

UOT 639.3.03

AZƏRBAYCANIN QAX VƏ QƏBƏLƏ RAYONLARININ TERMAL SULARININ SİXLİĞİNİN VƏ SƏS SÜRƏTİNİN TƏDQIQI**A. İ. ƏHMƏDOV, C. SƏFƏROV^{1,2}, M.M. BƏŞİROV¹, E. HASSEL²**¹Azərbaycan Texniki Universiteti²Rostok Universiteti, Rostok, Almaniya

E-mail: anar-ehmedov1976@mail.ru

Xülasə: Təqdim olunan məqalədə Azərbaycanın şimal-qərb bölgəsində yerləşən 5 termal suyunun sıxlığının və səs sürətinin temperaturdan asılılığı Anton-Paar DSA 5000M vibrasiyalı densimetro və səs sürəti ölçən qurğusu vasitəsi ilə təcrübi yolla $\Delta\rho/\rho=1\cdot 10^{-5}$ kq·m⁻³ və $\Delta u/u=0.1$ m·s⁻¹ xəta daxilində ölçülmüşdür.

Açar sözlər: təcrübi analiz, sıxlıq, səs sürəti, termal su, atmosfer təzyiqi.

Giriş. Son illərdə Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2004-cü il 21 oktyabr tarixli Sərəncamı ilə təsdiq edilmiş “Azərbaycan Respublikasında Alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə olunması üzrə Dövlət Proqramı”na [1] uyğun olaraq, respublikada geniş miqyaslı işlər aparılır. Azərbaycanın günəş, külək, biokütlə, termal və hidroenerji kimi alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə imkanları araşdırılır və real layihələr həyata keçirilir.

Alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrinin bir çox ölkələrdə (Yaponiya, İspaniya və s.) geniş tətbiq olunan növlərindən biri də termal enerji mənbələridir. Azərbaycanda da yüksək temperatura malik çoxlu termal su mənbələri mövcuddur. Bu mənbələr əsasən Böyük və Kiçik Qafqaz dağları, Abşeron yarımadası, Talış dağ-yamac zonası, Kür çökəkliyi və Xəzəryanı-Quba ərazisi kimi geniş sahələri əhatə edir. Azərbaycanda termal enerji və mineral su yataqlarının aşkara çıxarılması və onların analizi sahəsində uzun müddət ərzində əhəmiyyətli elmi işlər görülmüşdür [2-5]. Termal suların kimyəvi analizi əhəmiyyətli dərəcədə öyrənilmişdir. Amma müasir termal enerji qurğularında isti suların tətbiqi üçün onların istilik-fiziki xassələrinin araşdırılması da vacibdir. Bu sahədə Azərbaycanın termal su mənbələrinin istilik-fiziki xassələri demək olar ki, öyrənilməmişdir.

Azərbaycan Texniki Universitetinin “istilik və soyuqluq texnikası” kafedrası uzun müddətdir ki, maddələrin istilik-fiziki xassələrinin araşdırılması sahəsində dünyanın müxtəlif mərkəzləri ilə müştərək geniş miqyaslı elmi araşdırmalar aparır. Təqdim olunan məqalə də kafedranın 10 ildən artıq əməkdaşlıq etdiyi Almaniyanın Rostok Universitetinin “Texniki Termodinamika” kafedrasının əməkdaşları ilə birgə elmi araşdırmalarının nəticəsidir. Bu sahə son 5 ildə yeni istiqamət kimi hər iki kafedra tərəfindən öyrənilməyə başlanmışdır [6-8]. Araşdırmalar zamanı yüksək temperatur (413.15 K-ə qədər) və təzyiqlərdə (100 MPa-a qədər) termal suların sıxlığı, atmosfer təzyiqində özlülüyü, səs sürəti, istilik tutumu və eyni zamanda doymuş buxar təzyiqi yüksək dəqiqliyi olan təcrübə qurğuları vasitəsilə ölçülür. Təcrübələr əsasında geniş hal parametrlərində termal suların istilik-fiziki xassələri hər iki kafedranın birgə hazırladığı metod əsasında hesablanır [6].

