

UOT: 551.48,631.67

HƏSƏNOV F.H., NƏZƏROV Y.İ.

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Univeriteti
hidro.fh@mail.ru

MİNGƏÇEVİR SU ANBARININ 1954-2024-Cİ İLLƏRDƏ İSTİSMAR DÖVRÜNDƏKİ İŞ REJİMİNİN TƏHLİLİ

Azərbaycan Respublikasının davamlı iqtisadi inkişafı, xüsusilə aqrar sektorun su təminatı və elektroenergetika sisteminin dayanıqlığı birbaşa daxili şirin su ehtiyatlarının səmərəli idarə edilməsindən asılıdır. Ölkənin su qanunvericiliyinin əsas prinsiplərinə uyğun olaraq, su resurslarının kompleks istifadəsi və mühafizəsi dövlət əhəmiyyətli strateji prioritet kimi qəbul edilmişdir [1]. Cənubi Qafqaz regionunun magistral su arteriyası olan Kür çayının təbii axım rejiminin fəsillər üzrə kəskin qeyri-bərabər paylanması və respublika ərazisində formalaşan su qıtlığı, axımın süni şəkildə tənzimlənməsini və hidroqovşaqlar kaskadının yaradılmasını zəruri etmişdir [5]. Bu zəncirin ən mühüm və strateji düyün nöqtəsi olan Mingəçevir hidroqovşağı, yarandığı gündən etibarən həm irriqasiya ehtiyaclarının ödənilməsində, həm də ölkənin enerji təhlükəsizliyinin təmin olunmasında həlledici rol oynayır [6]. Hidroqovşağın tərkibində fəaliyyət göstərən 6 turbinli Su Elektrik Stansiyası (SES) milli enerji şəbəkəsində tezliyin tənzimlənməsi və pik yüklərin qarşılama baxımından əvəzedilməz mühəndislik infrastrukturudur.

Mühəndislik və hidrotexniki layihələndirmə prinsiplərinə əsasən, Mingəçevir su anbarının optimal və təhlükəsiz idarə olunması üçün konkret pasport limitləri müəyyən edilmişdir. Anbarın Normal Su Səviyyəsi (NSS), $H_{NSS}=83.0$ metr olaraq layihələndirilmişdir ki, bu da SES turbinlərinin maksimum basqı və yüksək faydalı iş əmsalı ilə fəaliyyət göstərməsini təmin edir [7]. Bunun əksinə olaraq, stansiyanın texniki təhlükəsizliyini qorumaq və turbinlərdə kavitasia, hava sorulması və ya intensiv lillənmə risklərinin qarşısını almaq üçün Ölü Həcm Səviyyəsi (ÖHS), $H_{ÖHS}=66.0$ metr "qırmızı xətti" ilə məhdudlaşdırılmışdır [7]. Elektroenergetika istehsalı

və Kür-Araz düzənliyinin magistral kanalları vasitəsilə suvarılması məhz bu iki səviyyə hüdudunda dəyişən "faydalı həcm" hesabı ilə dispetçer idarəetməsinə cəlb olunur.

Lakin təqribən 70 illik (1954-2024) istismar fəaliyyətinin tarixi təcrübəsi və xüsusilə son onilliklərin elmi-texniki monitorinqləri göstərir ki, Mingəçevir su anbarını hər zaman ilkin layihə-pasport göstəricilərində dayanıqlı şəkildə işlətmək mümkün olmur [2,7]. Regional miqyasda müşahidə edilən kəskin iqlim dəyişiklikləri, orta illik temperaturların artması və transsərhəd çaylarla ölkə ərazisinə daxil olan su səflərinin qlobal miqyasda azalması mövcud su-təsərrüfat balansını ciddi şəkildə gərginləşdirir. Digər tərəfdən, Kür çayının gətirdiyi bərk hissəciklərin və lil çöküntülərinin anbarın faydalı tutumuna təsir etməsi stansiyanın istismar rejimində əlavə texniki mürəkkəbliliklər yaradır [3]. Bu hidroloji anomaliyalar idarəetmə qrafiklərində kəskin ziddiyyətlərə səbəb olur: bir tərəfdən anomal gursululuq dövrlərində NSS limitinin aşılması və daşqın təhlükəsi mühəndislik qurğularını qəza riskinə atır [4], digər tərəfdən isə kəskin quraqlıq illərində suyun səviyyəsinin ÖHS həddinə yaxınlaşması 6 turbinin fəaliyyətini tamamilə iflic etmək təhlükəsi yaradır.

