

ZUOT 536.77:547.442

Mirzəliyev¹ A.A., Safərov² C.T., Hassel² E.P.
Azərbaycan Texniki Universiteti¹, Azərbaycan
Universität Rostock², Germany
javid.safarov@uni-rostock.de

XƏZƏR DƏNİZİNİN SUYUNUN DOYMUŞ BUXAR TƏZYİQİNİN TƏDQIQI

Açar sözlər: dəniz suyu, kimyəvi analiz, buxar təzyiqi, Antoine tənliyi, polinomial tənlik

Təqdim olunan işdə Xəzər dənizi suyunun 29 müxtəlif nümunələrinin doymuş buxar təzyiqi $T=(274.15 - 373.15)$ K temperatur intervalında iki müxtəlif statik metodla ölçülmüşdür. Bunlardan 28 nümunə birbaşa Xəzər dənizindən götürülmüşdür. Duzluluğu $S_A=2.504$ q·kq⁻¹ olan nümunə isə laboratoriya şəraitində Xəzər dənizi suyuna təmiz su əlavə etməklə hazırlanmışdır. Alınmış nəticələr ikiqat polinom, Klavzius – Klapeyron vasitəsilə yazılmış və buxarlanan suyun aktivlik əmsalı hesablanmışdır. Xəzər dənizi suyunun doymuş buxar təzyiqinin onun duzluluğundan birbaşa asılı olması və anomaliyanın olmaması ilk dəfə olaraq təyin edilmişdir.

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

ИССЛЕДОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ ВОД КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Ключевые слова: морская вода, химический анализ, давление насыщенного пара, уравнения Antoine, полиномиальное уравнение

В представленной работе давление насыщенных паров 29 различных образцов Каспийского моря измерялось двумя различными статическими методами при температуре $T = (274,15 - 373,15)$ К. 28 проб были взяты прямо из Каспийского моря, а проба с солености $S_A=2.504$ г·кг⁻¹ подготовлена искусственным образом добавлением чистой воды в морскую воду Каспийского моря. Полученные экспериментальные результаты описаны с помощью уравнения полинома и Клаузиуса-Клапейрона. Вычислена активность чистой воды. Прямая зависимость давления насыщенных паров вод Каспийского моря от солености была выявлена впервые.

INVESTIGATION OF VAPOR PRESSURE OF THE CASPIAN SEA WATER

Keywords: seawater, chemical analysis, vapor pressure, Antoine equation, polynomial equation

In the presented paper, the experimental vapor pressures of 29 Caspian Sea water samples were investigated using two different static methods installations. 28 samples from them were directly collected from the Caspian Sea. One sample with salinity $S_A=2.504 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ were prepared with addition of pure water to the natural sample. Obtained values of vapor pressure were fitted two the polynomial equation and Clausius – Clapeyron type equation. The activities of pure water as solvent were calculated. The direct dependence of vapour pressure from salinity and no anomalies in this dependence were obtained in the first time.

Xəzər dənizi $36^{\circ}33'$, ilə $47^{\circ}07'$ şimal enlikləri və $46^{\circ}43'$ ilə $54^{\circ}50'$ şərq uzunluqları arasında yerləşir. Bu koordinatlar Xəzər dənizi səviyyəsinin okean səviyyəsindən 28 m aşağı olduğu XX yüzilliyin 60-cı və 70-ci illəri üçün xarakterik idi [1]. Xəzər dənizi səviyyəsinin çox dəyişkən olmasına görə başqa dənizlərdən kəskin seçilir və suyun səviyyəsinin dəyişməsi onun coğrafi koordinatlarını, sahəsini, sahil xəttinin uzunluğunu, dənizin uzunluğunu, enini, dərinliyini, suyun həcmi və s. vaxtaşırı dəyişir. Xəzər dənizinin səviyyə dəyişikliyinin izahında əsasən iki təmayül əmələ gəlmişdir:

- Birincisi, dənizin səviyyəsinin dəyişməsinin əsas səbəbi Xəzər dənizi hövzəsində baş verən iqlim dəyişkənliyidir.
- İkincisi isə, dənizin səviyyə təərəddüdü onun dibində baş verən tektonik hərəkətlərlə əlaqədardır.

