

BÖYÜK QAFQAZ ÇAYLARININ YERÜSTÜ VƏ YERALTİ AXIMININ ÇOXİLLİK TƏRƏDDÜDLƏRİ

F.Ə.İmanov¹, İ.S.Əliyeva²

¹"Azərsu" ASC, "Sukanal" Elmi-Tədqiqat və Layihə İnstitutu

²Bakı Dövlət Universiteti

farda_imanov@mail.ru

X ü l a s ə

Məqalənin tarixi:

Daxil olub: 28 yanvar 2020

Təkrar işlənməyə göndərilib:

10 mart 2020

Çapa qəbul olunub: 30 avqust 2020

Açar sözlər:

yeraltı axım
yerüstü axımı
çoxillik tərəddüdlər
sıranın stasionarlığı
avtokorrelasiya əmsalı
korrelasiya matrisi
xətti trend

Məqalə çayların yerüstü və yeraltı axımının çoxillik tərəddüdlərinin təhlilində həsr olunmuşdur. Müşahidə dövrü 1934-2017-ci illəri əhatə edən 17 hidroloji məntəqənin məlumatlarından istifadə edilmişdir. Sıraların statistik strukturu analiz edilmiş, axım göstəricilərinin sinxronluq dərəcəsi qiymətləndirilmiş, onların xətti trend analizi yerinə yetirilmişdir. Sıraların stasionarlığı Fişer və Styudent meyarlarına görə qiymətləndirilmiş, avtokorrelasiya əmsalı hesablanmışdır. Sinfaz və sinxron tərəddüdlərin təhlilində müvafiq olaraq fərq integral ayrılma və korrelasiya metodu tətbiq olunmuşdur. Xətti trendlərin statistik əhəmiyyətliyi cüt korrelasiya əmsalı və onun standart xətasına görə qiymətləndirilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, hər iki axım göstəricisi sıralarının əsas hissəsinin bircinsliyi dispersiya və ya orta kəmiyyətə görə pozulmuşdur. Baxılan sıralar yüksək avtokorrelasiya ilə səciyyələnir. Çayların yeraltı axımının çoxillik tərəddüdlərinin sinfazlılığı və sinxronluq dərəcəsi yerüstü axım ilə müqayisədə daha yüksəkdir. Çayların böyük əksəriyyətinin yeraltı axımı çoxillik dövr ərzində artır. Yerüstü axım sıralarında isə müxtəlif işarəli trendlər aşkar olunmuşdur. Yeraltı axımın xətti trendlərinin çoxu, yerüstü axımın trendlərinin isə təqribən yarısı statistik baxımdan əhəmiyyətlidir.

1. Giriş.

Çay axımının çoxillik tərəddüdləri təbii və antropogen amillərin birgə təsiri altında baş verir. Təbii amillər arasında atmosfer yağıntıları və havanın temperatur rejiminin rolu daha böyükdür. Bu iki iqlim göstəricisinin dəyişmə dərəcəsindən asılı olaraq axım sıralarının stasionarlığı pozula bilər. Yer kürəsinin bütün regionlarında, o cümlədən Azərbaycan ərazisində iqlim dəyişmələri nəticəsində axım sıralarının böyük bir hissəsinin stasionarlığının pozulması artıq faktır [3,4, 5, 7, 9].

Müasir dövrdə bütün dünya üzrə əhalinin sıx məskunlaşdığı regionlarda antropogen amillərin təsiri nəticəsində təbii rejimi bu və ya digər səviyyədə pozulmayan iri çay sistemi yoxdur [5]. Bunu nəzərə alaraq, bu məqalədə Böyük Qafqazın təbii və ya şərti-təbii rejimə malik çaylarının yeraltı və yerüstü axım sıralarına baxılmışdır. Yeraltı axımın illik qiymətləri orta aylıq minimal qış və yay payız su səflərinin ədədi ortasına görə təyin olunmuşdur [2]. Böyük Qafqaz, eyni zamanda bütün Azərbaycan çaylarının minimal qış axımına antropogen amillərin təsiri yox səviyyəsindədir və mövcud dəyişmələr əzəli dövrlərdə su səflərinin ölçülmə dəqiqliyi çərçivəsindədir [8, 9]. Baxılan çayların minimal yay su səfləri də təbii rejimi əks etdirir, belə ki, baxılan müşahidə məntəqələrindən

yuxarıda müxtəlif təsərrüfat məqsədləri üçün sugötürmələr yoxdur. Eyni fikiri yerüstü axım sıralarına da aid etmək olar.

Çaya və onun hövzəsinə antropogen təsirlər olmadıqda və ya zəif olduqda çay axımının çoxillik tərəddüdlərinə ehtimallı (stoxastik) proses kimi baxılır [12,14]. Belə yanaşmanın mümkünlüyünün bir neçə səbəbi var. Atmosferdə irimiqyaslı turbulentlik hidroloji xarakteristika və proseslərin ehtimallı dəyişməsi ilə nəticələnir [6]. Çay axımının çoxillik tərəddüdlərinin stoxastik təbiətli olmasının daha bir səbəbi bu prosesin çoxamilliliyi ilə əlaqədardır. Məsələn, çay axımının əmələ gəlməsinə iqlim amilləri (atmosfer yağıntıları, havanın temperaturu, buxarlanma, havanın rütubət çatışmazlığı və s.), hövzənin geoloji quruluşu və hidrogeoloji xüsusiyyətləri, sutoplayıcının sahəsi və orta hündürlüyü, göllər, bataqlıqlar, buzlaqlar, landşaft tipləri, antropogen amillər təsir göstərir. Bu çoxsaylı amillərin hər birinin təsiri haqqında biliklər məhduddur və onların birgə təsiri təsadüfi xarakter daşıyır [1]. Həmçinin nəzərə almaq lazımdır ki, müşahidə məlumatları azdır və bu məlumatların təsadüfi xətalı var, axım sıraları qısa, həmçinin axımın çoxillik tərəddüdlərini təsvir etmək üçün istifadə edilən riyazi modellər təkmil deyillər. Bū-

tün bu qeyd olunanlar su sərfələrinin çoxillik tərəddüdlərinin təsvirində ehtimal nəzəriyyəsinə istinadən mümkünliyini və effektivliyini göstərir [10].