Təqdim olunan tədqiqat işinin əsas elmi və praktiki hədəfi Mingəçevir su anbarının 1954-2024-cü illəri əhatə edən çoxillik faktiki istismar məlumatları əsasında su səviyyəsinin limit dinamikasını və son illərdə suvarma dövründə formalaşan daxilolma-buraxılış balansını qiymətləndirməkdir [2]. Bu məqsədlə anbarın NSS və ÖHS layihə hədlərinə yaxınlaşma halları, vegetasiya/suvarma dövründə faydalı həcm dəyişməsi və ümumi buraxılışın turbin-ekvivalent yüklənməsi birlikdə təhlil edilmişdir.

Tədqiqatın material və metodları. Min-

gəçəvir su anbarının çoxillik istismar dövründəki iş rejiminin dəyişmə dinamikasını və SES-in hidravlik iş şəraitini qiymətləndirmək üçün kompleks tədqiqat metodologiyası tətbiq edilmişdir. Tədqiqatın informasiya bazasını “Azərbaycan Meliorasiya və Su Təsərrüfatı” ASC-nin 1954-2024-cü illəri əhatə edən çoxillik texniki hesabatları, 2016-2019 və 2020-2024-cü illər üzrə aylıq səviyyə-həcm və daxilolma-buraxılış məlumatları təşkil edir [2].

Anbarda toplanan su kütləsinin akkumulyasiya və sərfi proseslərinin kəmiyyət baxımından qiymətləndirilməsi üçün su balansı yanaşmasından istifadə edilmişdir:

$$\Delta V = (Q_{in} - Q_{out}) \times T \times 10^{-6}$$

Burada, ΔV – baxılan intervalda anbarın su həcmində dəyişmə, mln. m^3 ; Q_{in} – anbara daxil olan orta sərf, m^3/san ; Q_{out} – anbardan ümumi buraxılış sərfi, m^3/san ; T – hesabat intervalının müddəti, san-dir.

Aylıq məlumatlar əsasında vegetasiya/suvarma dövründə aşağıdakı əlavə göstəricilər hesablanmışdır:

$$\Delta Q = Q_{in} - Q_{out}; \quad \Delta H = H_{son} - H_{başlanğıc}; \\ \Delta V = V_{son} - V_{başlanğıc}$$

Su Elektrik Stansiyasının və su təsərrüfatı sisteminin düzgün və səmərəli işləyib-ışləmədiyini müəyyən etmək üçün Mühəndislik limitləri üzrə süzəgəcləmə (filtrasiya) metodu tətbiq edilmişdir. Bu metodologiyaya əsasən, çoxillik verilənlər bazası anbarın layihə-pasport göstəriciləri olan Normal Su Səviyyəsi ($NSS=83.0$ m) və Ölü Həcm Səviyyəsi ($ÖHS=66.0$ m) kritik hədlərinə nəzərən qruplaşdırılmışdır [7]. Strukturlaşdırılmış datalar üzərində iki əsas ekstremal ssenari süzəgəcdən keçirilmişdir:

Ekstremal quraqlıq və aşağı basqı ssenarisi: Su səviyyəsinin 73.0 m optimal işçi zonanın aşağı düşdüyü və 70.0 m həddinə yaxınlaşdığı dövrlər müəyyənəndirilərək, aşağı səviyyənin SES üçün hidravlik basqı şəraitinə və ümumi buraxılışların turbin-ekvivalent yüklənməsinə təsiri qiymətləndirilmişdir.

Məlumat bazasının statistik işlənməsi və qrafiki asılılıqların qurulması riyazi proqram

təminatının köməyi ilə aparılmışdır. FİƏ-nin real hesablanması üçün aşağıdakı düsturdan istifadə nəzərdə tutulmuşdur:

$$\eta = P / (\rho \times g \times Q \times H)$$

Burada, η - faydalı iş əmsalı; P - faktiki elektrik gücü, W ; ρ - suyun sıxlığı, kg/m^3 ; g - sərbəstdüşmə təcili, m/san^2 ; Q - turbindən keçən faktiki sərf, m^3/san ; H - net hidravlik basqı, m-dir. Hazırkı məlumat bazasında aylıq elektrik istehsalı və Q_{SES} ayrıca verilmədiyindən FİƏ-nin yekun real hesabı üçün əlavə enerji istehsalı məlumatlarının cəlb edilməsi tələb olunur.

