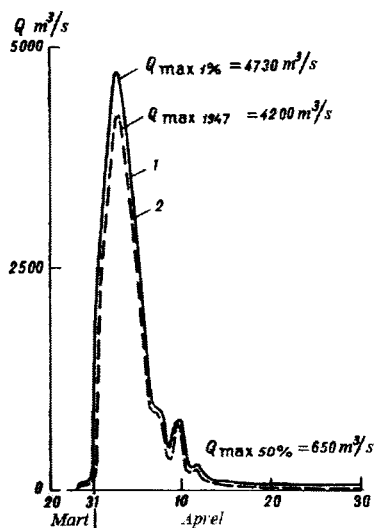
3. 1931-1966-cı illərdə müşahidə olunmuş ən böyük su sərfi seçilir: $Q_{\max}=4200\text{m}^3/\text{s}$ (cədvəl 7.1).

4. K_1 əmsalı təyin olunur:

$$K_1 = \frac{Q_{1\%}}{Q_{\max}} = \frac{4370\text{m}^3/\text{s}}{4200\text{m}^3/\text{s}} = 1,25.$$

5. 1947-ci il üçün yaz gursulu dövrün sutkalıq su sərfələri cədvəl 7.2-yə yazılır.

Bu su sərfələrinin hər biri 1,25-ə vurulur və 1% təminatlı hidroqrafın ordinatları hesablanır (şəkil 7.2).



Şəkil 7.2. Müşahidə olunmuş və hesabi hidroqraflar

Cədvəl 7.2

Tobol çayının Kustanay məntəqəsində yaz gursulu dövrün müşahidə olunmuş (1947-ci il) və 1% təminatlı hidroqraflarının ordinatları

Tarix	Mart		Aprel	
	Q_i	$Q_{i, 1\%}$	Q_i	$Q_{i, 1\%}$
1			1510	1700
2			3300	3720
3			4200	4730
4			3880	4370
5			2600	2930
6			1540	1735
7			856	964
...
29	3,78	4,26	30,7	34,6
30	5,22	5,87	29,7	33,5
31	2,23	2,51		

İkinci halda isə müşahidə olunmuş və hesabi daşqın hidroqraflarının maksimal su sərfələrinin (və ya axım həcmələrinin) fərqi ilə yanaşı, bu iki daşqının (və ya gursulu dövrün) davamiyyətlərinin

fərqi də nəzərə alınır. Hesabi hidroqrafın koordinatları aşağıdakı düsturlara görə təyin olunur:

$$Q_i = Q_{im} \frac{Q_{p\%}}{Q_{\max,m}}, \quad (7.2)$$

$$t_i = t_{im} \frac{q_{\max,m}}{h_m} \cdot \frac{h_{p\%}}{q_{p\%}}, \quad (7.3)$$

burada Q_{im} və t_{im} –model hidroqrafın koordinatları (Q_{im} , m^3/s və t_{im} , sutka); Q_i və t_i -hesabi hidroqrafın koordinatları; Q_{\max} , m , q_{\max} , m və h_m müvafiq olaraq, model hidroqrafın orta sutkalıq maksimal su sərfi, m^3/s , axım modulu, $\ell/s \cdot km^2$ və axım layıdır, mm; $Q_{p\%}$, $q_{p\%}$ və $h_{p\%}$ -hesabi hidroqrafın $p\%$ təminatlı, müvafiq olaraq orta sutkalıq maksimal su sərfi, axım modulu və axım layıdır.

Model hidroqraf metodunun əsas çatışmazlığı onun yalnız birpikli (birmodalı) daşqınlar müşahidə olunan orta və böyük çaylar üçün yararlı olmasıdır. Daşqının qalxma fazasının davamiyyəti 1 sutka və ya bir neçə saat olan kiçik çaylar üçün bu metod istifadə edilə bilməz.

7.2. Həndəsi fiqur və tənlilər metodu

Daşqın hidroqraflarını hesabladıqda onların formaları sadələşdirilib müxtəlif həndəsi fiqurlarla təsvir edilə bilər. Bu metodu ilk dəfə D.İ.Koçerin təklif etmişdir. O, hidroqrafı üçbucaq formasında sxematikləşdirmişdir.

Daşqının qalxma və enmə fazalarında su sərfələri, müvafiq olaraq, aşağıdakı düsturlara görə təyin edilə bilər:

$$Q_t = Q_{\max} \left(\frac{t}{t_q} \right), \quad (7.4)$$

$$Q_{t_1} = Q_{\max} \left(\frac{t_e - t_1}{t_e} \right), \quad (7.5)$$

burada t -daşqının qalxma fazasında sutkaların sıra nömrəsi; t_1 -daşqının enmə fazasında sutkaların sıra nömrəsi; t_q və t_e -müvafiq olaraq qalxma və enmə fazalarının davamiyyəti; Q_{\max} -daşqının maksimal su sərfi; Q_t və Q_{t_1} müvafiq olaraq, qalxma və enmə fazalarında hidroqrafın ordinatlarıdır.

Məlum düsturlara görə Q_{\max} , t_q və t_e parametrlərini təyin edib və t parametrinə müxtəlif qiymətlər ($t = 1, 2, 3, \dots$ sutka və s.) verib, hidroqrafın bütün ordinatlarını hesablamaq olar.

Hidroqrafın üçbucaq formasında sxematikləşdirilməsi yalnız qısa davamiyyətli və iti pikli daşqınlar üçün qənaətbəxş nəticə verir. Axımın genetik nəzəriyyəsinə görə daşqının gedişi düzxətli yox, əyrixətlidir. Bunu nəzərə alaraq D.L.Sokolovski hidroqrafları parabola formasında sxematikləşdirmişdir:

$$Q_t = Q_{\max} \left(\frac{t}{t_q} \right)^m, \quad (7.6)$$

$$Q_{t_1} = Q_{\max} \left(\frac{t_e - t_1}{t_e} \right)^n, \quad (7.7)$$

burada m və n – müvafiq olaraq qalxma və enmə fazaları üçün üst göstəricisidir (Şərqi Avropa çayları üçün $m = n = 2, 0$).

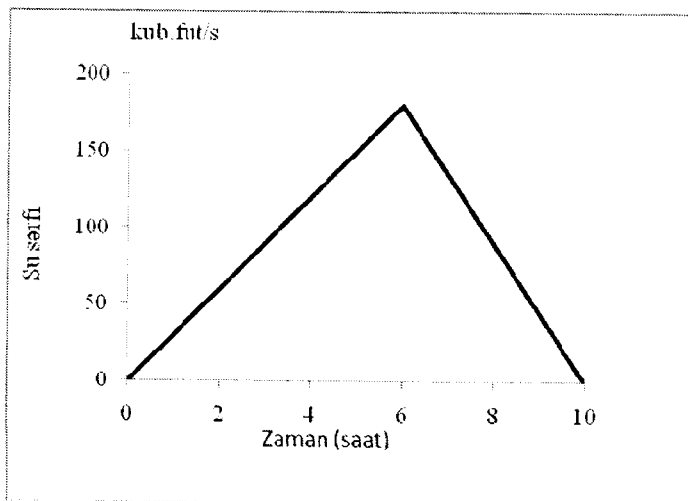
Əgər, daşqının maksimal su sərfinin davamiyyəti 1 sutkadan (və ya 1 saatdan, zaman vahidi 1 saat olarsa) çox olarsa, onda bu düsturlar məqbul nəticə vermir.

Hidroqrafların sxematikləşdirilməsində başqa bir yanaşma da mövcuddur. Real hidroqrafın formasının təsadüfi kəmiyyətlərin (məsələn, su sərflərinin) ehtimalının paylanma əyriləri ilə oxşar olmasını nəzərə alaraq, əvvəlcə, D.İ.Koçerin, sonra S.İ.Rıbkin və

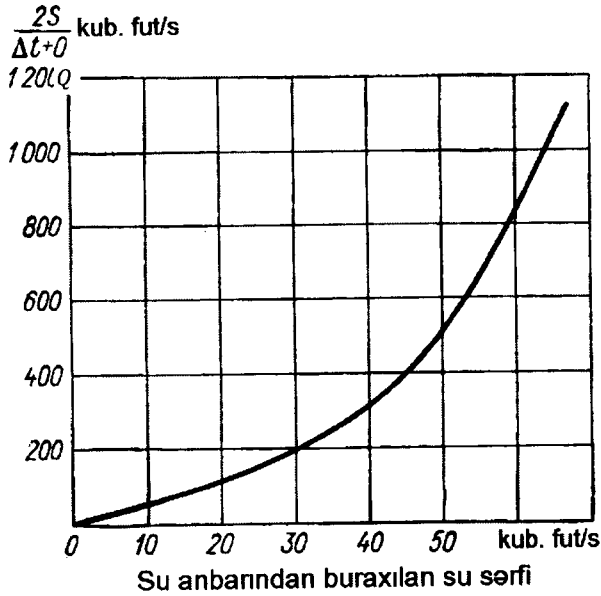
nəhayət, G.A.Alekseyev sxematikləşdirmədə Pirsonun III tip və Qudriçin əyrilərindən istifadə etmişlər. Lakin belə yanaşmada hesablamalara çox vaxt sərf olunur, həmçinin o qədər də dəqiq nəticələr alınmır. Buna görə də bu yanaşma faktiki olaraq praktiki hesablamalarda istifadə olunmur. Qeyd etmək lazımdır ki, təsadüfi kəmiyyətlərin paylanma əyrilərinin daşqınların xronoloji qrafiklərinə (hidroqraflara) tətbiqi kifayət qədər əsaslandırılmış hesab olunmur.

Ümumiyyətlə, heç bir həndəsi fiqur müxtəlif fiziki-coğrafi şəraitdə formalaşan real hidroqrafın formasını tam şəkildə əks etdirə bilmir.

Misal 7.2. Axımın üçbucaq formalı hidroqrafı (şəkil 7.3) və həcm əyrisi $\left(\frac{2S}{\Delta t} + Q\right)$ verilmişdir (şəkil 7.4). Leysan başlamazdan əvvəl su anbarının ölü həcmnin tam dolmuş olduğunu nəzərə almaqla, su anbarının transformasiya etdiyi hidroqrafı tərtib edin.



Şəkil 7.3. Üçbucaq formalı axım hidroqrafı



Şəkil 7.4. $\frac{2S}{\Delta t} + Q = f(Q)$ əyrisi

Həlli: Su anbarından buraxılan su sərfi ilə anbardakı su həcmi arasında əlaqə qrafiki qurmaq olar. Belə asılılıq, aşağıdakı tənliyi addım-addım həll etməyə imkan verir:

$$I_n + I_{n+1} + \left(\frac{2S_n}{\Delta t} - Q_n \right) = \frac{2S_{n+1}}{\Delta t} + Q_{n+1},$$

burada I_n və I_{n+1} – müvafiq olaraq n və $n+1$ intervallarında çay hissəsinə daxil olan su sərfələri; Q_n və Q_{n+1} – çay hissəsindən axım; S_n və S_{n+1} – çay hissəsində akumuləsiya olunan suyun miqdarıdır.

S_n və Q_n -in məlum qiymətlərinə əsasən S_{n+1} və Q_{n+1} -in qiymətləri təyin olunur. Məsələn həllinin gedişatı axımın üçbucaq formalı hidroqrafı üçün cədvəl 7.3-də göstərilmişdir.

Cədvəl 7.3.

Transformasiyanın hesablanma cədvəli

Zaman, saat	n	I_n , kub fut/s	$I_n + I_{n+1}$, kub fut/s	$\frac{2S_n + Q_n}{\Delta t}$, kub fut/s	$\frac{2S_{n+1} + Q_{n+1}}{\Delta t}$, kub fut/s	Q_{n+1} , Kub fut/s
1	2	3	4	5	6	7
0	1	0	30	0		0
1	2	30	90	20	30	5
2	3	60	150	74	110	18
3	4	90	210	160	224	32
4	5	120	270	284	370	43
5	6	150	330	450	554	52
6	7	180	315	664	780	58
7	8	135	225	853	976	63
8	9	90	135	948	1078	65
9	10	45	45	953	1085	65
10	11	0	0	870	998	64
11	12	0	0	746	870	62
12	13	0	0	630	746	58

Δt hesabi interval adətən elə seçilir ki, verilmiş hidroqrafın qalxma əyrisini ən azı beş intervala bölmək mümkün olsun. Qalxma əyrisində nöqtələrin sayının artırılması, yəni, Δt -nin azalması ədədi inteqrallamanın dəqiqliyini artırır.

Yuxarıda göstərilən tənliyi həll etmək üçün aşağıdakı düsturdan da istifadə olunmalıdır:

$$Q = CLH^x,$$

burada, Q – suaşırıcdan keçən su sərfi, kub fut/s; C – sərf əmsalı; L – suaşırıcnın yalının eni, fut; H – suaşırıcnın yalı üzərində basqı, fut; x – üst göstəricisi, adətən $x=3/2$.

Hər bir hesablanma intervalında su anbarının müxtəlif səviyələri üçün onun həcm əyrisindən istifadə etməklə S və Q , daha

sonra isə $\frac{2S}{\Delta t} + Q$ funksiyasının qiymətləri təyin olunur. Bu funk-

siyanın su anbarından buraxılan su sərfindən asılılıq qrafikini qurduqda, şəkil 7.4-də verilmiş əyri alınır. Bu əyriyə əsasən cədvəl 7.3-də göstərilmiş 13 zaman intervalının hər biri üçün hesabat aparılıb. Cədvəlin 3-cü sütununda anbara axım hidroqrafının ordinatları I_n , 4-cü sütununda isə $I_n + I_{n+1}$ cəmləri yazılmışdır.

Şərtə əsasən ölü həcm tamamilə dolu olduğundan 5 və 7-ci sütunların ilk qiymətləri sıfıra bərabərdir.

6-cı sütunun ilk qiyməti, yəni, 30 kub.fut/s, yuxarıdakı əsas tənlikdən alınır:

$$I_1 + I_2 + \frac{2S_1}{\Delta t} - Q_1 = \frac{2S_2}{\Delta t} + Q_2,$$

$$30 + 0 = \frac{2S_2}{\Delta t} + Q_2,$$

Su sərfi $Q_2 = 5 \text{ kub.fut/s}$ şəkil 7.4-də verilən əyridən $\frac{2S_2}{\Delta t} + Q_2 = 30$ kub.fut/s-qiymətinə görə təyin olunub. Sonra ikinci interval üçün ($n=2$) Q_2 -nin məlum kəmiyyətinə görə 5-ci sütunda verilmiş funksiya alınır. Bunun üçün $\frac{2S_2}{\Delta t} + Q_2$ kəmiyyətindən Q_2 kəmiyyətini iki dəfə çıxmaq yetərlidir. Nəticədə 20 kub fut/s alınır.

Bütün n intervallar üçün su anbarından buraxılan sərfərin cədvəl üzrə hesablanması aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirilir:

1. 1 və 3-cü sütunlardakı kəmiyyətlər su anbarına axım hidroqrafının məlumatlarından məlumdur.

2. 4-cü sütundakı məlumatlar 3-cü sütundan götürülmüş rəqəmlərin cəmini $I_n + I_{n+1}$ göstərir.

3. $\frac{2S}{\Delta t} + Q = f(Q)$ qrafikinə əsasən Q -nün qiyməti tapılır.

4. 6-cı sütunda olan rəqəmlərdən iki dəfə 7-ci sütunun uyğun rəqəmləri çıxılır və 5-ci sütuna yerləşdirilmiş $\frac{2S}{\Delta t} + Q$ -nün qiyməti tapılır.

5. 4 və 5-ci sütunların rəqəmləri ardıcıl olaraq cəmlənir. Nəticə növbəti hesabi zaman intervalı üçün 6-cı sütuna yazılır.

6. Su anbarından buraxılan növbəti sərfin qiyməti şəkil 7.4-də göstərilmiş asılılıqdan istifadə etməklə, $\frac{2S}{\Delta t} + Q$ kəmiyyətinə əsasən tapılır.

7. 3-6-cı əməliyyatlar su anbarından buraxılan su sərfərinin tam hidroqrafı alınana kimi təkrarlanır.

7.3. İzoxron metodu

Bu metod daşqının ümumi əmələgəlmə şəraitini əks etdirir və axımın formalaşmasının genetik nəzəriyyəsinə əsaslanır. Hesablamalar hövzənin müxtəlif hissələrində əmələgələn elementar axım həcmələrinin (su sərfələrinin) cəmlənməsi yolu ilə yerinə yetirilir. İzoxron metodu yağışın intensivliyini, həmçinin suyun yamaclar və məcra şəbəkəsi ilə hərəkətini, başqa sözlə hövzənin fərdi xüsusiyyətlərini nəzərə almağa imkan verir. Bu metod hidroqrafı qabaqcadan sxematikləşdirmədən istənilən ölçülü çay, bərpikli və çoxpikli daşqınlara tətbiq oluna bilər. Bu qeyd olunanlar izoxron metodunun əsas üstünlükləridir.

Lakin praktikada izoxron metodundan o qədər də geniş istifadə olunmur. Bunun əsas səbəbləri izoxronların keçirilməsinin, həmçinin axım itkilərinin dəyişməsinə təyin etmək üçün sadə və etibarlı metodların olmamasıdır.

Bu metoddan daha çox daşqın hidroqrafının ən böyük ordinatının (maksimal su sərfinin) hesablanması istifadə edilir.

Daşqın hidroqraflarının hesablanması sadələşdirmək üçün izoxronlar stasionar qəbul olunur, yəni suyun yamaclar və məcra boyu hərəkət sürətinin qiymətləri daşqın ərzində dəyişmir.

Daşqın hidroqrafının ordinatları axımın genetik düsturuna görə hesablanır (bax bölmə 5.2.1-ə).

Hesablamaları yerinə yetirmək üçün aşağıdakı məlumatlar tələb olunur:

- yağışın və ya qarın suverməsinin gedişi;
- çay hövzəsinin hidroqrafik şəbəkə göstərilən iri miqyaslı topoqrafik xəritəsi;
- yamaclar və məcra boyu suyun hərəkət sürətləri.

Yağışın gedişi qrafiki plyuvioqrafın məlumatlarına görə qurulur. Qarın suverməsinin gedişi isə məlum metodlardan birinə görə hesablanma bilər.

Suyun hərəkət sürəti haqqında məlumatlar izoxronları keçirmək üçün lazımdır. Kiçik dağ çayları və yarpaqlarda daşqın zamanı suyun sürəti 1,0-1,25 m/s, orta və böyük çaylar üçün isə 1,25-1,50 m/s qəbul oluna bilər. Yamaclarda suyun hərəkət sürəti

yağış daşqınları üçün 0,25-0,50 m/s, yaz gursulu dövrü üçün isə 0,05-0,10 m/s arasında dəyişir.

Daşqın axımının itkiləri adətən axım əmsalı ilə nəzərə alınır. Bu əmsalın qiymətləri mövcud tövsiyələrə müvafiq təyin olunur. Məsələn, Qafqaz çayları üçün axım əmsalının 1% təminatlı qiyməti 0,60-0,80 arasındadır.