2. Material və metod.

Bu tədqiqatda Böyük Qafqaz çayları üzərində fəaliyyət göstərən 17 hidroloji məntəqənin yerüstü və yeraltı axım sıraları (1934-2017-ci illər) təhlil olunmuşdur. Yeraltı axımın illik qiymətləri orta aylıq minimal qış və yay-payız su sərfələrinin ədədi ortasına görə təyin olunmuşdur [2]. Yerüstü axımın illik qiymətləri isə illik axımla yeraltı axımın fərqiə bərabər qəbul edilmişdir. Müşahidə sıralarının stasionarlığı Fişer və Styudent meyarlarına görə qiymətləndirilmiş, avtokorrelyasiya əmsalı hesablanmışdır. Çaylarının yerüstü və yeraltı axımının sinxron tərəddüdlərinin təhlili fərq inteqral ayrıləri və korrelyasiya metodu ilə yerinə yetirilmişdir. Xətti trendlərin əhəmiyyətliyi cüt korrelyasiya əmsalına (R) görə, onun orta kvadratik xətası (σ_R) nəzərə alınmaqla yerinə yetirilmişdir. $R/\sigma_R \geq 2$ şərti ödəniləndə trend 5%-li əhəmiyyətlik səviyyəsində statistik baxımdan əhəmiyyətli qəbul edilmişdir [12, 17].

3. Təhlil və müzakirə.

3.1. Sıraların statistik strukturunun təhlili.

Yeraltı və yerüstü axım sıralarının statistik strukturunun təhlilinin nəticələri müvafiq olaraq cədvəl 1 və 2-də verilmişdir. Bu cədvəllərdə həmçinin sıraların müqayisə edilən birinci və ikinci yarılarının orta kəmiyyəti və variasiya əmsalları da göstərilmişdir.

Yeraltı axım. Cədvəl 1-dən göründüyü kimi, müşahidə sıralarının çoxu qeyri – bircinsdir. Fişer meyarına görə belə sıraların sayı 9, Styudent meyarına görə isə 12-dir. 9 sıra hər iki meyara görə qeyri – bircins, 5 sıra isə əksinə, bircinsdir. 3 sıranın bircinsliyi yalnız orta kəmiyyətə görə pozulmuşdur. Bu 3 sıra dispersiyaya görə 5%-li əhəmiyyətlik səviyyəsində bircins qəbul oluna bilər.

Sıraların avtokorrelyasiya əmsallarının hamısı müsbət işarəlidir və 0.027 – 0.830 arasında dəyişir. Ən böyük qiymətlər Qanıx hövzəsi çayları üçün seçilmişdir. 15 sıra üçün bu əmsallar 5%-li əhəmiyyətlik səviyyəsində statistik baxımdan əhəmiyyətlidir. Bu, yeraltı suların ətalətliliyi ilə izah olunur.

Cədvəl 1

Yeraltı axım sıralarının stasionarlığının qiymətləndirilməsi

N	Çay məntəqə	Stasionarlığın qiymətləndirilməsi			Sıranın 1-ci yarısının parametrləri		Sıranın 2-ci yarısının parametrləri	
		St	F	r(1)	Q _{orta}	C _v	Q _{orta}	C _v
1	Qusarçay-Kuzun	+	+	0.100	2.99	0.28	2.74	0.26
2	Qudyalçay-Qrız	+	+	0.027	4.53	0.23	4.45	0.23
3	Qudyalçay-Küpçal	+	+	0.506	4.17	0.24	4.71	0.29
4	Vəlvələçay-Təngəaltı	+	+	0.520	2.27	0.40	2.41	0.38
5	Qaraçay-Rük	-	-	0.675	1.49	0.21	3.32	0.44
6	Caqacuqçay-Rustov	-	-	0.450	0.26	0.46	0.46	0.52
7	Xarmidorçay-Xaltan	-	-	0.431	0.10	0.53	0.24	0.66
8	Girdimançay - Qaranohur	-	+	0.455	2.34	0.42	2.9	0.30
9	Ahohçay-Xanəgah	-	-	0.247	0.76	0.23	0.91	0.38
10	Göyçay-Göyçay	+	+	0.360	8.91	0.20	8.17	0.28
11	Əyriçay-Başdaşağıl	-	+	0.244	1.66	0.36	2.14	0.21
12	Əyriçay-Mənsəb	-	-	0.518	9.04	0.29	13.04	0.40
13	Çuxadurmaz-Mənsəb	-	-	0.795	0.33	0.39	0.68	0.40
14	Damarcıq -Mənsəb	-	-	0.623	1.07	0.23	1.35	0.29
15	Qaynar- Mənsəb	-	-	0.830	0.13	0.38	0.42	0.47
16	Talaçay-Zaqatala	-	+	0.575	1.83	0.40	2.63	0.22
17	Balakənçay-Balakən	-	-	0.823	1.58	0.52	3.55	0.60

Qeyd: St - Styudent meyarı; F- Fişer meyarı; r(1) - avtokorrelyasiya əmsalı; (+) - sıra bircinsdir; (-) - sıra qeyri-bircinsdir. Statistik baxımdan əhəmiyyətli (5%-li əhəmiyyətlik səviyyəsində) korrelyasiya əmsallarının qiymətləri tünd rəngdə verilmişdir.