Tədqiqatın nəticələri və onların müzakirəsi. Mingəçevir su anbarının 70 illik (1954-2024) faktiki istismar göstəricilərinin retrospektiv təhlili göstərir ki, su ehtiyatlarının idarə edilməsi rejimi birbaşa iqlim amillərindən və transsərhəd çayların sululuq dərəcəsindən asılı olaraq ciddi transformasiyalara məruz qalmışdır [2]. Hidroqovşağın layihə pasportunda müəyyən edilmiş Normal Su Səviyyəsi və Ölü Həcm Səviyyəsi limitləri stansiyanın 6 turbininin təhlükəsiz və səmərəli fəaliyyətinin əsas mühəndislik çərçivəsini formalaşdırır [7]. Lakin statistik analizlər anbarda suyun səviyyəsinin bu limitlər daxilində saxlanılmasında dispetçer idarəetməsi baxımından ciddi kənaraçıxmaların olduğunu sübut edir.

Cədvəl 1-in mühəndislik məlumatlarının təhlili göstərir ki, istismarın ilkin onilliklərində anbarın dolma faizi daha yüksək olmuş və su səviyyəsi bir sıra illərdə layihə maksimumuna yaxınlaşmışdır. Məsələn, 1959-cu ildə maksimum su səviyyəsi 83.90 m-ə çataraq $NSS=83.0$ m həddini 0.90 m üstələmiş, 2010-cu ildə isə maksimum səviyyə 83.20 m olmuşdur [4]. Belə illərdə əsas problem daşqın riskinin azaldılması və artıq su kütləsinin təhlükəsiz buraxılması ilə bağlıdır.

Bununla yanaşı, son illərdə aşağı səviyyə zonaları daha çox diqqət tələb edir. Xüsusilə 2019-2021-ci illərdə minimum səviyyələr 70.0 m həddindən aşağı düşmüş, 2020-ci ildə isə minimum səviyyə 67.85 m olaraq qeydə alınmışdır. Bu göstərici $ÖHS=66.0$ m həddinə yaxınlaşmanı göstərir və anbarın həm su

Cədvəl 1.

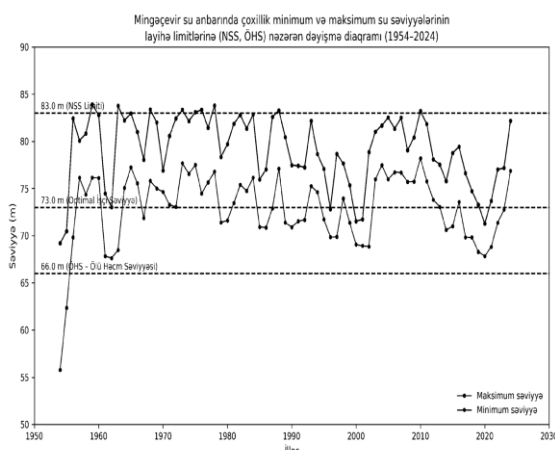
***Mingəçevir su anbarının çoxillik istismar dövründə su səviyyəsinin
və həcmnin minimal-maksimal dəyişmə göstəriciləri (1954-2024)***