Misal 7.3. Aşağıdakı verilənlərə görə izoxron metodu ilə daşqın hidroqrafını hesablayın: hövzənin sxemi; sutoplayıcı sahə $F=16,8 \text{ km}^2$; əsas çayın suayrıcısına qədər uzunluğu $L=6 \text{ km}$; cəm yağış layı $H=145,5 \text{ mm}$; davamiyyəti 160 dəq. olan yağışın gedişinin qrafiki (şəkil 5.2).

Həlli: 1. Məcrada suyun orta hərəkət sürəti (daşqının qalxma fazası üçün ortalaşdırılmış) $\bar{v}_m = 1,0 \text{ m/s}$ və axım əmsalı $\alpha = 0,25$ qəbul edilir.

2. Ümumi qaçış müddəti hesablanır:

$$\tau = 16,67 \frac{L}{v_m} = 16,67 \cdot \frac{6,0}{1,0} = 100 \text{ dəq.}$$

3. Zaman vahidi $\tau_0 = 10$ dəq. qəbul edilir. Onda qonşu izoxronlar arasında məsafə

$$l_0 = \frac{L \cdot \tau_0}{\tau} = \frac{6 \cdot 10}{100} = 0,6 \text{ km.}$$

4. Hövzənin sxemində hesabi kəsikdən başlayaraq əsas çay və onun qollarında 0,6 km-dən bir nöqtələr qeyd olunur. Bu nöqtələr relyef nəzərə alınmaqla birləşdirilir və izoxronlar alınır. Qonşu izoxronlar arasındakı sahələr, f_i , hesablanır və onların paylanma qrafiki qurulur (şəkil 5.2).

5. Hər 10 dəqiqədən bir daşqının su sərfələrini hesablamaq üçün axımın genetik düsturundan istifadə olunur:

$$Q_i = h_1 f_i + h_2 f_{i-1} + \dots + h_i f_1 = \sum_{k=1}^{k=i} h_k f_{i-k+1}$$

Hesablamaların nəticələri cədvəl 7.4-ə yazılır.

Cədvəl 7.4

Yağış düşmənin hidroqrafik izoxron metodu ilə hesablanması

km ²	h ₁ , mm														Şlif	ΣE					
	0,8	0,8	7,3	14,4	20,5	18	6	7	8	9	10	11	6,4	9,3			2,7	1,7	9,2	1,9	0,3
0,78	3,0																			0,3	0,13
1,43	1,2		5,9																	3,6	1,51
2	1,6	1	11,2	8,4																12,8	5,38
2,08	1,7	14,6	20,6	16	7,4															31,6	13,3
2,28	1,8	15,2	28,8	29,3	14,0	5,7														60,3	25,1
2,2	1,8	16,6	30	41	25,7	10,9	4,1													94,8	39,7
2,16	1,7	16,1	32,6	42,6	36,0	20,0	7,9	4,8												130,1	54,6
2,04	1,6	15,8	31,7	46,8	37,4	28	14,4	9,2	2,9											161,9	68,0
1,42	1,2	14,9	31,4	45,1	41,0	29,1	20,2	16,8	5,5	2,6										207,5	87,0
		10,4	29,4	44,3	39,6	31,9	21,0	23,6	10,2	5,0	3,8									219,2	92,0
			20,4	41,8	38,8	30,8	23,0	24,5	14,2	9,1	7,8	1,1								211,5	88,9
				29,1	36,7	30,2	22,2	26,9	14,8	12,8	13,3	2,1	4,8							192,9	81,0
				25,5	28,6	21,8	26,0	16,2	13,3	18,6	3,9	9,1	16,7	3,8						166,8	70,0
				19,9	20,6	25,5	15,6	14,6	19,3	5,4	5,4	16,7	7,2	0,8						145,6	61,1
				14,3	14,3	24,0	15,3	14,1	21,4	5,6	23,4	13,2	1,5	0,1						132,9	55,8
					16,7	16,7	14,5	13,8	20,5	6,2	24,6	18,4	2,7	0,2						117,6	49,3
							10,1	13,0	20,1	5,2	26,7	19,1	3,8	0,4						99,1	41,6
								9,1	19,0	5,8	25,7	21,0	4,0	0,6						85,1	35,7
									13,2	5,5	25,3	20,2	4,3	0,6						69,1	29,0
										3,8	23,9	19,9	4,2	0,7						52,5	22,0
											16,6	18,8	4,1	0,7						40,2	16,9
												13,1	3,9	0,6						17,6	7,40
													2,7	0,6						3,3	1,39
														0,4						0,4	0,17
																				0	0
																				2,444,5	1018,48

Bu cədvəlin 2-17-ci sütunlarında daşqının tam axım həcminin toplananları verilmişdir. Onlar vahid sahələrin, f_i , hər 10 dəq. ərzində qeydə alınmış yağış layına, h_i , hasili kimi tapılır. Hər növbəti sütunda yazıların bir sətir sürüldürülməsi yağışın gedişinin ardıcılığını əks etdirir.

6. Cədvəlin hər bir sətiri üzrə hissə axım həcmələrini toplamaqla qapayıcı kəsikdə 10 dəqiqədən bir daşqının ordinatları tapılır (18-ci sütun).

7. 18-ci sütunda verilmiş axım həcmələri (hidroqrafın ordinatları) axım əmsalı nəzərə alınmaqla su sərfələri, Q_i , ilə ifadə olunur (sütun 19):

$$Q_i = 16,67 \frac{\sum hf}{\tau_0} \cdot \alpha = 16,67 \frac{\sum hf}{10} \cdot 0,25 = 0,414 \sum hf.$$

8. 19-cu sütunun məlumatlarına görə daşqının hidroqrafı qurulur (şəkil 5.2).

7.4. Vahid hidroqraf metodu

Bu metodu L.K.Şerman (Sherman, 1932) təklif etmişdir. Metodun əsas ideyası ondan ibarətdir ki, davamiyyəti eyni olan yağışların əmələ gətirdiyi daşqınların davamiyyəti də təqribən eyni olur. Belə daşqınların hidroqrafları vahid hidroqraf adlanır. Müəllif bu metodu ABŞ-ın orta və böyük çayları üçün işləmiş, yağışın effektiv (axım əmələgətirən) hissəsinin davamiyyəti 1 sutka, onun yaratdığı daşqının axım layı isə 1 düym (25,4 mm) olmuşdur. Vahid hidroqrafın ordinatları bazis (yeraltı) axım çıxıldıqdan sonra daşqının axım layına mütənasib paylanır.

Sonralar vahid hidroqrafın tərtibi proseduru M.Bernard (Bernard, 1934) tərəfindən sadələşdirilmişdir. O, vahid hidroqrafın ordinatlarını daşqının həcmnin və ya sutkalıq su sərfələri cəminin faizi ilə ifadə etmişdir.

Konkret davamiyyətli (məsələn, 1 sutka) yağış üçün tərtib edilmiş vahid hidroqraftan digər davamiyyətli yağışlara uyğun

vahid hidroqraflara keçmək üçün S-hidroqraf metodu işlənmişdir (Morgan and Hillinhors, 1939). F.Snyder (Snyder, 1938) ilk dəfə olaraq vahid hidroqraf metodunu Appalaçın müşahidə məlumatları olmayan çaylarına tətbiq etmişdir. O, vahid hidroqrafın parametrləri ilə sutoplayıcının xarakteristikaları arasında əlaqələr müəyyən etmişdir.

Bu metodun müxtəlif variantları məlumdur və onlar iki qrupa bölünə bilər:

- vahid hidroqrafın çöl müşahidə məlumatlarına görə tərtibi və onun S-hidroqraf metoduna görə ümumiləşdirilməsi;
- sintetik vahid hidroqrafın tərtibi.

Hazırda ABŞ-da, İngiltərədə, Yaponiyada, Hindistanda və başqa ölkələrdə vahid hidroqraf metodunun geniş istifadə olunmasının əsas səbəbi onun axımın genetik nəzəriyyəsinə əsaslanmasıdır. Məhz bu səbəbdən Rusiya Federasiyasında vahid hidroqraf metoduna izoxron metodunun xüsusi halı kimi baxılır.

Misal 7.4. Hər yarım saatdan (30 dəqiqədən) bir ölçülmüş effektiv yağış layı və yağış axımı haqqında məlumatlara (cədvəl 7.5) görə vahid hidroqrafın ordinatlarını, U , təyin edin.

Cədvəl 7.5

Effektiv yağışlar və yağış axımı

Zaman, 0.5 saat	Effektiv yağış layı, inç	Yağış axımı, kub fut/san
1	1.06	428
2	1.93	1923
3	1.81	5297
4		9131
5		10625
6		7834
7		3921
8		1846
9		1402
10		830
11		313

Həlli: Cədvəl 7.5-dən göründüyü kimi, 3 dəfə ($M=3$) effektiv yağıntılar və 11 dəfə ($N=11$) yağış axımı ölçülüb. Buna görə də yarım saatlıq vahid hidroqrafın ordinatlarının sayı $N-M+1=11-3+1=9$ olmalıdır.

Cədvəl 7.6

Axımın genetik düsturunda $Q_n = \sum_{m=1}^{n \leq M} F_m U_{n-m+1}$ ($n = 1, 2, \dots, N$) görə

hidroqrafın ordinatlarının hesablanması

$Q_1 = P_1 U_1$
$Q_2 = P_2 U_1 + P_1 U_2$
$Q_3 = P_3 U_1 + P_2 U_2 + P_1 U_3$
.....
$Q_M = P_M U_1 + P_{M-1} U_2 + P_1 U_M$
$Q_{M+1} = 0 + P_M U_2 + \dots + P_2 U_M + P_1 U_{M+1}$
.....
$Q_{N-1} = 0 + 0 + \dots + 0 + 0 + \dots + P_M U_{N-M} + P_{M-1} U_{N-M+1}$
$Q_N = 0 + 0 + \dots + 0 + 0 + \dots + 0 + P_M U_{N-M+1}$

Cədvəl 7.6-dakı düsturlardan vahid hidroqrafın ordinatları təyin oluna bilər.

$$U_1 = \frac{Q_1}{P_1} = \frac{428}{1.06} = 404 \text{ kubfut/san/inç}$$

$$U_2 = \frac{Q_2 - P_2 U_1}{P_1} = \frac{1923 - 1.93 \times 404}{1.06} = 1079 \text{ kubfut/san/inç}$$

$$U_3 = \frac{Q_3 - P_3 U_1 - P_2 U_2}{P_1} = \frac{5297 - 1.81 \times 404 - 1.93 \times 1079}{1.06} = 2343 \text{ kubfut/san/inç}$$

$$U_4 = \frac{9131 - 1.81 \times 1079 - 1.93 \times 2343}{1.06} = 2506 \text{ kubfut / san / inç}$$

$$U_5 = \frac{10625 - 1.81 \times 2343 - 1.93 \times 2506}{1.06} = 1460 \text{ kubfut / san / inç}$$

$$U_6 = \frac{7834 - 1.81 \times 2506 - 1.93 \times 1460}{1.06} = 453 \text{ kubfut / san / inç}$$

$$U_7 = \frac{3921 - 1.81 \times 1460 - 1.93 \times 453}{1.06} = 381 \text{ kubfut / san / inç}$$

$$U_8 = \frac{1846 - 1.81 \times 453 - 1.93 \times 381}{1.06} = 274 \text{ kubfut / san / inç}$$

$$U_9 = \frac{1402 - 1.81 \times 3.81 - 1.93 \times 274}{1.06} = 173 \text{ kubfut / san / inç}$$

Cədvəl 7.7

Vahid hidroqrafın ordinatları

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Un (kub fut/san/inç)	404	1079	2343	2506	1460	453	381	274	173

Misal 7.5. Effektiv yağış layı 6 inç olarsa, axım hidroqrafını tərtib edin. Birinci yarım saatda yağış layı 2 inç, ikinci yarım saatda 3 inç və üçüncü yarım saatda 1 inç təşkil etmişdir. Misalı həll edərkən vahid hidroqrafın əvvəlki misalda (misal 7.4) hesablanmış ordinatlarından istifadə edin. Bazis (yeraltı) axımı 500 kub. fut/san-dir. Nəzərə alın ki, yağış axımı yağış layına bərabər olmalıdır (sutoplayıcı sahə=7.03 mil²).

Həlli: Səth axımının hesablanması cədvəl 7.8-də verilir. Zaman intervalı $\Delta t=0.5$ saat. Birinci zaman intervalı üçün $n=1$, yağış axımı aşağıdakı kimi hesablanır:

$$Q_1 = P_1 U_1 = 2.00 \times 404 = 808 \text{ kubfut / san}$$

İkinci zaman intervalı üçün

$$Q_2 = P_2 U_1 + P_1 U_2 = 3.00 \times 404 + 2.00 \times 1079 \\ = 1212 + 2158 \text{ kubfut / san} = 3370 \text{ kubfut / san}$$

Cədvəl 7.8

Çay axımı hidroqrafının hesablanması

Zaman, Effektiv 0.5 saat	Yağış axımı, kub fut/san	Vahid hidroqrafın ordinatları, kub fut/san/inç									Yağış axımı, kub fut/san	Çay axımı, kub fut/san
		inç	1	2	3	4	5	6	7	8		
		404	1079	2343	2506	1460	453	381	274	173		
1	2.00	808									808	1308
2	3.00	1212	2158								3370	3870
3	1.00	404	3237	4686							8327	8827
4			1079	7029	5012						13,120	13,620
5				2343	7518	2920					12,781	13,281
6					2506	4380	906				7792	8292
7						1460	1359	762			3581	4081
8							453	1143	548		2144	2644
9								381	822	346	1549	2049
10									274	519	793	1293
11										173	173	673
											Cəm 54,438	

Üçüncü zaman intervalı üçün:

$$\begin{aligned}
 Q_3 &= P_3U_1 + P_2U_2 + P_1U_3 \\
 &= 1.00 \times 404 + 3.00 \times 1079 + 2.00 \times 2343 \\
 &= 404 + 3237 + 4686 \\
 &= 8327 \text{ kubfut / san və s}
 \end{aligned}$$

Cəm yağış axımının həcmi belə hesablanır:

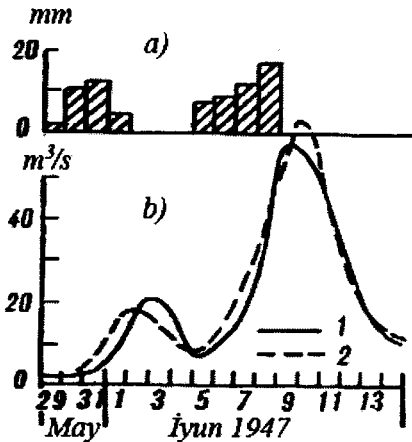
$$\begin{aligned}
 V_d &= \sum_{n=1}^N Q_N \Delta t \\
 &= 54,438 \times 0.5 \text{ kubfut / san} \cdot \text{saat} \\
 &= 54,438 \times 0.5 \frac{\text{fut}^3 \cdot \text{saat}}{\text{san}} \times \frac{3600 \text{ san}}{1 \text{ saat}} \\
 &= 9.80 \times 10^7 \text{ fut}^3
 \end{aligned}$$

Nəzərə alsaq ki, $A=7.03 \text{ mil}^2=7.03 \times 5280^2 \text{ fut}^2=1.96 \cdot 10^8 \text{ fut}^2$,
 onda bu həcmə müvafiq yağış axımı layı:

$$\begin{aligned} r_d &= \frac{V_d}{A} \\ &= \frac{9.80 \times 10^7}{1.96 \times 10^8} \text{ fut} \\ &= 0.500 \text{ fut} \\ &= 6.00 \text{ inç} \end{aligned}$$

Çay axımı hidroqrafının ordinatlarını (cədvəlin axırınıcı sütunu) təyin etmək üçün yağış axımı hidroqrafının müvafiq ordinatlarına 500 kub fut/san əlavə olunur.

Misal 7.6. Kuldur çayının İzvestkovaya məntəqəsi ($F=1018 \text{ km}^2$) üçün yağış daşqını hidroqrafının ordinatlarını vahid hidroqraf metoduna görə hesablayın. Yağışın gedişi və müşahidə olunmuş hidroqraf şəkil 7.5-də verilir. Axım əmsalı $\alpha=0,35$, daşqın başlamazdan əvvəl su sərfi $Q_{\text{dö}}=3,0 \text{ m}^3/\text{s}$ təşkil edir.



Şəkil 7.5. Çay hövzələrində yağıntı (a) və axımın (b) gedişi.
 1-müşahidə olunmuş hidroqraf; 2-hesablanmış hidroqraf

Həlli: 1. Hesablamaların nəticələri cədvəl 7.9-da göstərilir. Cədvəlin 2-ci sütununda yağış layları, 3-9-cu sütunlarda isə ümumi daşqın axımının hissə axım layları verilir. Cədvəlin hər bir sətiri üzrə hissə axım laylarını toplamaqla qapayıcı kəsikdə vahid hidroqrafın ordinatları tapılır (10-cu sütun).

2. Yalnız yağış suları hesabına formalaşan daşqın su sərfiəri aşağıdakı düstura görə hesablanır:

$$Q = 0,0116y_i F \cdot \alpha$$

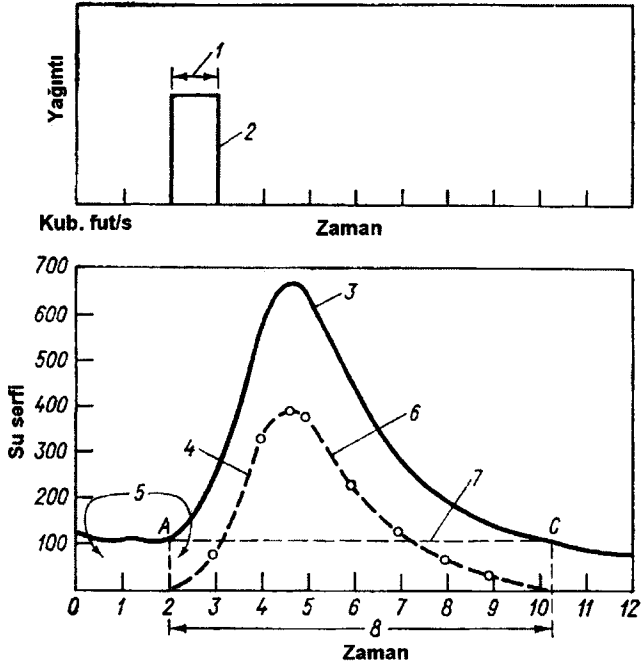
burada y_i -axımın paylanma əyrisinin sətirlər üzrə ordinatlarıdır. Onlar daşqının ümumi həcmi hissələri ilə ifadə olunur və hesabi çayda müşahidə olunmuş bir neçə vahid hidroqrafın ordinatlarının ortalaşdırılması yolu ilə təyin edilmişlər.

3. Bu düsturla hesablanmış qiymətlərə daşqın başlamazdan əvvəl çayda olan su sərfi (3,0 m³/s) əlavə edilir və yağış daşqını hidroqrafının ordinatları tapılır (11-ci sütun).