Bu araşdırmaların əsas məqsədi Azərbaycanın termal sular sahəsində alternativ enerji mənbələri potensialının aşkara çıxarılmasıdır. Belə ki, yüksək temperaturda yer səthinə çıxan suyun istiliyindən energetikada, məişətdə, tibbdə və enerji sahəsində istifadə etmək olar. Azərbaycanda hal-hazırda termal sular əsasən məişətdə müalicəvi içməli su və isti vannalar kimi istifadə olunur. Bu sülardan istilik mənbəyi kimi də evlərin, istixanaların və s. isidilməsində istifadə etmək olar. Termal suların tətbiq sahələrini daha da genişləndirmək üçün onların istilik-fiziki xassələri daha ətraflı analiz olunmalıdır. Təqdim olunan bu məqalədə Azərbaycanın şimal-qərb bölgəsində yerləşən 5 termal suyun (Qax rayonundakı Moxbulaq, İlisu Səngər Beşbulaq və İlisu Beşbulaq Yuxarı, Qəbələ rayonundakı Yengicə və Qəmərvan) sıxlıqları və səs sürəti təcrübi olaraq tədqiq olunmuşdur. Bu xassələrin araşdırılmasından sonra termal suyun istilikdən genişlənməsi və adiabatik sıxılmasını analiz etmək olar. Eyni zamanda alınmış nəticələr əsasında yüksək temperatur və təzyiqlərdə hesablanmış səs sürəti nəticələrinin atmosfer təzyiqindəki qiymətləri bilavasitə təcrübə qiymətləri ilə tutuşdurulur. Bu da hesabatların düzgünlüyünü bir daha təsdiq edir.

Energetika-Энергетика-Energetic

Qax rayonunda termal sular geniş yayılmışdır. Bu suların bir hissəsi də İlisu kəndindədir (Şəkil 1, 2). İlisu kəndi rayon mərkəzindən 12 km məsafədə, dəniz səviyyəsindən 1200 m yüksəklikdə, dağlıq və sıx meşəliklərlə əhatə olunan mənzərəli yerdə yerləşir. Elə burada da iki dağ çayı - Kürmükçay və Ağçay çayları birləşir. Kənd yaxınlığında zəngin müalicə əhəmiyyətli təbii mineral sular mövcuddur. Ağçay dərəsində böyük müalicəvi əhəmiyyətə malik olan qeyzer mövcuddur. İlisu kəndi yaxınlığında Hamamçay dərəsində isti bulaqlar yerləşir. Kənddən 1 km şimalda, Kürmükçayın sol sahilində Moxsu adlanan termal bulaq çıxır. Bu suyunun temperaturu $T=(303.15-323.15)$ K, debiti sutkada 19.5 min litr, kimyəvi tərkibi müxtəlif elementlərlə zəngindir. Burada həmçinin Beşbulaq adlı termal bulaqlar sistemi də yerləşir. Kəndin mərkəzi “Beşbulaq” deyilən yerdədir. Buradan həqiqətən eyni yerdən 5 ayrı təmiz bulaq suyu iti sürətlə çıxır. Qədimdən bu bulaqlar yel xəstəliklərindən müalicə olunduğu yerlərdir [10].



Şəkil 1. İlisu kəndi



Şəkil 2. “Beşbulaq” suyu

Qəbələ rayonu da eyni ilə Azərbaycanın termal sularının çoxluğu ilə seçilən bir bölgəsidir. Rayondakı termal sulardan Yengicə və Qəmərvan suları tərkibindəki mineral maddələrin miqdarı və müalicə əhəmiyyəti ilə seçilirlər (şəkil 3, 4).



Şəkil 3. “Yengicə” termal suyu



Şəkil 4. “Qəmərvan” istisu müalicə kompleksi

Yengicə termal suyu Yengicə kəndinin şimali şərqində yerləşir. Suyun yüksək müalicəvi əhəmiyyətini nəzərə alaraq burada 2007-ci ildə müasir tələblərə cavab verən „Yengicə müalicəvi istisu sanatoriyası” tikilib istifadəyə verilmişdir. Suda Ca, Na, Mg, S və s. elementlər yüksək miqdardadır [11]. Yengicə suyunda müalicəvi əhəmiyyəti yerli və ətraf rayonların əhalisinin diqqətini özünə cəlb etmişdir. Hətta başqa ölkələrdən də bu suyun müalicəvi xassələrini eşidərək müalicəyə gəlirlər. Bu suyu „Dağ daşı” ilə süni şəkildə qızdırmaqla bir çox xəstəliklərin müalicəsində geniş istifadə edilir. Daşla qızdırılmış Yengicə mineral suyunun ion tərkibi olduqca

Energetika-Энергетика-Energetic

zənginləşir və insan orqanizmi üçün faydalı olan 10-a qədər kimyəvi elementin birləşməsindən ibarət məhlula çevrilir. Yəni suyu hal-hazırda müalicə məqsədləri ilə istifadə edilir. Bir gün ərzində suyun sərfi 50 min litrə çatır [11]. Qəmərvan („Çömçə bulaq”) termal suyu Azərbaycanın Qəmərvan kəndindən 5 km şimalda, Bum çayın dərəsində, 1388 metr hündürlükdə səthə $T=312.35$ K temperaturda çıxan termal sudur. Tərkibində B, Ca, S, K və başqa minerallarla zəngindir.

