

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2024-4-24-33.36>

FTAPM 37.27.03 37.27.31

ӨОЖ 551.46.062.1

С. Б. Саиров¹, А. Ғ. Елтай², Д. Б. Ракишев³, А. Қ. Құрманғалиева*⁴

¹ География ғылымдарының кандидаты, бас директорының бірінші орынбасары («Қазгидромет» РМК, Астана, Қазақстан; sairov_s@meteo.kz)

² PhD Каспий теңізінің гидрометеорологиялық зерттеулер басқармасының бастығы («Қазгидромет» РМК Ғылыми-зерттеу орталығы, Астана, Қазақстан; yeltay.aiz@gmail.com) ³ Гидрологиялық үдерістерді үлгілеу және гидрологиялық есептеулер басқармасының жетекші ғылыми қызметкері ("Қазгидромет" РМК, Астана, Қазақстан; rakishev_d@meteo.kz) ⁴*

Каспий теңізінің гидрометеорологиялық зерттеулер басқармасының жетекші ғылыми қызметкері («Қазгидромет» РМК Ғылыми-зерттеу орталығы, Астана, Қазақстан; kurmangalieva_a@meteo.kz)

КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ ҚАЗАҚСТАНДЫҚ БӨЛІГІНДЕГІ ДЕҢГЕЙІНІҢ ӨЗГЕРУ ДИНАМИКАСЫ

Аннотация. Соңғы жылдары Каспий теңізінің деңгейінің біртіндеп төмендеуі бақыланады. 2023 жылы теңіз деңгейі солтүстік-шығыста минус 28,7 м және шығыста минус 29,04 м жетті. Теңіз деңгейінің қазақстандық бөлігіндегі жыл сайынғы төмендеуі 8 см-ге жетеді. Деңгейдің өзгеруінің негізгі факторы – теңізге құятын өзен сулары, оның көп бөлігі Еділ өзенінен келеді. Каспийға құятын басты өзендердің көпжылдық орташа су көлемін талдауы ағынның 86,1% Еділ өзеніне, 5,1% Кура өзеніне, 2,9% Жайық өзеніне, 2,4% Терек өзеніне және 3,5% қалған өзендерге тиесілі екенін көрсетті. Теңіздің жылдық орташа деңгейінің және оған құятын өзендердің су көлемінің мәндері статистикалық байланысқа ие емес, алайда олардың өзгеру динамикасы синхронды жүріске ие, бұл өзен суларының көпжылдық сипаттағы теңіз деңгейінің өзгеру тенденциясына әсерін көрсетеді.

Түйін сөздер: Каспий, деңгейлік режим, Еділ, Жайық, үрдіс.

Кіріспе. Каспий теңізі және оның су жинау алабы Каспий маңы аймағының халқы, өнеркәсібі, туризмі және басқа да әлеуметтік-экономикалық аспектілері үшін маңызды рөл атқарады [1, 2].

Географиялық орналасуына және Дүниежүзілік мұхиттан оқшаулануына байланысты Каспий теңізінің деңгейі айтарлықтай көпжылдық, жыл аралық және маусымдық ауытқуларға ұшырайды [2-4], бұл оны қоректендіретін өзендерге [5-8], оның бассейнінде жауын-шашынға [2, 7, 8] және су бетінен булануға қатты тәуелді. Каспий теңізінің бассейніндегі булану жауын-шашын мөлшерінен едәуір асып түседі [9]. Алайда, Еділ өзенінің бассейнінде жауын-шашынның үлкен өзгергіштігіне байланысты қазіргі уақытта Каспий теңізі деңгейінің болашақ дамуы туралы мәлімдеме жасау мүмкін емес [10].

Қазіргі уақытта Еділ мен Жайық ағындары жылдық цикл шегінде су қоймаларымен реттеледі [11, 12].

Қазақстанда өзендер ағынына антропогендік жүктемелердің ұлғаюымен қатар климаттық өзгерістердің әсері де байқалады. Қазақстан үшін орташа жылдық ауа температурасының көтерілу жылдамдығы 10 жылда 0,32⁰С құрады [13]. 2022 жылы орташа жылдық ауа температурасы климаттық нормадан (1961-1990) 1,78⁰С жоғары болды, ал Атырау облысы үшін бұл өте жылы жылдардың 5%-ына енді [14].

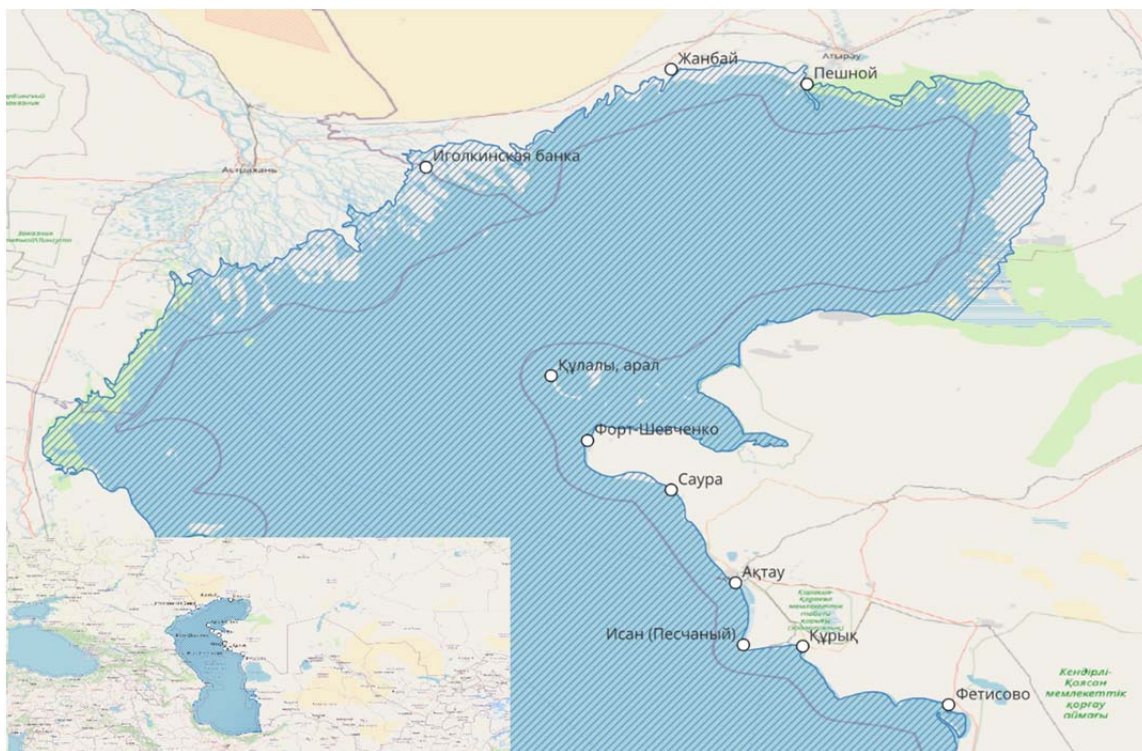
Ұзақ мерзімді деңгейді болжаудың әртүрлі зерттеулерінің нәтижелері 2030 жылға қарай деңгейдің ең ықтимал позициясы БЖ бойынша минус 28,4 м – минус 28,9 м [15] немесе БЖ бойынша минус 29,23 м - минус 29,63 м [16] шегінде болатынын көрсетті, теңіз деңгейінің тұрақтануы -30,0 м белгісі шамасында, теңіздің Қара-Боғаз-Көл шығанағымен гидрологиялық байланысы бұзылған кезінде болады [17].