İl	Minimal səviyyə (m)	Minimal həcm (mln m³)	Maksimal səviyyə (m)	Maksimal həcm (mln m³)
1954	55.78	3766	69.21	8581
1955	62.36	5830	70.46	9133
1956	69.82	8853	82.42	15385
1957	76.16	11910	80.09	14036
1958	74.36	10995	80.82	14450
1959	76.15	11905	83.90	16277
1960	76.13	11895	82.79	15604
1961	67.83	7978	74.49	11060
1962	67.62	7889	73.01	10333
1963	68.49	8262	83.78	16204
1964	75.06	11347	82.22	15265
1965	77.25	12482	82.95	15700
1966	75.57	11606	81.00	14553
1967	71.86	9785	78.07	12921
1968	75.82	11735	83.38	15960
1969	75.01	11321	82.01	15141
1970	74.64	11135	76.91	12297
1971	73.28	10464	80.57	14307
1972	73.06	10357	82.42	15383
1973	77.69	12717	83.34	15935
1974	76.55	12133	82.14	15217
1975	77.50	12615	83.09	15784
1976	74.48	11055	83.34	15935
1977	75.66	11652	81.46	14819
1978	76.79	12239	83.80	16247
1979	71.41	9574	78.33	13062
1980	71.62	9672	79.71	13822
1981	73.47	10557	81.87	15069
1982	75.39	11514	82.79	15604
1983	74.75	11190	81.37	14773
1984	76.15	11905	82.85	15640
1985	70.93	9352	75.96	11807
1986	70.86	9320	77.03	12356
1987	72.92	10290	82.59	15484
1988	77.12	12413	83.28	15899

İl	Minimal səviyyə (m)	Minimal həcm (mln m³)	Maksimal səviyyə (m)	Maksimal həcm (mln m³)
1989	71.39	9565	80.43	14228
1990	70.90	9352	77.48	11599
1991	71.54	9635	77.41	12577
1992	71.69	9705	77.25	12482
1993	75.25	11443	82.17	15235
1994	74.63	11130	78.65	13236
1995	71.74	9729	77.09	12397
1996	69.86	8871	72.80	10232
1997	69.88	8880	78.68	13253
1998	73.95	10792	77.66	12701
1999	71.38	9560	75.34	11489
2000	69.06	8511	71.55	9640
2001	68.93	8454	71.72	9716
2002	68.86	8423	78.86	13351
2003	75.98	11817	81.04	14576
2004	77.46	12594	81.68	14947
2005	76.00	11827	82.53	15448
2006	76.73	12208	81.34	14750
2007	76.70	12190	82.52	15443
2008	75.71	11678	79.06	13451
2009	75.75	11699	80.42	14220
2010	78.20	12991	83.20	15851
2011	75.76	11704	81.83	15035
2012	73.80	10718	78.10	12937
2013	73.06	10357	77.54	12637
2014	70.60	9201	75.78	11714
2015	71.01	9389	78.77	13302
2016	73.57	10606	79.42	13661
2017	69.84	8862	76.64	12161
2018	69.82	8853	74.73	11180
2019	68.30	8180	73.28	10464
2020	67.85	7987	71.29	9519
2021	68.81	8401	73.70	10669
2022	71.36	9551	77.03	12366
2023	72.78	10222	77.19	12450
2024	76.89	12292	82.19	15247

varma, həm də energetika məqsədli istismarında ehtiyatların daha diqqətli bölüşdürülməsini zəruri edir [2, 7].

Hidrotexniki hesabatlara əsasən, Mingəçevir SES-in uzunmüddətli və stabil işçi səviyyəsi orta hesabla 73.0 m ətrafında qəbul edilir [7]. Su səviyyəsinin bu həddə yaxın saxlanması həm suvarma tələbatının daha dayanıqlı ödənilməsinə, həm də SES üçün hidravlik basqı şəraitinin qorunmasına imkan verir. Lakin son illərin məlumatları göstərir ki, xüsusilə suvarma dövründə buraxılışların daxilolmanı üstələdiyi hallarda anbar faydalı ehtiyatı hesabına işləyir və səviyyə 70.0 m həddinə yaxınlaşdıqda idarəetmə rejimi daha gərgin xarakter alır. Mingəçevir su anbarının çoxillik istismar dövründə su səviyyəsinin bu mühəndislik limitlərinə nəzərən göstərdiyi dalğalanma trayektoriyası Şəkil 1-də vizuallaşdırılmışdır.