Təcrübə bölməsi. Təqdim olunan məqalədə Azərbaycanın Qax və Qəbələ rayonlarında yerləşən 5 termal suyun sıxlıqları və səs sürəti təcrübə olaraq öyrənilmişdir. Təcrübələr zamanı istifadə olunan termal sular bilavasitə suyun çıxdığı yerdən götürülmüş və filtdən keçirilərək təmizlənmişdir. Termal suların nümunələrinin çıxdığı yerin coğrafi koordinatları və Yerdən çıxan andakı temperaturları cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1. Termal suların yerləşdiyi koordinatlar və Yer səthinə çıxan anda suyun temperaturu

Moksu	İlisu Səngər Beşbulaq	İlisu Beşbulaq Yuxarı	Yengicə	Qəmərvan
41°30'82" Şimal 48°45'32" Şərq	41°28'05" Şimal 47°03'37" Şərq	41°27'58" Şimal 47°03'50" Şərq	40°52'50" Şimal 47°51'20" Şərq	41°04'54" Şimal 47°48'01" Şərq
$T=304.15$ K	$T=305.15$ K	$T=303.15$ K	$T=305.15$ K	$T=312.35$ K

Təcrübələr Anton-Paar (Avstriya) firmasının DSA 5000M vibrasiya edən borulu densimetri və səs sürəti ölçən cihazı (Şəkil 5) vasitəsi ilə aparılmışdır. Qurğu bir birindən fərqli, lakin eyni temperaturda olan iki ölçmə yuvasına malikdir. Sıxlıq ölçmə yuvası borunun vibrasiya periodunun ölçülməsi və bu period əsasında sıxlığın hesablanmasına əsaslanmışdır.

Vibrasiya edən borulu densimetr bir tərəfə istiqamətləndirilmiş U-şəkilli borunun rəqətmə periodunun və borunun kütləsinin asılılığına əsaslanmışdır [12].

$$\tau = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (1)$$

və ya

$$f = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2)$$



Şəkil 5. DSA 5000M səs sürəti ölçən

Vibrasiyaedən borunun kütləsinin m borunun vakuum halında onun boş kütləsinin m_b və boru daxilindəki mayenin kütləsinin ρV_b cəminə bərabər olduğu üçün:

$$f = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m_b + \rho V_b}} \quad (3)$$

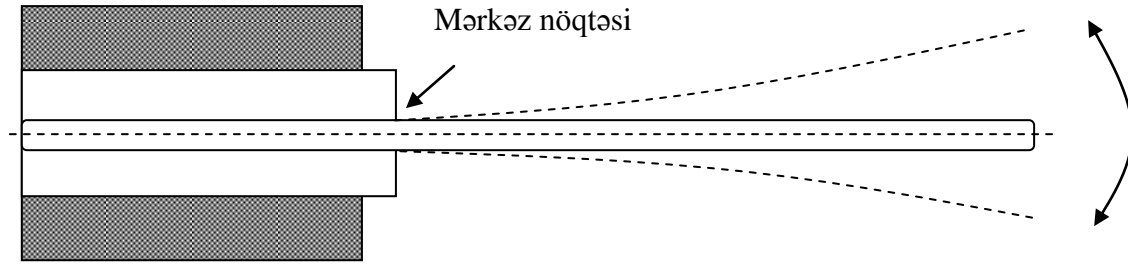
Borunun və onun daxilindəki maddənin kütləsinin birbaşa ölçülməsi çətin olduğu üçün bu kütləni məhz borunun vibrasiya etməsi və bu vibrasiyanın periodunun ölçülməsi metodu ilə hesablamaq olur. (1) və (3) tənliklərindən:

$$\tau = 2\pi \sqrt{\frac{m_b + V_b \rho}{k}} \quad (4)$$

burada τ - vibrasiyaedən borunun rəqs periodu, (μ s); m_b - vibrasiyaedən borunun boş kütləsi, (kq); V_b - vibrasiyaedən borunun həcmi, (m^3); ρ - vibrasiyaedən borunun daxilindəki maddənin sıxlığı, ($kq \cdot m^{-3}$); k - Hük qanunu əsasında tapılan boru materialının elastiklik əmsalıdır, ($N \cdot m^{-1}$) və elastiklik əmsalı borunun ölçülərindən, formasından asılı olaraq boru materialının Yunq modulu ilə proporsionaldır.