Cədvəl 7.9

Yağış daşqını hidroqrafının vahid hidroqraf metodu ilə hesablanması

Tarix	h, mm	Axımın paylanma əyrisinin ordinatları (sətirlər üzrə)							Σ y _i , m	Q _i , m ³ /s	
		0,05	1,05	2,05	3,05	4,05	5,05	6,05		Hesablanmış	Müşahidə olunmuş
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
29 V	1,2	0,06							0,06	3,26	3,08
30 V	10,40	0,52	0,46						0,98	7,28	3,8
31 V	11,6	0,58	3,95	0,29					4,82	24,1	5,36
1 VI	4,4	0,22	4,41	2,50	0,18				7,31	34,9	17,2
2 VI			1,67	2,78	1,56	0,11			6,13	29,8	22,0
3 VI				1,06	1,74	0,93	0,07		3,80	19,6	15,7
4 VI					0,66	1,04	0,62	0,04	2,36	13,3	7,70
5 VI	7,4	0,37				0,40	0,70	0,31	1,78	10,8	9,30
6 VI	8,8	0,44	2,81				0,26	0,35	3,86	19,9	18,3
7 VI	11,0	0,55	3,34	1,78				0,13	5,80	28,4	28,4



Şəkil 7.6. Yağışın əmələgətirdiyi vahid hidroqrafın tərtib olunması
 1-yağışın davamiyyətinin vahidi; 2- izafi yağıntılar (1,4 düym); 3- müşahidə olunmuş axım hidroqrafı; 4- daşqın axımı (axım layı 1,4 düym); 5- bazis axımı; 6- 1 düym axım layına müvafiq hidroqraf; 7- bazis axımını ayıran xətt; 8- vahid davamiyyətli leysanın əmələ gətirdiyi daşqının davamiyyəti.

3. Hidroqrafda qrunut sularının əmələ gətirdiyi hissəni ayıran AC xəttinin absis oxuna proyeksiyası vahid hidroqrafın davamiyyətini, yəni oturacağını verir. Vahid hidroqraf nəzəriyyəsinə əsasən, intensivliyindən asılı olmayaraq eyni davamiyyətə malik leysanlar eyni müddətli səth axımı yaradırlar.

4. Daşqın hidroqrafının ordinatlarını təyin edirik. Bunun üçün şəkil 7.6-da verilmiş hidroqrafın ordinatlarından bazis axımının müvafiq ordinatları çıxılır.

5. Vahid hidroqrafın ordinatlarını təyin edirik:

$$\frac{Q_d}{V_d} = \frac{Q_v}{1},$$

burada, Q_d – axım layı V_d - daşqın hidroqrafının ordinatı; Q_v – eyni zaman anı üçün vahid hidroqrafın ordinatıdır. Vahid hidroqrafın axım layı 1 düym təşkil edir.

Baxılan misalda vahid hidroqrafın ordinatları daşqının ordinatlarını 1.4-ə bölməklə alınır (cədvəl 7.10).

Cədvəl 7.10

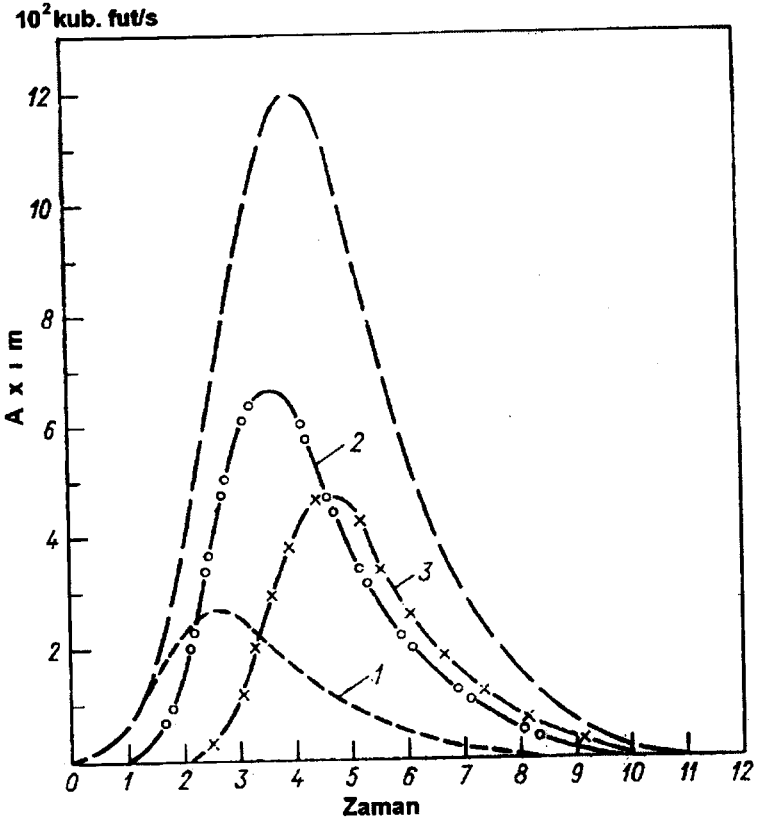
Konkret leysan üçün vahid hidroqrafın təyini

Zaman, hesabı vahidlərdə	Suyun ümumi sərfi, kub.fut/s	Qrunt sularının sərfi, kub.fut/s	Daşqının su sərfi, kub.fut/s	Vahid hidroqrafın ordinatları, kub.fut/s
1	110	110	0	0
2	122	122	0	0
3	230	120	110	78.7
4	578	118	460	328
4.7	666	116	550	393
5	645	115	530	379
6	434	114	320	229
7	293	113	180	129
8	202	112	90	64.2
9	160	110	50	35.7
10	117	105	12	8.6
10.5	105	105	0	0
11	90	90	0	0
12	80	80	0	0

Qeyd: 1. Daşqın sərfi ümumi su sərfindən qrunt sularının sərfini çıxmaqla alınır; 2. Vahid hidroqrafın ordinatları daşqının su sərfələrini 1.4 düymə bərabər olan yağıntı layına bölməklə alınır.

6. Vahid hidroqrafın hesablanmış ordinatları fərdi hidroqrafların hesablanmasında istifadə olunur. Fərdi hidroqraflar effektiv yağıntıların hər bir hissəsindən ardıcıl zaman vahidləri üçün hesablanır (cədvəl 7.11).

7. Su sərfələrinin sintez olunmuş hidroqrafı üç fərdi hidroqrafın ordinatlarının toplanması ilə alınır. Bu şəkil 7.7-də göstərilmişdir



Şakıl 7.7. Vahid hidroqraf metodu ilə qurulmuş sintezləşdirilmiş hidroqraf (sintez olunmuş hidroqrafın ordinatları 1-3 fərdi hidroqrafların eyni vaxta uyğun ordinatlarının cəmlənməsi yolu ilə alınmışdır)

Cədvəl 7.11

Vahid hidroqrafın tətbiqi

Zaman, hesabi vahidlərdə	Yağıntılarn vahid hissəsinin nömrəsi	Effektiv yağıntılar, düym	Yağıntı hissələri üçün fərdi hidroqrafların ordinatları		
			1	2	3

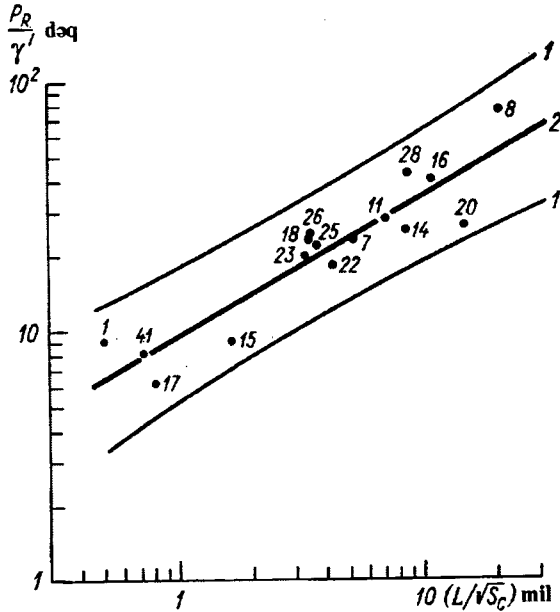
1	2	3	4	5	6
1	1	0.7	55.1	-	-
2	2	1.7	229	134	-
2.7	3	1.2	275	-	-
3	-	-	265	558	94.3
03.7	-	-	-	668	-
4	-	-	161	644	393
4.7	-	-	-	-	472
5	-	-	90.5	389	455
6	-	-	44.9	219	275
7	-	-	25.0	109	155
8	-	-	6.0	60.7	77
9	-	-	-	14.6	42.8
10	-	-	-	-	10.3

Qeyd: Yağıntı hissələri üçün fərdi hidroqrafların ordinatları effektiv yağıntılar və vahid hidroqrafın ordinatlarının hasili kimi hesablanır.

Misal 7.8. Sutoplayıcı sahəsi 0.62 kv. mil, uzunluğu $L=0.98$ mil və meyilliyi $S_c=1.5\%$ olan Qrin Ark çayı üçün Qrey meto- dundan istifadə etməklə vahid hidroqraf qurun.

Həlli: 1. Şəkil 7.8-dən $\frac{L}{\sqrt{S_c}} = 0.813$ mil parametrinə görə

$$\frac{P_R}{\gamma} = 8.25 \text{ dəq. tapılır.}$$



Şəkil 7.8. Ayova-Missuri-İllinoys-Viskonsin ştatları üçün akumulasiya amili $\frac{P_R}{\gamma'}$ və hövzə parametri $\frac{L}{\sqrt{S_C}}$ arasında əlaqə qrafiki

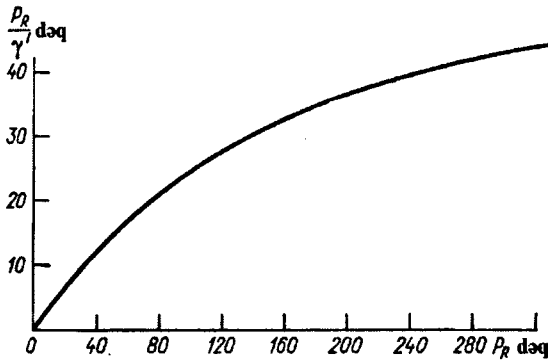
1- $\frac{P_R}{\gamma'}$ nisbəti üçün 95%-lik etibarlılıq sərhədləri;

$$2- \frac{P_R}{\gamma'} = 9.27 \left(\frac{L}{\sqrt{S_C}} \right)^{0.562}$$

2. Şəkil 7.9-a görə $\frac{P_R}{\gamma'} = 8.25$ dəqiqə olduqda daşqının qalxma müddəti $P_R = 24.9$ dəqiqəyə bərabərdir. Zaman intervalı $0.25 P_R = 6$ dəq. təşkil edir.

3. $q = 1 + \gamma' = 4.02$ və deməli, $\gamma' = 3.02$ -dir.

Bu parametrlərə görə cədvəl 7.12 hesablanır.



Şəkil 7.9. $\frac{P_R}{\gamma}$ akumulyasiya amili ilə P_R daşqının qalxma müddəti arasında əlaqə qrafiki

Cədvəl 7.12

Vahid hidroqrafın hesablanması

Nisbi vaxt, $\frac{t}{P_R}$	Həqiqi vaxt, d\text{əq.}	Nisbi su sərfi	Nisbi su sərfələrinin cəmi	Vahid hidroqraf, kub.fut/s
0.000	0	0	0	0
0.125	3.11	0.448	0.448	17.3
0.375	9.33	5.800	6.248	224
0.625	15.55	12.700	18.948	490
0.875	21.77	16.350	35.298	631
1.000	24.900	16.850	-	651
1.125	27.99	16.250	51.548	628
1.375	34.21	14.200	65.748	548
1.625	40.43	11.100	76.848	428
1.875	46.65	7.970	84.818	308
2.125	52.87	5.570	90.368	214
2.375	59.29	3.560	93.928	138
2.625	65.51	2.28	96.208	88
2.875	71.73	1.410	97.618	54.40
3.125	77.95	0.864	98.482	33.30
3.375	84.17	0.500	99.982	19.30

Qeyd: 1. a) Vahid hidroqrafın həcmi $V=1\text{düyüm} \cdot A \text{ kv mil} \cdot 640\text{akr/kv mil} \cdot 12 \text{ düyüm/fut} \cdot 43560 \text{ kv fut/akr}=1 \cdot 0.62 \cdot 640 \cdot 43560/12=14.4 \cdot 10^5 \text{ kub.fut.}$;
 b) Ölçüsüz hidroqrafın həcmi $V_D=\Sigma\text{kub fut/s} \cdot 0.25 \cdot P_R \cdot 60 \text{ s/d\text{əq}}=0.25 \cdot 24.9 \cdot$

60 · Σ=373.5 kub. fut/s. c) Σ=3860 kub.fut/s

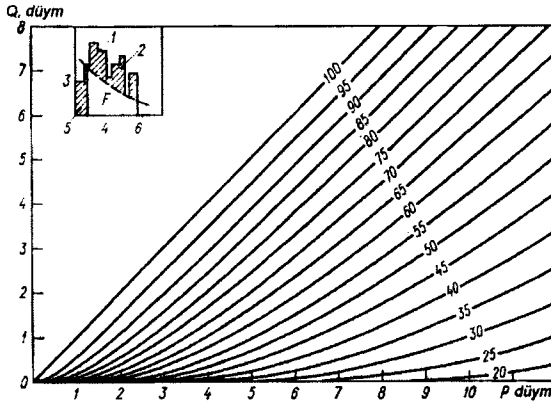
2. 2-ci sütündakı kəmiyyətlər 1-ci sütunun məlumatlarını 24.9-a vurmaqla alınıb.

3. Nisbi sərfin kəmiyyətləri (sütun 3) aşağıdakı tənliyə görə hesablanıb:

$$\frac{Q_t}{P_R} = \frac{25.0(\gamma^Q)}{\Gamma(q)} \left(e^{-\frac{T}{P_R}} \right) \left(\frac{t}{P_R} \right)^{q-1}$$

burada, $\frac{Q_t}{P_R} - \frac{t}{P_R} - \frac{1}{P_R}$ -in istənilən qiyməti üçün su sərfi (kub.fut/s) $(0,25P_R -$ zaman vahidinin ortasına aid edilir və ölçüsüz hidroqrafın bütün müddəti üçün belə su sərfələrinin cəmə nisbətən faizi ilə ifadə olunur); q və γ - forma və miqyas indeksləridir; Γ - q -nün qamma-funksiyasıdır və $(q - 1)$ -ə bərabərdir; e - natural loqarifmin əsasıdır; P_R - hidroqrafın qalxma müddətidir, dəq.; T - zamandır, dəq.; γ və q - müvafiq düsturlara görə təyin olunur: $\gamma' = \gamma \cdot P_R$; $q = 1 + \gamma'$.

4. Vahid hidroqrafın ordinatları (sütun 5) 3-cü sütündakı kəmiyyətləri 3860/100-ə vurmaqla alınıb.



Şəkil 7.10. Yağış layına görə daşqının axım layının təyini qrafikləri

1-yağıntılar; 2- $P \geq N$, $S \geq 1_N + F$ və $F = P - I_N - Q$ olduqda axım layı $Q = \frac{(P - I_N)^2}{P - I_N + S}$, burada I_N - yağıntuların başlanğıc itkiləri, S - cəm

itkilər, F - axıməmələgələn dövrdə infiltrasiya itkiləri; 3-yağışın şiddətliyi; 4- zaman; 5- yağıntuların başlanğıc itkiləri; 6- infiltrasiya əyrisi. Əyrlərin yanında onların nömrələri göstərilmişdir: $\gamma = \frac{1000}{10 + S}$.

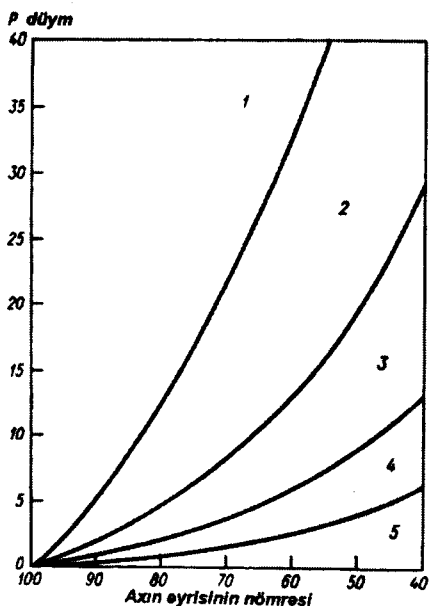
Misal 7.9. Sutoplayan qurğunu (b kateqoriyalı) layihələndirmək üçün tələb olunan daşqın hidroqrafını ABŞ-ın Torpaqları Mühafizə Xidmətinin SCS üsuluna görə tərtib edin. Sutoplayıcı sahə 1.86 kv.mil, yağış sularının konsentrasiya (yığılma) müddəti 1.25 saat və tələb olunan təkrarlanmaya uyğun yağıntı layı 9,4 düym təşkil edir. 82 № -li axım əyrisindən istifadə edin.

Həlli: 1. Yağıntıların sahəyə görə reduksiya əmsalı təyin edilir. Sutoplayıcının sahəsi 10 kv.mil-dən az olduğu üçün bu əmsal vahidə bərabərdir.

2. $T < 6$ saat olduğundan yağış sularının konsentrasiya (yığılma) müddəti dəqiqləşdirilir.

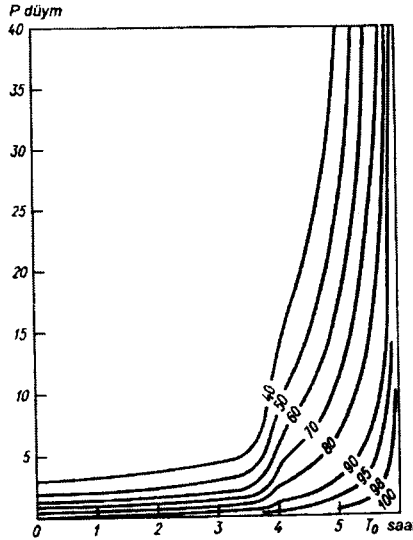
3. Daşqının axım layı Q şəkil 7.10-a əsasən təyin edilir. 82 № -li əyridən tapırıq ki, $P=9.4$ düym olduqda, $Q=7.21$ düym təşkil edir.

4. Şəkil 7.11-ə əsasən hidroqraflar qrupunun nömrəsi təyin olunur. 82 №-li əyriyə uyğun və yağıntı layı $P=9.4$ düym olan nöqtə sektor 2-də yerləşir, yəni hesablamalar üçün 2№-li hidroqraflar qrupu qəbul olunmalıdır.



Şəkil 7.11. Axım əyrisinin nömrəsi (əyriyə uyğun və yağıntı layı $P=9.4$ düym olan nöqtə sektor 2-də yerləşir, yəni hesablamalar üçün 2№-li hidroqraflar qrupunun nömrəsi göstərilir)

5. $P=9,4$ düym olduqda 82 №-li əyri üçün yağıntuların davamiyyəti şəkil 7.12-dən tapılır: $T_0=5,37$ saat.



