

UDC 536.71:544-971

A.A.Mirzəliyev¹, C.T.Səfərov², E.P.Hassel²
Azərbaycan Texniki Universiteti, Azərbaycan¹
University of Rostock, Germany²
javid.safarov@uni-rostock.de

ÇEŞMƏ EGEY DƏNİZİ SUYUNUN KİMYƏVİ VƏ İSTİLİK-FİZİKİ XASSƏLƏRİ

Açar sözlər: dəniz suyu, kimyəvi analiz, sıxlıq, özlülük, səs sürəti, istilik-fiziki xassələr

Təqdim olunan məqalədə Egey dənizinin Türkiyə Respublikası hissəsində Çeşmə şəhəri yaxınlığından götürülmüş su nümunəsinin kimyəvi və istilik-fiziki xassələri yüksək dəqiqliklə tədqiq olunmuşdur. Təcrübələr zamanı ilk öncə su nümunəsinin duzluluğu, kimyəvi analizi IRIS Intrepid II Optical Emission Spectrometri və DX-100 anion xromotoqrafi vasitəsilə araşdırılmışdır. Daha sonra $p=0.101$ MPa təzyiqdə Anton-Paar vibrasiyalı borulu densimeterlər vasitəsi ilə $T=(278.15 - 413.15)$ K temperatur intervalında sıxlığı və Anton-Paar DSA 5000M səs sürəti ölçən cihazda $T=(278.15 - 343.15)$ K temperatur intervalında səs sürəti, iki müxtəlif statik [$T=(274.15 - 323.15)$ K temperatur intervalında MKS Baratron və $T=(333.15 - 373.15)$ K temperatur intervalında Omega-Keller təzyiq sensorları] metodla işləyən qurğular vasitəsilə doymuş buxar təzyiqi, Anton-Paar SVM 3000 Stabinger viskozimetri ilə $T = (273.15 - 373.15)$ K temperatur intervalında özlülüüü araşdırılmışdır. Alınmış nəticələrin temperaturdan asılılığı müxtəlif polinomial tənliklərin köməyi ilə yazılmışdır.

A.A.Мирзалиев, Дж.Т.Сафаров, Э.П.Хассел

ХИМИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОРСКОЙ ВОДЫ ЭГЕЙСКОГО МОРЯ У БЕРЕГОВ ЧЕШМЕ

Ключевые слова: морская вода, химический анализ, плотность, вязкость, скорость звука, теплофизические свойства

В представленной статье были исследованы соленость, химические и теплофизические свойства водной пробы Эгейской морской воды на территории Турецкой Республики около города Чешме. Во-первых, соленость образца исследовалась при комнатной температуре с использованием салинометра Autosal Salinometr 8400B (Канада). После этого был исследован анализ катионов с помощью оптического эмиссионного спектрометра IRIS Intrepid II Optical Emission Spectrometer и анионов с помощью хроматографа DX-100. Следующие измерения были плотность и скорость звука образца при $T= (274,15-413,15)$ с использованием плотномеров и измерителя скорости звука Anton-Paar DSA

5000M. Измерением давления пара при $T = (274,15 - 373,15)$ измерили использование двух различных установок статического метода. Вискозиметр SVM 3000 Stabinger был использован для измерения динамической вязкости образца. Полученные данные были описаны с различными эмпирическими уравнениями.

A.A.Mirzaliyev, J.T.Safarov, E.P.Hassel

CHEMICAL AND THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF CHESME AEGEAN SEAWATER

Keywords: *Seawater, chemical analysis, density, viscosity, speed of sound, thermophysical properties*

In the presented paper, the salinity, chemical and thermophysical properties of Aegean Seawater near Cheshme city were investigated. Firstly the salinity of sample investigated at the room temperature. The measurements were carried out using the Autosal Salinometr 8400B (Canada). After, the chemical analysis of samples were analysed using the IRIS Intrepid II Optical Emission Spectrometer and DX-100 anion chromatography. The next measurements were density and speed of sound measurements of sample at $T=(274.15 - 413.15)$ K and $p=0.101$ MPa using an Anton-Paar vibration tube densimeters and sound velocity meter. The vapor pressure measurements at $T=(274.15 - 373.15)$ K were measured using a two different static method experimental installations. The dynamic viscosity of sample were analysed in the SVM 3000M Stabinger viscometer. The obtained values were fitted to the various empiric equations.