Şəkil 1. Mingəçevir su anbarında çoxillik minimum və maksimum su səviyyələrinin layihə limitlərinə (NSS, ÖHS) nəzərən dəyişmə diagramı (1954-2024)

Vegetasiya dövründə su balansı və turbin-ekvivalent yüklənmə analizi. Azərbaycan üzrə rəsmi su təsərrüfatı müzakirələrində suvarma dövrünün əsasən may-sentyabr aylarını əhatə etdiyi qeyd olunur [8]. Bu səbəbdən Mingəçevir su anbarının suvarma ilə əlaqəli iş rejimi 2016-2024-cü illər üzrə may-sentyabr intervalında ayrıca qiymətləndirilmişdir. Aylıq məlumatların xüsusiyyətinə görə səviyyə və həcm üçün başlanğıc göstəricisi may ayının əvvəli, dövrün son göstəricisi isə oktyabr ayının əvvəli kimi qəbul

edilmişdir. Belə yanaşma may-sentyabr dövründə anbarın faktiki boşalma və ya dolma istiqamətini daha düzgün əks etdirir.

Vegetasiya dövrü üzrə əsas qiymətləndirmə meyarı $\Delta Q = Q_{in} - Q_{out}$ olmuşdur. $\Delta Q < 0$ olduqda, həmin dövrdə buraxılış daxilolmanı üstələyir və anbarın faydalı ehtiyatı hesabına işləmə baş verir. Bu hal suvarma tələbatının ödənilməsi baxımından müəyyən dərəcədə normal qəbul olunsada, proses aşağı su səviyyəsi ilə eyni vaxta düşdükdə SES-in hidravlik basqı şəraitini zəiflədir və anbarın növbəti dövrlər üçün tənzimləmə imkanlarını məhdudlaşdırır.

Turbinlərin faktiki işləmə sayını müəyyən etmək üçün hər bir aqreqat üzrə ayrıca sərf və elektrik istehsalı məlumatı tələb olunur. Hazırkı məlumatlarda Q_{out} ümumi buraxılış kimi verildiyindən, hesablamada faktiki turbin sayı yox, turbin-ekvivalent yüklənmə göstəricisi tətbiq edilmişdir. Bir turbin üçün hesabi sərf $Q_t = 130 \text{ m}^3/\text{san}$ qəbul edilərsə, turbin-ekvivalent göstərici aşağıdakı düsturla müəyyən olunur:

$$N_e = Q_{out} / Q_t$$

Bu göstərici yalnız ümumi buraxılışın hidravlik yüklənmə səviyyəsini müqayisə etmək üçündür və real işləyən aqreqatların sayını tam əvəz etmir.

Cədvəl 2 və Şəkil 2 göstərir ki, suvarma dövründə anbarın iş rejimi illər üzrə kəskin fərqlənir. 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 və 2022-ci illərdə may-sentyabr dövründə orta buraxılış sərfi orta daxilolmanı üstələmişdir. Bu illər içərisində ən böyük mənfi balans 2021-ci ildə $\Delta Q = -103.23 \text{ m}^3/\text{san}$, 2017-ci ildə isə $\Delta Q = -82.24 \text{ m}^3/\text{san}$ olmuşdur. Həmin illərdə anbarın faydalı həcmi müvafiq olaraq 1465 və 2076 mln. m^3 azalmışdır. Bu nəticə göstərir ki, problem yalnız quraqlıqla deyil, vegetasiya dövründə buraxılış rejiminin daxilolma ilə uyğunlaşdırılması məsələsi ilə də bağlıdır.

2019 və 2020-ci illər xüsusi riskli dövr kimi seçilir. Bu illərdə suvarma dövrünün sonunda səviyyə müvafiq olaraq 68.87 m və 67.85 m olmuşdur. Yəni buraxılışların nisbətən aşağı turbin-ekvivalent göstəricisinə ma-

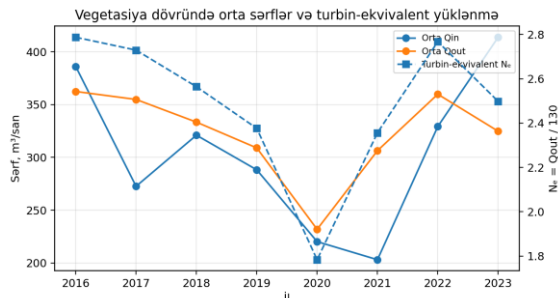
lik olmasına baxmayaraq, başlanğıc səviyyənin aşağı olması səbəbindən anbar ÖHS-ə yaxın zonada istismar edilmişdir. Bu isə onu

göstərir ki, yalnız N_e göstəricisi ilə qərar vermək düzgün deyil; səviyyə, həcm, daxilolma və suvarma tələbatı birlikdə qiymətləndirilməlidir.