Vibrasiya edən borunun həcmi onun həndəsi ölçüləri və asılma halı ilə təyin edilir (şəkil 6). Asılma nöqtəsi borunun tərənəmzə halda qurğuya bərkidilmiş hissəsinin borunun vibrasiya edən

hissəsinə doğru ən son nöqtəsidir. Borunun istidən genişlənməsi və boşalması əsas hallardan biridir. Odur ki, kalibrənmə zamanı bu parametrlər bir-başa temperaturdan asılı olaraq əmsalların daxilində nəzərə alınır.



Şəkil 6. Vibrasiya edən borunun asılma vəziyyəti

(4) tənliyindən mayenin sıxlığını aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\rho = A - B\tau^2, \quad (5)$$

burada $B(T, P) = -\frac{k(T, P)}{4\pi^2 V_b(T, P)}$ və $A(T, P) = -\frac{m_t}{V_b(T, P)}$.

Səs sürəti ölçmə zamanı işe 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 (6) düsturu vasitəsilə hesablanır [13]:

$$v = \frac{\text{heqiqi uzunluq} \cdot (1 + 1.6E - 5 \cdot \Delta_{\text{temp}})}{\frac{P_s}{\text{bölücü sabit}} - \text{TAU} \cdot f_3} \quad (6)$$

burada həqiqi uzunluq – səs dalğalarının həqiqi uzunluğu (təxminən 5000 μm), $\Delta_{\text{temp}} - T=293.15$ K-də temperatur xətası, P_s - qəbul edilən səs dalğalarının rəqsləri dövrü, bölücü sabit – 512, TAU – qurğunun sabit əmsalı, f_3 - temperatura düzəliş əmsalıdır. Tənlikdəki TAU və f_3 əmsalları DSA 5000M qurğusunu istehsal edən Anton-Paar firmasının sirri olduğu üçün məqalədə verilmir.

DSA 5000M qurğusu vasitəsilə atmosfer təzyiqində səs sürətinin 1000 - 2000 m·s⁻¹ (ölçülmə xətası: 0.1 m·s⁻¹) və temperaturun 278.15 – 343.15 K (ölçülmə xətası: 0.001 °C) ölçülmə diapazonlarında təcrübələr aparmaq mümkündür.

Nümunələr xüsusi vakuum kolbalarda həll olmuş qazlardan təmizlənmişdir. Nümunədə həll olmuş qazlar ölçmə zamanı hava qabarcıqları şəklində ayrıldıqları üçün ölçməni çətinləşdirirlər. Ayrılan hava qabarcıqları vibrasiya periodunun düzgün ölçülməsinə problem yaradır. Qurğu tam yuyulub qurudulduqdan sonra, lazım olan miqdarda ölçüləcək maye şpris vasitəsi ilə ölçü yuvasına vurulur. Daha sonra temperatur intervalı seçilir və təcrübəyə start verilir. Hər temperatur rejimində termal suların səs sürəti ölçülür. Qurğu proqramlaşdırılmış bütün temperatur intervalında təcrübələri apardıqdan sonra dayanır və maye qurğudan təmizlənir.

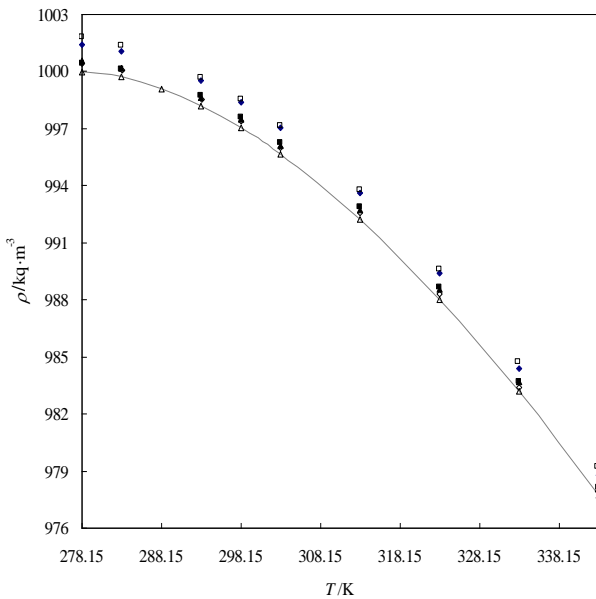
Alınmış nəticələr. Azərbaycanın Qax və Qəbələ rayonlarının termal sularının sıxlığı və səs sürəti $T=(278.15 - 343.15)$ K temperatur intervalında və atmosfer təzyiqində ölçülmüşdür. Alınmış nəticələr cədvəl 2-də verilmişdir. Eyni zamanda Azərbaycanın Qax və Qəbələ rayonlarının termal sularının sıxlığının temperaturdan asılılığı şəkil 7-də və səs sürətinin temperaturdan asılılığı şəkil 8-də verilmişdir.