Каспий теңізі деңгейінің одан әрі болжамды төмендеуі қазіргі кезде Каспий теңізінің неғұрлым осал қазақстандық бөлігінің гидрологиялық жағдайын бағалау қажеттілігіне алып келеді.

Бұл жұмыстың мақсаты Каспий теңізінің қазақстандық бөлігі деңгейінің өзгеру динамикасын зерттеу болып табылады.

Материалдар мен әдістер. Бес мемлекеттің (Ресей Федерациясы, Қазақстан Республикасы, Түрікменстан, Ислам республикасы Иран, Әзірбайжан Республикасы) жағалауы маңында орналасқан Каспий теңізі - жер бетіндегі ең ірі құрлықшілік ағынсыз су қоймасы, оның деңгейі Дүниежүзілік мұхиттан 28 м төмен. Каспий шамамен жыл сайын $270-300 \text{ км}^3$ су жеткізетін 130-дан астам ірі және кіші өзендердің суларымен қоректенеді. Судың ең көп мөлшері Ресей аумағынан Еділ, Терек, Сулак және Самур арқылы келеді, Самур Әзірбайжан Республикасымен шекара өзен болып табылады. Еділ өзені жылына орташа 270 км^3 су әкеліп, теңіздің беткі ағынының шамамен 80% құрайды [2, 4]. Қазақстан аумағынан екінші ірі сала – Жайық (Урал) өзені теңізге құяды, оның су режимі жоғары көктемгі су тасқынымен және сирек жауын-шашын тасқыны бар су аз кезеңімен сипатталады [19-21].

Жұмыста пайдаланылатын ақпараттық база "Қазгидромет" РМК Атырау (Иголкинская банка, Жанбай, Пешной) және Маңғыстау облыстарында (Құлалы аралы, Форт-Шевченко, Саура, Ақтау, Песчаный, Құрық, Фетисово) орналасқан 10 теңіз станциялары мен бекеттеріндегі мониторинг деректеріне негізделген (1-сурет) [22]. Теңізге құятын ірі өзендердің су көлемі туралы ақпарат КАСПКОМ сайтынан алынды [23].



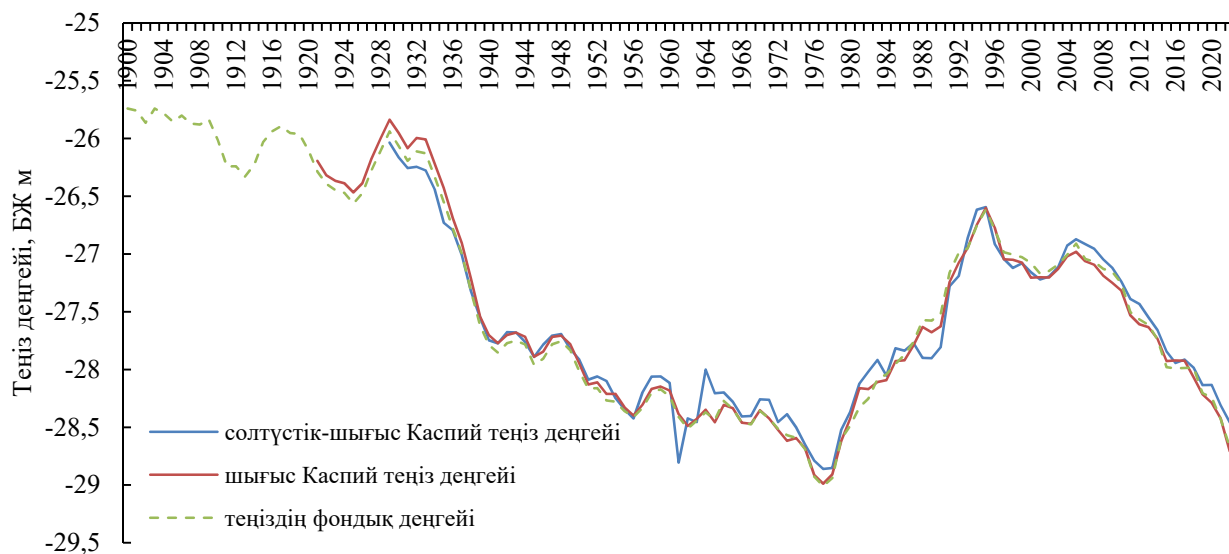
1-сурет – Қазақстандағы теңіз станциялары мен бекеттерінің бақылау желісі

Figure 1 – Observational network of marine stations and posts in Kazakhstan

Каспий теңізі деңгейі туралы ең сенімді мәліметтер 1900 жылдан бастап бар, ал Қазақстандағы теңіз бөлігінде жүйелі бақылаулар 1921 жылы Форт-Шевченкодa басталды. Теңіздің солтүстік бөлігі үшін теңіз деңгейінің ұзақ мерзімді ауытқуы Жанбай, Пешной, Құлалы аралдарының мәліметтері бойынша, теңіздің орта бөлігі үшін Форт-Шевченко, Ақтау, Фетисово деректері бойынша есептеледі.

Каспий теңізінің деңгейлік режимінің динамикасын талдау статистикалық есептеу әдістері, оның ішінде жұптық корреляциялық есептеулер негізінде жүргізілді.

Нәтижелер мен талдаулар. 1900-2023 жылдар аралығында Каспий теңізінің фондық деңгейі орта есеппен БЖ бойынша минус 27,35 м шамасында ауытқып отырды. Теңіздің қазақстандық бөлігіндегі орташа деңгейі солтүстік-шығыста БЖ бойынша -27,70 м (1929-2023 жж.), шығыста БЖ бойынша -27,62 м (1921-2023 жж.) құрады. Теңіздің қазақстандық бөлігі деңгейінің өзгеру динамикасы Каспий теңізінің фондық деңгейімен ұқсас жүріске ие (2-сурет).