Giriş

Türkiyənin qərb hissəsində Egey dənizinin sahilində yerləşən Çeşmə şəhəri və dünyaca məşhur eyniadlı istirahət mərkəzi hər il çoxsaylı turistləri qəbul edir. Şəhərin adının burada zəngin isti suların olmasına görə verildiyi məlumdur. Çeşmənin ən istirahət etməli yerləri isə Egey dənizi sahilləridir. Burada təmiz dəniz suyu olan çimərliklər son dərəcə cəlbedicidir. Egey dənizinin bu hissəsində tez-tez sörf üzrə dünya və Avropa çempionatları keçirilir. Eyni zamanda turizm mərkəzinin yerləşdiyi Quşadası bölgəsi beynəlxalq Kruiz gəmilərinin yan aldığı limanlar sırasındadır. Buna görə də həmin bölgənin ekoloji vəziyyəti və ətraf dəniz suyunun keyfiyyəti elmi cəhətdən maraqlıdır. Bu məqsədlə məqalədə Çeşmə Egey dənizi suyunun kimyəvi və istilik-fiziki xassələrinin araşdırılması müxtəlif qurğuların köməyi ilə yerinə yetirilmişdir. Ədəbiyyat analizlərinə əsasən müəyyən miqdarda kimyəvi xassələrin araşdırılmasını nəzərə almasaq, bu bölgənin dəniz suyunun istilik-fiziki xassələri elə də dərindən öyrənilməmişdir.

Təcrübə bölməsi

Egey dənizinin Çeşmə sahillərindən götürülmüş su nümunəsinin ($38^{\circ}19'37''$ Şimal en kəsiyi və $26^{\circ}19'37''$ Şərq uzunluğu) duzluluğu Salinometer (Model 8400B “Autosal” Laboratory, Kanada) qurğusu ilə [1] ölçülmüşdür və $S_A=39.708 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ olmuşdur. “Autosal” 8400B qurğu tam olaraq izolyasiya edilmişdir. Elektrodlar yerləşən yuvanın yuxarısı axının turbulentiyyəsinin qarşısının alınması və hava boşluqları olmaması üçün açıq saxlanılmışdır. Nümunə qabı hermetik bərkidilir və hava nasosuna qoşulur. Nümunə qabdan kiçik hava təzyiqi ilə qurğuya verilir. Nasos nümunənin 30 ml/dəq. sürətlə stabil axmasına şərait yaradır. Nümunə eyni sürətlə axmaqda davam edərək 4 ədəd elektrod olan yuvadan keçir. Elektrodlar nümunənin keçiriciliyinə uyğun gələn siqnal yaradırlar. Qurğu ona əvvəlcədən verilmiş etalon siqnalın köməyi ilə nümunənin elektrik keçiriciliyini hesablayır. Təcrübələr zamanı 125 ml-ə yaxın nümunə lazım gəlir.

Daha sonra nümunənin kimyəvi xassələri araşdırılmışdır. Təcrübələr IRIS Intrepid II Optical Emission Spectrometer induktiv-əlaqəli plazması ilə atomlu-emissionlu spektrometrdə (kationlar) [2] və DX-120 ion xromatoqrafında (anionlar) [2] aparılmışdır. Analiz nəticəsində alınmış nəticələr cədvəl 1-də verilmişdir. Suların kation analizinin təcrübə araşdırılması zamanı 29 müxtəlif kimyəvi elementin analizi aparılmışdır. Anion analizi zamanı isə chlorid, nitrat və sulfatların miqdarı təyin edilmişdir. DX-100 ion xromatoqrafında aparılmış anion analizi zamanı ion xromatoqrafiyası üsulunda ayrılmış ionları bir qayda olaraq axınlı konduktometrik detektorda təyin edirlər. Cədvəldən görüldüyü kimi, B^+ , Ca^+ , K^+ , Mg^+ , Na^+ , S^+ , S^+ , Si^+ kationlar və Cl^- anionu dəniz suyunun tərkibində üstünlük təşkil edirlər. Na^+ kationunun miqdarı isə maksimum həddindədir. Bu da dünya okean və dəniz suları üçün normal haldır.