Energetika-Энергетика-Energetic

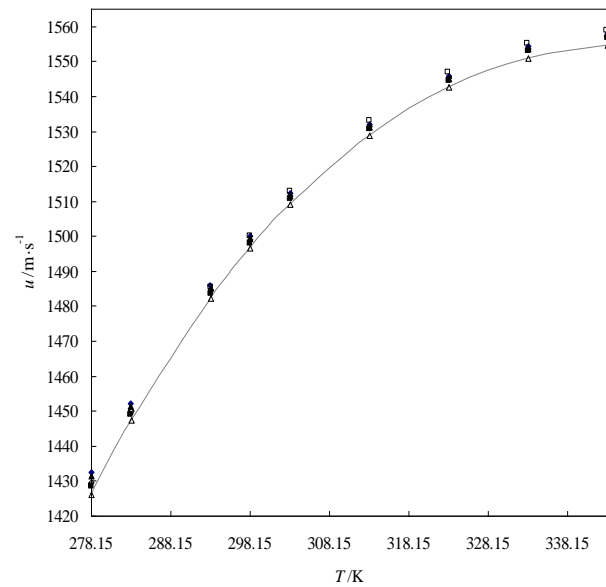
Cədvəl 2. Azərbaycanın Qax və Qəbələ rayonlarının termal sularının temperaturunun T/K , sıxlığının $\rho/kq\cdot m^{-3}$, adi sudan (IAPWS-95) fərqlinin $(\rho-\rho_w)/kq\cdot m^{-3}$, xüsusi həcmnin temperaturdan asılı diferensialının $(dv/dT)/m^3\cdot kg^{-1}\cdot K^{-1}$, temperaturdan asılı isobarik genişlənməsinin $\alpha_p\cdot 10^6/K^{-1}$, səs sürətinin $u/m\cdot s^{-1}$, temperaturdan asılı adiabatik sıxılmasının $\kappa_s\cdot 10^6/MPa^{-1}$ təcrübə və hesablanmış qiymətləri

Qax rayonu, "Moxsu 1" termal suyu						
T	ρ	$\rho-\rho_w$	dv/dT	α_p	u	κ_s
278.15	1001.44	1.42	$4.8169\cdot 10^{-8}$	48.2	1432.61	487.94
283.13	1001.07	1.40	$1.0108\cdot 10^{-7}$	101.2	1452.32	474.61
293.13	999.54	1.38	$2.0282\cdot 10^{-7}$	202.7	1486.00	452.65
298.13	998.41	1.38	$2.5144\cdot 10^{-7}$	251.0	1500.05	443.70
303.15	997.03	1.37	$2.9874\cdot 10^{-7}$	297.9	1512.41	435.88
313.14	993.62	1.35	$3.8836\cdot 10^{-7}$	385.9	1532.10	423.30
323.15	989.38	1.30	$4.7215\cdot 10^{-7}$	467.1	1545.84	414.03
333.15	984.40	1.20	$5.4985\cdot 10^{-7}$	541.3	1554.25	407.50
343.15	978.76	1.03	$6.2153\cdot 10^{-7}$	608.3	1558.02	403.21
Qax rayonu, "İlisu Beşbulaq" termal suyu						
T	ρ	$\rho-\rho_w$	dv/dT	α_p	u	κ_s
278.16	1000.40	0.39	$2.8929\cdot 10^{-8}$	28.9	1428.55	490.21
283.14	1000.12	0.46	$8.5837\cdot 10^{-8}$	85.8	1448.93	476.38
293.14	998.71	0.56	$1.9412\cdot 10^{-7}$	193.9	1483.62	453.73
298.15	997.61	0.59	$2.4537\cdot 10^{-7}$	244.8	1498.06	444.53
303.15	996.27	0.61	$2.9451\cdot 10^{-7}$	293.4	1510.64	436.57
313.14	992.90	0.62	$3.8672\cdot 10^{-7}$	384.0	1530.68	423.77
323.15	988.68	0.59	$4.7110\cdot 10^{-7}$	465.8	1544.58	414.41
333.16	983.71	0.51	$5.4748\cdot 10^{-7}$	538.6	1553.05	407.85
343.15	978.12	0.39	$6.1572\cdot 10^{-7}$	602.3	1556.85	403.55
Qax rayonu, "İlisu Beşbulaq Yuxarı" termal suyu						
T	ρ	$\rho-\rho_w$	dv/dT	α_p	u	κ_s
278.15	1000.56	0.54	$3.3370\cdot 10^{-8}$	33.4	1431.56	488.23
283.14	1000.18	0.52	$9.3296\cdot 10^{-8}$	93.3	1451.34	474.83
293.14	998.64	0.48	$2.0459\cdot 10^{-7}$	204.3	1485.09	452.79
298.14	997.50	0.47	$2.5584\cdot 10^{-7}$	255.2	1499.19	443.81
303.15	996.12	0.46	$3.0425\cdot 10^{-7}$	303.1	1511.57	435.97
313.14	992.73	0.45	$3.9199\cdot 10^{-7}$	389.1	1531.33	423.34
323.15	988.55	0.46	$4.6816\cdot 10^{-7}$	462.8	1545.12	414.07
333.15	983.67	0.46	$5.3251\cdot 10^{-7}$	523.8	1553.51	407.59
343.16	978.19	0.47	$5.8518\cdot 10^{-7}$	572.4	1557.19	403.41
Qəbələ rayonu, "Yengicə" termal suyu						
T	ρ	$\rho-\rho_w$	dv/dT	α_p	u	κ_s
278.15	1000.43	0.41	$4.3075\cdot 10^{-8}$	43.1	1429.53	489.55
283.18	1000.07	0.41	$9.9877\cdot 10^{-8}$	99.9	1450.09	475.59
293.17	998.53	0.38	$2.0595\cdot 10^{-7}$	205.6	1484.69	452.99
298.15	997.39	0.36	$2.5548\cdot 10^{-7}$	254.8	1499.02	443.86
303.15	996.00	0.34	$3.0297\cdot 10^{-7}$	301.8	1511.58	435.91
313.15	992.56	0.29	$3.9120\cdot 10^{-7}$	388.3	1531.57	423.14
323.15	988.33	0.24	$4.7046\cdot 10^{-7}$	465.0	1545.35	413.85
333.15	983.41	0.20	$5.4073\cdot 10^{-7}$	531.8	1553.66	407.40
343.08	977.95	0.18	$6.0162\cdot 10^{-7}$	588.4	1557.24	403.28