Cədvəl 2

Yerüstü axım sıralarının stasionarlığının qiymətləndirilməsi

N	Çay məntəqə	Stasionarlığın qiymətləndirilməsi			Sıranın 1-ci yarısının parametrləri		Sıranın 2-ci yarısının parametrləri	
		St	F	r(1)	Q _{orta}	C _v	Q _{orta}	C _v
1	Qusarçay-Kuzun	+	-	0.514	1.76	0.34	1.71	0.76
2	Qudyalçay-Qrız	-	+	0.443	2.77	0.31	2.11	0.44
3	Qudyalçay-Küpçal	+	+	-0.108	2.42	0.42	2.04	0.45
4	Vəlvələçay-Təngəaltı	-	+	0.204	2.09	0.36	1.65	0.37
5	Qaraçay -Rük	+	-	0.219	0.70	0.4	0.68	0.66
6	Caqacuqçay-Rustov	+	+	-0.003	0.49	0.78	0.5	0.80
7	Xarmidorçay-Xaltan	+	-	0.095	0.22	0.63	0.31	0.67
8	Girdimançay - Qaranohur	-	+	0.610	3.21	0.38	2.09	0.48
9	Ahohçay-Xanəgah	-	-	0.541	0.73	0.33	0.48	0.84
10	Göyçay-Göyçay	+	-	0.301	4.25	0.38	4.71	0.65
11	Əyriçay-Başdaşağıl	-	-	0.197	1.1	0.44	0.85	0.39
12	Əyriçay-Mənsəb	+	+	-0.158	3.63	0.46	3.95	0.45
13	Çuxadurmaz-Mənsəb	+	+	0.205	0.25	0.45	0.24	0.52
14	Damarcıq-Mənsəb	-	+	0.308	0.31	0.46	0.44	0.39
15	Qaynar - mənsəb	-	+	0.475	0.12	0.48	0.18	0.42
16	Talaçay-Zaqatala	-	+	0.482	1.91	0.36	1.25	0.42
17	Balakənçay-Balakən	-	-	0.221	2.28	0.52	1.54	0.47

Yerüstü axım. Yerüstü axım sıralarının təqribən yarısı qeyri – bircinsdir (cədvəl 2). Fişer meyarına görə belə sıraların sayı 7, Styudent meyarına görə isə 9-dur. Hər iki meyara görə 3 sıra qeyri – bircins, 4 sıra isə əksinə, bircinsdir. Qalan 10 sıranın bircinsliyi baxılan parametrlərdən birinə - orta kəmiyyətə və ya dispersiyaya görə pozulmuşdur. Beləliklə, təhlil edilən 17 sıradan 13-ü üçün stasionarlıq haqqında fərziyyə meyarlarından birinə görə 5%-li əhəmiyyətlik səviyyəsində təkzib olunur. Sıraların avtokorrelyasiya əmsalları -0.158 – 0.610 arasında dəyişir. Onların yarısı (9 sıra) üçün bu əmsallar 5%-li əhəmiyyətlik səviyyəsində statistik baxımdan əhəmiyyətlidir (cədvəl 2).

3.2. Axım sıralarının sinxronluğunun analizi.

Yeraltı axım. Hər bir çayın fərq inteqral ayrısı ayrılıqda təhlil edilmiş və müxtəlif sululuqlu fazaların (çoxsulu, azsulu və ortasulu fazalar) zaman göstəriciləri (başlangıç və son illəri, davamiyyəti) təyin olunmuşdur. Adətən müəyyən bir uzunmüddətli faza fonunda qısamüddətli (1-3 il ərzində) fərqli sululuğa malik illər də müşahidə olunur. Ümumiləşdirmə mümkün olsun deyə, fərq inteqral ayrılarında belə qısamüddətli fazalar ayrılmayıb. Hövzələri Böyük Qafqazın müxtəlif hissələrində yerləşən 3 çay üçün fərq inteqral ayrıları şəkil 1-də göstərilir.

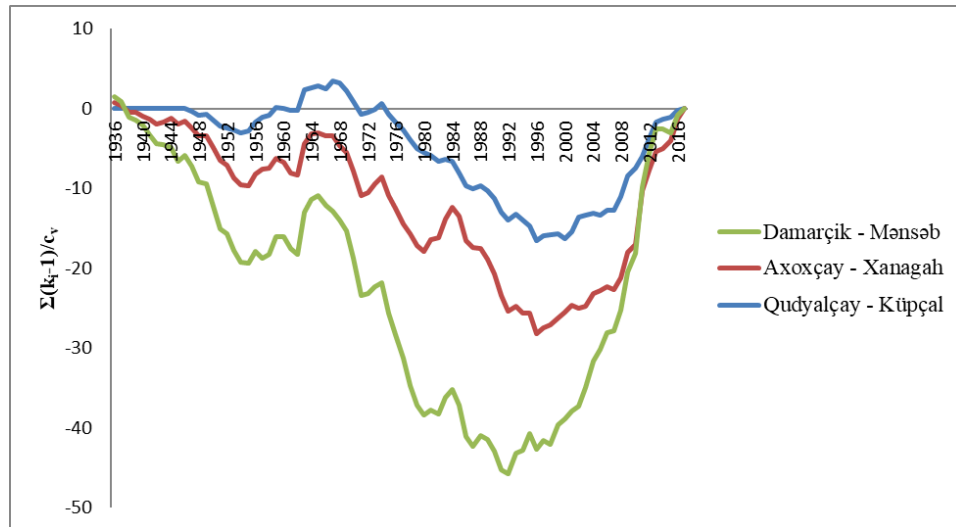
Müxtəlif sululuqlu fazaların zaman göstəricilərinin müqayisəli təhlilini asanlaşdırmaq məqsədilə xüsusi sxem tərtib olunmuşdur (şəkil 2). Bu

sxemdən göründüyü kimi, çayların əksəriyyətində hər 3 sululuq fazası qeydə alınır və onların davamiyyəti fərqlidir.