2-сурет – 1900-2022 жылдар аралығындағы Каспий теңізі деңгейінің орташа жылдық динамикасы

Figure 2 – The average annual course of the Caspian Sea level for 1900-2022

1930-1977 жылдар аралығында байқалған деңгейдің үздіксіз төмендеуі теңіздің солтүстік-шығыс бөлігі үшін 2,7 м, шығыс бөлігі үшін 3,0 м құрады.

1977 жылы теңіз деңгейі барлық бақылау кезеңіндегі ең төменгі нүктесіне жетті және фондық мәндер бойынша минус 29,01 м, солтүстік шығыста БЖ бойынша -28,86 м, шығыста БЖ бойынша -28,99 м құрады. Ұзаққа созылған теңіз деңгейінің бұл төмендеуі Каспий теңізі бассейніндегі өзен ағынына қарқынды антропогендік әсермен байланысты, ол 30-жылдардың ортасынан басталып, әсері 1950 жылдары айтарлықтай байқалды. 1970 жылдардың басында бассейнінің барлық ірі өзендері су ағыны реттелді [2]. Су деңгейінің күрт төмендеуіне байланысты жағалаулардың қайта қалыптасу процестері, теңіз түбінің құрғауы, аймақтың шөлейттенуі орын алды, бұл гидротехникалық және порт құрылыстарының жұмысының нашарлауына әкелді [24, 25].

1978 жылы заманауи қарқынды су деңгейінің көтерілуі басталып, 1996 жылға дейін жалғасты. Осы уақыт ішінде солтүстік-шығыста теңіз деңгейі 2,26 м-ге, шығыста 2,31 м-ге, ал теңізде орташа есеппен 2,5 м-ге көтеріліп, 1995 жылға қарай минус 26,62 м-ге жетті (1-кесте). Осы кезеңдегі деңгейдің көтерілуінің орташа қарқындылығы жылына шамамен 14 см құрады, ал кейбір жылдары 36 см-ге дейін жетті. Теңіз деңгейінің ең қарқынды көтерілуі 1979 жылы (0,31 м), 1990 жылы (0,36 м), 1991 жылы (0,29 м) және 1994 жылы (0,28 м) байқалды. Теңіз деңгейінің көтерілуінің салдары жағалау аймақтарының су басуымен, өзен атырауларына желкөтерменің еркін ену жағдайларымен, сондай-ақ өзен ағысының бөгелуімен және тасқын кезінде су басу аумақтарының ұлғаюымен байланысты. 1-кестеде Каспий теңізінің қазақстандық бөлігінде деңгейінің өзгеру кезеңдері мен қарқындылығы көрсетілген.

1-кесте – Өр түрлі кезеңдердегі Каспий теңізі деңгейінің өзгеру қарқындылығы

Table 1 – Intensity of changes in the level of the Caspian Sea in different periods

Төмендеу			Көтерілу		
Кезең	Айырмашылық		Кезең	Айырмашылық	
	солт-шығыс	шығыс		солт-шығыс	шығыс
1930-1977	2,7 (-28,86)	3 (-28,99)	1926-1929	–	0,35 (-25,84)
1930-1941	1,61 (-27,77)	1,82 (-27,77)	1978-1995	2,26 (-26,59)	2,31 (-26,60)
1942-1956	0,74 (-28,4)	0,7 (-28,40)	2003-2005	0,24(-26,87)	0,15(-26,98)
1957-1970	Деңгейдің тұрақтануы				
1971-1977	0,60 (-28,86)	0,57(-28,99)			
1996-2002	0,28(-27,19)	0,43(-27,20)			
2006-2023	1,79 (-28,7)	1,98 (-29,04)			

1996 жылы теңіз деңгейінің төмендеуі байқалды, ол негізінен Еділ бассейніндегі судың аздығымен байланысты, Еділ өзені-Верхнелебяжье су көлемі 273 км^3 -тен (1995 ж.) 176 км^3 -ке дейін төмендеді.

2023 жылы деңгей теңіз бойынша орта есеппен минус 28,87 м-ге, солтүстік-шығыста -28,7 м және шығыста -29,04 м дейін төмендеді.

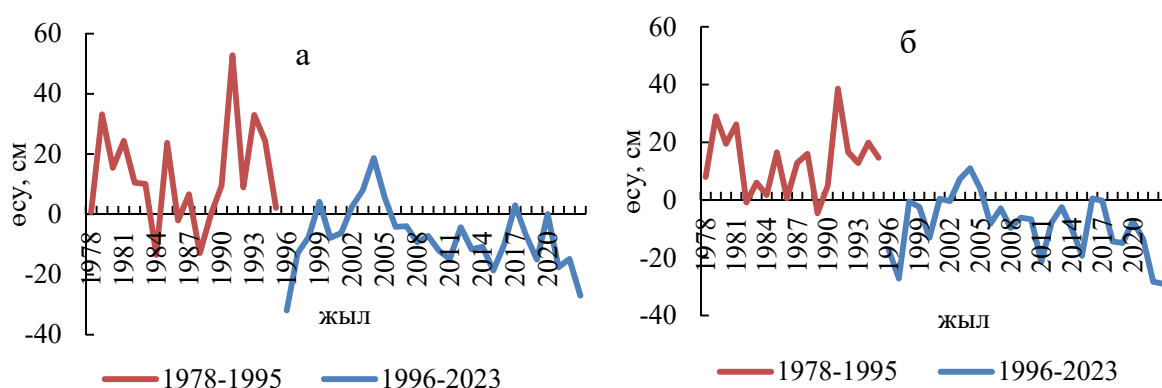
Жалпы, соңғы 45 жылда Каспий теңізі деңгейінің өзгеруінен екі кезеңді ажыратуға болады:

1) кенет көтерілу – 1978-1995 жж.;

2) баяу төмендеу – 1996-2023 жж.

Аталған екі кезеңнің арасындағы айқын айырмашылық деңгейдің өсу кестесінде байқалады (3-сурет).

1978-1995 жылдары су деңгейінің көтерілуі, әдетте, оң көрсеткішке ие болды, ал кейінгі жылдары – теріс мәнге ие. Графиктен теңіздің су режимінің өзгерістері секірмелі сипатта болғаны көрінеді. Каспийдің әртүрлі аудандарындағы теңіз деңгейінің өсу мәндері бірдей. 1978-1995 жылдары деңгейдің орташа көтерілуі 13 см болды, ал ауытқулар 36 см-ге дейін жетті, 1996-2022 жылдары орташа төмендеу минус 8 см болып, ауытқулар 28 см-ге дейін болды.