Qəbələ rayonu, "Qəmərvan" termal suyu						
T	ρ	$\rho - \rho_w$	dv/dT	α_p	u	κ_s
278.17	1001.83	1.81	$7.4466 \cdot 10^{-8}$	74.6	1428.55	490.91
283.15	1001.34	1.68	$1.2095 \cdot 10^{-7}$	121.1	1449.66	476.48
293.15	999.68	1.52	$2.1161 \cdot 10^{-7}$	211.5	1485.39	453.09
298.15	998.51	1.48	$2.5559 \cdot 10^{-7}$	255.2	1500.13	443.70
303.15	997.13	1.47	$2.9868 \cdot 10^{-7}$	297.8	1512.94	435.62
313.15	993.75	1.48	$3.8215 \cdot 10^{-7}$	379.8	1533.19	422.75
323.09	989.62	1.50	$4.6157 \cdot 10^{-7}$	456.8	1546.95	413.54
333.08	984.76	1.51	$5.3780 \cdot 10^{-7}$	529.6	1555.24	407.13
343.06	979.23	1.45	$6.1039 \cdot 10^{-7}$	597.7	1558.85	402.98



Şəkil 7. Azərbaycanın Qax və Qəbələ rayonlarının termal sularının sıxlığının $\rho/(kq \cdot m^{-3})$ temperaturdan asılılığı: (◆, "Moksu I"; ■, "İlisu Səngər Beşbulaq"; ▲, "İlisu Beşbulaq Yuxarı"; ◇, "Yengicə"; □, "Qəmərvan"; Δ, təmiz su [14])



Şəkil 8. Azərbaycanın Qax və Qəbələ rayonlarının termal sularının səs sürətinin $u/m \cdot s^{-1}$ temperaturdan asılılığı: (◆, "Moksu I"; ■, "İlisu Səngər Beşbulaq"; ▲, "İlisu Beşbulaq Yuxarı"; ◇, "Yengicə"; □, "Qəmərvan"; Δ, təmiz su [14])

Təcrübə nəticələrinin tənlik vasitəsi ilə yazılması. Maddələrin istilik-fiziki xassələrinin geniş temperatur və təzyiqlərdə öyrənilməsi zamanı yalnız müəyyən edilmiş qiymətlərdə ölçmələr aparılır. Amma istənilən hal parametrlərində bu xassələrin əldə olunması üçün təcrübədən alınmış nəticələrin tənliklər vasitəsi ilə yazılması vacibdir. Bu səbəbdən də təqdim olunan bu məqalədə sıxlığın və səs sürətinin ölçülmüş qiymətlərinin temperaturdan asılılığı polinomial tənlik vasitəsilə yazılmışdır:

$$\rho = \sum_{i=0}^3 a_i T^i, \quad (7)$$

burada a_i polinomun əmsallarıdır və tədqiq olunmuş termal sular üçün ayrılıqda cədvəl 3-də verilmişdir.