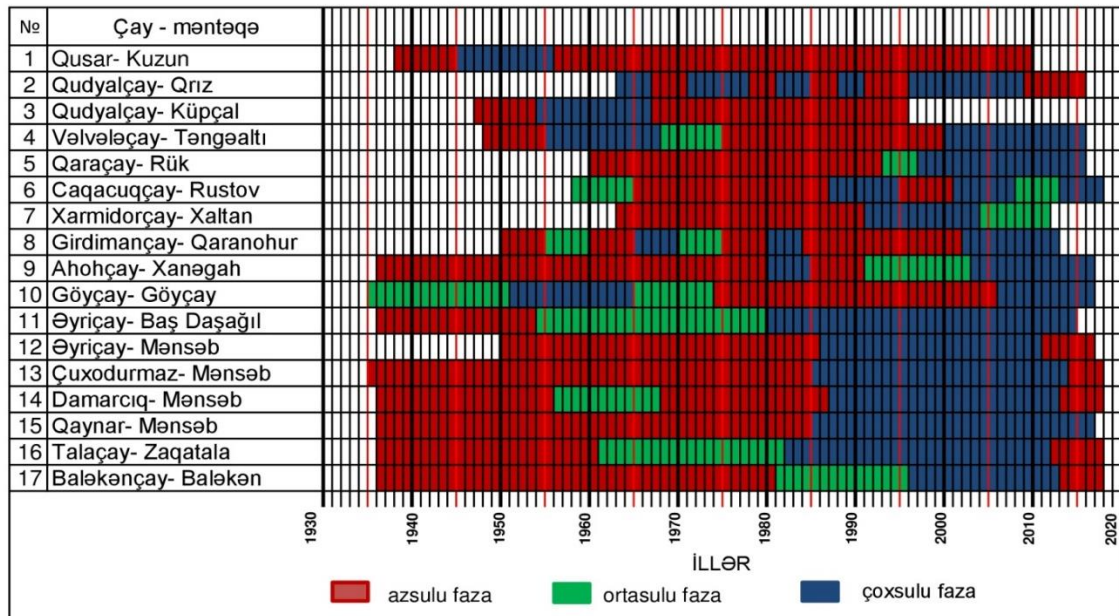
Ümumiyyətlə, bütün Böyük Qafqaz çaylarının yeraltı axımının çoxillik tərəddüdlərində azsulu fazaların davamiyyəti daha böyükdür. Bu, çox güman ki, yeraltı suların daha ətəlləli olması ilə izah olunur. Baxılan çayların illik axımının formalaşmasında yeraltı suların payı 40-48% arasında dəyişir [11].

Çayların yeraltı axımının çoxillik tərəddüdlərinin sinxronluğunu qiymətləndirmək üçün ərazinin bütün çaylarının axım sıraları arasında çüt korrelyasiya əmsalları hesablanmışdır. Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacı çayları üçün tərtib edilmiş korrelyasiya matrisi cədvəl 3-də göstərilir.

Şimal-şərq yamacı çayları üçün orta korrelyasiya əmsalı 0.51-ə bərabərdir. Qusarçay və Caqacuqçay nəzərə alınmadıqda bu rəqəm artaraq 0.66 təşkil edir. Şirvan çaylarının yeraltı axımının sinxronluq dərəcəsi zəifdir. Bu çaylar üçün orta korrelyasiya əmsalı 0.36-ya bərabərdir. Qanix hövzəsi çayları üçün orta korrelyasiya əmsalı daha yüksəkdir ($r=0.57$). Bu, çayların bazis axımının yüksək qiymətləri ilə əlaqədardır. Böyük Qafqazda Qanix hövzəsi çaylarının qidalanmasında yeraltı suların payı ən yüksəkdir və orta hesabla 48% təşkil edir [11].



Şəkil 1. Çayların yeraltı axımının fərq integral ayriləri



Şəkil 2. Çayların yeraltı axım sıralarında müxtəlif sululuqlu fazaların zaman sərhədləri

Cədvəl 3

Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacı çaylarının yeraltı axımının korrelyasiya matrisi

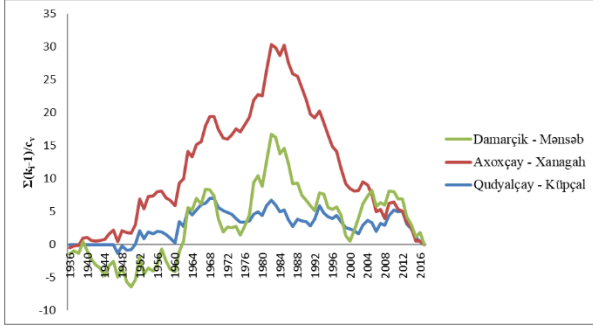
№	Çay-məntəqə	1	2	3	4	5	6	7
1	Qusarçay -Kuzun	1	0,17	0,38	0,36	0,04	0,04	0,18
2	Qudyalçay -Qrız		1	0,98	0,98	0,11	0,26	0,96
3	Qudyalçay -Kütçəl			1	0,96	0,65	0,39	0,95
4	Vəlvələçay-Təngəaltı				1	0,54	0,35	0,95
5	Qaraçay-Rük					1	0,28	0,94
6	Caqacuqçay Rustov						1	0,21
7	Xarmidorçay-Xaltan							1

Qeyd etmək lazımdır ki, Böyük Qafqaz çaylarının yeraltı axımının çoxillik tərəddüdlərində asinxronluq yoxdur. Belə ki, hövzələri regionun müxtəlif hissələrində yerləşən çayların yeraltı axım

sıraları arasında hesablanmış cüt korrelyasiya əmsallarının (cəmi 45) heç biri mənfi işarəli deyildir.

Yerüstü axım. Çayların yerüstü axımı haqqında məlumatlara əsasən qurulmuş fərq integral ayriləri daha mürəkkəb xarakter daşıyır. Belə ki, çoxillik

dövr ərzində səth axımı daha dəyişkən olduğuna görə müxtəlif sululuqlu fazaların ümumi sayı daha çox, uzun davamiyyətli fazaların sayı isə azdır (şəkil 3). Fərq integral ayrılarda ayrılmış müxtəlif sululuqlu fazaların ümumi sayı çox olduğuna görə onların zaman göstəriciləri və ilk növbədə davamiyyəti haqqında məlumatları ümumiləşdirmək və müəyyən qanunauyğunluqlar aşkar etmək çox çətinidir. Yalnız onu qeyd etmək olar ki, 2005-2010-cu illərdən sonrakı dövr çayların əksəriyyətində azsulu olmuşdur.