Cədvəl 1. Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin IRIS Intrepid II Optical Emission Spectrometer induktiv-əlaqəli plazması ilə atomlu-emissionlu spektrometrdə (kationlar) və DX-100 ion xromatoqrafında (anionlar) kimyəvi analizi nəticəsində alınmış nəticələr.

Kation analizi					
Nümunədə mineral-ların miqdarı	mq/litr	Nümunədə mineral-ların miqdarı	mq/litr	Nümunədə mineral-ların miqdarı	mq/litr
Al 1670	<0,1	Hg 1849	<0,1	S 1820	1116
As 1890	<0,1	K 7664	519.7	Sb 2175	<0,1
B 2089	3.3	Li 6707	0.2	Se 1960	<0,1
Ba 2304	<0,1	Mg 2790	1593	Si 2124	<0,1
Ca 3181	510.5	Mn 2939	<0,1	Sr 4077	<0,1

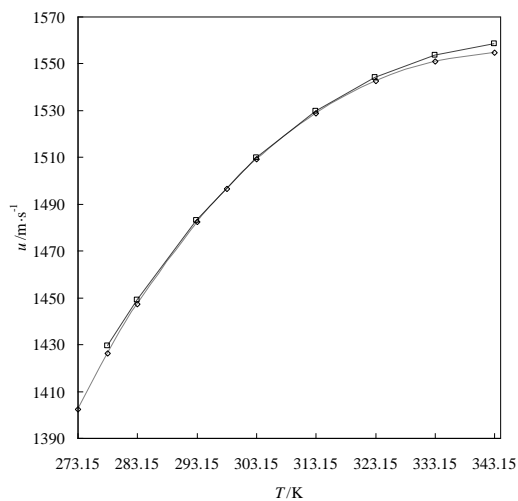
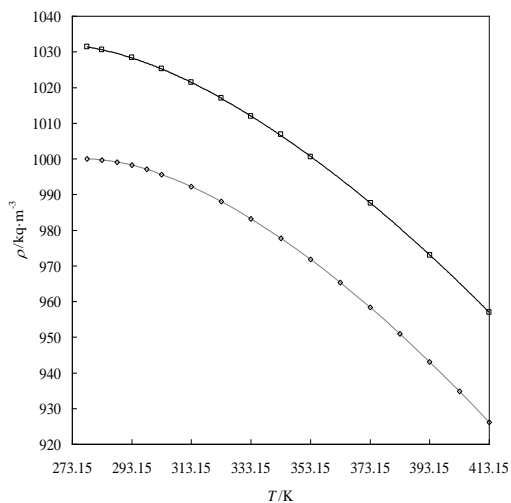
Cd 2288	<0,1	Mo 2045	<0,1	Ti 3349	<0,1
Co 2286	<0,1	Na 8183	14237	Tl 1908	<0,1
Cr 2055	<0,1	Ni 2316	<0,1	V 2924	<0,1
Cu 3247	<0,1	P 2136	<0,1	Zn 2062	<0,1
Fe 2599	<0,1	Pb 2203	<0,1	Cəmi:	5120.61
Anion analizi					
Xlorid	19180	Nitrat	72	Sulfat	3072

Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin sıxlığı və səs sürəti Anton-Paar firmasının vibrasiya edən borulu densimetri və səs sürəti ölçən cihazları vasitəsi ilə aparılmışdır [3]. Bu qurğuların içində DSA 5000 M sıxlıq və səs sürəti ölçən qurğu xüsusi ilə seçilir [4]. Bu qurğunun iki əsas üstünlüyü onu müasir dövrdə sıxlıq ölçmək üçün ən dəqiq qurğu halına gətirir. Belə ki, eyni zamanda nümunənin həm sıxlığı, həm də səs sürəti sabit temperaturda $\Delta T = \pm 0.001$ K dəqiqliklə ölçülür. Temperaturun belə dəqiq sabit halda saxlanması ölçü borusunun vibrasiya periodunu $\Delta \tau = \pm 0.001$ μ s intervalında təyin etməyə imkan verir və nəticədə sıxlıq $\Delta \rho = \pm 0.001$ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ mütləq xəta intervalında dünyada ən dəqiq olaraq ölçülür. Səs sürətini ölçmə zamanı isə akustik yuvanın titrəmə dövrlərinin hesablanması yolu ilə səsin yayılma sürəti ölçülür. Səs dalğaları bir ultrasəsli ötürücü vasitəsi ilə ötürülür və o biri tərəfdə başqa ultrasəsli qəbuledici tərəfindən qəbul olunur. Ultrasəsli ötürücü səs dalğalarını əvvəlcədən məlum olan dövrlərdə ötürür. Səs sürəti ötürücü və qəbuledici arasındakı məsafəni, səs dalğalarının dövrlərini bildikdən sonra hesablanır. Beləliklə, səs sürəti də $\Delta u = \pm 0.1$ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ mütləq xəta intervalında yenə də ən dəqiq halda ölçülür. Alınmış nəticələr cədvəl 2-də, temperaturdan T/K asılılıqları şəkil 1 və 2-də verilmişdir.