3-сурет – Каспий теңізі деңгейінің әртүрлі аймақтардағы өзгеріс динамикасы: *a* – солт-шығыс; *b* – шығыс

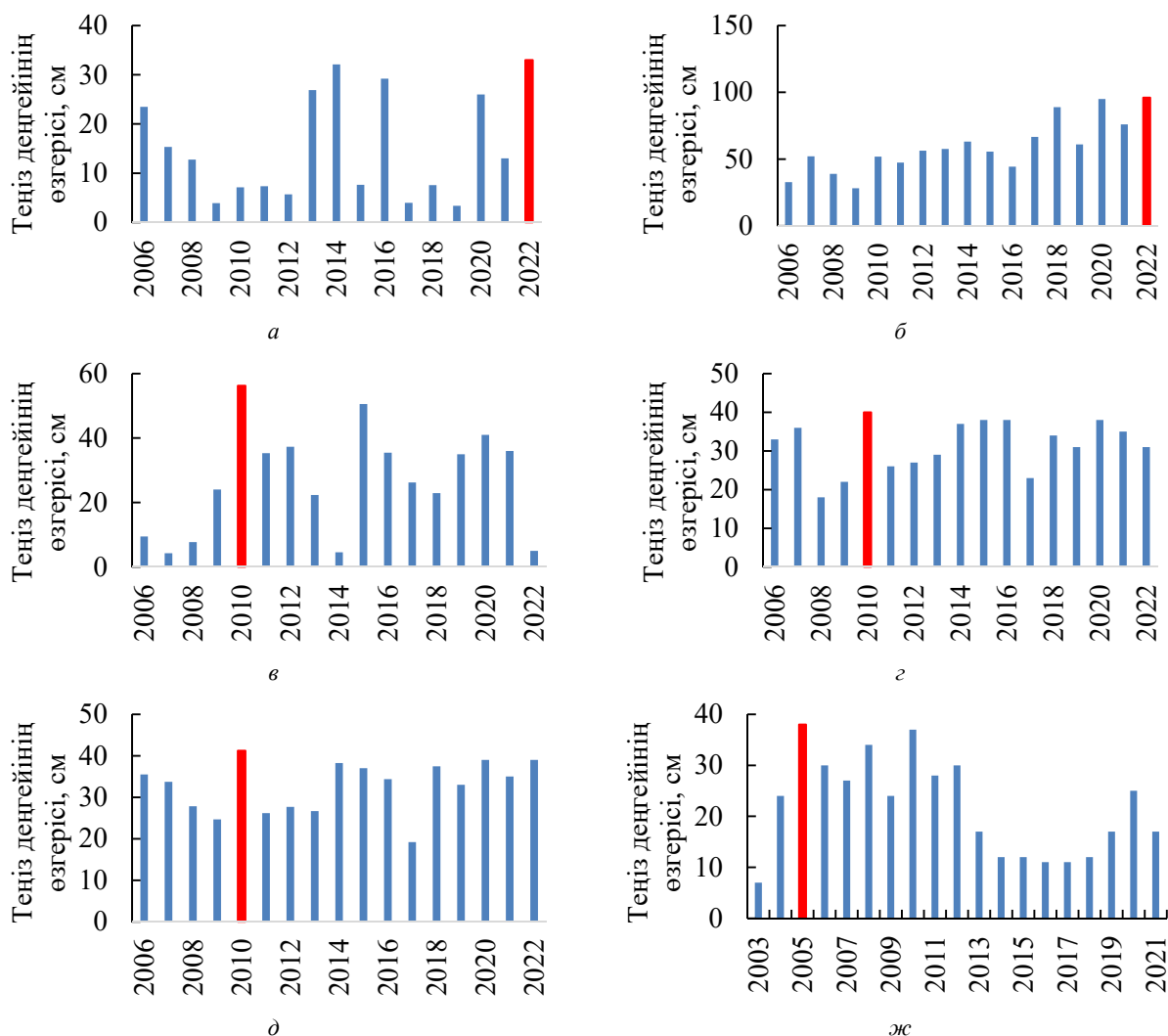
Figure 3 – Changes in increments of the Caspian Sea level in different areas: *a* – northeast; *b* – east

Алайда, теңіздің солтүстік-шығыс бөлігінде дауылды желдің әсер ету факторлары маңызды рөл атқаратынын атап өткен жөн, өйткені бұл аймақ теңіз деңгейінің қысқа мерзімді желкөтерме-желшегерме тербелістерінің пайда болуына бейім [26, 27].

Қазақстандық станциялардың деректерін талдау 2006 жылдан бастап теңіз деңгейінің қазіргі төмендеу кезеңінде, 2022 жылы, Солтүстік Каспийде ең үлкен маусымдық теңіз деңгейі өзгерісі Жанбай станциясында (33 см) және Пешной станциясында (96 см) тіркелгенін көрсетті. Құлалы аралының маңында жыл ішіндегі деңгейдің ең үлкен өзгерісі 56 см болды. Орта Каспийде теңіз деңгейінің ең үлкен маусымдық өзгерістері 2010 жылы тіркелді: Форт-Шевченкодa – 40 см, Ақтауда – 41 см, ал Фетисово маңында 2005 жылы маусымдық өзгерістер шамамен 38 см болды (4-сурет).

Деңгейдің ауытқуы бірнеше факторларға байланысты болуы мүмкін: антропогендік әрекет, климаттың өзгеруінің әсері, геологиялық-тектоникалық үдерістер.

Теңізге құятын ең ірі 9 өзен: Әзірбайжанда – Кура, Ресейде – Еділ, Терек, Сулак, Қазақстанда – Жайық (Урал), Иранда – Полруд, Чалус, Хараз, Сефидруд секілді кіші өзендер [23] (2-кесте).



4-сурет – Каспий теңізінің қазақстандық бөлігіндегі бақылау пункттерінің деректері бойынша теңіз деңгейінің маусымдық өзгеру шамасы: а – Жанбай; б – Пешной; в – Құлалы аралы; г – Форт-Шевченко; д – Актау; ж – Фетисово

Figure 4 – Value of seasonal sea level change according to observation points in the Kazakhstan part of the Caspian Sea: a – Zhanbay; b – Peshnoy; c – Kulaly; d – Fort-Shevchenko; e – Aktau; g – Fetisovo