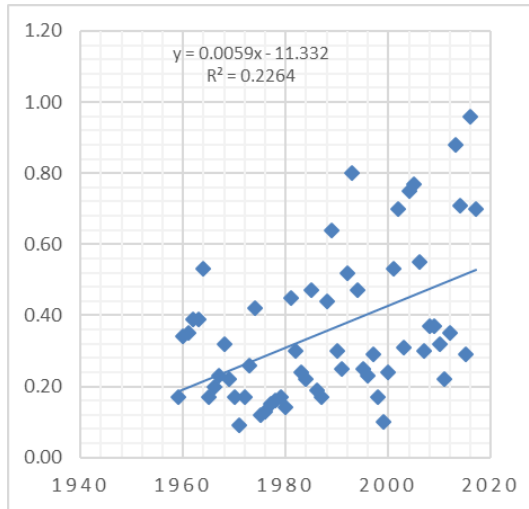


Şəkil 3. Çayların yerüstü axımının fərq integral ayrıləri

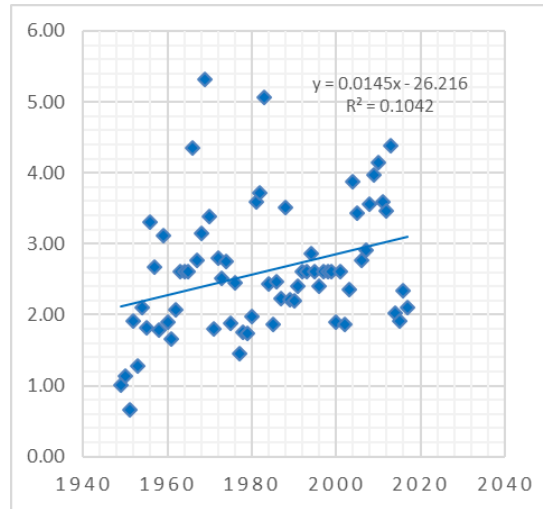
Beləliklə, ərazi çaylarının yeraltı axımının çoxillik tərəddüdləri ilə müqayisədə yerüstü axımın sinfazlılığı daha zəifdir. Səth axımı sıralarına görə hesablanmış korrelyasiya əmsallarının təhlili də bu fikiri təsdiqləyir. Bu korrelyasiya əmsallarının (cəmi 45) heç biri 0.70-dən böyük deyildir. Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacı çayları üçün orta korrelyasiya əmsalı 0.31, Şirvan zonası çayları üçün 0.29 və Qanıx hövzəsi çayları üçün isə 0.23 təşkil edir. Bu rəqəmlər yeraltı axım üçün alınmış rəqəmlərlə müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə kiçikdir (2-3 dəfə). Böyük Qafqaz çaylarının yeraltı axımında olduğu kimi, yerüstü axımının çoxillik tərəddüdlərində də asinxronluq yoxdur, yəni korrelyasiya əmsallarının hamısı müsbət işarəlidir.

3.3. Xətti trend analizi.

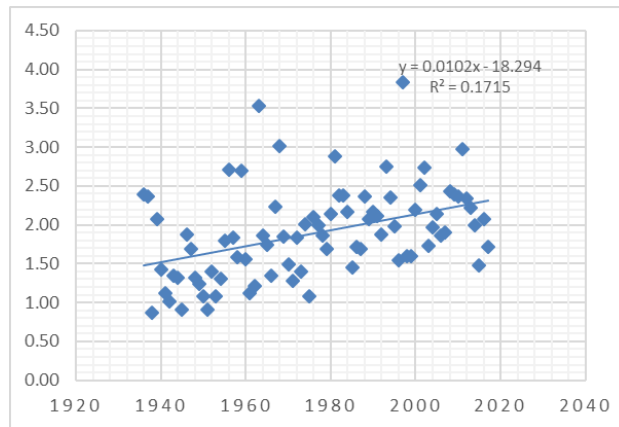
Yeraltı axım. Çayların yeraltı axım sıralarının xətti trendlərinin təhlili göstərir ki, bütövlükdə tədqiqat ərazisində çoxillik dövr ərzində bu axım göstəricisinin kəmiyyətində artım müşahidə olunur. Hövzələri Böyük Qafqazın müxtəlif hissələrində yerləşən bir neçə çay üçün xətti trendlərin qrafikləri şəkil 4-də göstərilir.



Caqacuçay-Rustov



Girdimançay-Qaranohur



Əyriçay-Baş Daşağıl

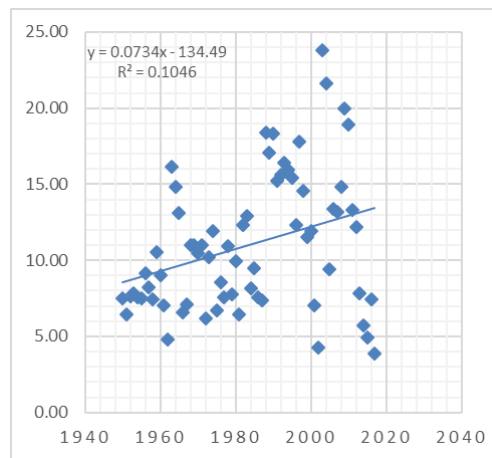
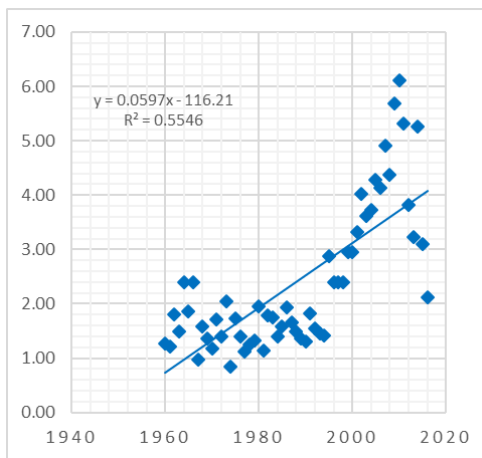
Şəkil 4. Çayların yeraltı axımının xətti trendləri