Energetika-Энергетика-Energetic
Cədvəl 3. (7) tənliyində a_i əmsallarının qiymətləri

	Moksu 1	İlisu Səngər Beşbulaq	İlisu Beşbulaq Yuxarı	Yengicə	Qəmərvan
a_0	306.6613883751	200.62926838	250.820241814	181.42503073591	454.285081
a_1	6.05830642827	7.0386690529	6.6374066193543	7.298042934559	4.70978950659
a_2	-0.0164519158	-0.01949883168	-0.0184800891456	-0.0205652684	-0.012370891215275
a_3	$0.131274252418 \cdot 10^{-4}$	$0.1628928379416 \cdot 10^{-4}$	$0.15488055 \cdot 10^{-4}$	$0.1766437497 \cdot 10^{-4}$	$0.90437056275 \cdot 10^{-5}$

$$u = \sum_{i=0}^3 b_i T^i, \quad (8)$$

burada b_i polinomun əmsallarıdır və tədqiq olunmuş sular üçün ayrılıqda cədvəl 4-də verilmişdir.

Cədvəl 4. (8) tənliyində b_i əmsallarının qiymətləri

	Moksu 1	İlisu Səngər Beşbulaq	İlisu Beşbulaq Yuxarı	Yengicə	Qəmərvan
b_0	-5337.65845666691	5901.99034449362	5240.2560230407	5859.59927520511	6606.39007635018
b_1	53.1302647605482	58.16632578835	52.1210340539062	57.7288944272145	64.531964040209
b_2	-0.134465772867398	-0.149485168576837	-0.131043641725114	-0.14793483322	-0.168530765296088
b_3	$0.111309468523 \cdot 10^{-3}$	$0.126247503189 \cdot 10^{-3}$	$0.1074763069564 \cdot 10^{-3}$	$0.12440534596 \cdot 10^{-3}$	$0.145172609587 \cdot 10^{-3}$

İzobar termiki genişlənmə əmsalı α_p/K^{-1} , təcrübi işlərin keyfiyyətinin təhlilində böyük rol oynayır. O, sabit təzyiqdə həcmnin dəyişməsinin temperaturun dəyişməsindən asılılığını xarakterizə edir:

$$\alpha_p = \frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p. \quad (9)$$

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

Maddənin sıxlığı və səs sürəti məlum olduqda Laplas tənliyi vasitəsilə onun adiabatik sıxılmasını κ_s/MPa^{-1} hesablamaq mümkündür:

$$\kappa_s = \frac{1}{\rho \cdot u^2}, \quad (10)$$

Tədqiq olunmuş termal suların adiabatik sıxılma əmsalları $\kappa_s \cdot 10^6/MPa^{-1}$ cədvəl 1-də verilmişdir.

Alınmış nəticələrdən aydın görünür ki, Azərbaycanın Qax və Qəbələ rayonlarının termal sularının sıxlığının temperaturdan asılı dəyişməsi təmiz suyun sıxlığının temperaturdan asılı dəyişməsi ilə eyni dinamikaya malikdir və temperaturun artması ilə intensiv azalır. Yəni, termal suların sıxlığının $\rho/kq \cdot m^{-3}$ temperaturdan asılılığı təxminən $T=298.15$ K temperaturundan başlayaraq yüksək temperaturlara doğru tərkiblərindəki kimyəvi mineralların miqdarından asılı olaraq uyğun ardıcılıqla kəskin olaraq azalır. Bu da təbiidir, çünki tədqiq olunan termal suların tərkibinin böyük əksəriyyəti təmiz sudan ibarətdir. Eyni zamanda termal sularının sıxlıqları təmiz suyun sıxlığından bir qədər çoxdur. Bu da termal suların tərkibindəki kimyəvi mineralların zəngin olması ilə izah edilir. Qəmərvan suyunun sıxlığı o biri sulara nisbətən çoxdur. Bu da yenə də bu suyun tərkibindəki kimyəvi mineralların o biri sulara nisbətən daha çox olması ilə əlaqədardır.