Cədvəl 2.

Mingəçevir su anbarında suvarma dövrü üzrə səviyyə, həcm, sərf və turbin-ekvivalent göstəriciləri (2016-2024)

İl	İnterval	Q_{in} orta (m ³ /san)	Q_{out} orta (m ³ /san)	ΔQ , (m ³ /san)	ΔH , (m)	ΔV (mln. m ³)	$N_e = Q_{out}/1$ 30	Qiymətlən-dirmə
2016	may-sentyabr	386.04	362.40	23.64	0.06	31	2.79	sabit
2017	may-sentyabr	272.60	354.84	-82.24	-4.34	-2076	2.73	intensiv ehtiyat
2018	may-sentyabr	321.00	333.38	-12.38	-1.46	-690	2.56	$Q_{out} > Q_{in}$
2019	may-sentyabr	288.21	308.95	-20.74	-2.24	-1007	2.38	$Q_{out} > Q_{in}$
2020	may-sentyabr	220.22	231.88	-11.66	-1.18	-511	1.78	$Q_{out} > Q_{in}$, aşağı H
2021	may-sentyabr	203.12	306.35	-103.23	-3.19	-1465	2.36	intensiv ehtiyat
2022	may-sentyabr	329.22	359.80	-30.58	-0.33	-163	2.77	$Q_{out} > Q_{in}$
2023	may-avqust	413.73	324.77	88.96	2.81	1434	2.50	bərpa, qismən
2024	may-sentyabr	-	-	-	1.47	831	-	Q yoxdur; H bərpası



Şəkil 2. Suvarma dövründə orta daxilolma, buraxılış və turbin-ekvivalent yüklənmə (2016-2023)

Turbin-ekvivalent yüklənmə 2016-2023-cü illərin suvarma dövründə təxminən 1.78-2.79 intervalında dəyişmişdir. Bu, ümumi buraxılışların orta hesabla 2-3 turbinlik sərfə uyğun olduğunu göstərir. Lakin Q_{out} ümumi buraxılış olduğuna görə bu nəticə faktiki işləyən aqreqatların sayı kimi qəbul edilməməlidir. Əgər gələcək mərhələdə Q_{SES} ayrıca əldə olunarsa, N_e göstəricisi daha dəqiq şəkildə SES turbinləri üzrə hesablanı bilər.

FİƏ-nin real hesablanması üçün aylıq və ya günlük elektrik enerjisi istehsalı (E , MWh),

turbindən keçən faktiki sərf (Q_{SES} , m³/san) və net hidravlik basqı (H_{net} , m) tələb olunur. Bu məlumatlar əldə edildikdə orta güc aşağıdakı kimi hesablanır:

$$P_{orta} = E / (24 \times n)$$

FİƏ düsturunda güc W vahidində istifadə edildiyindən real faydalı iş əmsalı aşağıdakı ifadə ilə tapılır:

$$\eta_{real} = (P_{orta} \times 10^6) / (\rho \times g \times Q_{SES} \times H_{net})$$

Daha sonra η_{real} layihə FİƏ-si ilə müqayisə edilir. Hazırkı məlumat bazasında Q_{out} ümumi buraxılış kimi verildiyindən və elektrik istehsalı ayrıca göstərilmədiyindən, FİƏ üzrə yekun rəqəmsal nəticə deyil, hesablamanın metodiki sxemi təqdim edilmişdir. Bu, nəticələrin etibarlılığını qorumaq üçün vacibdir.

Beləliklə, Mingəçevir su anbarının və SES-in problemlə istismar zonası aşağıdakı kombinasiyada formalaşır: suvarma dövründə $Q_{out} > Q_{in}$ olması, səviyyənin 70.0-73.0 m

intervalına və ya ondan aşağı zonaya düşməsi, faydalı həcm sürətlə azalması və bu şəraitdə buraxılışların davam etməsi. Bu göstəricilər birlikdə baş verdikdə anbar suvarma tələbatını ödəsə də, SES üçün hidravlik basqı və gələcək dövr üzrə ehtiyat təhlükəsizliyi zəifləyir.