Cədvəl 4

Böyük Qafqaz çaylarının yeraltı və yerüstü axım sıralarında xətti trendlərin əhəmiyyətliliyinin qiymətləndirilməsi

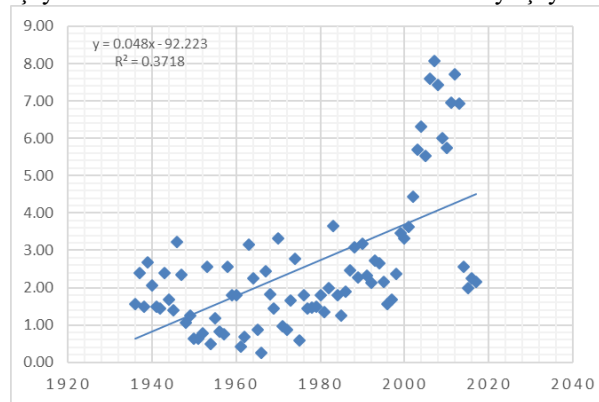
Çay – məntəqə	Müşahidə dövrü	Yeraltı axım				Yerüstü axım			
		Trendin işarəsi	R ²	R	σ _R	Trendin işarəsi	R ²	R	σ _R
Qusarçay-Kuzun	1947-2017	Y	0.0132	0.11	0.12	+	0.0543	0.23	0.11
Qudyalçay-Qrız	1962-2017	Y	0.0065	0.08	0.13	-	0.2574	0.51	0.10
Qudyalçay-Küpcəl	1947-2017	+	0.0724	0.27	0.11	-	0.0273	0.16	0.12
Vəlvələçay-Təngəaltı	1949-2017	+	0.0423	0.20	0.12	+	0.0571	0.24	0.11
Qaraçay-Rük	1960-2016	+	0.5546	0.74	0.06	Y	0.0026	0.05	0.13
Caqacuqçay-Rustov	1959-2017	+	0.2264	0.48	0.10	Y	0.0062	0.08	0.13
Xarmidorçay-Xaltan	1962-2015	+	0.1742	0.42	0.11	+	0.0310	0.18	0.13
Girdimançay-Qaranohur	1966-2017	+	0.1042	0.32	0.12	-	0.1350	0.37	0.12
Ahohçay-Xanagəh	1936-2017	+	0.0876	0.30	0.10	-	0.1280	0.36	0.10
Göyçay-Göyçay	1934-2017	Y	0.0001	0.01	0.11	+	0.0281	0.17	0.11
Əyriçay-Baş Daşağıl	1936-2017	+	0.1715	0.41	0.09	Y	0.0234	0.15	0.11
Əyriçay-Mənsəb	1950-2017	+	0.1046	0.32	0.11	Y	0.0069	0.08	0.12
Çuxadurmaz-Mənsəb	1936-2017	+	0.3755	0.61	0.07	Y	0.0017	0.04	0.11
Damarcıq-Mənsəb	1936-2017	+	0.1921	0.44	0.09	+	0.1146	0.34	0.10
Qaynar-Mənsəb	1936-2017	+	0.4541	0.67	0.06	+	0.1509	0.39	0.09
Talaçay-Zaqatala	1936-2017	+	0.3494	0.59	0.07	-	0.3062	0.55	0.08
Balakənçay-Balakən	1936-2017	+	0.3718	0.61	0.07	-	0.1915	0.44	0.09

Qeyd. (+) – müsbət trendlər; (-) – mənfi trendlər; Y – trend yoxdur. Statistik baxımdan əhəmiyyətli trendlərin (5%-li əhəmiyyətlik səviyyəsində) korrelyasiya əmsallarının qiymətləri tünd rəngdə verilmişdir.



Qaraçay-Rük

Əyriçay-Mənsəb



Balakənçay-Balakən

Şəkil 5. Çayların yeraltı axımının xətti trendləri

Xətti trendlərin əhəmiyyətliyi qiyətləndirilməsinin nəticələri cədvəl 4-də verilir. Bu cədvəldən göründüyü kimi, 17 məntəqədən 14-də yeraltı axım artır. Heç bir axım sırasında mənfi trend aşkar olunmayıb. 14 sıradan 13-də xətti trendlər 5%-li əhəmiyyətlik səviyyəsində statistik baxımdan əhəmiyyətlidir. Çox güman ki, yeraltı axımın bu artımı son onilliklərdə Azərbaycan ərazisində, o cümlədən Böyük Qafqazda baş verən iqlim dəyişmələri ilə əlaqədardır.

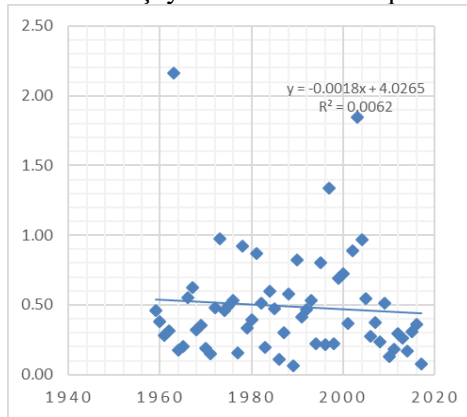
Yuxarıda göstəriləyi kimi, yeraltı axımın illik qiyətləri orta aylıq minimal qış və yay-payız su sərfələrinə görə hesablanmışdır. Yer kürəsinin müxtəlif bölgələrində yerinə yetirilmiş çoxsaylı tədqiqatlar göstərir ki, iqlim dəyişmələri şəraitində yağıntılar əsasən qar şəklində düşən ərazilərdə çayların rejimi, daha doğrusu onların müxtəlif fazalarının tarixləri dəyişmişdir. Qış aylarında havanın temperaturu yüksəldiyinə görə, bu mövsümdə düşən yağıntıların böyük hissəsini yağışlar təşkil edir və qar, əvvəlki dövrlə müqayisədə daha tez (1-2 həftə) əriməyə başlayır [3, 4, 9, 15, 16], lakin bunun çayların yay axımına təsiri çox zəif olmuşdur [16].