Ədəbiyyat

- [1].Azərbaycan Respublikasında alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə olunması üzrə Dövlət Proqramı, 2004-cü il.
- [2].Тагиев И.И., Ибрагимова И.Ш., Бабаев А.М. Ресурсы минеральных и термальных вод Азербайджана, 2001, Баку, Чашыоглы, 168 стр.
- [3].Гашкай М.А. Минеральные источники Азербайджана, Баку, 1952, 503 стр.
- [4].Ibrahimova I.Sh., 2006, Application of GIS to available information on thermal waters in the Azerbaijan republic and its usefulness for environmental assessment, UN University, Geothermal Training Programme, Reports, Nr 10, Orkustofnun, Grensásvegur 9, IS-108 Reykjavík, Iceland.

Energetika-Энергетика-Energetic

- [5].Ismailova M.M., 2006, Environmental problems associated with utilization of mineral waters in urbanized areas of Azerbaijan, NATO Science Series, 74, 279-288.
- [6].Safarov, J., Hamidova, R., Zepik, S., Schmidt, H., Kul, I., Shahverdiyev, A., Hassel, E. Thermophysical Properties of 1-hexyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl) imide at high temperatures and pressures, Journal of Molecular Liquids 2013, 187, 137-156.
- [7].Ahmadov, A., Safarov, J., Bashirov, M. Hassel, E. Speed of sound of geothermal water resources of Gakh region of Azerbaijan, VDI "Thermodynamik-Kolloquium" und "Ingenieurdaten", 7.-9. Oktober 2013, Hamburg, Germany.
- [8].Ahmadov, A., Bashirov, M. Safarov, J., Hassel, E. Density of Ilisu geothermal water resources of Gakh region of Azerbaijan, 19th Turkish National Thermal Sciences and Technology Congress, 9-12 September 2013, Samsun, Turkey.
- [9].Nabiyev, N., Bashirov, M., Safarov, J., Shahverdiyev, A., Hassel, E. Thermodynamic Properties of the Geothermal Resources (Khachmaz and Sabir-oba) of Azerbaijan, Journal of Chemical Engineering Data 2009, 54, 1799-1806.
- [10].Azərbaycan SSR-nin ATLASI, Bakı-Moskva, 1963, səh.36-37.
- [11].<http://qebele-ih.gov.az/page/13.html>.
- [12].Kratky, O., Leopold, H., Stabinger, H. H. Dichtemessungen an Flüssigkeiten und Gasen auf 10⁶ g/cm³ bei 0.6 cm³ Präparatvolumen, Z. Angew. Phys., 1969, 27, 273-277.
- [13].DSA5000M instruction manual, Firmware Version: V2.20, Anton-Paar, Austria, 2011, 163 p.
- [14].Wagner, W., Pruß, A. The IAPWS Formulation 1995 for the Thermodynamic Properties of Ordinary Water Substance for General and Scientific Use, Journal of Physical Chemistry Referent Data, 31, 387-535 (2002).

ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛОТНОСТИ И СКОРОСТИ ЗВУКА ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД КАХСКОГО И ГАБАЛИНСКОГО РАЙОНОВ АЗЕРБАЙДЖАНА

АНАР АХМАДОВ¹, ДЖАВИД САФАРОВ^{1,2}, МАХИР БАШИРОВ¹, ЕГОН ХАССЕЛ²

¹ Азербайджанский Технический Университет, Баку, АЗЕРБАЙДЖАН

² Ростовский университет, Ростов, ГЕРМАНИЯ

E-mail: anar-ehmedov1976@mail.ru

Аннотация: Приводится экспериментальный анализ плотности и скорости звука термальных вод Кахского и Габалинского районов Азербайджана при атмосферном давлении и температурах $T=(278.15-343.15)$ К. Температурная зависимость полученных данных были анализированы и описаны уравнением в виде полинома.

Ключевые слова: экспериментальный анализ, плотность, скорость звука, термальная вода, атмосферная давления.

INVESTIGATION OF THE DENISY AND SPEED OF SOUND OF THERMAL WATERS OF THE GAKH AND GABALA REGIONS OF AZERBAIJAN

ANAR AHMADOV¹, JAVID SAFAROV^{1,2}, MAHIR BASHIROV¹, EGON HASSEL²

Azerbaijan Technical University, Baku, AZERBAIJAN

Rostock University, Rostock, GERMANY

E-mail: anar-ehmedov1976@mail.ru

Summary: The experimental analysis of density and speed of sound of thermal waters of the Gakh and Gabala regions of Azerbaijan were carried out at atmospheric pressure and temperatures $T = (278.15 - 343.15)$ K. Temperature dependence of the obtained values of density and speed of sound were analysed and described using a polynomial equation.

Keywords: experimental analysis, density, sound speed, thermal water, atmospheric pressure.

Daxil olub:24.01.2014

Rəyçi: t.e.d., professor A.N. Şahverdiyev