Cədvəl 2. Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin temperaturunun T/K , sıxlığının $\rho/\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, adi sudan (IAPWS-95) fərqi ($\rho - \rho_w$) / $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, xüsusi həcmnin temperaturdan asılı diferensialının $(dv/dT)/\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, temperaturdan asılı isobarik genişlənməsinin $\alpha_p \cdot 10^6/\text{K}^{-1}$, səs sürətinin $u/\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, temperaturdan asılı adiabatik sıxılmasının κ_s/TPa^{-1} təcrübi və hesablanmış qiymətləri.

T	ρ	$\rho - \rho_w$	dv/dT	α_p	u	κ_s
278.16	1031.39	31.38	$1.1749 \cdot 10^{-7}$	121.2	1429.32	474.59
283.13	1030.62	30.96	$1.6607 \cdot 10^{-7}$	171.2	1449.11	462.06
293.13	1028.35	30.19	$2.5537 \cdot 10^{-7}$	262.6	1483.03	442.14
303.13	1025.25	29.59	$3.3340 \cdot 10^{-7}$	341.8	1509.68	427.96
313.13	1021.45	29.17	$4.0014 \cdot 10^{-7}$	408.7	1529.81	418.32
323.14	1017.04	28.95	$4.5565 \cdot 10^{-7}$	463.4	1544.17	412.35
333.15	1011.90	28.69	$4.9986 \cdot 10^{-7}$	505.8	1553.50	409.49
343.15	1006.80	29.07	$5.3274 \cdot 10^{-7}$	536.4	1558.54	408.91
353.150	1000.60	28.86	$5.5434 \cdot 10^{-7}$	554.7		

373.310	987.60	29.07	$5.6360 \cdot 10^{-7}$	556.6		
393.260	972.98	28.37	$5.2762 \cdot 10^{-7}$	513.4		
413.150	956.96	26.31	$4.4707 \cdot 10^{-7}$	427.8		



Şəkil 1. Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin sıxlığının $\rho/\text{kq}\cdot\text{m}^{-3}$ temperaturdan asılılığı: (\diamond , “Çeşmə”, təcrübə yolu ilə alınan nəticələr; \square , təmiz su IAPWS-95 [5]).

Şəkil 2. Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin səs sürətinin $u/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ temperaturdan asılılığı: (\square , “Çeşmə”, təcrübə yolu ilə alınan nəticələr; \diamond , təmiz su IAPWS-95 [5]).

Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin sıxlığı və səs sürəti təmiz suya nisbətən çoxdur. Çünki dəniz suyu təmiz suya nisbətən ağır kimyəvi minerallarla zəngindir və onlar təmiz suda həll olaraq suyun sıxlığını artırılar. Eyni zamanda mineral duzlar səsin dəniz suyunda yayılma sürətini də artırılar.

Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin $T=(274.15 - 413.15)$ K temperatur intervalında doymuş buxar təzyiqi P/Pa izoxor metodla çalışan iki müxtəlif tam avtomatik qurğu vasitəsi ilə ölçülmüşdür [5]:

- $T=(274.15 - 323.15)$ K temperatur intervalında mütləq və diferensial statik metod qurğusu.
- $T=(323.15 - 413.15)$ K temperatur intervalında mütləq statik metod qurğusu.