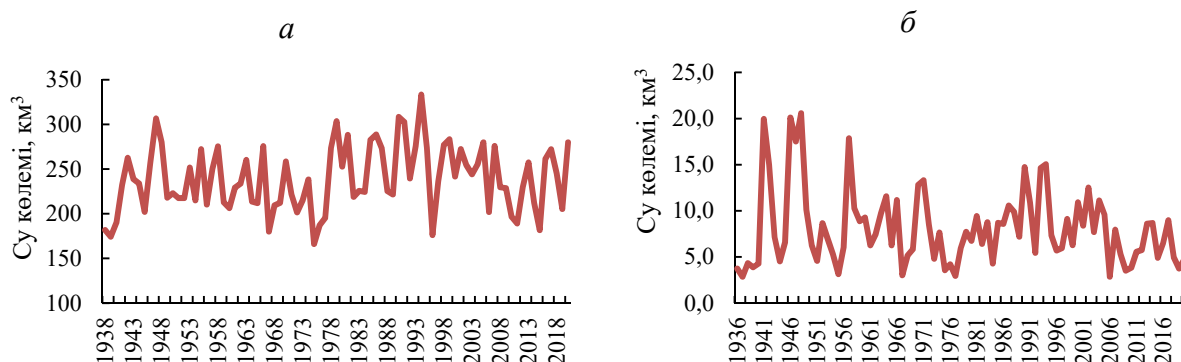
2-кесте – Каспий теңізінің негізгі өзендерінің сипаттамалары

Table 2 – Characteristics of the main rivers of the Caspian Sea

Бақылау пункті	Бақылау кезеңі	Көпжылдық орташа су көлемі, км ³	Максималды су көлемі, км ³	Судың максималды көлемі байқалатын басым ай
Кура өз. – Сальяны қ.	1946-2018 жж.	14,2	8,67 (1953 ж.)	Мамыр (51,3%)
Еділ өз. – Верхнелебяжье а.	1938-2020 жж.	238,6	75,0 (1947 ж.)	Мамыр (73,5%)
Терек өз. – Карғалы а.	1965-2020 жж.	6,78	2,30 (2016 ж.)	Шілде (45,3%)
Сулак өз. – Сулак а.	1976-2020 жж.	4,75	1,24 (1990 ж.)	Шілде (24,4%)
Жайық өз. – Махамбет а.	1936-2020 жж.	8,05	9,40 (1957 ж.)	Мамыр (85,7%)
Полруд өз. – Туллат а.	1957-2019 жж.	0,47	0,20 (2007 ж.)	Сәуір (58,7%)
Чолус өз. – Поле Зогхал а.	1950-2019 жж.	0,41	0,20 (1992 ж.)	Мамыр (67,1%)
Хараз өз. – Коре Санг а.	1951-2019 жж.	0,96	0,49 (1969 ж.)	Мамыр (85,3%)
Севидруд өз. – Поле Астане а.	1959-2019 жж.	3,04	1,99 (1969 ж.)	Сәуір (34,5%)

Қарастырылып отырған өзендердің көпжылдық орташа су көлемін талдау көрсеткендей, ағынның 86,1% Еділ өзеніне, 5,1% Кура өзеніне, 2,9% Жайық өзеніне, 2,4% Терек өзеніне және 3,5% қалған өзендерге тиесілі. Каспий теңізінің қарастырылып отырған қазақстандық бөлігі үшін Еділ, Жайық өзендерінен келетін су мөлшері ерекше маңызды. Алайда, осы өзендердегі судың көпжылдық орташа жылдық көлемдері мен теңіз деңгейінің өзгерісі арасында статистикалық байланыс жоқ, корреляция коэффициенті 0,5-тен төмен.

5-суретте көпжылдық орташа су көлемінің динамикасы көрсетілген. Еділ өзенінде – Верхне-лебяжье станциясында 1938 жылдан 1976 жылға дейін су көлемінің төмендеу тенденциясы байқалып, орташа мәні 227 км³ құрады. Бұл кезеңді суы мол кезең (1977-1995 жылдар) алмастырды, онда орташа мән 264 км³ құрады, ал 1996 жылдан 2020 жылға дейін орташа су көлемі төмендеп, 239 км³ маңында болды. Жайық өзені – Махамбет станциясындағы 1936-2020 жылдар аралығындағы су көлемінің динамикасы төмендеу тенденциясын көрсетеді. Сондай-ақ, 1977-1994 жылдар аралығында су көлемінің арту кезеңі болғанын атап өтуге болады.

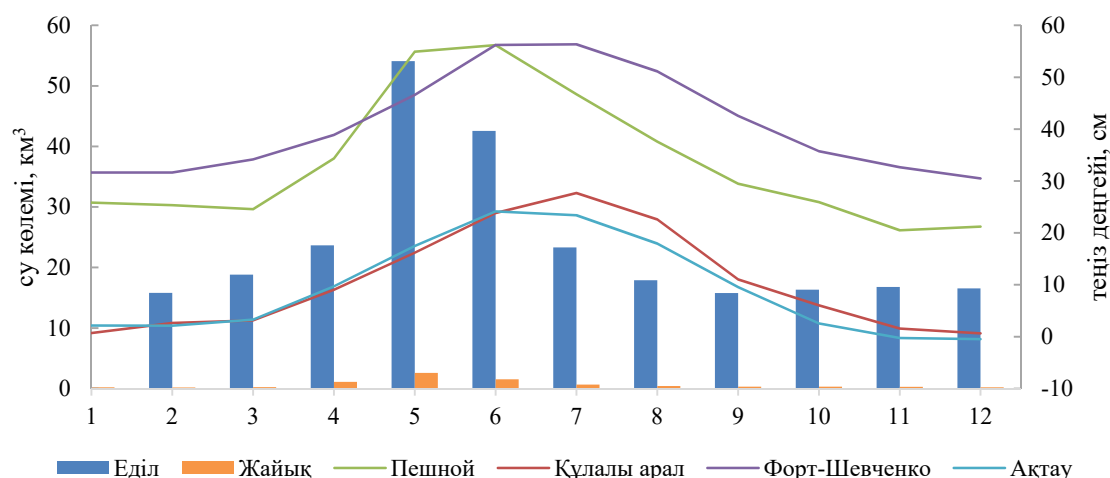


5-сурет – Өзендердегі су көлемінің өзгеру динамикасы: а – Еділ; б – Жайық

Figure 5 – Dynamics of water volume changes on the rivers: a – Volga; b – Zhaiyk

Өзендердегі су көлемінің жыл ішіндегі динамикасы олардың су режимі айқын көрінетін көктемгі тасқынмен (сәуір-мамыр), жаңбырлы тасқандармен бұзылатын жаз-күздегі су аз кезеңімен (шілде-қараша), және тұрақты қысқы су аз кезеңімен (желтоқсан-наурыз) сипатталатынын көрсетті.

Каспий теңізі бассейніндегі өзендердің орташа көпжылдық су көлемінің жыл ішіндегі динамикасы және оны теңіз деңгейінің өзгерісімен салыстыру көрсеткендей, су көлемінің ең жоғары мәндері теңіз деңгейінің ең үлкен мәндерінен жыл ішіндегі мерзімдері бойынша ерекшеленеді (6-сурет, 2-кесте). Су көлемінің ең жоғары көрсеткіштері негізінен сәуір, мамыр және шілде айларында байқалады.