Nəticə və təkliflər

Mingəçevir su anbarının 70 illik (1954-2024) istismar göstəricilərinin və 2016-2024-cü illər üzrə aylıq məlumatların təhlili aşağıdakı elmi-praktiki nəticələri formalaşdırmışdır:

1. Çoxillik səviyyə limitləri baxımından: 1954-2024-cü illər üzrə məlumatlar göstərir ki, anbarın iş rejimi müxtəlif dövrlərdə həm $NSS=83.0$ m həddinə yaxınlaşma/aşma, həm də 70.0 m-dən aşağı enmə halları ilə xarakterizə olunur. Xüsusilə 2019-2021-ci illərdə minimum səviyyələrin 70.0 m-dən aşağı düşməsi su ehtiyatlarının idarə edilməsində aşağı səviyyə riskinin aktual olduğunu göstərir [2, 7].

2. Vegetasiya dövrü üzrə balans problemi: May-sentyabr suvarma dövründə 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 və 2022-ci illərdə orta buraxılış sərfi orta daxilolmanı üstələmişdir. Bu isə həmin illərdə anbarın faydalı ehtiyatı hesabına işlədiyini göstərir. Ən böyük mənfi balans 2021-ci ildə -103.23 m³/san, 2017-ci ildə isə -82.24 m³/san olmuşdur.

3. SES-in qiymətləndirilməsi: Mövcud məlumatlar əsasında SES-in faktiki FİƏ-si tam hesablanmışdır, çünki bunun üçün elektrik istehsalı və turbindən keçən ayrıca Q_{SES} məlumatı tələb olunur. Lakin ümumi buraxılışa əsaslanan turbin-ekvivalent göstərici suvarma dövründə yüklənmənin təxminən 1.78-2.79 N_e intervalında dəyişdiyini göstərir. Bu nəticə SES üçün faktiki aqrekat sayı kimi yox, hidravlik yüklənmə indikatoru kimi qəbul edilməlidir.

– Adaptiv dispetçer qrafikləri: Suvarma dövründə daxilolma, buraxılış, səviyyə və faydalı həcm birlikdə nəzərə alınmalı, xüsusilə $Q_{out} > Q_{in}$ olan aylarda aşağı byefə və suvarma sistemlərinə buraxılışlar mövcud su ehtiyatı ilə əlaqələndirilməlidir [8].

- Aşağı səviyyə limitlərinin qorunması: Su səviyyəsinin 70.0 m-dən aşağı düşdüyü hallarda buraxılış rejimi yenidən qiymətləndirilməli, SES-in hidravlik basqı şəraitinin və anbarın növbəti dövr üçün ehtiyat təhlükəsizliyinin qorunması prioritet olmalıdır.
- FİƏ və rəqəmsal monitoring: FİƏ-nin real hesablanması üçün aylıq enerji istehsalı, Q_{SES} və H_{net} göstəriciləri ayrıca toplanmalı, bu məlumatlar əsasında η_{real} layihə FİƏ-si ilə müqayisə edilməlidir. Gələcək mərhələdə bu göstəricilərin real vaxt ölçmələri ilə rəqəmsal əkiz modelinə integrasiyası su anbarı SES sisteminin daha düzgün idarə olunmasına imkan verə bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Azərbaycan Respublikasının Su Məcələsi. Bakı, 1997. (Elektron resurs: <http://www.e-qanun.az/framework/4014>)
2. “Azərbaycan Meliorasiya və Su Təsərrüfatı” ASC. Mingəçevir su anbarının istismar rejimi və su balans göstəriciləri üzrə çoxillik texniki hesabatları (1954-2024).
3. Həsənov R.H., Bayramova A.B. Kür çayının axınında olan bərk hissəciklər su anbarlarında tənzimlənir // “Müasir inşaatda su, enerji təchizatı və ekologiya problemləri” mövzusunda Beynəlxalq konfransın materialları. Bakı, 2018, səh. 341-345.
4. Həsənov R.H., Qarayev İ.H. Çaylarda daşqınlar, yaranma səbəbləri və həyata keçirilmiş inşaat tədbirləri // AzMİU-nun Elmi Əsərləri, №1. Bakı, 2018, səh. 47-52.
5. Həsənov R.H., Paşayev E.P., Bayramov S.Ş. Kür çayındakı su anbarlarının iş rejimi // “Ekologiya və Su Təsərrüfatı” jurnalı, №1. Bakı, 2017, səh. 25-32.
6. Həsənov R.H., Paşayev N.E. “Mingəçevir hidroqovşağının tikintisi və Kür-Araz düzənliyinin suvarılması” layihəsinin Azərbaycanın sosial-iqtisadi inkişafında rolu və mövcud vəziyyət // “Ekologiya və su təsərrüfatı” elmi-texniki və istehsalat jurnalı, №4. Bakı, 2015, səh. 43-52.
7. Həsənov R.H. Mingəçevir su anbarını layihə göstəricilərində işlədə bilirikmi? //