Şəkil 7.12. İzafi yağıntuların davamiyyəti (T_0)

6. Hidroqrafın qalxma müddəti hesablanır: $T_p=0,7$; $T_k=0,88$ saat.

$$7. \frac{T_0}{T_p} = \frac{5.37}{0.88} = 6.10$$

8. T_0/T_p nisbətinin düzəliş edilmiş qiyməti xüsusi cədvələ əsasən 6-ya bərabərdir.

$$9. \text{Düzəliş nəzərə alınır: } \frac{T_0}{T_p} = \frac{5.37}{6.10} = 0.895 \text{ saat.}$$

10. $q_{\max} = 484 A/T_p = 1006$ kub.fut/s (A – sutoplayıcı sahədir).

11. $Q_{q\max} = (7,21) (1006) = 7250$ kub.fut/s hasil hesablanır.

12. Sintez olunan hidroqrafın zaman koordinatı saatlarla təyin edilir. Bu məqsədlə, SCS üsulunda istifadə olunan xüsusi cədvəlin (cədvəl 7.13a) 2№-li əyrilər qrupu üçün $T_0/T_p=6$ sütunundan uyğun qiymətlər seçilir və düzəliş edilmiş T_p -yə vurulur (cədvəl 7.13b).

Cədvəl 7.13a

SCS üsulunun xüsusi cədvəlinin fraqmenti (2№ -li hidroqraflar qrupu üçün)

$T_0/T_p=6$			
t/T_p	q_k/q_{max}	t/T_p	q_k/q_{max}
0	0	5.44	0.152
0.34	0.001	5.78	0.139
0.68	0.005	6.12	0.129
1.02	0.015	6.46	0.113
1.36	0.037	6.80	0.085
1.70	0.098	7.14	0.055
2.04	0.244	7.48	0.035
2.38	0.407	7.82	0.020
2.72	0.464	8.16	0.012
3.06	0.429	8.50	0.008
3.40	0.367	8.84	0.005
3.74	0.309	9.18	0.004
4.08	0.261	9.52	0.003
4.42	0.224	9.86	0.002
4.76	0.193	10.20	0.001
5.10	0.169	10.54	0

Cədvəl 7.13b

Hidroqrafın ordnatları

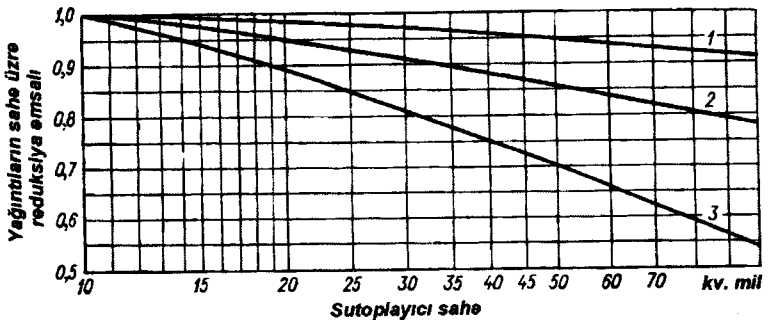
№	t saat	q , kub.fut/s	№	t saat	q , kub.fut/s
1	0	0	17	4,87	1102
2	0,30	7	18	5,17	1008
3	0,61	36	19	5,48	935
4	0,91	109	20	5,78	819
5	1,22	268	21	6,09	616
6	1,52	710	22	6,39	399
7	1,82	1769	23	6,69	254
8	2,13	2951	24	7,00	145
9	2,43	3364	25	7,30	87
10	2,64	3110	26	7,61	58
11	3,04	2661	27	7,91	36
12	3,35	2240	28	8,22	29
13	3,65	1892	29	8,52	22
14	3,96	1624	30	8,82	14
15	4,26	1399	31	9,13	7
16	4,56	1225	32	9,43	0

13. Hidroqrafın ordinatlarını q (kub.fut/s) hesablamak üçün cədvəl 7.13a-dan $2N_2$ -li əyrilər qrupu və $T_0/T_p=6$ -ya müvafiq q_k/q_{max} sütununun bütün qiymətlərini $Q_{q_{max}}$ -un qiymətlərinə vurmaq lazımdır (cədvəl 7.13b).

Qeyd: *b* kateqoriyalı hidrotexniki qurğular əsasən kənd təsərrüfatı rayonlarında inşa olunur. Bu cür qurğularda qəza baş verərsə evlərə, yollara və digər obyektlərə müxtəlif ziyanlar dəyə bilər.

Misal 7.10. Bəndin yalının anbardakı suyun səviyyəsindən hündürlüyünü təyin etmək üçün hesabi hidroqraf tərtib edin. Qurğu *c* kateqoriyasına aiddir. Onun sutoplayıcı sahəsi 23,0 kv.mil, yağıntı sularının konsentrasiya (yığılma) müddəti 10,8 saat və yağıntı layı $P = 25,5$ düym təşkil edir. $77N_2$ -li axım əyrisindən istifadə edin.

Həlli: 1. Şəkil 7.13-dəki əyridən istifadə etməklə yağıntıların sahə üzrə reduksiya əmsalı təyin edilir. Verilən misalda rütubətli və mülayim-rütubətli iqlim şəraiti üçün reduksiya əmsalı 0,93-ə bərabərdir. Yağıntıların dəqiqləşdirilmiş qiyməti $P=25,5 \cdot 0,93 = 23,72$ düym təşkil edir.



Şəkil 7.13. Yağıntıların sahəyə görə reduksiya əmsalları

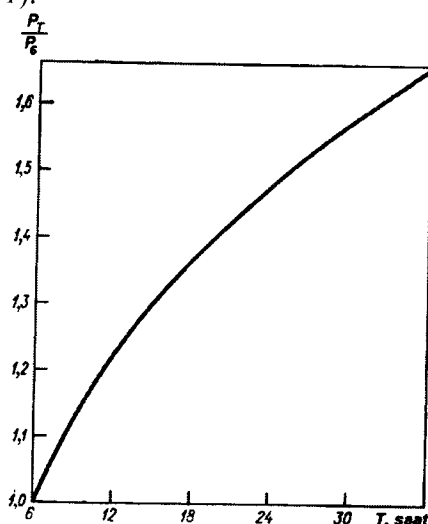
- 1- Sakit okeanın sahillərinin iqlimi üçün; 2- rütubətli və mülayim-rütubətli iqlim üçün; 3- quraq və yarımquraq iqlim üçün.

2. Leysanın davamiyyəti dəqiqləşdirilir. $T_k > 6$ saat olduğundan, yağıntının hesabi davamiyyəti yağıntıların konsentrasiya müddətinə

bərabər qəbul edilir. Şəkil 7.14-ə əsasən 6 saatlıq yağıntı layından 10,8 saatlıq yağıntı layına keçid əmsalı tapılır. Bu əmsal 1,18-ə bərabərdir. Beləliklə, hesabi yağıntılar $P=23,72 \cdot 1,18=28$ düym təşkil edir.

3. $P=28$ düym olduqda 77 №-li əyriyə görə (şəkil 7.15) daşqının axım layı təyin edilir: $Q=24,7$ düym.

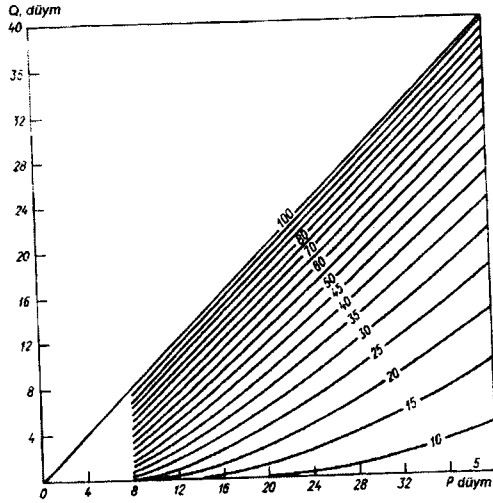
4. Hidroqraflar qrupu şəkil 7.11-ə əsasən təyin edilir. 77№-li axım əyrisi və $P=28$ üçün 1№-li hidroqraflar qrupu müəyyən olunur (sektor I).



Şəkil 7.14. Yağıntı layının nisbi artımının yağıntının davamiyyətindən asılılıq qrafiki

5. Effektiv yağıntıların davamiyyəti hesablanır. Cədvəl 7.14-ə əsasən 77№-li əyri üçün yağıntıların başlanğıc itkiləri $P^*=0,60$ düym tapılır. Cədvəl 7.15-dən $\frac{P^*}{P} = \frac{0,60}{28,0} = 0,0214$ nisbətinə görə

yağıntının tam davamiyyətinin onun effektiv davamiyyətinə gətirilmə əmsalı təyin edilir ki, bu da 0,950-yə bərabərdir. Effektiv yağıntıların hesabi davamiyyəti, vaxtın gətirilmə əmsalı ilə leysanın davamiyyətinin hasilinə bərabərdir: $T_0=0,950 \times 10,8=10,26$ saat.



Şəkil 7.15. Yağış layına görə daşqının axım layının təyini qrafikləri
(Əyriyənin yanında rəqəmlər onların hesabi nömrələridir).

Cədvəl 7.14

Yağıntıların başlanğıc itkiləri

Əyriyənin №-si	P* düym	Əyriyənin №-si	P* düym	Əyriyənin №-si	P* düym	Əyriyənin №-si	P* düym	Əyriyənin №-si	P* düym
100	0	86	0.33	72	0.78	58	1.45	44	2.54
99	0.02	85	0.35	71	0.82	57	1.51	43	2.64
98	0.04	84	0.38	70	0.86	56	1.57	42	2.76
97	0.06	83	0.41	69	0.90	55	1.64	41	2.88
96	0.08	82	0.44	68	0.94	54	1.70	40	3.00
95	0.11	81	0.47	67	0.98	53	1.77	39	3.12
94	0.13	80	0.50	66	1.03	52	1.85	38	3.26
93	0.15	79	0.53	65	1.08	51	1.92	37	3.40
92	0.17	78	0.56	64	1.12	50	2.00	36	3.56
91	0.20	77	0.60	63	1.17	49	2.08	35	3.72
90	0.22	76	0.63	62	1.23	48	2.16	34	3.88
89	0.25	75	0.67	61	1.28	47	2.26	33	4.06
88	0.27	74	0.70	60	1.33	46	2.34	32	4.24
87	0.30	73	0.74	59	1.39	45	2.44	31	4.44

Cədvəl 7.15

Yağışın tam davamiyyətinin onun effektiv davamiyyətinə gətirilmə əmsalları
($T_0 > 6$ saat olduqda)

$\frac{P^*}{P}$ (başlanğıc itki əmsalı)	Davamiy- yət gətirilmə əmsalı	$\frac{P^*}{P}$	Davamiy- yət gətirilmə əmsalı	$\frac{P^*}{P}$	Davamiy- yət gətirilmə əmsalı	$\frac{P^*}{P}$	Davamiy- yət gətirilmə əmsalı
0	0.00	0.070	0.852	0.140	0.746	0.210	0.684
0.002	0.995	0.072	0.848	0.142	0.744	0.212	0.682
0.004	0.990	0.074	0.844	0.144	0.742	0.214	0.680
0.006	0.985	0.076	0.841	0.146	0.740	0.126	0.679
0.008	0.981	0.078	0.837	0.148	0.739	0.218	0.677
0.010	0.976	0.080	0.833	0.150	0.737	0.220	0.675
0.012	0.971	0.082	0.830	0.152	0.735	0.222	0.673
0.014	0.967	0.084	0.827	0.154	0.733	0.224	0.672
0.016	0.962	0.086	0.824	0.156	0.732	0.226	0.670
0.018	0.957	0.088	0.821	0.158	0.730	0.228	0.668
0.020	0.952	0.090	0.818	0.160	0.728	0.230	0.667
0.022	0.948	0.092	0.815	0.162	0.726	0.232	0.666
0.024	0.943	0.094	0.812	0.164	0.724	0.234	0.666
0.026	0.938	0.096	0.809	0.166	0.723	0.236	0.665
0.028	0.933	0.098	0.806	0.168	0.721	0.238	0.665
0.030	0.929	0.100	0.803	0.170	0.719	0.240	0.664
0.032	0.924	0.102	0.800	0.172	0.717		
0.034	0.919	0.104	0.797	0.174	0.716		
0.036	0.915	0.106	0.794	0.176	0.714		
0.038	0.911	0.108	0.791	0.178	0.712		
0.040	0.908	0.110	0.788	0.180	0.710	0.250	0.662
0.042	0.904	0.112	0.785	0.182	0.709	0.300	0.651
0.044	0.900	0.114	0.782	0.184	0.707	0.350	0.640
0.046	0.896	0.116	0.779	0.186	0.705	0.400	0.628
0.048	0.893	0.118	0.776	0.188	0.703	0.450	0.617
0.050	0.889	0.120	0.773	0.190	0.702	0.500	0.606
0.052	0.885	0.122	0.770	0.192	0.700	0.550	0.595
0.054	0.882	0.124	0.767	0.194	0.698	0.600	0.583
0.056	0.878	0.126	0.764	0.196	0.696	0.650	0.542
0.058	0.874	0.128	0.761	0.198	0.695	0.700	0.500

0.060	0.870	0.130	0.758	0.200	0.693	0.750	0.447
0.062	0.867	0.132	0.755	0.202	0.691	0.800	0.386
0.064	0.863	0.134	0.751	0.204	0.689	0.850	0.310
0.066	0.859	0.136	0.749	0.206	0.687	0.900	0.220
0.068	0.856	0.138	0.747	0.208	0.686	0.950	0.116

6. Daşqın hidroqrafının qalxma müddəti hesablanır:
 $T_p=0,7 \cdot T_k=7,56$ saat.

7. $T_0/T_p=10,26/7,56=1,357$. Bu nisbət yuvarlaqlaşdırılır və $T_0/T_p=1,5$ qəbul edilir.

8. T_p -nin düzəliş edilmiş qiyməti tapılır: $T_p = \frac{10,26}{1,5} = 6,84$ saat.

9. $q_{\max} = 484 \cdot \frac{23,0}{6,84} = 1628$ kub.fut/s.

10. $Qq_{\max}=24,7 \cdot 1628=40\ 212$ kub.fut/s .

11. SCS üsulunun xüsusi cədvəlindən (cədvəl 7.16) 1№-li hidroqraflar qrupu və $T_0/T_p=1,5$ üçün t/T_p -nin qiymətləri götürülərək T_p kəmiyyətinə vurulur və beləliklə, hidroqrafın absisləri (t saatlar) hesablanır (cədvəl 7.17).

Cədvəl 7.16

SCS üsulunun xüsusi cədvəlinin fraqmenti (1№-li hidroqraflar qrupu üçün)

$T_0/T_p=1,5$			
t/T_p	q_k/q_{\max}	t/T_p	q_k/q_{\max}
0	0	3.52	0.090
0.32	0.012	3.84	0.057
0.64	0.118	4.16	0.037
0.96	0.377	4.48	0.024
1.28	0.711	4.80	0.015
1.60	0.815	5.12	0.008
1.92	0.719	5.44	0.004
2.24	0.526	5.76	0.002
2.56	0.352	6.08	0.001
2.88	0.225	6.40	0
3.20	0.143		

Cədvəl 7.17

Hidroqrafın ordinatları

$N\bar{q}$	t, saat	$q, \text{kub.fut/s}$	$N\bar{q}$	t, saat	$q, \text{kub.fut/s}$
1	0	0	12	24.08	3619
2	2.19	482	13	26.26	2292
3	4.38	4 745	14	28.45	1488
4	6.57	15 160	15	30.64	965
5	8.76	28 591	16	32.83	603
6	10.94	32 773	17	35.02	322
7	13.13	28 912	18	37.21	161
8	15.32	21 152	19	39.40	80
9	17.51	14 155	20	41.59	40
10	19.70	9 048	21	43.78	0
11	21.89	5 750			

12. Hidroqrafın ordinatlarını q kub.fut/s hesablamış üçün cədvəl 7.16-dan götürülmüş q_k/q_{\max} -qiymətləri Qq_{\max} hasilinə vurulur (cədvəl 7.17).

8. GƏTİRMƏLƏR AXIMI

8.1. Gətirmələr axımının hesablanması

Çayların gətirmələr axımı qiymətləndirildikdə ilk növbədə onların il ərzində ölçülmə tezliyi təhlil olunmalıdır. Xüsusilə, çoxsulu fazalarda belə ölçmələrin sayı kifayət qədər olmalıdır. Kiçik çaylarda bulanıqlığın sutkadaxili gedişi, orta və böyük çaylarda (gursulu və daşqın fazalarında) isə sutkəlik gedişi nəzərə alınmalıdır.

Gətirmələr axımının qeydiyyatındakı mövcud boşluqları müəyyən etmək üçün su sərfələri, suyun bulanıqlığı, gətirmələr sərfələri, yağıntılar, torpaq və havanın temperaturu haqqında məlumatlar əsasında kompleks xronoloji qrafiklər qurulmalı və təhlil olunmalıdır.

Gətirmələr axımının çoxillik müşahidə sıralarını təhlil etmək üçün gətirmələr sərfələri ilə su sərfələri arasında əlaqə analiz edilir.

Gətirmələr axımı üzərində müşahidə dövrü 15-20 ildən artıq olduqda və ölçülmüş gətirmələr sərfələri təminat əyrisinin 5-95% intervalını əhatə etdikdə, belə sıra reprezentativ hesab olunur. Əgər, bu şərtlər ödənilmirsə, onda müşahidə sırası qısa sayılır.

Müşahidə məlumatları kifayət qədər olduqda asılı gətirmələr sərfəsinin təminatlı qiymətləri üç əsas parametərə -orta kəmiyyət, Q_g , variasiya, C_v və asimmetriya, C_s , əmsallarına görə hesablanır. Analitik təminat əyrisi kimi daha çox binomial əyridən istifadə olunur. Əsas parametrlər G.A.Alekseyevin qraf-analitik üsuluna görə də qiymətləndirilə bilər. Gətirmələr axımının normasının, Q_g , hesablanma dəqiqliyi $\sigma_{Q_g} \leq 15\%$ olmalıdır.

Müşahidə məlumatları kifayət qədər olmadıqda asılı gətirmələr axımının norması su sərfəsinin normasına görə təyin edilir:

$$\bar{Q}_g = \frac{Q_g \bar{Q}}{Q}, \quad (8.1)$$

burada \bar{Q}_g və \bar{Q} -müvafiq olaraq gətirmələr və su sərfəsinin

norması; Q_g və Q -paralel müşahidələr dövrü üçün müvafiq olaraq gətirmələr və su sərfinin orta qiymətidir.

Variasiya əmsalı analogiya üsuluna görə təyin olunur. Əgər, etibarlı analoq çay yoxdursa, onda hidroloji rayon üçün təyin olunmuş orta qiymət qəbul oluna bilər. Bu əmsalı empirik əlaqələrə görə də qiymətləndirmək olar. Asimmetriya əmsalının variasiya əmsalına nisbəti 2-yə bərabər qəbul olunur.

Müşahidə dövrü 15 ildən qısa, lakin kifayət qədər sıx $Q_g = f(Q)$ olduqda \bar{Q}_g bu əlaqəyə görə də hesablanı bilər.

Etibarlı analoq çay olduqda qısa sıra uzadıla bilər.