6-сурет – Теңіз деңгейі мен Еділ және Жайық өзендерінің су көлемінің жыл ішіндегі динамикасы

Figure 6 – Intra-annual variation of sea level and volume of the Volga and Zhaiyk rivers

Каспий теңізінің қазақстандық бөлігіндегі жекелеген бақылау пунктері бойынша теңіз деңгейінің жыл ішіндегі өзгеріс динамикасы көрсеткендей, теңіз деңгейінің ең жоғары көрсеткіштері жылы кезеңде байқалады: Пешнойда мамырда (37,2%) және маусымда (38,5%), Құлаалы аралында маусымда (40,5%) және шілдеде (49,4%), Форт-Шевченко шілдеде (61,5%), Ақтауда маусымда (56,7%). 5-суретте көрсетілген теңіз деңгейінің жыл ішіндегі динамикасы Пешной теңіз станциясы ауданында Еділ және Жайық өзендерінің су көлемімен ең ұқсас екенін көрсетті. Бұл, ең алдымен, Пешной станциясының Жайық өзенінің теңізге құяр жерінде орналасуымен байланысты. Алайда, Каспийдегі басқа бақылау пункттері өзендерден келетін су көлемімен мұндай сызықтық байланысқа ие емес. Каспий теңізіне құятын көптеген өзендердің ағысының кеңістіктік өзгергіштігі олардың теңізге қарай ағуының азаюымен байланысты, бұл жайылма алқаптарды суландыру, тұйық аудандарды толтыру, сондай-ақ булану мен фильтрация шығындардың қажеттілігімен түсіндіріледі [29].

Қорытынды. Қазақстанның экономикалық дамуы үшін, бірінші кезекте елдің батысы үшін Каспий теңізі маңызды рөл атқарады. Теңіз деңгейінің жүйелі көпжылдық, жыларалық, жыл ішіндегі өзгерістерге ұшырауы оның жағдайын жақсарту үшін оңтайлы шешім қабылдау үшін тұрақты мониторингті, ғылыми-зерттеу, талдау жұмыстарын жүргізуді талап етеді.

1900 жылдан бүгінгі күнге дейін Каспий теңізінің деңгейі климаттың өзгеруі, шаруашылық әсер және тектоникалық процестер сияқты бірнеше факторлармен байланысты түрлі өзгерістерге ұшырады. 2006 жылдан бастап Каспий теңізінің деңгейі 1,83 м-ге төмендеді. Мемлекеттік океанография институтының деректеріне сәйкес, осы уақыт ішінде су бетінің ауданы 31 мың км²-ге, яғни 392,3 мың км²-ден 361,3 мың км²-ге дейін қысқарды.

Өзен суларының ағыны теңіз гидрологиялық процестерінде маңызды рөл атқарады, теңіздің және оның жекелеген бөліктерінің су балансына, деңгей режиміне, тұзсыздандыру процестеріне, теңіз ағындарының сипатына, гидрохимиялық және биологиялық процестерге және т. б. әсер етеді.

Каспий теңізінің (Еділ, Жайық) негізгі қоректендіруші өзендеріндегі су көлемінің мәні теңіз деңгейінің өзгеруімен статистикалық байланысы жоқ, алайда олардың өзгеру динамикасы жалпы фазалық бағытқа ие. Бұл факт орта есеппен Каспий теңізі деңгейінің көпжылдық ауытқу тенденциясына өзен суларынан ағынның әсер ететіндігін көрсетеді.

Қаржыландыру. Мақала ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитетінің қолдауымен BR21882122 "Жасыл даму контекстінде Батыс Қазақстан өңірінің табиғи-шаруашылық және әлеуметтік-экономикалық жүйелерінің тұрақты дамуы: кешенді талдау, тұжырымдама, болжамдық бағалау және сценарийлер" жобасы шеңберінде дайындалды.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Каспийское море. Состояние окружающей среды, 2019. [Электронный ресурс]. URL: https://gridarendal-website.live.s3.amazonaws.com/production/documents/s_document/544/original/SoeCaspian2019_rus_lores.pdf?1592816857 (дата обращения 15.02.2024)
- [2] Нестеров Е. С. Водный баланс и колебания уровня Каспийского моря. Моделирование и прогноз. – М.: Триада, 2016. – 378 с.
- [3] Каспийское море: Гидрология и гидрохимия. – М.: Наука, 1986. – 261 с.
- [4] Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 6. Каспийское море. Вып. 1 / Под ред. Ф. С. Терзиева, А. Н. Косарева, А. А. Керимова. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – С. 358-359.
- [5] Будыко М. И., Ефимова Н. А., Лобанов В. В. Будущий уровень Каспийского моря // Метеорология и гидрология. – 1988. – № 5. – С. 86-94.
- [6] Голицын Г. С., Раткович Д. Я., Фортус М. И., Фролов А. В. О современном подъеме уровня Каспийского моря // Водные ресурсы. – 1998. – Т. 25, № 2. – С. 133-139.
- [7] Панин Г. Н., Мамедов Р. М., Митрофанов И. В. Современное состояние Каспийского моря. – СПб.: Наука, 2005. – 356 с.
- [8] Фролов А. В. Моделирование многолетних колебаний уровня Каспийского моря: теория и приложения. – М.: ГЕОС, 2003. – 174 с.
- [9] Samant R., Prange M. Climate-driven 21st century Caspian Sea level decline estimated from CMIP6 projections. *Commun Earth Environ* 4, 357. 2023. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-01017-8>
- [10] Arpe K., Leroy S. The Caspian Sea Level forced by the atmospheric circulation, as observed and modelled // *Quaternary International Volumes* 173–174, October–November 2007, Pages 144-152.
- [11] Магрицкий Д. В., Кенжебаева А. Ж., Сивохип Ж. Т., Павлейсик В. М. Научно-прикладное изучение стока рек в бассейне Урала в XX в. – начале XXI в. Ч. 2. Трансграничное водопользование и водный режим устья Урала // Вопросы степеведения. – 2023. – № 2. – С. 17-42. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-2-17-42