“Ecoenergetics” jurnalı, №2. Bakı, 2015, səh. 50-54.

8. Azərbaycan Respublikasının Prezidentinin rəsmi internet sahifəsi. İlham Əliyevin yanında su təsərrüfatının vəziyyətinə həsr olunmuş videoformatda müşavirə keçirilib. 23.07.2020. URL: <https://president.az/az/articles/view/39990>.

UOT: 551.48, 631.67

Həsənov F.H., Nəzərov Y.İ.
Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti
hidro.fh@mail.ru

Mingəçevir su anbarının 1954-2024-cü illərdə istismar dövründəki iş rejiminin təhlili

XÜLASƏ

Məqalədə Azərbaycan Respublikasının mühüm su təsərrüfatı və energetika obyekti olan Mingəçevir su anbarının 70 illik (1954-2024) istismar dövründə iş rejimi təhlil edilmişdir. Tədqiqatda su səviyyəsi və həcm göstəriciləri layihə limitləri ($H_{NSS}=83.0$ m, $H_{OHS}=66.0$ m) ilə müqayisə edilmiş, həmçinin 2016-2024-cü illərin aylıq məlumatları əsasında vegetasiya/suvarma dövründə daxilolma-buraxılış balans, su ehtiyatının mövsümi azalması və ümumi buraxılışların turbin-ekvivalent yüklənməsi qiymətləndirilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, suvarma dövründə buraxılışların daxilolmanı üstələdiyi illərdə anbar faydalı ehtiyatı hesabına işləyir və bu vəziyyət aşağı səviyyə zonalarında SES-in səmərəli hidravlik rejimini məhdudlaşdırır. Tədqiqatın sonunda adaptiv dispetçer idarəetməsi, real vaxt ölçmələri və FİƏ-nin faktiki enerji istehsalı göstəriciləri əsasında hesablanması üçün metodiki yanaşma təklif edilmişdir.

Açar sözlər: *Mingəçevir su anbarı, su balans, vegetasiya dövrü, turbin-ekvivalent*

yüklənmə, hidravlik basqı, faydalı iş əmsali, adaptiv idarəetmə.

UOT: 551.48, 631.67

Hasanov F.H., Nazarov Y.İ.
Azerbaijan University of
Architecture and Construction
hidro.fh@mail.ru

Analysis of the operation regime of the Mingachevir reservoir during the operational period of 1954-2024

ABSTRACT

The article analyzes the operation regime of the Mingachevir Reservoir, one of the important water management and energy facilities of the Republic of Azerbaijan, during its 70-year operation period from 1954 to 2024. In the study, water level and storage volume indicators were compared with the design limits ($H_{NWL}=83.0$ m, $H_{DSL}=66.0$ m). In addition, based on monthly data for 2016-2024, the inflow-outflow balance during the vegetation/irrigation period, the seasonal reduction of water reserves, and the turbine-equivalent loading of total releases were evaluated. It was determined that in the years when releases exceeded inflows during the irrigation period, the reservoir operated at the expense of its useful storage, which may limit the efficient hydraulic regime of the HPP in low-water-level zones. At the end of the study, a methodological approach is proposed for adaptive dispatcher management, real-time measurements, and the calculation of efficiency based on actual electricity generation indicators.

Keywords: *Mingachevir reservoir, water balance, irrigation season, turbine-equivalent loading, hydraulic head, efficiency, adaptive management.*

Məqaləyə AzMİU-nun “Meliorasiya və su təsərrüfatı tikintisi” kafedrasının dosenti S.A. Vəliyeva rəy vermişdir.

Redaksiyaya daxil olma/Received 04.06.2026

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 06.07.2026