Müşahidə məlumatları olmadıqda hesablamalar asılı gətirmələr axımının əsas fiziki-coğrafi amillərdən asılılıq əlaqələrinə və ya bulanılıq haqqında məlumatlara görə yerinə yetirilir. Məsələn, Q.V.Lopatin aşağıdakı düsturu təklif etmişdir:

$$Q_g = Ka^b I^n L^m, \quad (8.2)$$

burada Q_g - bir leysan ərzində çay sutoplayıcısından gətirmələr sərfi, kq/s; a-leysanın intensivliyi; I və L -müvafiq olaraq yamacın meyilliyi və uzunluğu; K,b,n və m rayon parametrləridir.

K.N.Lisitsinanın düsturu aşağıdakı kimidir:

$$M_g = bI_1 I_2^{2.5}, \quad (8.3)$$

burada M_g - gətirmələrin axım modulunun orta çoxillik kəmiyyəti, kq/s · km²; I_1 -çayın orta meyilliyi; I_2 -sutoplayıcının orta meyilliyi; b-torpaq-süxur örtüyündən asılı olan əmsaldır.

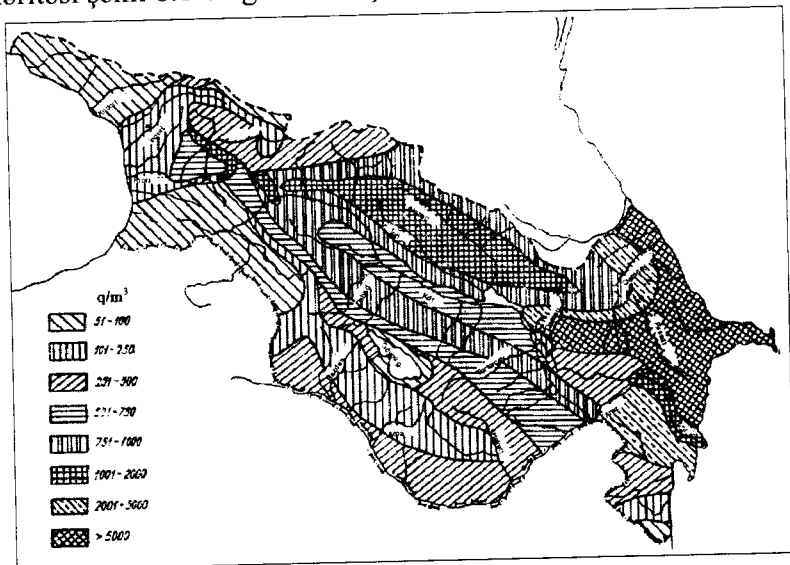
Bulanılıq haqqında məlumatlardan istifadə etdikdə gətirmələr axımı aşağıdakı düstura görə hesablanır:

$$\bar{Q}_g = 10^{-3} S_0 Q_0, \quad (8.4)$$

burada S_0 - suyun bulanılığının orta çoxillik qiymətidir, q/m³.

Bulanılıq interpolyasiya üsulu ilə və ya xəritəyə görə təyin

olunur. Bulanıqlıq xəritəsi orta və böyük çayların məlumatları əsasında tərtib olunur. Xəritədə müəyyən bulanıqlıq qradasiyalarına uyğun zonalar göstərilir. Bulanıqlıq ərazi üzrə coğrafi zonallığa uyğun paylanır. Lakin kiçik çayların bulanıqlığı daha çox yerli amillərdən asılıdır. Cənubi Qafqaz çaylarının bulanıqlıq xəritəsi şəkil 8.1-də göstərilmişdir.



Şəkil 8.1. Cənubi Qafqaz çay sularının bulanıqlıq xəritəsi

Axım xəritələri ilə müqayisədə bulanıqlıq xəritələrinin dəqiqliyi azdır. Bu onunla izah olunur ki, su sərfi ilə müqayisədə bulanıqlıq ölçülən məntəqələrin sayı azdır və müşahidə sıraları daha qısamdır. Buna görə də hidroloji hesablamalarda $\bar{Q}_g = f(Q)$ əlaqələrinə üstünlük verilməlidir.

Müşahidə məlumatları olmadıqda asılı gətirmələrin variasiya əmsalı, C_{V_s} , analogiya üsuluna və ya gətirmələr və su sərfliyinin variasiya əmsalları arasında rayon əlaqəsinə görə təyin olunur. Variasiya əmsalının sutoplayıcının orta hündürlüyündən asılılıq əlaqəsindən də istifadə etmək olar.

Asimmetriya əmsalı $C_s=2C_v$ nisbətində görə qiymətləndirilir.

Həm dağ, həm də düzənlik çaylarında gətirmələr axımının əsas hissəsi asılı gətirmələrin payına düşür. Məsələn, Azərbaycan çaylarında asılı gətirmələrin payı 74-94% təşkil edir (Axundov, 1978). Düzən çaylarında dib gətirmələrinin miqdarı 1-10% arasında dəyişir. Dib gətirmələrinin axımı daşqınlar zamanı 20-30%, aralıq fazada isə 10%-ə yaxındır (Axıncaçay, Xaçınçay, Qoşqarçay).

Axının sürəti azaldıqda nisbətən iri gətirmələr çökür və aku-mulyativ məcra formaları əmələ gətirir. Dib gətirmələri su an-barlarının lillənməsi və aşağı byeflərdə rejimin hesablanması da nəzərə alınır. Asılı gətirmələrlə müqayisədə dib gətirmələri haqqında müşahidə məlumatları daha azdır və onların ölçülmə dəqiqliyi də aşağıdır. Bu onunla izah olunur ki, ölçmələrdə istifadə olunan cihazlar mükəmməl deyil və onlar ölçmələr zamanı dib gətirmələrinin təbii hərəkət rejimini pozur.

Dib gətirmələri üzərində müşahidələrin davamiyyəti 10 ildən artıq olduqda orta sutkalıq dib gətirmələri, Q_d , və su sərfələri arasında əlaqə qrafiki $Q_d=f(Q)$ qurulur. Bu əlaqə qrafikindən və ya onun analitik ifadəsindən istifadə edərək su sərfinin müxtəlif təminatlı kəmiyyətlərinə görə dib gətirmələrinin müvafiq qiymətlərini hesablamaq olar.

Müşahidələrin davamiyyəti 10 ildən çox olduqda, məlumatların keyfiyyəti qənaətbəxşdirsə, onda sıranın bütün parametrləri və dib gətirmələrinin ildaxili paylanması faktiki müşahidə məlumatlarına görə də yerinə yetirilə bilər.

Müşahidə məlumatları kifayət qədər və ya heç olmadıqda hesablamalar gətirmələrin qranulometrik tərkibini nəzərə alan düsturlara görə yerinə yetirilir. Bu düsturlar ümumi nəzəri əsasa malik olsalar da, onların parametrləri laboratoriya şəraitində yerinə yetirilmiş eksperimentlər nəticəsində alınmışlar. Eksperimentlər məhdud dərinliklərdə və çox zaman birincins tərkibli gətirmələrlə aparıldığından, mövcud düsturlar təbii məcralarda gətirmələrin hərəkət şəraitini tam nəzərə almır.

Dib gətirmələri sərfi ümumi halda aşağıdakı düstura görə təyin

olunur:

$$q_d = hp(v - v_b), \quad (8.5)$$

burada q_d -en kəsiyin vahid sahəsindən keçən gətirmələr sərfi; h - gətirmələrin hərəkət etdiyi axının dərinliyi; p -vahid sahədə gətirmələrin orta kəmiyyəti; v -suyun orta hərəkət sürəti; v_b - gətirmələrin hərəkətə gəldiyi böhran sürətdir.

V.N.Qonçarovun düsturu aşağıdakı kimidir;

$$q_d = 2,08 \left(\frac{v}{v_b} \right)^3 \left(\frac{d}{h} \right)^{0,1} (v - v_b), \quad (8.6)$$

burada, q_d -axının 1m enindən keçən gətirmələr sərfi, kq/s; d - gətirmələrin orta diametridir.

Dib gətirmələri sərfini hesablamaq üçün təklif olunan bəzi düsturlar fərqli struktura malikdir:

$$q_d = 24Qi \left(\frac{d_{\max}}{d} - 1 \right), \quad (8.7)$$

burada Q -su sərfi; i -meyillik; d_{\max} -gətirmələrin maksimal diametridir.

8.2. Su anbarlarının lillənməsinin hesablanması

Su anbarlarının lillənmə və istismar müddəti hesablandıqda anbara tökülən bütün çayların asılı və dib gətirmələri, həmçinin anbarın sahillərinin dağılması nəticəsində əmələ gələcək materiallar haqqında məlumatlar toplanmalıdır. Sahillərin dağılması nəticəsində yaranacaq çöküntülərin miqdarı su anbarı layihələndirilən çay hissəsinin topoqrafik xarakteristikalarına, hakim küləklərin istiqamət və sürətinə, dağıdıcı dalğaların parametrlərinə görə və mümkün sürüşmə təhlükəsini nəzərə almaqla qiymətləndirilir.

Aşağı byefdə çayın rejimini hesablamaq üçün də su anbarında akumulyasiya olunan gətirmələrin tərkibini və miqdarını bilmək lazımdır.

Ümumiyyətlə, su anbarlarının lillənməsinin hesablanması kifayət qədər mürəkkəb prosedir və bu hesablamaları tam həcmdə yerinə yetirmək üçün çoxsaylı hidrometeoroloji, geoloji, geomorfoloji və s. məlumatlar tələb olunur.

Su anbarlarının orta lillənmə müddətini aşağıdakı düstura görə hesablamaq olar:

$$T = \frac{W_{\delta}}{W_g (1 - \delta)}, \quad (8.8)$$

burada T-su anbarının orta lillənmə müddəti; W_{δ} -anbarın ölü həcmi; W_g - 1 ildə anbara daxil olan gətirmələrin orta çoxillik kəmiyyəti; δ -gətirmələrin anbardan çıxan (tranzit) hissəsidir.

Su anbarına daxil olan gətirmələrin orta çoxillik kəmiyyəti belə hesablanır:

$$W_g = \frac{Q_g \cdot 31,5 \cdot 10^3}{\beta}, \quad (8.9)$$

burada Q_g - orta çoxillik gətirmələr sərfi, kq/s; β -dib çöküntülərinin orta sıxlığıdır, t/m^3 .

Dib çöküntülərinin orta sıxlığı, onların qranulometrik tərkibindən asılıdır və 0,7-2,2 t/m^3 arasında dəyişir.

Düzənlik çayları üçün su anbarından çıxan tranzit gətirmələrin payı ümumi gətirmələrin 30-40%-ni ($\delta=0,3-0,4$) təşkil edir.

Misal 8.1. Layihələndirilən su anbarının ölü həcmi $W_{\delta}=6,9 \cdot 10^8 m^3$, orta çoxillik su sərfi $Q_0=2500 m^3/s$, suyun orta çoxillik bulanılıqlığı $S_0=85 q/m^3$, gətirmələrin orta sıxlığı $\beta=1,30 t/m^3$, dib gətirmələri asılı gətirmələrin 5%-ni və tranzit gətirmələrin payı isə $\delta=0,3$ təşkil edir. Su anbarının orta lillənmə müddətini təyin edin.

Həlli: 1. Asılı gətirmələrin orta çoxillik həcmi hesablanır:

$$W_a = \frac{S_0 Q_0 \cdot 31,5}{\beta} = \frac{85 \cdot 2500 \cdot 31,5}{1,3} = 5,12 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{il}$$

2. Dib gətirmələrinin həcmi qiymətləndirilir:

$$W_d = 5,12 \cdot 10^6 \cdot 0,05 = 0,256 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{il}$$

3. Gətirmələrin ümumi həcmi təyin olunur:

$$W_g = W_a + W_d = 5,38 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{il}.$$

4. Su anbarının orta lillənmə müddəti tapılır:

$$T = \frac{W_{\delta}}{W_g (1 - \delta)} = \frac{6,9 \cdot 10^8}{5,38 \cdot 10^6 (1 - 0,3)} = 184 \text{ il}.$$

8.3. Sel daşqınlarının hesablanması

Sel daşqınlarının çay məcrasına, sahil zonanın infrastrukturunu qorumaq üçün inşa edilən hidrotexniki qurğulara dinamik təsirini müəyyən edən əsas parametrlər sel axınının sıxlığı, sürəti, sərfi, gətirmələrin həcmi və onların qranulometrik tərkibidir.

Sel axınının minimal sıxlığı 1100 kq/m^3 hesab olunur. Maksimal sıxlıq 2000 kq/m^3 və daha çox olur.

Sel axınlarının sürəti axının gücü və meyillikdən asılı olaraq $2-10 \text{ m/s}$ və daha çox olur. Sellərin maksimal sərfi bir neçə min kub. metrə çatır. Sel daşqınlarının və onların gətirdiyi bərk materialların həcmi milyon kub. metrlərlə ölçülür.

Sel daşqınları qəfil keçdiyinə, qısa müddətli və böyük dağıdıcı gücə malik olduğuna görə, onların kəmiyyət göstəricilərini təyin etmək çox mürəkkəb məsələdir. Sel axınları üçün ənənəvi hidrometrik metodlardan istifadə etmək qeyri-mümkündür. Sel hövzələri yerüstü tədqiqat metodları ilə öyrənilir: sel ocaqları, onun hərəkət yolları, məcranın parametrləri və s. müəyyən edilir. Beləliklə, artıq keçmiş sel və onun yaranma şəraiti haqqında informasiya toplanır.

Aerokosmik tədqiqat metodlarından və meteoroloji radiolatorlardan istifadə çox effektivdir. Bu metodlar sel təhlükəli zonaları, həmçinin sel hadisəsinin miqyasını və ümumi qanunauyğunluqlarını təyin etməyə imkan verir.

Sel axınının ən mühüm parametrlərindən biri onun hərəkət sürətidir. Selin sərfinin, nəqləmə qabiliyyətinin və dinamiki təsirinə düzgün qiymətləndirilməsi məhz bu parametrdən asılıdır.

Selin hərəkətinin fiziki modeli çox mürəkkəb olduğuna görə onun orta sürətini hesablamaq üçün nəzəri cəhətdən kifayət qədər əsaslandırılmış düstur almaq çox çətindir. Hazırda, təxmini hesablamalar üçün strukturu Şezi düsturuna yaxın olan düsturlardan istifadə edilir. Bu düsturlarda təbii sel məlumatlarına əsasən müqavimət əmsalı dəqiqləşdirilmişdir. Belə düsturlardan birini I.I.Xerxeulidze (Херхеулидзе, 1967) təklif etmişdir:

$$v = 11,4h^{1/2}(iw)^{1/3}, \quad (8.10)$$

burada v - axının orta sürəti m/s; h - axının orta dərinliyi; i - axın səthinin uzununa meyilliyi; w - sel kütləsinin axıcılıq əmsalıdır.

Sel kütləsinin axıcılıq əmsalı öz növbəsində aşağıdakı düstura görə təyin olunur:

$$w = 1 - \frac{S_0}{S_m}, \quad (8.11)$$

burada S_0 - axında bərk materialın həcmi qatılığı; S_m - həcmi qatılığın maksimal kəmiyyətidir (bu qiymətdə sel kütləsi axıcılığını itirir).

Xerxeulidzenin tədqiqatlarına görə $S_m=0,705$. S_0 - parametrinin hesabi qiyməti hövzənin sellilik parametrinə, əsas məcranın meyilliyinə və maksimal sərfin təminatına görə təyin olunur. Bu parametrin qiymətləri xüsusi cədvələ görə tapıla bilər (Сток наносов..., 1977).

Palçıqlı və palçıqlı-daşlı sel axınlarının orta sürətini hesablamaq üçün V.V.Qolubtsov (Голубцов, 1969) aşağıdakı düsturu

təklif edir:

$$v = 3,75h^{1/2}i^{1/6}. \quad (8.12)$$

Q.I.Şamovun (Шамов, 1959) düsturunda axın sürətinin əsas parametrlərindən biri selin nəql etdiyi ən iri daşların diametridir:

$$v = 4,7h^{1/6}d^{1/3}\sqrt{\frac{\rho_d - \rho_s}{\rho_s}}, \quad (8.13)$$

burada ρ_d -daşqının sıxlığı; ρ_s - sel kütləsinin sıxlığı; d -axının nəql etdiyi ən iri daşların diametridir.

Axırınıcı düsturdan təcrübədə az istifadə olunur, çünki ən iri daşların ölçülərinin təyini subyektiv xarakter daşıyır. Bu tip düsturlar yalnız axının orta sürətinin başqa düsturlarla hesablanmış qiymətlərinin nə dərəcədə həqiqətə yaxın olduğunu müəyyən etmək üçün istifadə olunur.

Sel axınının maksimal su sərfi sel daşqınının izinə görə daha etibarlı təyin oluna bilər. Bu məqsədlə çay dərəsinin daha dayanıqlı, az yuyulan hissəsində axının təzə izləri aşkar edilir. Sonra isə axının ən kəskin sahəsi və çay hissəsində uzununa meyillik təyin olunur. Dolayı əlamətlərə görə sel kütləsinin sıxlığı müəyyən edilir və selin gətirdiyi ən iri daşların diametri ölçülür. Bu məlumatlar əsasında yuxarıdakı düsturlardan birinə görə axının orta sürəti, sonra isə “sürət-sahə” üsuluna görə maksimal su sərfi hesablanır.

Hazırda yağış mənşəli sel daşqınlarının maksimal sərfini və həcmi hesablamaq üçün dolayı metod işlənmişdir. Sel daşqınının həcmi, W_{sel} , yağış daşqınının həcminə, W_{su} , və daşqın ərzində gətirmələrin həcmi qatılığının orta kəmiyyətinə, \bar{S}_0 , görə qiymətləndirilir:

$$W_{sel} = W_{su} \cdot \frac{1}{1 - \bar{S}_0}. \quad (8.14)$$

Daşqın üçün gətirmələrin həcmi qatılığının orta qiyməti \bar{S}_0 , daşqının pik fazasındakı maksimal qatılıqdan S_0 kiçikdir ($\bar{S}_0 < S_0$). Həcmi qatılığın bu iki göstəricisi arasında əlaqə aşağıdakı kimidir:

$$\bar{S}_0 = 1,06S_0^{1,25}. \quad (8.15)$$

Sel daşqınının gətirdiyi bərk materialların həcmi aşağıdakı düstura görə hesablanı bilər:

$$W_{bm} = \bar{S}_0 W_{sel}. \quad (8.16)$$

9. EKOLOJİ AXIMIN TƏYİNİ METODLARI

Su ehtiyatlarından qeyri-səmərəli istifadə çayların ekoloji vəziyyətinə mənfi təsir edir, çay ekosistemlərində gedən maddə və enerji mübadiləsini pozur. Çay hövzələrindəki təsərrüfat fəaliyyəti ilk növbədə çay ekosisteminin abiotik xüsusiyyətlərinə təsir göstərir, onun su, termik, radiasiya rejimini, gətirmələr sərfini və məcrə proseslərini dəyişdirir. Çayın hidroloji rejimində baş verən dəyişikliklər son nəticədə ekosistemin biotik xüsusiyyətlərində əks olunur.

Çaylardan götürülən suyun miqdarı elə müəyyən olunmalıdır ki, məcrada qalan su çayda baş verən ekoloji proseslərə çox ciddi təsir etməsin, hidrobiontların (su canlılarının) yaşayış və inkişafını təmin edə bilsin. Başqa sözlə, çay məcrasına hər hansı bir miqdarda çirkab sular atılarkən, yaxud məcradan hər hansı bir miqdarda su götürülərkən ekoloji axımın qiyməti təmin olunmalıdır.