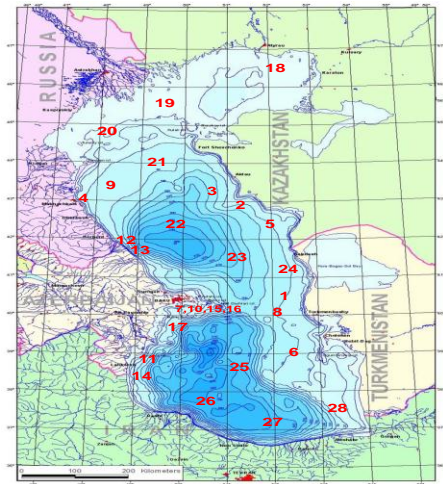
Birinci təmayülə əsasən iqlim dəyişkənliyi son illərin ən aktual probleminə çevrildiyi üçün havanın orta illik temperaturu daim artmağa başlamışdır. 1910-ci ildən başlayan temperatur artımı bu günə qədər 1°C -ni keçmişdir. Temperaturun artması nəticəsində okean və dəniz sularında buxarlanma prosesi və dəniz səviyyəsinin dəyişməsi güclənir. Bu proses hər iki istiqamətdə gedir. Belə ki, bir tərəfdən, ətraf mühitin temperaturunun artması əbədi buzlaqların əriməsinə və maye su ehtiyatının artmasına səbəb olur. Bu da öz növbəsində suyun buxarlanma ehtimalını artırır. Başqa tərəfdən, buxarlanıb yenidən yağıntı halında yerə qayıdan suyun miqdarı artır. Bu da öz növbəsində okean və dəniz səviyyəsini artırır. Hər halda ikinci amil, yəni yağıntılar nəticəsində səviyyənin artması daha güclüdür.

Volqa çayının illik axımının həcmi dəyişməsi də dəniz suyunun səviyyəsinin dəyişməsinə təsir edir. Dənizə tökülən bütün çayların illik axımının 80%-i tək Volqa çayı hesabınadır. Volqa çayı hövzəsində yağıntıların artması, yaxud azalması, xüsusilə, gur sulu dövrdə çayın su sərfi həcmi

tərəddüdünün dövrü dəyişməsi Xəzərin səviyyə tərəddüdünün əsas səbəbi sayılır.

Tədqiqatçılar səviyyə dəyişməsini daim nəzarətdə saxlayaraq onun səbəblərini izah etməyə çalışırlar. Bu sahədə Azərbaycan Texniki Universitetinin “İstilik energetikası” kafedrasında Almaniyanın Rostock Universitetinin “Texniki Termodinamika” kafedrası ilə birlikdə son zamanlarda geniş araşdırmalar aparılır. Xəzər dənizinin suyunun buxarlanmasını (xüsusilə də cənub və şərq sahəsində) analiz etmək üçün dəniz suyunun buxar təzyiqi əsas amillərdən biri kimi tədqiq olunmalıdır. Bu sahədə Xəzər dənizinin müxtəlif sahələrindən “Azərbaycan Dövlət Xəzər Dəniz Gəmiçiliyi” idarəsi tərəfindən götürülmüş nümunələrin buxar təzyiqinin geniş hal parametrlərində tədqiq edilməsi sahəsində xüsusi rolu olmuşdur. Daha sonra müxtəlif təşkilatlar və elmi idarələr tərəfindən eyni zamanda şəxsi olaraq əlavə nümunələr götürülmüşdür. Beləliklə, tədqiq olunan nümunələrin sayı 28-ə çatdırılmışdır (şəkil 1). Nümunələrin götürülməsi zamanı əsas fikir bilavasitə cənub və şərq sahillərə yaxın yerlərə ayrılmışdır. Çünki sahilə yaxınlaşdıqca buxarlanma intensivliyi daha da sürətlənir. Bu da son nəticə olaraq duzluluğun çox olmasına gətirib çıxarır. Nümunələr dənizin üst səthindən götürülmüşdür. Bu hal onunla əlaqədardır ki, buxarlanma əsasən dənizin üst səthində intensiv olur. Duzluluğu $S_A=2.504 \text{ q} \cdot \text{kg}^{-1}$ olan 29-cu nümunə isə laboratoriya şəraitində Xəzər dənizi suyuna təmiz su əlavə etməklə hazırlanmışdır. Okean və dəniz sularının analizi sahəsində tədqiqatlara əsaslanaraq qeyd etmək lazımdır ki, duzluluğu $S_A=2.5 \text{ q} \cdot \text{kg}^{-1}$ -dan nümunələr təmiz sudan demək olar ki fərqlənmirlər və onların araşdırılması elə bir termodinamika əhəmiyyət kəsb etmir.