- [12] Большая Российская энциклопедия. [Электронный ресурс]. URL: <https://bigenc.ru/c/volga-9bf6d0> (дата обращения 20.12.2023)
- [13] Восьмое Национальное Сообщение и Пятый Двухгодичный Доклад Республики Казахстан Рамочной конвенции ООН об изменении климата. – Астана, 2022. – 493 с.
- [14] Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2022 год. – Астана, 2023. – 75 с.
- [15] Абузяров З. К. К вопросу о сверхдолгосрочном прогнозировании уровня Каспийского моря // Труды гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. – 2011. – № 345. – С. 23-36.
- [16] Ivkina N. I., Galayeva A. V. Assessment of fluctuations in the Caspian sea level under the influence of climate change for the future until 2050 // Гидрометеорология и экология. – 2021. – № 1. – С. 70-77.
- [17] Островская Е. В., Татарников В. О. К вопросу о причинах падения уровня Каспийского моря в современный период // Астраханский вестник экологического образования. – 2023. – № 5(77). – С. 4-12.
- [18] ЕСИМО. [Электронный ресурс]. URL: <http://esimo.oceanography.ru/> (дата обращения 25.01.2024).
- [19] Ивкина Н. И., Галаева А. В., Саиров С. Б., Долгих С. А., Смирнова Е. Ю. Оценка годового стока реки Жайык (Урал) в створе у с. Кушум на перспективу до 2050 г. С учетом изменения климата // Гидрометеорология и экология. – 2020. – № 3(98). – С. 52-69.
- [20] Смагулов Ж. К., Баспакова Г. Р. Внутригодовые изменения стока реки Жайык и его основных притоков // География и водные ресурсы. – 2021. – № 3. – С. 38-44.
- [21] Бурлибаев М. Ж., Бурлибаева Д. М. О современном состоянии гидролого-гидрохимического режима реки Жайык // Гидрометеорология и экология. – 2022. – № 3. – С. 22-30.
- [22] Ежегодные данные о режиме Каспийского моря, 2011. – Астана, 2023. – С. 59.
- [23] КАСПКОМ. [Электронный ресурс]. URL: caspscom.com/index.php?lang=1&proj=6 (дата обращения 25.01.2024).
- [24] Ивкина Н. И., Терехов А. Г., Наурызбаева Ж. К. Колебания уровня Каспийского моря и диагностика современных изменений положения береговой линии по спутниковым данным landsat периода 2005...2015 годов // Гидрометеорология и экология. – 2015. – № 2(77). – С. 28-35.
- [25] Ивкина Н. И., Елтай А. Ф., Бьорн Клове, Садуокасова М. Т., Шенбергер И. В., Шишкина Г. М. Колебания уровня и их влияние на нефтяное загрязнение Казахстанского сектора Каспийского моря // Гидрометеорология и экология. – 2020. – № 2(97). – С. 62-72.
- [26] Ивкина Н. И., Васенина Е. И., Елтай А. Ф. Сгонно-нагонные явления в северо-восточной части Каспийского моря в современных условиях // Гидрометеорология и экология. – 2019. – № 2(93). – С. 77-85.
- [27] Ивкина Н. И. Сгонно-нагонные явления в устьевой зоне казахстанского сектора Каспийского моря // Труды Государственного океанографического института. – 2014. – № 2013. – С. 278-290.
- [28] Селезнев В. А. Изменение водности реки Волги за последние шестьдесят лет // Устойчивое развитие, инновации и «зеленые» экономика и технологии: III Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, посвященная 90-летию СГЭУ. – 2021. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenenie-vodnosti-reaki-volgi-zaposlennie-shestdesyat-let> (дата обращения: 06.03.2024).
- [29] Устья рек Каспийского региона: история формирования, современные гидролого-морфологические процессы и опасные гидрологические явления / Под ред. В. Н. Михайлова. – М.: ГЕОС, 2013. – 703 с.

REFERENCES

- [1] Caspian Sea. State of the Environment, 2019. [Electronic resource]. URL: https://gridarendal-website-live.s3.amazonaws.com/production/documents/s_document/544/original/SoeCaspian2019_rus_lores.pdf?1592816857 (date of the application: 15.02.2024).
- [2] Nesterov E.S. Water balance and Caspian Sea level fluctuations. Modeling and Forecasting. M.: Triad, 2016. 378 p. (in Russ.).
- [3] Caspian Sea: Hydrology and Hydrochemistry. M.: Nauka, 1986. 261 p. (in Russ.).
- [4] Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas. Vol. 6. Caspian Sea. Vol. 1 / Edited by F. S. Terziev, A. N. Kosarev, A. A. Kerimov. SPb.: Gidrometeoizdat, 1992. P. 358-359 (in Russ.).
- [5] Budyko M. I., Efimova H. A., Lobanov V. V. Future level of the Caspian Sea // Meteorology and Hydrology. 1988. № 5. P. 86-94 (in Russ.).
- [6] Golitsyn G. S., Ratkovich D. Ya., Fortus M. I., Frolov A. V. About modern Caspian Sea level rise // Water Resources. 1998. Vol. 25, № 2. P. 133-139 (in Russ.).
- [7] Panin G. N., Mamedov R. M., Mitrofanov I. V. Modern State of the Caspian Sea. SPb.: Nauka, 2005. 356 p. (in Russ.).
- [8] Frolov A. V. Modeling of multiyear fluctuations of the Caspian Sea level: theory and applications. M.: GEOS, 2003. 174 p. (in Russ.).
- [9] Samant R., Prange M. Climate-driven 21st century Caspian Sea level decline estimated from CMIP6 projections. Commun Earth Environ 4, 357, 2023. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-01017-8>
- [10] Arpe K., Leroy S. The Caspian Sea Level forced by the atmospheric circulation, as observed and modelled // Quaternary International. Vol. 173–174, October–November 2007. P. 144-152.
- [11] Magritsky D. V., Kenzhebaeva A. J., Sivohip J. T., Pavleysik V. M. Scientific and applied study of river runoff in the Ural basin in the twentieth century. Early XXI century. Part 2. Transboundary water use and water regime of the Ural estuary // Voprosy steppeovedeniya. 2023. No 2. P. 17-42. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-2-17-42 (in Russ.).
- [12] Big Russian Encyclopedia. [Electronic resource]. URL: <https://bigenc.ru/c/volga-9bf6d0> (date of the application: 20.12.2023) (in Russ.).