Ekoloji axım dedikdə çay axımının elə bir kəmiyyət və keyfiyyət göstəricisi nəzərdə tutulur ki, sudan istifadə zamanı çay ekosistemində güclü keyfiyyət dəyişmələri baş vermir və çay, landşaft elementi kimi qorunub saxlanılır.

Hazırda müxtəlif tədqiqatçılar ekoloji axım anlayışını ifadə etmək üçün müxtəlif terminlərdən istifadə edirlər: “sanitar axım”, “minimal qəbul olunan axım”, “mühit axımı”, “ətraf mühit axımı”, “ekoloji axım” və s. Terminlərin müxtəlifliyi və tədqiqat metodlarının çoxsaylı olmasına baxmayaraq, demək olar ki, bütün hallarda ekoloji axım çay axımının məcrada saxlanması zəruri olan hissəsi kimi qəbul edilir.

Ekoloji axımın kompleks şəkildə tədqiq olunmasına ötən əsrin 40-cı illərindən ABŞ-da başlanılıb. Geniş istifadə olunan ilk metodlardan biri balıqçılıq məqsədləri üçün nəzərdə tutulan Konnektikut metodudur. Montana metodu kimi tanınan başqa bir metod 1975-ci ildə işlənib və başlıca olaraq balıq və digər canlıların həyat mühitini təmin etmək məqsədi daşıyırdı.

Keçmiş SSRİ-də ekoloji axımın tədqiqinə XX əsrin 70-ci illərində başlanıb. Bu metodlar əsasən təbii rejimi tənzimləyən çayların bənddən aşağı byeflərində sanitar suburaxmaları təmin etmək üçün işlənmişdir.

Ekoloji axımı hesablamaq üçün işlənmiş metodların geniş təsnifatını R.E.Tharme (Tharme, 2003) vermişdir. O, dünyanın müxtəlif regionları üzrə 207 metodu təhlil edərək, onları dörd qrupa-hidroloji, yaşayış mühitini modelləşdirmə, hidravlik qiymətləndirmə və holistik metodlara bölmüşdür. Lakin, bu icmal keçmiş SSRİ-də işlənmiş metodları əhatə etmir. Artıq həmin ərazidə işlənmiş metodların da təhlili yerinə yetirilmişdir (Иманов, 2000).

Qeyd etmək lazımdır ki, təklif olunan metodlardan hər birinin öz mənfi və müsbət cəhətləri vardır. Əsas problem ondan ibarətdir ki, hesablamalar zamanı çay hövzəsinin hidroekoloji və digər xüsusiyyətləri haqqında lazım olan məlumatları əldə etmək çətin, çox vaxt isə qeyri-mümkün olur.

Keçmiş SSRİ-də çayların ekoloji axımını hesablamaq üçün Belorusiyanın Mərkəzi Elmi Tədqiqat Su Ehtiyatlarının Kompleks İstifadəsi İnstitutunun tövsiyələrindən istifadə edilirdi:

-kiçik çaylar (orta illik su sərfələri, 1 m³/s-dək olan) üçün minimal aylıq axımın 95% təminatlı kəmiyyəti;

-orta çaylar üçün minimal aylıq axımın 95% təminatlı kəmiyyətinin 75%-i ekoloji axım qəbul olunurdu.

Qafqaz, o cümlədən Azərbaycan çaylarının ekoloji axımını hesablamaq üçün təklif olunan metod müşahidə məlumatları əsasında tərtib olunmuş hidroloji sıralara görə ekoloji axımın qiymətini hesablamağa imkan verir (Иманов, 2000).

Bu metodun tətbiqi zamanı qəbul olunan ilkin şərtlər aşağıdakılardır:

1. Ekoloji axımın qiyməti çayın bir landşaft elementi kimi qorunub saxlanmasına və hidrobiontlar üçün yaşayış mühitinin təmin olunmasına şərait yaratmalıdır.
2. Ekoloji axım elə bir qiymətə bərabər olmalıdır ki, bu

qiymətdə çay ekosistemi artıq təbii şəraitdə mövcud olmuşdur.

3. Ekoloji axımın qiyməti bütün il üçün eyni qəbul edilə bilməz və hər bir təqvim ayı üçün müxtəlif olmalıdır.

Metodun tətbiqi aşağıdakı ardıcılıqla həyata keçirilir:

1. Hər bir təqvim ayı üçün orta aylıq su sərfələrinin çoxillik müşahidə sıraları tərtib olunur.
2. Çayın təbii rejiminə antropogen amillərin təsirinin başlanğıc ili müəyyən olunur (bax bölmə 10.2-yə). Müşahidə sıraları iki dövrə-təbii (şərti təbii) rejimi əks etdirən və antropogen amillərin təsirinin əhəmiyyətli olduğu dövrlərə bölünür.
3. Təbii rejimi əks etdirən müşahidə sıralarından hər bir təqvim ayı üçün müşahidə olunmuş ən kiçik su sərfələri (Q_{\min}) tapılaraq ilkin yanaşmada ekoloji axım (Q_{ck}^*) kimi qəbul olunur:

$$Q_{ck}^* = Q_{\min} \quad (9.1)$$

4. Ekoloji axımın ilkin qiyməti antropogen amillərin təsirinin mövcud olduğu müşahidə dövrünün orta aylıq su sərfələri ($Q_{mü\check{s}}$) ilə müqayisə olunur. Əgər,

$$Q_{mü\check{s}} \geq Q_{ck}^* \quad (9.2)$$

şərti ödənilirsə, çayın ekoloji vəziyyəti qənaətbəxş, ödənilmirsə, qeyri-qənaətbəxş hesab olunur.

5. Hər bir ay üçün mümkün sugötürmənin (Q_{ms}) qiyməti təbii halda müşahidə olunan su sərfi (Q_{tb}) ilə ekoloji axım arasındakı fərqə görə tapılır:

$$Q_{ms} = Q_{tb} - Q_{ck}^* \quad (9.3)$$

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, ilkin yanaşmada ekoloji axım kimi, təbii rejimə müvafiq olan sırada müşahidə olunmuş ən kiçik qiymət qəbul edilir. Lakin məlumdur ki, çay axımı çoxillik dövr ərzində tərəddüd edir. Belə ki, çoxsulu və azsulu illər növbələnir.

Bu səbəbdən ekoloji axım hesablanarkən çay axımında gələcəkdə baş verməsi mümkündür ola biləcək tərəddüdlər nəzərə alınmalıdır. Yəni, gələcəkdə, təbii rejim şəraitində elə bir su sərfi müşahidə oluna bilər ki, onun qiyməti baxılan ayın Q_{\min} qiymətindən kiçik olsun. Buna görə də Q_{ek}^* qiyməti hər hansı bir ΔQ_1 kəmiyyəti qədər azaldılmalıdır. Eyni zamanda baxılan ayın ayrı-ayrı günlərində müşahidə olunan su sərfələrinin qiyməti də Q_{ek}^* kəmiyyətinin qiymətindən kiçik ola bilər. Buna görə də Q_{ek}^* qiyməti, əksinə, hər hansı bir ΔQ_2 kəmiyyəti qədər artırılmalıdır.

Yuxarıda qeyd olunanları nəzərə almaqla, ekoloji axımı hesablamaq üçün aşağıdakı düstur təklif olunur:

$$Q_{ek} = Q_{\min} - \Delta Q_1 + \Delta Q_2, \quad (9.4)$$

burada Q_{ek} - ekoloji axım; Q_{\min} - təbii rejim dövrü üçün orta aylıq su sərfələri sırasının ən kiçik qiyməti; ΔQ_1 - müşahidə sırasındakı ən kiçik qiymətin mümkün təbii azalması; ΔQ_2 - konkret ayda sutkalıq su sərfələrinin mümkün azalmasıdır.

Azərbaycan çayları üçün ΔQ_1 və ΔQ_2 -nin qiymətləri hesablanmışdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, yay-payız və qış azsulu dövrlərin minimal su sərfələri müşahidə olunan ayları üçün bu metod ilə hesablanmış ekoloji axımın qiymətləri minimal qış və yay-payız axımının 93.3-97.5% təminatlı qiymətlərinə uyğun gəlir.

Minimal su sərfələri başlıca olaraq yeraltı suların hesabına formalaşdıqlarına görə bircins hidroloji rayonlarda minimal axım norması ilə minimal su sərfələrinin müxtəlif təminatlı qiymətləri arasında sıx əlaqə olur. Bu isə o deməkdir ki, belə rayonlar üçün $\bar{Q}_{\min} = f(F)$ əlaqəsi kimi $Q_{ek} = f(F)$ əlaqəsi də qurula bilər və axırıncıdan istifadə etməklə müşahidə məlumatları olmayan çayların ekoloji axımını təyin etmək olar.

Hazırda Qərbi ölkələrində, o cümlədən 25-dən artıq Avropa ölkəsində ekoloji axımın kəmiyyətini təyin etmək üçün Montana

metodu geniş tətbiq olunur (Tennant, 1975). Bu metod ilə qiymətləndirmə aşağıdakı cədvəlin məlumatlarına görə yerinə yetirilir (cədvəl 9.1).

Cədvəl 9.1

Tennant metodu ilə çayların ekoloji vəziyyətinin qiymətləndirilməsi

№	Çayın ekoloji vəziyyəti	Axımın təklif olunan qiymətləri, % Oktyabr-mart	Axımın təklif olunan qiymətləri, % Aprel-sentyabr
1	Optimal	60-100%	60-100%
2	Çox əla	40%	60%
3	Əla	30%	50%
4	Yaxşı	20%	40%
5	Kafi	10%	30%
6	Pis	10%	10%
7	Deqradasiyaya uğramış	<10%	<10%

Bu cədvəldən göründüyü kimi, Tennant metodu çay sularından müxtəlif məqsədlər üçün istifadə edərkən məcrada saxlanılan suyun miqdarına görə çayın ekoloji durumunu qiymətləndirməyə imkan verir. Bu metodun Azərbaycan çaylarına tətbiqi göstərmişdir ki, ekoloji axımın kəmiyyəti illik axımın təqribən 23%-ni təşkil edir.

Tennant metodu ilə hesablamalar aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirilir:

1. Hesablamalar su təsərrüfatı ili üçün aparılır. Çayın su rejimi iki bərabər dövrə bölünür. Birinci dövr aprel-sentyabr, ikinci dövr isə oktyabr-mart aylarını əhatə edir.
2. Hər bir təqvim ayı üçün orta çoxillik su sərfi hesablanır.
3. Hər bir dövr üçün (aprel-sentyabr və oktyabr-mart) ayrılıqda orta çoxillik orta su sərfi təyin olunur.
4. Hər bir dövr üçün orta çoxillik su sərfinin ayrılıqda 10, 20, 30, 40%-i və s. (bax cədvəl 9.1) hesablanır.
5. Orta çoxillik su sərfələrinin 10, 20, 30, 40%-li və s.

qiymətləri konkret ilin müvafiq dövrlərində müşahidə olunmuş su sərfələri ilə müqayisə olunur və çayın ekoloji vəziyyəti qiymətləndirilir.

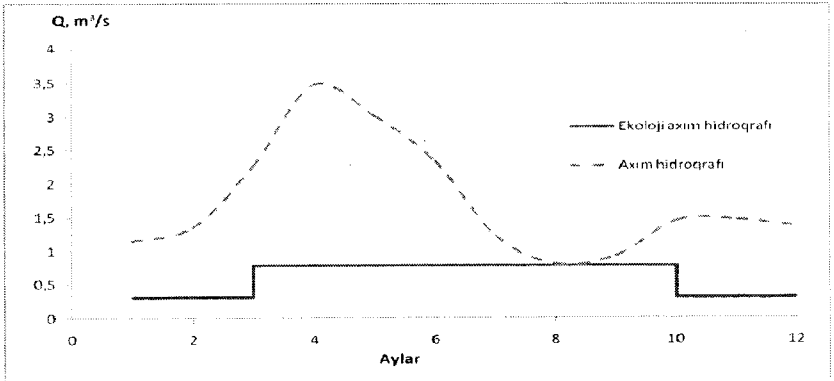
Misal 9.1. Ağsu çayının (Ağsu məntəqəsində) Tennant metoduna görə ekoloji axımı hesablayın və onun hidroqrafını tərtib edin.

Həlli. Tennant metoduna görə ekoloji axımın hesablanması aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirilir:

1. Ağsu çayının Ağsu məntəqəsində çoxillik dövr üçün orta aylıq su sərfələri hesablanır və aşağıdakı cədvəldə yazılır.

Su sərfələri, m ³ /s	Aylar											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Orta aylıq	1,15	1,35	2,26	3,47	3,01	2,33	1,22	0,79	0,92	1,45	1,47	1,37
Ekoloji	0,3	0,3	0,3	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,3	0,3	0,3

2. Oktyabr-mart və aprel-sentyabr aylarını əhatə edən dövrlərin hər biri üçün ayrılıqda müşahidə olunmuş su sərfələrinin orta qiyməti tapılır: oktyabr-mart üçün $Q_{or}=1.96 \text{ m}^3/\text{s}$; aprel-sentyabr üçün isə $Q_{or}=1.51 \text{ m}^3/\text{s}$.
3. Cədvəl 9.1-ə görə çayın ekoloji vəziyyətinin “yaxşı” kimi qiymətləndirilməsi üçün ekoloji axımın kəmiyyəti oktyabr-mart aylarında müşahidə olunmuş su sərfələrinin orta qiymətinin 20%-ni ($0.3 \text{ m}^3/\text{s}$), aprel-sentyabr aylarında isə bu dövrdə müşahidə olunmuş su sərfələrinin orta qiymətinin 40%-ni ($0.78 \text{ m}^3/\text{s}$) təşkil etməlidir. Ekoloji axımın bu qiymətləri yuxarıdakı cədvəldə verilmişdir.
4. Cədvəldəki məlumatlara görə çay axımı və ekoloji axımın hidroqrafları tərtib olunur (şəkil 9.1).



Şəkil 9.1. Ağsu çayının (Ağsu məntəqəsində) müşahidə olunmuş su sərfləri və ekoloji axım hidroqrafları

Şəkil 9.1-dən görüldüyü kimi, bütün aylarda ekoloji axımın kəmiyyəti müşahidə olunmuş su sərflərindən kiçik və ya onlara bərabərdir. Aydınır ki, azsulu illərdə iyul-sentyabr aylarında ekoloji axımın kəmiyyəti müşahidə olunmuş su sərflərindən böyük alınabilir.

10. TƏSƏRRÜFAT FƏALİYYƏTİNİN ÇAY AXIMINA TƏSİRİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Çay hövzələrinin və regionların su ehtiyatlarını və su təminatını qiymətləndirmək üçün çay axımının çoxillik tərəddüdləri ilə yanaşı, onun antropogen amillərin təsiri nəticəsində dəyişməsinin kəmiyyət göstəriciləri haqqında da məlumat tələb olunur.

Su ehtiyatlarından qeyri-səmərəli istifadə, çay sutoplayıcılarındakı təbii landşaftların antropogen amillərin təsiri altında transformasiya olunması, hidrotexniki qurğuların inşası və s. çayların təbii rejimini kəskin dəyişdirmişdir. Keçən əsrin 50-60-cı illərindən başlayaraq, xüsusilə arid ərazilərdə, böyük çay sistemlərinin axımının əhəmiyyətli antropogen azalması müşahidə olunur. Əhalinin sıx məskunlaşdığı regionların kiçik və orta çaylarında bu proses daha qabarıq hiss edilir. İldən-ilə, xüsusilə azsulu illərdə, su çatışmazlığı problemi daha da kəskinləşir.

Hazırda Yer kürəsinin əksər bölgələrində, o cümlədən Azərbaycanda, təsərrüfat fəaliyyətinin təsiri nəticəsində təbii rejimi dəyişdirilməyən orta və böyük çay qalmayıb. Buna görə də baş vermiş antropogen dəyişmələrin qiymətləndirilməsinə hidroloji hesablamaların müstəqil vəzifəsi kimi baxılmalıdır. Belə qiymətləndirmənin nəticələri məhsuldar qüvvələrin yerləşdirilməsi planlaşdırıldıqda və su təsərrüfatı qurğuları layihələndirildikdə nəzərə alınmalıdır.

Bəzi, ənənəvi hidroloji hesablamalar yerinə yetirildikdə də axımın antropogen dəyişməsi nəzərə alınmalıdır:

1. Axım sıralarının birincisliyi təsərrüfat fəaliyyətinin təsiri nəticəsində pozulduğuna görə;

2. Təbii rejimi pozulmuş çaylara coğrafi ümumiləşdirməyə əsaslanan standart hidroloji hesablama metodlarının tətbiqi effektiv olmadığına görə.

10.1. Təsərrüfat fəaliyyəti amillərinin təsnifatı

Su ehtiyatlarına və hidroloji rejimə təsirin xarakterinə görə İ.A.Şiklomanov (Водные ресурсы России..., 2008) antropogen amilləri beş qrupa bölür.

1. *İstifadə məqsədilə çay məcrasından birbaşa sugötürmələrlə və ya istifadə olunmuş suların yenidən çaya atılması ilə bağlı amillər.* Bu qrupa məişətdə, sənayedə, kənd təsərrüfatında suya olan tələbatı ödəmək üçün sugötürmələr aiddir. Çay axımının bir hissəsinin bir hövzədən digər hövzəyə ötürülməsi də bu qrupa aid edilir. Bu amillərin çayların hidroloji xarakteristikalarına təsiri götürülən və geri qaytarılan suyun həcmnin çayın təbii axımına nisbətindən asılıdır. Kiçik və orta çayların axımı böyük çaylarla müqayisədə daha güclü dəyişir. Çay hövzəsində axımın əmələgəlmə şəraiti olduğu kimi qalır.

2. *Çay məcrasının dəyişdirilməsi ilə bağlı amillər:* su anbarlarının inşası, çay sahillərinin bərkidilməsi, məcranın düzləndirilməsi, dərədə çınqıl hasilatı və s.

Su ehtiyatlarından daha çox istifadə etmək məqsədilə 1940-1950-ci illərdən başlayaraq mövsümi və çoxillik dövr ərzində axımı tənzimləyən su anbarları inşa olunur. Hazırda bütün dünya üzrə su anbarlarının ümumi faydalı həcmi 4000km^3 təşkil edir ki, bu da sabit çay axımı miqdarını orta hesabla 25% artırmağa imkan vermişdir. Lakin su anbarları vasitəsilə çay axımının tənzimlənmə prosesi, daha doğrusu anbarların inşası və istismarı bir çox hallarda ətraf mühitə mənfi təsir göstərir. Buna görə də son 20 ildə su anbarlarının sayı çox zəif sürətlə artır. Çox güman ki, bu tendensiya gələcəkdə də davam edəcəkdir.

Arid və semi-arid zonalarda su anbarlarının inşası su səthindən buxarlanma nəticəsində regionların ümumi su ehtiyatlarını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Həmçinin, geniş ərazilər suyun altında qalır. Bütün bunları nəzərə alaraq, son illərdə su anbarları əsasən dağlıq regionlarda və əhali seyrək məskunlaşmış bölgələrdə tikilir.