Birinci qurğunun əsas hissəsini şüşə ölçü yuvası təşkil edir. Statik metodla işləyən bu ölçü yuvası təxminən $V=80\pm 0.5 \text{ cm}^3$ həcmə malikdir. Bu yuva bir-birinin daxilində olan daxili və xarici həcmərə malikdirlər. Bu həcmərin arasından termostat vasitəsi ilə dövr edilən distillə olunmuş su axır. Termostat daxili ölçü yuvasında yerləşən Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin doymuş buxar təzyiqini P/Pa ölçmək üçün ölçmə temperaturunu yaradır, onu

$\Delta T = \pm 0.01$ K dəqiqliklə stabil saxlayır. Yuvanın temperaturu müasir PT-100 platin-müqavimət temperaturu vasitəsi ilə ölçülür və 4 kanallı Omera PT-104A çıxış modulu vasitəsi ilə kompyutərə göndərilir [6]. Qurğunun bu hissəsində doymuş buxar təzyiqini $\Delta P = \pm (10-30)$ Pa dəqiqliklə ölçmək mümkündür.

$T = (274.15 - 323.15)$ K temperatur intervalında mütləq və diferensial statik metod qurğusunun ikinci yuvalar sistemi elə dizayn olunmuşdur ki, buxar təzyiqi $P = (10-30)$ Pa-dan kiçik olanda etalon mayenin (bu təcrübə halında - təmiz su) köməyi ilə ölçüləcək nümunənin doymuş buxar təzyiqini $P = (1-3)$ Pa kiçik intervalda müqayisə metodu ilə ölçmək mümkün olur. Qurğunun bu hissəsi diferensial izoxor hissə adlanır və iki bir-biri ilə əlaqəsi olmayan mütləq statik hissədə olduğu kimi təxminən $V = 80 \pm 0.5$ cm³ həcmə malik ölçü yuvalarından ibarətdir. Hər iki ölçü yuvası bir ümumi şüşə qabın daxilində quraşdırılmışdır. Burada da ölçmə temperaturu $\Delta T = \pm 0.01$ K dəqiqlikli müasir PT-100 platin-müqavimət temperaturu vasitəsi ilə ölçülür. Hər iki hissədə nümunənin doymuş buxar təzyiqi P /Pa yüksək dəqiqlikli ölçmə qabiliyyəti olan 615A və 616A MKS Baratron tipli ölçü manometrlər ilə ölçülür. Bu manometrlər xüsusi rezervuarların daxilində $T = 333.15 \pm 0.01$ K dəqiqliklə termostatlaşdırılmış vəziyyətdə saxlanır [6].

Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin $T = (323.15 - 413.15)$ K temperatur intervalında doymuş buxar təzyiqi P /Pa başqa bir mütləq statik metod qurğusunun köməyi ilə təyin edilmişdir. Bu qurğuda temperatur müasir PT-100 platin-müqavimət temperaturu vasitəsi ilə $\Delta T = \pm 0.01$ K dəqiqliklə ölçülür. Bu qurğu birinci qurğudan fərqli olaraq V4A paslanmayan poladdan hazırlanmış metal ölçü yuvası ilə təchiz edilmişdir və təzyiqin atmosfer təzyiqindən yüksək qiymətlərində ölçülməsi mümkündür. Ölçü yuvası təxminən $V = 140 \pm 0.5$ cm³ həcmə malikdir və rezervuarın daxilində yerləşdirilir. Yuvanın temperaturu xarici termostat vasitəsi PT-100 platin termometrləri vasitəsi ilə $\Delta T = \pm 0.01$ K dəqiqliklə stabil saxlanılır, ölçülür və temperatur signalı 4 kanallı Omera PT-104A çıxış modulu vasitəsi ilə kompüterə ötürülür. Ölçü yuvasında olan iki termometrədən biri termostatla birləşdirilib və yuvanın temperaturunun termostat tərəfindən stabil saxlanmasını təmin edir, o biri termometr isə ölçülmüş temperatur signalını kompüterə verir. Doymuş buxar təzyiqi membranı son ucunda olan elektron təzyiq ölçən manometri vasitəsi ilə $\Delta P = \pm (1000-2000)$ Pa dəqiqliklə ölçülür [6]. Alınmış nəticələr cədvəl 3-də və şəkil 3-də verilmişdir.

Cədvəl 3. Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin doymuş buxar təzyiqinin P /Pa temperaturdan T /K asılılığı.