Şəkil 5-də daha 3 çayın yeraltı axımının xətti trendləri göstərilir. Bu qrafiklərdən (xüsusilə, Qaraçay-Rük və Balakənçay-Balakən məntəqələri

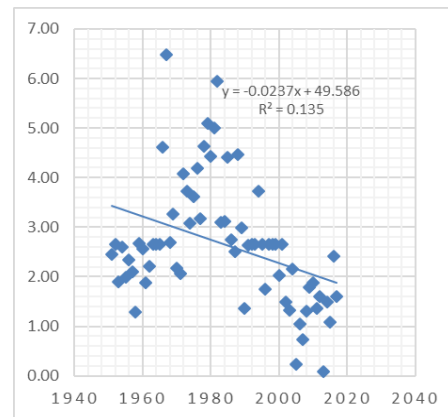
üçün) görünür ki, təqribən 1995-ci ilə kimi axımın çoxillik dinamikasında əhəmiyyətli dəyişiklik olmayıb. Lakin sonrakı illərdə axımın kəmiyyəti kəskin (3-4 dəfə) artmışdır. Əyriçay-Mənsəb məntəqəsində isə son dövrdə (1995-ci ildən sonra) axımın yüksək dəyişkənliyi müşahidə olunur. Axımın kəmiyyətində belə kəskin artımı və dəyişkənliyi izah etmək çətindir. Yalnız onu demək olar ki, statistik metodlarla (trend analizi də daxil olmaqla) alınan nəticələrə müşahidə dövrlərinin və sıraların uzunluğunun fərqli olması, su sərfələri haqqında məlumatların ölçülmə və hesablanma dəqiqliyi güclü təsir edir [13].

Baxılan çayların böyük əksəriyyətinin yeraltı axımı müsbət xətti trendlərlə səciyyələnsələr də, son 4-5 ildə (2013-2017-ci illər) yeraltı axımın kəmiyyəti kəskin azalmışdır (şəkil 4 və 5).

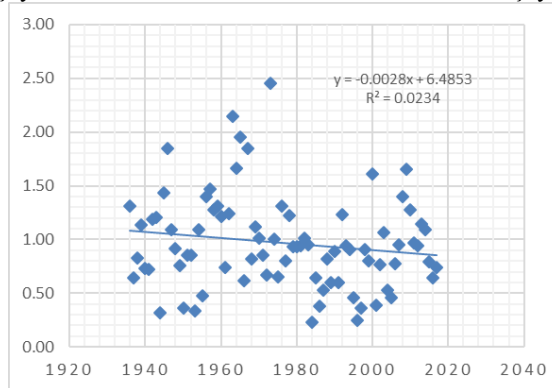
Yerüstü axım. Çayların yerüstü axım sıralarının xətti trendlərinin xarakteri yeraltı axımın trendlərindən fərqlidir. Belə ki, 17 məntəqədən 6-da yerüstü axım artır, daha 6 məntəqədə azalır və 5 məntəqədə isə axım dəyişmir. Bu sıraların 9-u üçün trend statistik baxımdan əhəmiyyətlidir (cədvəl 4). 3 çay üçün yerüstü axımın xətti trend qrafikləri şəkil 6-da göstərilir.



Caqacuqçay-Rustov



Girdimançay-Qaranohur



Əyriçay-Baş Daşağıl

Şəkil 6. Çayların yerüstü axımının xətti trendləri

4. Nəticə.

Böyük Qafqaz çaylarının yeraltı və yerüstü axım sıralarının statistik təhlili göstərir ki, hər iki axım göstəricisi sıralarının əsas hissəsinin bircinsliyi Fişer və ya Student meyarına görə pozulmuşdur. Baxılan sıralar yüksək avtokorelyasiya ilə səciyyələnir. Bu, yeraltı axım sıralarında özünü daha qabarıq göstərir. Çayların yeraltı axımının çoxillik tərəddüdlərinin sinfzılıq və sinxronluq dərəcəsi yerüstü axım ilə müqayisədə daha yüksəkdir. Müəyyən olunmuş bu qanunauyğunluqlar çayları qidalandıran yeraltı suların daha ətalətli, yerüstü axımın isə əksinə, daha dəyişkən olması ilə əlaqədardır. Korelyasiya matrislərinin təhlili göstərir ki, Böyük Qafqazın şimal-şərq yamacı və Qanıx hövzəsi çaylarının yeraltı axımının qısa müşahidə sıralarını hidroloji analogiya üsuluna görə uzatmaq mümkündür. Şirvan zonası çaylarının yeraltı və yerüstü axım sıralarını uzatmaq üçün isə bu axım göstəriciləri ilə illik axım arasında əlaqələr təhlil olunmalıdır. Müəyyən olunmuşdur ki, tədqiqat ərazisi çaylarının yeraltı və yerüstü axımın çoxillik tərəddüdlərində asinxronluq yoxdur.

Çayların böyük əksəriyyətinin yeraltı axımı çoxillik dövr ərzində artır. Yerüstü axım sıralarında isə müxtəlif işarəli trendlər aşkar olunmuşdur. Yeraltı axımın xətti trendlərinin çoxu, yerüstü axımın trendlərinin isə təqribən yarısı statistik baxımdan əhəmiyyətlidir. Bir qrup çayın yerüstü və yeraltı axım sıralarında trendlərin işarələri üst-üstə düşür. Yeraltı axımın illik qiymətlərinin orta aylıq minimal qış və yay-payız su sərfərinə görə hesablandığını nəzərə alaraq, tədqiqatın növbəti mərhələsində minimal su sərfələri sıralarının da trend analizi yerinə yetirilməlidir.