Bu qrupa aid olunan qalan amillərin təsiri, adətən yerli

xarakter daşıyır və çayların müəyyin hissələrində hiss olunur.

3. *Çayın sutoplayıcı səthinin dəyişdirilməsi ilə bağlı amillər:*

- torpaqların şumlanması, aqrotexniki tədbirlərin həyata keçirilməsi, dağ çəmənlərinin otlaq kimi istifadə olunması və s. Adətən bu amillər kiçik və orta çayların hidroloji rejiminə, maksimal və minimal axımına, axımın il ərzində paylanmasına təsir göstərir. Bu təsir illik axıma ən zəif, gətirmələr axımı və çay sularının keyfiyyətinə isə güclü olur;
- bataqlıqların və bataqlıqlaşmış ərazilərin qurudulması; başlıca olaraq, kiçik və orta çayların hidroloji rejiminin kəmiyyət göstəricilərinə və illik axımına təsir edir;
- meşələrin qırılması və bərpa olunması; kiçik və orta çayların su balansının əsas üsurlərini, hidroloji rejimini və suyun keyfiyyətini dəyişdirir; onların təsir dərəcəsi meşənin tipi və yaşından asılıdır və tədbirlər həyata keçirildikdən sonra onilliklər ərzində müşahidə oluna bilər;
- urbanizasiya kiçik və orta çayların su balansı və axımının bütün xarakteristikalarını dəyişdirir, yeraltı sulara və suların keyfiyyətinə təsir göstərir.

4. *Eyni zamanda həm məcradan birbaşa sugötürmələr, həm də sutoplayıcı səthin dəyişdirilməsi nəticəsində axıma təsir göstərən təsərrüfat fəaliyyəti amilləri* (suvarma əkinçiliyi, yeraltı suların istismarı və s.); quraq ərazilərdə geniş yayılmış suvarma əkinçiliyi kiçik, orta və böyük çayların bütün axım göstəricilərinə və suyunun keyfiyyətinə güclü təsir edir.

Yeraltı sulardan istifadə çaylara yeraltı axımı azaldır, buxarlanmanı və sutoplayıcıda axımın əmələgəlmə şəraitini dəyişdirir.

5. *Ümumi meteoroloji və iqlim xarakteristikalarının dəyişməsi ilə əlaqədar su balansına, su ehtiyatlarına və çayların hidroloji rejiminə təsir göstərən antropogen amillər:*

- təsərrüfat fəaliyyətinin bitki örtüyünə təsiri, urbanizasiyanın inkişafı, su anbarlarının inşası, suvarılan və qurudulan ərazilərin genişləndirilməsi nəticəsində regional

iqlimin və meteoroloji şəraitin dəyişməsi; qeyd edilən tədbirlər həyata keçirilən ərazilərdə yer səthinin əks etdirmə qabiliyyəti (albedo), buxarlanma, torpağın nəmliyi və meteoroloji rejimin digər xarakteristikaları dəyişir ki, bu da əsasən kiçik, bəzən isə orta çayların su balansını və hidroloji rejimində öz əksini tapır;

- şirin su ehtiyatlarından çox böyük həcmdə istifadə nəticəsində qlobal iqlimin və rütubət dövrünün mümkün dəyişmələri; təsərrüfatda istifadə üçün su mənbələrindən götürülən, lakin geri qaytarılmayan suların bir hissəsi su buxarı şəklində atmosfərə qayıdır ki, bunun da nəticəsində əlavə yağıntılar düşür və əlavə su ehtiyatları yaranır. Bu, yalnız sahəsi milyonlarla kvadrat kilometr olan ərazilərin su balansında baş verə bilər.
- atmosferin tərkibinin dəyişməsinə təsir edən amillər; müxtəlif yanacaq növlərindən istifadə artdıqca, atmosferdə karbon qazının (CO_2) və digər parnik qazlarının, həmçinin atmosfer aerosolunun miqdarı çoxalır ki, bu da troposferdə temperaturu artırır. Bunun nəticəsində atmosferin ümumi sirkulyasiyası, yağıntılar, buxarlanma və su ehtiyatları regional və qlobal miqyasda dəyişir.

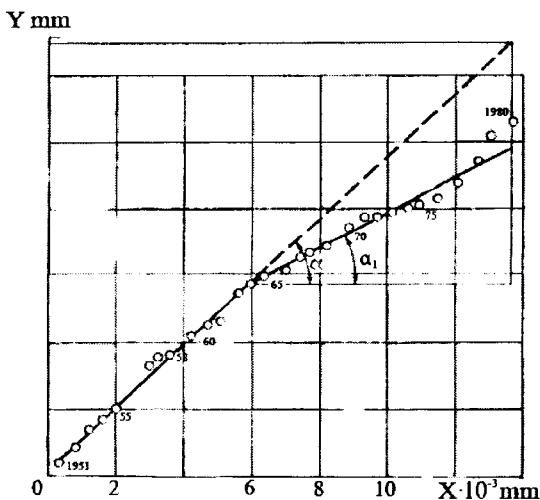
10.2. Təsərrüfat fəaliyyətinin çay axımına təsirinin başlanğıc ilinin təyini

Antropogen amillərin təsiri nəticəsində çayın təbii rejiminin dəyişməyə başladığı ili təyin etməyin ən sadə yolu, su anbarları, irriqasiya və su təchizatı sistemləri, nasos stansiyalarının istismara verilmə tarixləri haqqında məlumatların təhlilidir.

Lakin bir sıra təsərrüfat tədbirləri (meliorasiya, torpaqların şumlanması, urbanizasiya, meşələrin qırılması və bərpa olunması və s.) nəticəsində çayların rejimi və axım göstəriciləri tədricən dəyişir. Bu zaman çay hövzəsindəki təsərrüfat fəaliyyəti haqqında etibarlı faktik məlumatlar olduqda belə, axımın əmələgəlmə şəraitinin əhəmiyyətli şəkildə pozulmağa başladığı ili təyin etmək

çox çətin və ya qeyri-mümkündür.

Uzun müddətli hidrometrik müşahidə məlumatları olduqda bu məsələ statistik metodlarla həll oluna bilər. Məsələn, öyrənilən çayın axım xarakteristikasının orta çoxillik kəmiyyəti təbii rejimə malik analoq çayın müvafiq axım kəmiyyəti ilə müqayisə olunur və ya, hər iki çayın müvafiq su sərfələri arasında əlaqə qrafiki qurulur. Əgər əlaqə kifayət qədər sıxdırsa, onda nöqtələrin əlaqə xətti ətrafında səpələnməsinin təhlilinə görə antropogen təsirin başlanğıc ilini təyin etmək olur. Lakin bu əlaqə kifayət qədər sıx deyilsə ($r < 0,7$), onda təhlil və düzgün nəticənin əldə olunması çətinləşir. Bu halda ikiqat inteqral əyrilərindən istifadə daha faydalı ola bilər. Bunun üçün öyrənilən (təbii rejimi dəyişmiş) və analoq çayın paralel müşahidə dövründə qeydə alınmış su sərfələri ardıcıl olaraq cəmlənir və bunlar arasında əlaqə qrafiki qurulur (şəkil 10.1). Belə yanaşma çərçivəsində analoq çayın su sərfələri əvəzinə atmosfer yağıntıları və ya hövzənin təbii rejimə malik hissəsindən daxil olan cəm çay axımı sıralarından da istifadə oluna bilər.



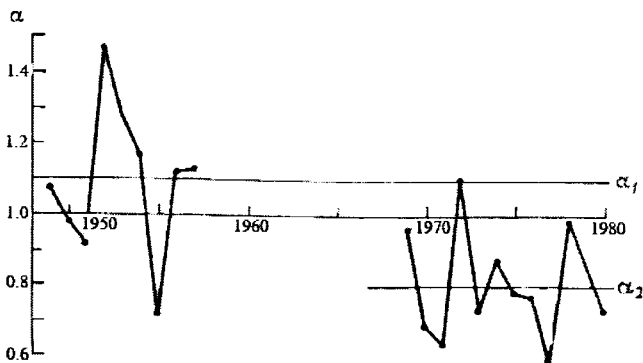
Şəkil 10.1. İkiqat inteqral əyrinin qrafiki

Antropogen təsirin başlanğıc ili indikasiya metoduna görə təyin oluna bilər. Məsələn, dağ çaylarının sutoplayıcılarında axımın əmələgəlmə zonası aydın seçildiyindən, indikasiya əmsalı, α , kimi aşağıdakı nisbət istifadə edilir:

$$\alpha = \frac{\sum Q_q}{Q}, \quad (10.1)$$

burada $\sum Q_q$ -axım formalaşan zonadan daxil olan cəm su sərfələrinin hər bir müşahidə ili üçün qiymətləri; Q -hesabi çayın baxılan məntəqədə su sərfələrinin hər bir il üçün qiymətləridir.

Arid ərazi çaylarının su ehtiyatları başlıca olaraq bitkilərin vegetasiya dövründə suvarma üçün istifadə olunduğuna görə, adətən, yay dövründə onların təbii rejimi pozulur. Lakin minimal qış su sərfələri isə təbii (və ya şərti təbii) şəraitdə formalaşır. Buna görə də indikasiya əmsalı kimi minimal yay-payız və qış su sərfələrinin nisbətindən də istifadə etmək olar (Иманов, 2000). İndikasiya metodu sadə və əyanidir (şəkil 10.2). Bu şəkildən görüldüyü kimi, 1969-cu ildən başlayaraq antropogen təsir nəticəsində çayın təbii rejimi dəyişmişdir.



Şəkil 10.2. İllik axımın indikasiya əmsalının xronoloji gedişi

Təsərrüfat fəaliyyətinin çay axımına təsirinə başlanğıc ili təyin olunduqdan sonra, istifadə olunan metoddan (əlaqə qrafikləri,

indikasiya metodu) asılı olmayaraq təbii rejimin pozulması statistik meyarların tətbiqi ilə təsdiqlənməlidir. Sıraların statistik birincisliyini qiymətləndirmək üçün Styudent və Fişer meyarlarından daha tez-tez istifadə olunur.

10.3. Antropogen amillərin çay axımına təsirinin qiymətləndirilmə metodları

Təsərrüfat fəaliyyətinin çay axımına təsirinin etibarlı qiymətləndirilməsi çox mürəkkəb məsələdir və bunun əsas səbəbləri aşağıdakılardır:

- çay hövzəsində eyni zamanda həyata keçirilən çoxsaylı təsərrüfat tədbirlərinin bəziləri axımı azaldır, bəziləri isə, əksinə, artırır;
- axımın antropogen dəyişmələri su sərfələrinin təbii tərəddüdləri fonunda baş verir və bu tərəddüdlərin amplitudu, adətən antropogen dəyişmələrdən əhəmiyyətli dərəcədə böyükdür;
- çaylardan götürülən və onlara atılan sular, ümumiyyətlə, çay sutoplayıcısında həyata keçirilən təsərrüfat tədbirləri haqqında kifayət qədər etibarlı məlumatlar olmur.

Çay axımının antropogen dəyişmələrini qiymətləndirmək üçün istifadə edilən metodlar beş qrupa bölünə bilər:

- statistik metodlar;
- su balansı metodları;
- riyazi modelləşdirmə metodları;
- fiziki modelləşdirmə metodları;
- fəal eksperiment metodları.

Statistik metodlar, çoxillik dövr ərzində yerinə yetirilmiş standart hidrometeoroloji müşahidə məlumatlarından istifadəyə əsaslanır. Müşahidə dövrü iki hissəyə bölünür-təbii və antropogen rejimli dövrlər. Sonra müxtəlif üsulların tətbiqi ilə antropogen rejimli dövr üçün axımın təbii xarakteristikaları bərpa olunur və alınmış kəmiyyətlər müşahidə olunmuş su sərfələri ilə müqayisə edilir. Statistik metodlardan istifadə etdikdə belə hesab olunur ki,

çayın təbii rejimini təyin edən meteoroloji amillər təsərrüfat fəaliyyətinin təsiri nəticəsində dəyişmir.

Bu qrup metodların müxtəlif variantları məlumdur:

- çay axımının çoxillik tərəddüdlərinin xətti trend analizi;
- hidroloji analogiya üsulu;
- axımın meteoroloji xarakteristikalardan empirik asılılıqları;
- çay sutoplayıcısının axım əmələgələn və təsərrüfat məqsədləri üçün istifadə olunan zonalarının su sərfələri arasında əlaqələrin təhlili;
- meteoroloji şəraiti eyni, lakin təsərrüfat fəaliyyətinin inkişaf səviyyəsi fərqli olan dövrlər üçün axımın müşahidə olunmuş kəmiyyətlərinin müqayisəli təhlili;
- çay axımının fiziki-coğrafi, meteoroloji və antropogen amillərdən asılılığını ifadə edən çoxhədli reqressiya tənlikləri.

Təsərrüfat fəaliyyətinin təsiri altında axımın dəyişməsi, $\Delta Q_{t,f}$ aşağıdakı düstura görə təyin olunur:

$$\Delta Q_{t,f} = Q_b - Q_m, \quad (10.2)$$

burada Q_m və Q_b -müvafiq olaraq, müşahidə edilmiş və bərpa olunmuş axım kəmiyyətləridir.

Axımın antropogen dəyişməsinin təsadüfi xətası, $\sigma_{\Delta Q_{t,f}}$ aşağıdakı düstura görə qiymətləndirilir:

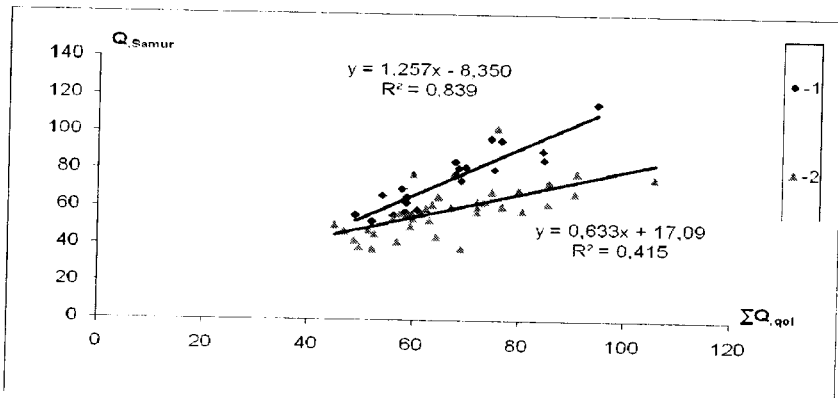
$$\sigma_{\Delta Q_{t,f}} = \sqrt{\frac{\sigma_{Q_b}^2 + \sigma_{Q_m}^2}{n}}, \quad (10.3)$$

burada σ_{Q_b} -reqressiya tənliyinin xətası; σ_{Q_m} -müşahidə olunmuş su sərfələri sırasının orta kəmiyyətinin standart meyletməsi; n- antropogen təsirin qiymətləndirildiyi dövrün davamiyyətidir.

Yerinə yetirilmiş qiymətləndirmənin nəticələri o halda etibarlı hesab olunur ki, $\Delta Q_{t,f} \geq 2\sigma_{\Delta Q_{t,f}}$ -şərti ödənilir.

Dağ çayları axımının dəyişməsinə qiymətləndirmək üçün çayın qapayıcı məntəqədə müşahidə olunmuş su sərfələri, Q , ilə axım əmələgələn zonanın cəm su sərfələri $\sum Q_{qol}$ arasında əlaqədən geniş istifadə olunur.

Belə əlaqəyə misal şəkil 10.3-də göstərilir.



Şəkil 10.3. Samur çayının Usuxçay məntəqəsində orta illik su sərfələri ilə axımın əmələgəlmə zonasından qolların gətirdiyi cəm su sərfələri arasında əlaqə qrafiki
1-1950-1968 illər; 2-1969-2006 illər

Yuxarıda baxılan asılılığın nisbətən mürəkkəb variantında təbii rejimli zonadan daxil olan axım kəmiyyəti ilə yanaşı axım istifadə olunan zonanın meteoroloji xarakteristikalarından da istifadə edilir:

$$Q=f(\sum Q_{qol}, P, d) \text{ və ya } Q=f(\sum Q_{qol}, P, t), \quad (10.4)$$

burada P -atmosfer yağıntıları; d -havanın rütubət çatışmazlığı; t -havanın temperaturudur.

İ.A.Şiklomanov Kür çayının illik axımının Mingəçevir şəhərinə kimi dəyişməsinə təyin etmək üçün çoxhədli rəqressiya tənliyi almışdır:

$$Q=1,48 \sum Q_{\text{qul}} + 0,15P - 15,8t + 143, \quad R=0.932 \quad (10.5)$$

Bu tənlik 1929-1960-ci illərin (şərti təbii dövr) məlumatlarına görə tərtib edilmiş, sonra isə ona görə 1961-1970 və 1971-1975-ci illəri əhatə edən dövrlərdə axımın antropogen dəyişməsi qiymətləndirilmişdir.

Bu tipli regressiya tənliklərinə bəzən suvarılan və ya qurulan ərazilərin sahələrini də səciyyələndirən parametr daxil edilir (Фатуллаев, 2002).

Statistik metodların iki əsas üstün cəhəti var. Birinci üstünlük ondan ibarətdir ki, onlar antropogen təsiri artıq mövcud hidrometeoroloji müşahidə məlumatlarına görə qiymətləndirməyə imkan verir. Bu zaman yeni müşahidə məlumatlarının yığılmasını gözləməyə, baha başa gələn eksperimentlərin və xüsusi ekspedisiyaların təşkilinə ehtiyac olmur. İkinci üstünlük isə sutoplayıcıda eyni vaxtda və müxtəlif istiqamətlərdə təsir göstərən çoxsaylı antropogen amillərin təsiri altında axımın cəm dəyişməsinin qiymətləndirilməsinin mümkünlüyüdür.

Bu qrup metodların əsas çatışmazlıqları aşağıdakılardır:

- mövcud hidrometeoroloji müşahidə sıraları adətən qısa olduğuna və sutoplayıcıda təsərrüfat fəaliyyətinin müxtəlif mərhələlərini kifayət dərəcədə əks etdirmədiyinə görə korrelyasiya əlaqələri dayanıqsız olur;
- təsərrüfat fəaliyyətinin təsiri altında sutoplayıcıda baş verən proseslərin fiziki mahiyyətini izah etmək, hər bir antropogen amilin rolunu ayrılıqda qiymətləndirmək mümkün olmur;
- axımın antropogen dəyişmələrinin etibarlı proqnozunu vermək mümkün deyildir.

Su balansı metodları çaylardan götürülən və onlara atılan suyun miqdarının qeydiyyatına, həmçinin çay sutoplayıcısında baş verən təsərrüfat fəaliyyətinin təsiri altında su balansı elementlərinin dəyişməsinin öyrənilməsinə əsaslanır. Təsərrüfat fəaliyyətinin təsiri su balansı elementlərinin təbii şəraitdə və antropogen

təsirin olduğu dövrdəki kəmiyyətlərinin fərfinə görə qiymətləndirilir.