T/K	P/Pa	$P_{su}-P/Pa$	T/K	P/Pa	$P_{su}-P/Pa$
274.15	625	29	373.15	99111	2053
278.15	834	37	383.15	140130	2844

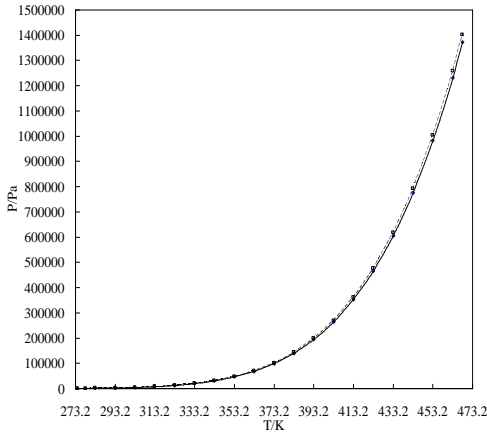
283.15	1179	49	393.15	194214	3896
293.15	2262	85	403.15	264298	5282
303.15	4127	137	413.15	353687	7088
313.15	7201	211	423.15	466055	9417
323.15	12074	310	433.15	605434	12392
333.15	19537	437	443.15	776204	16152
343.15	30490	715	453.15	983071	20858
353.15	46337	1030	463.15	1231049	26691
363.15	68584	1464	468.15	1372099	30094

Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin doymuş buxar təzyiqi təmiz suya nisbətən azdır. Bu da ona görədir ki, dəniz suyu kimyəvi minerallarla zəngindir və onlar təmiz suda həll olaraq qaynama temperaturunu artırır və təmiz suyun aktivliyini azaldır. Bu halda da dəniz suyunun doymuş buxar təzyiqi təmiz suya nisbətən azalır.

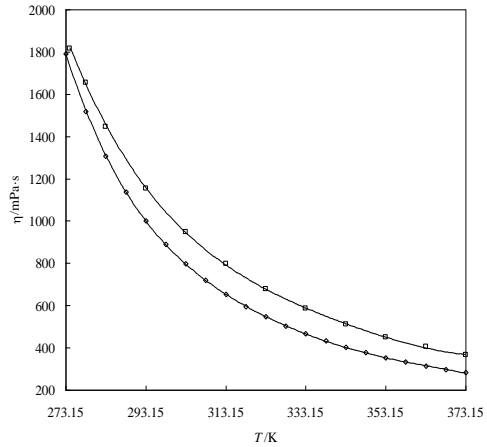
Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin dinamik özlülüyü $\eta/\text{mPa}\cdot\text{s}$ SVM 3000 Stabinger viskozimetrində [7] $\Delta\eta/\eta = \pm 0.35\%$ xəta ilə ölçülmüşdür. Bu viskozimeter Peltie termostatu ilə Ştabinger ölçmə prinsipi, özlülük və temperaturun müqayisəolunmaz geniş diapazonunun yalnız bir cihazla ölçülməsinə imkan verir. Onun istifadəsi sürətli və kompaktdır. Qurğu az miqdarda nümunə (təxminən 2,5 ml-dən çox) istifadə edir. Termoelektrik elementləri ardıcıl birləşdirilərək quraşdırılmış termostat və platinli müqavimət termometri ilə birlikdə kiçik kütləli ölçmə yuvası ölçmə temperaturunu tez dəyişməyə və dəqiq tənzimləməyə imkan verir [7]. Alınmış nəticələr cədvəl 4-də və şəkil 4-də verilmişdir. Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin dinamik özlülüyü təmiz suya nisbətən çoxdur. Bu da yenə ona görədir ki, dəniz suyu kimyəvi minerallarla zəngindir və onlar təmiz suda həll olaraq nümunənin özlülüyünü artırır.

Cədvəl 4. Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin temperaturunun T/K , təcrübə yolu ilə ölçülmüş dinamik özlülüyünün $\eta\cdot 10^6/\text{Pa}\cdot\text{s}$ və hesablanmış kinematik özlülüyünün $\nu\cdot 10^6/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ qiymətləri.

T	μ	ν	T	μ	ν
274.173	1817.42	1.8146	323.149	678.16	0.6854
278.149	1654.70	1.6523	333.151	587.13	0.5964
283.150	1446.90	1.4454	343.152	512.04	0.5232
293.151	1154.10	1.1546	353.150	450.51	0.4632
303.152	948.51	0.9513	363.151	405.85	0.4202
313.151	796.84	0.8020	373.152	366.54	0.3824



Şəkil 3. Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin doymuş buxar təzyiqinin P/Pa temperaturdan asılılığı: (\diamond , “Çeşmə”, təcrübə yolu ilə alınan nəticələr; \square , təmiz su IAPWS-95 [5]).