ƏDƏBİYYAT

1. İmanov F.Ə., Ələkbərov A.B. Azərbaycanın su ehtiyatlarının müasir dəyişmələri və integrasiyalı idarə edilməsi. Bakı: Mütərcim, 2017. -352 s.
2. İmanov F.Ə., Əliyeva İ.S. Böyük Qafqaz çaylarına yeraltı axımın illik qiymətlərinin təyini metodu // Su Problemləri, elm və texnologiyalar, № 2 (12), 2018. Bakı, s.17-26.
3. Mahmudov R.N. Müasir iqlim dəyişmələri və təhlükəli hidrometeoroloji hadisələr. Bakı, NAA, 2018. – 232s.
4. Бейтс Б.К., Кунцевич З.В., Палютикоф С.У,Ж.П. (ред.). 2008г.: Изменение климата и водные ресурсы. Технический документ Межправительственной группы экспертов по изменению климата, Секретариат МГЭИК, Женева, 228 с.
5. Водные ресурсы России и их использование // Под ред. проф. И.А.Шикломанова.–СПб.: Государственный гидрологический институт. 2008. – 600 с.

6. Евстигнеев В.М. Речной сток и гидрологические расчеты. М.: Изд-во МГУ, 1990. 304с.

7. Закономерности гидрологических процессов. Под редакцией Н.И.Алексеевского. М.: ГЭОС, 2012. – 736с.

8. Иманов Ф.А. Минимальный сток рек Кавказа. Баку, Изд-во «Нафта-Пресс», 2000.-298с.

9. Иманов Ф.А., Гасанова Н.И., Агаев З.Б. Многолетние колебания стока рек Азербайджана // Вопросы географии, №145, Гидрологические изменения, Москва, Издательский дом «Кодекс», 2018, С.277-284.

10. Калинин Г.П. Проблемы глобальной гидрологии. Л.: Гидрометеоздат, 1968. 377с.

11. Рустамов С.Г., Кашкай Р.М. Водный баланс Азербайджанской ССР. Баку, Элм, 1978.-110 с.

12. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. СПб.: изд. РГГМУ, 2007.- 279с.

13. Dai, A. and K.E. Trenberth, 2002: Estimates of freshwater discharge from continents: Latitudinal and seasonal variations. J.Hydrometeorol., 3, 660-687

14. David A. Chin. Water-resources Engineering (Second edition). Pearson education International, USA, New Jersey, 2006.- 572 pp.

15. Hodgkins, G.A., R.W. Dudley and T.G. Huntington, 2003: Changes in the timing of high river flows in New England over the 20th century. J.Hydrol., 278 (1-4), 244-252.

16. Hodgkins, G.A., R.W. Dudley and T.G. Huntington, 2005: Summer low flows in New England during the 20th century. J.Am. Water Resour.Assoc., 41(2), 403-412.

17. Karamouz M., Ahmadi A., Akhbari M. Groundwater hydrology: Engineering, Planning, and Management. CRC Press. 2011. - 634pp.

18. UNESCO and UNESCO i-WSSM. 2019. Water Security and the Sustainable Development Goals (Series 1). Global Water Security Issues (GWSI) Series, UNESCO Publishing, Paris.

МНОГОЛЕТНИЕ КОЛЕБАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО И ПОДЗЕМНОГО СТОКА РЕК БОЛЬШОГО КAVKAZA

Ф.А.Иманов, И.С.Алиева

Аннотация. Статья посвящена анализу основных составляющих годового стока - подземного и поверхностного стока рек Большого Кавказа. Используются данные по стоку 17-ти гидрологических пунктов наблюдения, охватывающие 1934-2017 гг. Выполнен анализ статистической структуры рядов, оценена степень синхронности колебаний стоковых характеристик, выявлены линейные тренды. Оценка стационарности рядов выполнена по критериям Фишера и Стьюдента, рассчитаны коэффициенты автокорреляции. Для анализа синфазности и синхронности колебаний использованы соответственно разностные интегральные кривые и корреляционный анализ. Оценка значимости линейных трендов

выполнена по значениям коэффициента парной корреляции и его стандартной ошибке. Установлено, что стационарность большей части рассматриваемых рядов нарушена по дисперсии или среднему значению. Стоковые ряды характеризуются высокой автокорреляцией. Показано, что в многолетних колебаниях подземного стока рек синфазность и синхронность выражено сильнее, чем в рядах поверхностного стока. Выявлено, что за многолетний период наблюдений подземный сток подавляющего большинства рек увеличивается. Для рядов поверхностного стока обнаружены разнонаправленные тренды. Большинство линейных трендов подземного стока и половина трендов поверхностного стока являются статистически значимыми.

Ключевые слова: подземный сток, поверхностный сток, многолетние колебания, стационарность рядов, коэффициент автокорреляции, корреляционная матрица, линейный тренд

LONG-TERM FLUCTUATIONS OF SURFACE AND UNDERGROUND RUN-OFF OF THE RIVERS OF THE GREAT CAUCASUS

F.A.Imanov, I.S.Aliyeva

Abstract. The article is devoted to the analysis of the main components of the annual runoff - the underground and surface runoff of the rivers of the Greater Caucasus. The data on the runoff of 17 hydrological observation points covering 1934-2017 were used. The analysis of the statistical structure of the series is carried out, the

degree of synchronism of fluctuations in runoff characteristics is estimated, linear trends are identified. The stationarity of the series was estimated according to the Fisher and Student criteria; the autocorrelation coefficients were calculated. To analyze the phases of different water content and synchronism of fluctuations, the difference integral curves and correlation analysis are used, respectively. The significance of linear trends was estimated by the values of the pair correlation coefficient and its standard error. It was established that the stationarity of most of the considered series is nonobservance by dispersion or average value. The runoff series are characterized by high autocorrelation. It is shown that, in the long-term fluctuations of the underground river runoff, the phase and synchronism are more pronounced than in the series of the surface runoff. It was revealed that, over a long-term observation period, the underground runoff of the vast majority of rivers increases. For series of surface runoff, multidirectional trends were found. Most of the linear trends in groundwater flow and half of the trends in surface runoff are statistically significant.

Keywords: underground flow, surface flow, long-term fluctuations, stationarity of series, autocorrelation coefficient, correlation matrix, linear trend