- [13] Eighth National Communication and Fifth Biennial Report of the Republic of Kazakhstan to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Astana, 2022. 493 p. (in Russ.).
- [14] Annual bulletin of monitoring of the state and climate change of Kazakhstan: 2022. Astana, 2023. 75 p. (in Russ.).
- [15] Abuzyarov Z. K. To the question of ultra-long-term forecasting of the Caspian Sea level // Proceedings of the Hydrometeorological Research Center of the Russian Federation. 2011. № 345. P. 23-36 (in Russ.).
- [16] Ivkina N. I., Galayeva A. V. Assessment of fluctuations in the Caspian sea level under the influence of climate change for the future until 2050 // Hydrometeorology and ecology. 2021. № 1. P. 70-77.
- [17] Ostrovskaya E. V., Tatarnikov V. O. To the question about the causes of the Caspian Sea level drop in the modern period // Astrakhan Bulletin of Environmental Education. 2023. № 5(77). P. 4-12 (in Russ.).
- [18] ESIMO. [Electronic resource]. URL: <http://esimo.oceanography.ru/> (date of the application: 25.01.2024).
- [19] Ivkina N. I., Galaeva A. V., Sairov S. B., Dolgikh S. A., Smirnova E. Y. Assessment of the annual flow of the river Zhaiyk (Ural) at the site near the village of Kushum for the future up to 2050. Taking into account climate change // Hydrometeorology and Ecology. 2020. № 3(98). P. 52-69 (in Russ.).
- [20] Smagulov J. K., Baspakova G. R. Intra-annual changes in the flow of the Zhaiyk River and its main tributaries // Geography and Water Resources. 2021. № 3. P. 38-44 (in Russ.).
- [21] Burlibaev M. J., Burlibaeva D. M. On the current state of the hydrological and hydrochemical regime of the river Zhaiyk // Hydrometeorology and ecology. 2022. № 3. P. 22-30 (in Russ.).
- [22] Annual data on the Caspian Sea regime, 2011. Astana, 2023. 59 p. (in Russ.).
- [23] CASPCOM. [Electronic resource]. URL: caspcom.com/index.php?lang=1&proj=6 (date of the application: 25.01.2024).
- [24] Ivkina N. I., Terekhov A. G., Naurozbayeva Zh. K. Caspian Sea level fluctuations and diagnostics of modern changes in the coastline position based on satellite data of the period 2005...2015 // Hydrometeorology and ecology. 2015. № 2(77). P. 28-35 (in Russ.).
- [25] Ivkina N. I., Yeltay A. G., Bjorn Klove, Saduokasova M. T., Shenberger I. V., Shishkina G. M. Level fluctuations and their impact on oil pollution of the Kazakhstan sector of the Caspian Sea // Hydrometeorology and ecology. 2020. № 2(97). P. 62-72 (in Russ.).
- [26] Ivkina N. I., Vasenina E. I., Yeltay A. G. Runup and surge phenomena in the north-eastern part of the Caspian Sea in modern conditions // Hydrometeorology and ecology. 2019. № 2(93). P. 77-85 (in Russ.).
- [27] Ivkina N. I. Surge-surge phenomena in the estuary zone of the Kazakhstan sector of the Caspian Sea // Proceedings of the State Oceanographic Institute. 2013. № 104. P. 278-290 (in Russ.).
- [28] Seleznev V. A. Changes in the Volga River water content over the last sixty years // Sustainable development, eco-innovations and "green" economy and technologies: III All-Russian scientific-practical conference with international participation, dedicated to the 90th anniversary of SGEU. 2021. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenenie-vodnosti-reki-volgi-za-poslednie-shestdesyat-let> (circulation date: 06.03.2024) (in Russ.).
- [29] River estuaries of the Caspian region: history of formation, modern hydrological and morphological processes and dangerous hydrological phenomena / Edited by V. N. Mikhailov. Moscow: GEOS, 2013. 703 p. (in Russ.).

С. Б. Саиров¹, А. Ф. Елтай², Д. Б. Ракишев³, А. Қ. Құрманғалиева^{4*}

¹ К. г. н., первый заместитель генерального директора
(РГП «Казгидромет», Астана, Казахстан; sairov_s@meteo.kz)

² PhD, начальник управления гидрометеорологических исследований Каспийского моря
(Научно-исследовательский центр РГП «Казгидромет», Астана, Казахстан; yeltay.aiz@gmail.com)

³ Ведущий научный сотрудник управления моделирования гидрологических процессов и
гидрологических расчетов (РГП «Казгидромет», Астана, Казахстан; rakishev_d@meteo.kz)

^{4*} Ведущий научный сотрудник управления гидрометеорологических исследований Каспийского моря
(Научно-исследовательский центр РГП «Казгидромет», Астана, Казахстан; kurmangalieva_a@meteo.kz)

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В ЕГО КАЗАХСТАНСКОЙ ЧАСТИ

Аннотация. Каспийское море в последние годы подвержено постепенному снижению уровня. В 2023 г. уровень моря достиг отметки минус 28,7 м на северо-востоке и минус 29,04 м на востоке. Ежегодное падение уровня моря в казахстанской части достигает 8 см. Основным фактором изменения уровня является приток речных вод в море, большая часть которого приходит с реки Волги. Анализ среднемноголетних объемов воды главных рек, впадающих в Каспий, показал, что 86,1% стока приходится на реку Волгу, 5,1% – на реку Куру, 2,9% – на реку Жайык, 2,4% – на реку Терек и 3,5% – на остальные реки. Значения среднего годового уровня моря и объемов воды, впадающих в него, не имеют статистической связи, однако динамика их изменения имеет синхронный ход, что указывает на влияние речных вод на тенденцию изменения уровня моря в многолетнем разрезе.

Ключевые слова: Каспий, уровенный режим, Волга, Жайык, тенденция.

S. B. Sairov¹, A. G. Yeltay², D. B. Rakishev³, A. K. Kurmangaliyeva^{*4}

¹ First Deputy General Director

(RSE “Kazhydromet”, Astana, Kazakhstan; *sairov_s@meteo.kz*)

² Head of the Caspian Sea Hydrometeorological Research Department

(Scientific-Research Center RSE “Kazhydromet”, Astana, Kazakhstan; *yeltay.aiz@gmail.com*)

³ Leading Researcher, Department of Hydrological Process Modeling and Hydrological Calculations

(RSE “Kazhydromet”, Astana, Kazakhstan; *rakishev_d@meteo.kz*)

^{4*} Leading Researcher, Department of the Caspian Sea Hydrometeorological Research

(RSE “Kazhydromet”, Astana, Kazakhstan; *kurmangaliyeva_a@meteo.kz*)

DYNAMICS OF WATER LEVEL CHANGES IN THE KAZAKH PART OF THE CASPIAN SEA

Abstract. The Caspian Sea is subject to various fluctuations, and in recent years the level has been gradually decreasing. In 2023, the mean sea level reached minus 28.7 m in the northeast and minus 29.04 m in the east. The annual sea level decrease in the Kazakh part of the sea is up to 8 cm. The main factor in sea level change is the inflow of river water, most of which originates from the Volga. Analysis of the average annual water volumes of the main rivers flowing into the Caspian Sea showed that 86.1% of the flow comes from the Volga River, 5.1% from the Kura River, 2.9% from the Zhaiyk River, 2.4% from the Terek River, and 3.5% from other rivers. There is no statistical relationship between mean annual sea levels and the amount of water inflow, but the synchronous dynamics of their changes indicates the influence of river water on sea level trends over many year.

Keywords: Caspian Sea, level regime, Volga, Zhaiyk, trend.