Şəkil 4. Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin dinamik özlülüyünün $\eta/mPa \cdot s$ temperaturdan asılılığı: (\square , “Çeşmə”, təcrübə yolu ilə alınan nəticələr; \diamond , təmiz su IAPWS-95 [5]).

Təcrübə nəticələrinin tənliklər vasitəsi ilə yazılması. Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin sıxlığının temperaturdan asılılığı yalnız müəyyən edilmiş temperatur qiymətlərində ölçüldüyündən başqa temperaturlarda sıxlığın hesablanması üçün təcrübədən alınmış nəticələrin tənliklər vasitəsi ilə yazılması vacibdir. Dəniz suyunun 97%-dən çox hissəsi təmiz su olduğundan sıxlığın temperaturdan asılılığını göstərmək üçün daha çox əmsallı polinomdan istifadə olunmuşdur. Bu da ondan irəli gəlir ki, dəniz suyu da təmiz su kimi təxminən $T=277.15$ K temperaturda maksimum sıxlığa malik olmağa istiqamətlənir, lakin suda olan çox miqdarda duzlar buna mane olur. İstənilən halda asılılığın kiçik və böyük temperatur intervallarında xarakterləri başqa-başqa olduğu üçün aşağı polinom dərəcəli tənlik vasitəsi ilə alınmış nəticələrin yazılması zamanı orta nisbi xəta daha böyük olur. Bu səbəbdən də Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin sıxlığının $\rho/kq \cdot m^{-3}$ ölçülmüş qiymətlərinin temperaturdan T/K asılılığı 4-cü dərəcəli polinomial tənlik vasitəsilə yazılmışdır.:

$$\rho = \sum_{i=0}^4 a_i T^i, \quad (1)$$

burada: a_i polinomun əmsallarıdır və cədvəl 5-də verilmişdir:

Cədvəl 5. Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin sıxlığının $\rho/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ temperaturdan T/K asılı yazılması üçün istifadə olunmuş polinomial tənliyin a_i əmsalları.

a_0	a_1	a_2
-40.8822414543241	11.5917762323634	-0.0452188128709867
a_3	a_4	$\Delta\rho/\rho, \%$
$0.767513896616645 \cdot 10^{-4}$	$-0.5098231956047 \cdot 10^{-7}$	0.0052

Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin səs sürətinin $u/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ölçülmüş qiymətlərinin temperaturdan T/K asılılığı da eyni zamanda polinomial tənlik vasitəsilə yazılmışdır:

$$u = \sum_{i=0}^3 b_i T^i, \quad (2)$$

burada: b_i polinomun əmsallarıdır və cədvəl 6-da verilmişdir:

Cədvəl 6. Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin səs sürətinin $u/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ temperaturdan T/K asılı yazılması üçün istifadə olunmuş polinomial tənliyin b_i əmsalları.

b_0	b_1	b_2
-5659.5340538665	56.4145213920135	-0.145823951443986
b_3	$\Delta u/u, \%$	
$0.124496524068984 \cdot 10^{-3}$	0.0052	

Təcrübi nəticələri təhlil etmək üçün izobar termiki genişlənmə əmsalının α_p/K^{-1} hesablanması böyük rol oynayır. Bu parametrlə sabit təzyiqdə həcmə dəyişməsinin temperaturun dəyişməsindən asılılığını xarakterizə edir:

$$\alpha_p = \frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p, \quad (3)$$

İzobar termiki genişlənmə əmsalının α_p/K^{-1} hesablanmış qiymətləri cədvəl 2-də verilmişdir.

Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin sıxlığı və səs sürəti ölçüldükdən sonra Laplas tənliyi vasitəsilə suyun adiabatik sıxılma əmsalını κ_s/MPa^{-1} hesablamaq mümkündür [8-9]:

$$\kappa_s = \frac{1}{\rho \cdot u^2}, \quad (4)$$

Tədqiq olunmuş Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin adiabatik sıxılma əmsalları $\kappa_s \cdot 10^6/\text{TPa}^{-1}$ cədvəl 2-də verilmişdir.

Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin doymuş buxarlarının təzyiqləri P/Pa Antuan tənliyinin köməyi ilə ümumiləşdirilərək yazılmışdır [10-12]:

$$\ln p = A - \frac{B}{T + C}, \quad (5)$$

burada: A , B və C – Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin doymuş buxarlarının təzyiqlərinin P/Pa Antuan tənliyi ilə yazılma əmsallarıdır və cədvəl 7-də verilmişdir.

Cədvəl 7. Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin doymuş buxar təzyiqinin P/Pa temperaturdan T/K asılı yazılması üçün Antuan tənliyinin A , B , C əmsalları.

A	B	C	$\delta P/P, \%$
23.1766	3817.54	-46.0901	± 0.039

Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin dinamik özlülüyünün $\eta \cdot 10^6/\text{Pa} \cdot \text{s}$ temperaturdan T/K asılı yazılması natural logarifm asılı polinomial tənlik vasitəsilə yerinə yetirilmişdir [8]:

$$\ln(\eta) = \sum_{i=0}^2 \frac{c_i}{T^i}, \quad (6)$$

burada: a_i polinomun əmsallarıdır və cədvəl 8-də verilmişdir.

Cədvəl 8. Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin dinamik özlülüyünün $\square \cdot 10^6/\text{Pa} \cdot \text{s}$ temperaturdan T/K asılı yazılması üçün istifadə olunmuş polinomial tənliyin c_i tənliyinin əmsalları.

c_0	c_1	c_2	$\Delta \square / \square, \%$
4.67700032730551	- 419.350949315467	327573.323797584	± 0.36

Çeşmə Egey dənizi suyu nümunəsinin tədqiq olunmuş istilik-fiziki xassələri bu bölgədə ekoloji məsələlərin, turizmin inkişafının və dəniz naviqasiyası zamanı, eyni zamanda okeanoloqlar üçün yararlı ola bilər. Bu eyni zamanda dəniz suyundan içməli su alınması sahəsində desalinasiya qurğularının hazırlanması və həmin bölgədə qurulması sahəsində də yararlı ola bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. *Mirzəliyev A.* Xəzər dənizinin suyunun duzluluğunun təyini // AzTU-nun elmi əsərləri, 2016, №4, s.38-42
2. *Mirzəliyev A., Səfərov, J., Hassel, E.* Bosfor boğazı dəniz suyunun kimyəvi və istilik-fiziki xassələri // Pedaqoji Universitetinin Xəbərləri. Riyaziyyat və təbiət elmləri seriyası. 2018, C.66, №2, s.67-75

3. Safarov, J., Ashurova, U., Ahmadov, B., Hassel, E. Density of 1-Butanol and Diesel fuel blends at ambient and saturated pressures, *Journal of Processes of Petrochemistry and Oil Refining*, 2018, 19, 2, pp.129-139
4. DSA 5000 M, Density and Sound Velocity Meter, Instruction manual, instrument software version: from 2.70, 83 p., 2015 Anton Paar GmbH, Graz, Austria
5. Wagner W., Pruz A. The IAPWS formulation 1995 for the thermodynamic properties of ordinary water substance for general and scientific use // *Journal of Physical Chemistry Reference Data*, 2002, v. 31, pp.387-535
6. Safarov, J., Kul, I., Talibov, M.A., Shahverdiyev, A., Hassel, E. Vapor pressures and activity coefficients of methanol in binary mixtures with 1-Hexyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide, *Journal of Chemical & Engineering Data* 2015, 60 (6), pp.1648-1663
7. Mirzəliyev A., Səfərov, J., Hassel, E. Xəzər dənizinin suyunun özlülüyünün təyini // *AzTU-nun elmi əsərləri*, 2018, №2, s.39-45
8. Rowlinson J.S., Swinton F.L. *Liquid and Liquid Mixtures*, Butterworths, London, 3rd. edn., 1982, pp.16-17
9. Hirschfelder J.O., Curtis C.F., Bird R.B. *Molecular Theory of Gases and Liquids*, Wiley, New York, corrected printing 1964, chapters 5 and 11
10. Antoine, L.C. Tensions des vapeurs; nouvelle relation entre les tensions et les températures, *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences* 1888, 107, pp.681-684
11. Antoine, L.C. Calcul des tensions de diverses vapeurs, *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences* 1888, 107, pp.778-780
12. Antoine, L.C. Tensions de diverses vapeurs, *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences* 1888, 107, pp.836-837