Su balansı metodlarının iki əsas üstünlüyü var. Əvvəla, bu metodlar sutoplayıcıda baş verən fiziki prosesləri nəzərə alır və hər bir təsərrüfat fəaliyyətinin axıma təsirini ayrılıqda təyin etməyə imkan verir. Digər tərəfdən, onlar antropogen amillərin təsiri altında gələcəkdə axımın mümkün dəyişmələrini proqnozlaşdırmaq üçün yararlıdır.

Bu qrup metodlara görə su anbarlarının, suvarma əkinçiliyinin, bataqlıq və bataqlıqlaşmış ərazilərin qurudulmasının, meşələrin qırılması və bəzə olunmasının, aqromezəmeliorativ tədbirlərin, urbanizasiyanın və s. çay axımına təsiri qiymətləndirilə bilər (Шикломанов, 1979; 1989; Водогрецкий, 1979; Харченко, 1979; Куприянов, 1978; Георгиевский, 2005; Фатуллаев, 2002; Крестовский, 1989; Методические..., 1986).

Məsələn, suvarma əkinçiliyi inkişaf etdirilən geniş ərazilərdə geri qayıtmayan suyun miqdarı (faktiki olaraq, axım itkiləri), ΔQ , ümumi halda aşağıdakı düstura görə hesablanıla bilər:

$$\Delta Q = Q_{\text{suv}} - Q_{\text{qay}} + \Delta E, \quad (10.6)$$

burada Q_{suv} – suvarma üçün götürülən suyun miqdarı; Q_{qay} – suvarılan sahələrdən çaya qayıdan suyun miqdarı; ΔE – suvarılan ərazilərdə təbii bitki örtüyünün əvəzlənməsi ilə bağlı buxarlanmanın dəyişməsidir.

Müasir şəhərlərdə axım, urbanizasiya olunmayan ərazilərlə müqayisədə 10-15% çox olur. Bu, şəhərlərdə yağıntılardan orta hesabla 10%, axım əmsalının isə təqribən 5% çoxalması ilə izah olunur. Axımı əsasən leysan yağışları hesabına formalaşan çayların illik axımı şəhər ərazilərində 100-200% -ə kimi artı bilər.

Çay sutoplayıcısında urbanizasiyalı ərazi olduqda illik axım, aşağıdakı düstura görə hesablanıla bilər:

$$Q_{u,i} = Q_0(1 - f_u) + Q_u f_u \quad (10.7)$$

burada $Q_{u,i}$ – urbanizasiya nəzərə alınmaqla illik axım norması;

Q_0 - urbanizasiya inkişaf etməzdən əvvəlki dövrdə ərazidən illik axım norması ("zonal norma"); f_u - urbanizasiyalı sahənin sutoplayıcının ümumi sahəsinə nisbəti; Q_u -urbanizasiya olunmuş ərazidən illik axım normasıdır:

$$Q_u = Q + Q' - Q'' + \alpha_u \Delta P_u \pm \Delta E_u - I_k, \quad (10.8)$$

burada Q -urbanizasiya inkişaf etməzdən əvvəlki dövrdə ərazidən illik axım; Q' -sutoplayıcıya qonşu çay hövzələrindən daxil olan suyun və ya çayla hidravliki əlaqəsi olmayan yeraltı sugötürmələrin miqdarı; Q'' -sutoplayıcıdan kənarlaşdırılan tullantı sularının miqdarı; ΔP_u -şəhər üzərində yağıntıların çoxalması; α_u -urbanizasiyalı ərazidə illik axım əmsalı; $\pm \Delta E_u$ -urbanizasiya nəticəsində buxarlanmanın dəyişməsi; I_k -kanalizasiya və su təchizatı sistemlərindəki itkilərdir (şəhər daxilində kəmərlərdən süzülüb çaya qayıtmayan sular).

Su balansı metodunun da bir sıra çatışmazlıqları var:

- sudan istifadə və kənarlaşdırılan sular haqqında təfəsilatlı və etibarlı məlumatların tələb olunması;
- su balansı elementlərinin ölçülmə və hesablanma dəqiqliyinin aşağı olması;
- kiçik ərazilərdə (su balansı stansiyalarında, eksperimental sahələrdə) alınmış nəticələrin iri çay hövzələrinə tətbiqi ilə bağlı çətinliklər və s.

Riyazi modelləşdirmə metodlarının tətbiqinin bir sıra mərhələləri var: prosesin təbii şəraitdə ətraflı öyrənilməsi, hidroloji rejim və su balansı elementlərinin zamana görə və ərazi üzrə dəyişməsinə ifadə edən tənliklərin tərtibi; bu tənliklərin kompüterlərin istifadəsi ilə həlli və müşahidə məlumatlarına görə tənliklərin əmsallarının təyini (modelin kolibrovkası); hidroloji xarakteristikalara meteoroloji və antropogen amillərin təsirini qiymətləndirmək məqsədilə məlum ilkin şərtlərə və parametrlərin müxtəlif qiymətlərinə görə hesablamaların yerinə yetirilməsi.

Riyazi modelləşdirmə metodlarının əsas üstünlükləri ondan ibarətdir ki, onlar çox qısa müddətdə və az xərclə müxtəlif təbii və antropogen amillərin çayların hidroloji rejiminə və sutoplayıcıların su balansına təsirini qiymətləndirməyə imkan verir. Lakin bu metodlarla alınmış nəticələr təkcə ilkin məlumatların etibarlılığından deyil, həm də, istifadə edilən hesabi tənliklərin müvafiq hidroloji prosesi nə dərəcədə düzgün ifadə etməsindən, həmçinin bu tənliklərin parametr və əmsallarının təyini dəqiqliyindən asılıdır. Bəzən, hətta eyni bir sutoplayıcı üçün mürəkkəb modellərin çoxsaylı parametrləri dayanıqsız və ya fiziki nöqteyi-nəzərdən zəif əsaslandırılmış olur. Buna görə də çox zaman nəinki təsərrüfat fəaliyyətinin, hətta meteoroloji amillərin axıma təsirini dəqiq hesablamaq mümkün olmur.

Fiziki modelləşdirmə metodları xüsusi hidravlika və məcra laboratoriyalarında tətbiq olunur. Bu laboratoriyalarda öyrənilən çay hissəsi və sutoplayıcının müəyyən bir miqyasda modeli hazırlanır. Modeldə müxtəlif tədqiqatlar aparılır və alınmış nəticələr miqyas əmsallarını nəzərə almaqla yenidən hesablanır. Fiziki modelin hazırlanması üçün su obyektinin çöl şəraitində öyrənilməsi, çoxsaylı ölçmə işlərinin yerinə yetirilməsi, miqyas əmsallarının düzgün seçilməsi və bahalı avadanlıqların alınması tələb olunur.

Bu qrup metodlar daha çox müxtəlif təsirlər (məcranın düzləndirilməsi, körpü və sugötürücülərin inşası, çayın sahilinin bərkidilməsi və s.) nəticəsində çay hissəsində baş verə biləcək rejim dəyişmələrini (səviyyə, sürət, yuyulma intensivliyi, gətirmələrin miqdarı və s.) öyrənmək üçün istifadə olunur.

Etibarlı nəticələr əldə etmək üçün böyük və dəqiq modellər hazırlanmalıdır ki, bu da çox vaxt və vəsait tələb edir.

Fəal eksperiment metodları daha çox Qərbi ölkələrində torpaqdan istifadənin müxtəlif növlərinin hidroloji rejimə təsirini öyrənmək məqsədilə tətbiq olunur.

Əvvəlcə, elə bir kiçik çay sutoplayıcısı seçilir ki, orada meteoroloji elementlər və çayın hidroloji rejimi üzərində uzunmüddətli və etibarlı müşahidə məlumatları olsun. Sonra sutoplayıcının səth

amillərindən biri süni şəkildə dəyişdirilir (meşə qırılır və ya yandırılır, aqrotexniki şərait dəyişdirilir) və hidrometeoroloji müşahidələr bir neçə il davam etdirilir. Nəhayət, sutoplayıcıda tədbir həyata keçirilməzdən əvvəl və sonrakı dövrlər üçün su balansının elementləri müqayisə olunur və baxılan təsərrüfat fəaliyyəti növünün hidroloji xarakteristikalara təsiri keyfiyyət və kəmiyyətə qiymətləndirilir.

Fəal eksperiment metodları ən effektiv metodlardır, lakin onlar çox baha başa gəlir.

Misal 10.1. İkiqat inteqral əyrilər metodundan istifadə etməklə aşağıdakı verilənlərə görə çayın qapayıcı məntəqəsində illik axımın azalmasını qiymətləndirin:

- Çayın sutoplayıcı sahəsi 1050 km² təşkil edir. XX əsrin 60-cı illərindən başlayaraq suvarma əkinçiliyi inkişaf etdirilir. 1970-ci ildə suvarılan ərazilərin sahəsi 4 min hektar olmuşdur;
- 1951-1980-cı illəri əhatə edən dövr üçün orta illik su sərfələri və illik yağıntılar haqqında məlumatlar.

Həlli: 1. Orta illik su sərfələri, R, və yağıntılar, P, haqqında məlumatlara görə ikiqat inteqral əyri qurulur (şəkil 10.1).

2. Əyriyə görə axımın antropogen azalmasının başlanğıc ili təyin olunur: 1964-cü il.

3. 1964-1980-cı illəri əhatə edən dövr üçün illik axımın nisbi dəyişmə əmsalı hesablanır:

$$K_{or} = \frac{tg \alpha}{tg \alpha_1} = \frac{0.52}{0.94} = 0.55.$$

Bu isə o deməkdir ki, 1951-1953-cü illərlə müqayisədə 1964-1980-ci illərdə axım 45% azalmışdır.

Misal 10.2. Aşağıdakı verilənlərə görə Axıncaçayın Ağdam məntəqəsində illik axımın antropogen azalmasını indikasiya metodu ilə hesablayın:

- Axıncaçay üzərində 2 hidroloji məntəqə fəaliyyət göstərmişdir: Ayqedzor və Ağdam. Ayqedzor məntəqəsində qeydə alınan axım təbii şəraitdə formalaşır. Lakin bu məntəqə

ilə Ağdam məntəqəsi arasında 9 min ha sahə suvarılır.

- Hər iki məntəqə üçün orta illik su sərfələri haqqında məlumatlar.

Həlli: 1. Hər bir paralel müşahidə ili üçün indikasiya əmsalı hesablanır:

$$\alpha = \frac{Q_{Ag}}{Q_{Ay}}$$

2. İndikasiya əmsalının xronoloji gedişinin qrafiki qurulur (şəkil 10.2).

3. Ağdam məntəqəsində 1969-1980-cı illərdə axımın 1949-1957-ci illərlə (şərti təbii dövr) müqayisədə antropogen azalması aşağıdakı düstura görə qiymətləndirilir:

$$\Delta Q = (\alpha_1 - \alpha_2) \cdot \bar{Q}_1 = 0.30 \bar{Q}_1$$

burada α_1 və α_2 -müvafiq olaraq, 1949-1957 və 1969-1980-cı illər üçün indikasiya əmsalının orta qiyməti; \bar{Q}_1 -1949-1957-ci illər üçün Ayqedzor məntəqəsində orta illik su sərfidir ($\bar{Q}_1 = 3.09 m^3 / s$).

$$\text{Onda } \Delta Q = 0.30 \cdot 3.09 m^3 / s = 0.93 m^3 / s.$$

Ədəbiyyat siyahısı

1. Əyyubov Ə.C., Quluzadə V.Ə., Nəbiyev H.L., Məmmədov C.H. Kiş və Şin çayları hövzələrinin selləri. Bakı, Elm, 1998.-216s.
2. Əhmədzadə Ə.C. Heydər Əliyev və Azərbaycanın su təsərrüfatı. Bakı, Azərneşr, 2003.-216s.
3. İbrahimova G.X. Hidrotexnika elminin tarixi və metodologiyası. Təhsil NPM, Bakı, 2008.-180s.
4. İmanov F.Ə. Çay axımı. BDU nəşriyyatı, Bakı, 2002.-207s.
5. İmanov F.Ə. Tətbiqi hidrologiya. Bakı, 2010.-232s.
6. Mahmudov R.N. Azərbaycanda hidrometeoroloji xidmət son üç əsrdə. "Ziya Nurlan", Bakı, 2007.- 219s.
7. Məmmədov M.Ə., Mahmudov R.N., İmanov F.Ə. Çay axımı və hidroloji hesablamalar (metodiki göstəriş). Bakı, 1995.-94s.
8. Rüstəmov S.H. Azərbaycan SSR çaylarının hidroloji xüsusiyyətləri. Bakı, 1960.-194s.
9. Андреев В.Г. Внутригодовое распределение речного стока.-Л.: Гидрометеоиздат, 1960.-327с.
10. Ахундов С.А. Сток наносов горных рек Азербайджанской ССР. Баку, Элм, 1978.-98с.
11. Боровиков В.П., Боровиков И.П. STATISCA. Статистический анализ и обработка данных в среде Windows.- М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 1998.-608с.
12. Вердиев Р.Г. Водные ресурсы рек Восточного Кавказа в условиях изменения климата Баку, 2002.-224с.
13. Виссмен мл У., Харбаф Т.И, Кнепп Д.У. Введение в гидрологию. –Л.: Гидрометеоиздат, 1979.-470 с.
14. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты.-Л.: Гидрометеоиздат, 1990.-265с.
15. Владимиров А.М. Дружинин В.С. Сборник задач и упражнений по гидрологическим расчетам.-Л.: Гидрометеоиздат, 1992.-208с.
16. Водные ресурсы Закавказья.// Под ред.Г.Г.Сванидзе и В.Ш.Цома. Л.: Гидрометеоиздат, 1988.-264с.
17. Водные ресурсы России и их использование. // Под ред. проф. И.А.Шикломанова.-СПб.:Государственный гидрологи-

- ческий институт. 2008.-600с.
18. Горошков И.Ф. Гидрологические расчёты. Л.: Гидрометеоздат, 1979.-431с.
 19. Грани гидрологии. // Под ред. Дж. К. Родда. Л.: Гидрометеоздат, 1980.-448с.
 20. Евстигнеев В.М. Речной сток и гидрологические расчеты. М.: Изд-во МГУ, 1990.-340с.
 21. Иманов Ф.А. Минимальный сток рек Кавказа. Баку, Изд-во «Нафта-Пресс», 2000.-298с.
 22. Клибашев К.П., Горошков И.Ф. Гидрологические расчёты. Л.: Гидрометеоздат, 1970.-460с.
 23. Кузин П.С., Бабкин В.И. Географические закономерности гидрологического режима рек.- Л.: Гидрометеоздат, 1979.-200с.
 24. Кузин П.С. Классификация рек и гидрологические районирование СССР.-Л.: Гидрометеоздат, 1960.-455с.
 25. Линслей Р.К., Колер М.А., Паулюс Д.Л.Ч. Прикладная гидрология. Л.: Гидрометеоздат, 1962.-759с.
 26. Мамедов М.А. Расчеты максимальных расходов воды горных рек. Л.: Гидрометеоздат, 1989.-184с.
 27. Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеоздат, 1984.-247с.
 28. Методические рекомендации по определению основных расчётных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений. Нижний Новгород, 2007.-133с.
 29. Методические рекомендации по определению основных расчётных гидрологических характеристик при наличии недаточности данных гидрометрических наблюдений. Санкт Петербург, 2007.-66с.
 30. Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчётах для водохозяйственного проектирования. Л.: Гидрометеоздат, 1986.-167 с.
 31. Методические указания по оценке влияния хозяйственной деятельности на сток средних и больших рек и восста-

- новлению его характеристик. Л.: Гидрометеоздат, 1986.- 78 с.
32. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003.М.: Стройиздат, 2004. 72с.
33. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеоздат, 1984.-447с.
34. Расчеты паводочного стока. Методика расчёта на основе мирового опыта / Под ред. А.А. Соколова, С.Е. Рантца и др. Л.: Гидрометеоздат, 1978.-304с.
35. Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчётов. Л.: Гидрометеоздат, 1990.-273с.
36. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. Л.: Гидрометеоздат, 1974.-424 с.
37. Рождественский А.В. Оценка точности кривых распределения гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеоздат, 1977.-268с.
38. Рустамов С.Г., Кашкай Р.М. Водные ресурсы Азербайджанской ССР. Баку, Элм, 1989.-181с.
39. Рустамов С.Г., Кашкай Р.М. Водный баланс Азербайджанской ССР. Баку, Элм, 1978.-110с.
40. Рустамов С.Г., Джафаров Б.С., Гаджибеков Н.Г. Водный баланс бассейнов рек Малого Кавказа. Баку, Элм, 1969.-209с.
41. Сванидзе Г.Г. Математическое моделирование гидрологических рядов. Л.: Гидрометеоздат, 1977.-296с.
42. Сикан А.В. Статистические методы в гидрологии.СПб.: изд. РГГМУ, 2007.- 279с.
43. Соколов А.А., Чеботарев А.И. Очерки развития гидрологии в СССР. Л.: Гидрометеоздат, 1970.-310 с.
44. Соколовский Д.Л. Речной сток. Л.: Гидрометеоздат, 1968.-539с.
45. Сток наносов, его изучение и географическое распределение/Под ред. А.В.Караушева. Л.: Гидрометеоздат, 1977.-240с.
46. Фатуллаев Г.Ю. Современные изменения водных ресурсов и водного режима рек Южного Кавказа (В пределах Каспийского бассейна). Баку, 2002.-167 с.

47. Федосеев И.А. Развитие знаний о происхождении, количестве и круговороте воды на Земле. М., Наука, 1967.-135с.
48. Шелутко В.А. Численные методы в гидрологии. Л.:Гидрометеоздат, 1991.-238с.
49. Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. Л.: Гидрометеоздат, 1989.-330с.
50. Шикломанов И.А., Маркова О.Л. Проблемы водообеспечения и переброски речного стока в мире. Л.: Гидрометеоздат, 1987.-294с.
51. Biswas, Asit K. History of hydrology. Amsterdam-London, 1970.-288 pp.
52. Chow V.T., Maidment D.R. and Mays L.W. Applied Hidrology. Mc Graw Hill, Inc., New York, 1988.-572 pp.
53. David A. Chin. Water-resources Engineering (Second edition). Pearson education International, USA, New Jersey, 2006.- 572 pp.
54. Fashchevskiy B., Fashchevskaya T. "Water Management Budget as a Basis for Assessment Water Priorities", Proceedings of the 1st International Conference on Hydrology and Water resources in Asia Pacific Region, Kyoto, Japan, Vol.1, 2003. – 357–360 pp.
55. Shiklomanov I.A., Rodda J. (eds.) World Water Resources of the Beginning of the 21st Century. UNESCO.-Cambridge University Press, 2003.-436p.
56. Tharme R.E. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. River research and applications, 19, 2003. – 397–441 pp.
57. Tennant D.L. Instream flow regimes for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. US Fish and Wildlife Service, Brillings, Montana. Mimeo. 1975. – 30 pp.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
BAKİ DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

F.Ə.İmanov

HİDROLOJİ HESABLAMALAR

Yığılmağa verilmişdir: 12.12.2010
Çapa imzalanmışdır: 17.01.2011
Tiraj 300; ş.ç.v. 16,5
«MBM» MMC mətbəəsində
çap olunmuşdur