Xəzər dənizi suyunun buxar təzyiqi yüksək dəqiqliyə malik olan iki müxtəlif statik qurğu vasitəsi ilə ölçülmüşdür [2; 3; 4; 5]. Şüşə ölçü yuvaları $T=(274.15 - 323.15) \text{ K}$ temperaturda doymuş buxar təzyiqinin ölçülməsi üçün, metal ölçü yuvası $T=(323.15 - 373.15) \text{ K}$ temperaturalarda doymuş buxar təzyiqinin ölçülməsi üçün istifadə olunmuşdur. Hər iki təcrübə qurğusu elmi qrupumuz tərəfindən ətraflı olaraq müxtəlif məqalələrdə dərc edildiyindən [2; 3; 4; 5], bu məqalədə qısa olaraq əsas hal parametrlərinin ölçmə xətalrı və ölçmə prosesinin əsas nüansları haqqında məlumat veririk: şüşə ölçü yuvası xarici şüşə qabın



Şəkil 1. Tədqiq olunmuş nümunələrin götürüldüyü ərazilər

daxilində yerləşdirilmiş və termostat vasitəsi ilə stabil temperaturda (± 0.01 K) saxlanmışdır. Doymuş buxar təzyiqi yüksək dəqiqliklə kalibrlənmiş təzyiq ölçü sensoru ilə [615A tipli (15) və 670A tipli siqnal formalaşdırıcı, MKS Baratron, USA] ölçülür. Doymuş buxar təzyiqi ölçən mütləq şüşə ölçü yuvasında təcrübə xətası $\Delta P = \pm(10 - 30)$ Pa (MKS Baratron təzyiq sensoru) təşkil edir. Əgər buxar təzyiqi $\pm(10 - 30)$ Pa-dan azdırsa (ölçü xətası), ölçmələr digər diferensial ölçü yuvasında aparıla bilər. Diferensial hissədəki şüşə ölçü yuvasında doymuş buxar təzyiqinin təcrübə xətası $\Delta P = \pm(1-3)$ Pa (MKS Baratron təzyiq sensoru) təşkil edir. Qurğunun bu hissəsində doymuş buxar təzyiqləri yüksək dəqiqliyə malik olan təzyiq sensorları ilə [616A siqnal formalaşdırıcı ilə 670A-ya (13) birləşdirilir, MKS Baratron, USA] ölçülür. Həm statik, həm də diferensial hissənin hər iki sensor başlığı, temperaturu $T=333.15\pm 0.01$ K olan hava rezervuarları daxilinə yerləşdirilir.

$T=(323.15 - 373.15)$ K temperaturalarda buxar təzyiqini müəyyən etmək üçün aparılan təcrübələr metal yuvada statik metodla aparılmışdır [3; 4; 5; 6]. Ölçü yuvasının temperaturu $\Delta T = \pm 0.01$ K dəqiqliklə stabil saxlanılır. Bu temperatur iki müxtəlif platin müqavimət termometrləri PT-100 vasitəsi ilə təyin olunur. Bunlardan biri PT-100 Libus Modul vasitəsi ilə termostata birləşdirilir. Bu termometr birbaşa ölçü yuvasının temperaturunu ölçür. Bu termometrdən istifadə edərək termostatın yox, birbaşa ölçü yuvasının temperaturunu stabilləşdirmək olur. Bu çox əhəmiyyətli bir şərtidir. Çünki bu yalnız təcrübə aparılan mühitdə temperaturun stabilləşməsinə və yüksək dəqiqliklə ölçülməsinə imkan verir. İkinci platin müqavimət PT-100 termometri ölçülən nəticələri Omega PT-104A modulu vasitəsi ilə kompüterə ötürür və temperatur $\Delta T = \pm 0.001$ K dəqiqliyində ölçülür.

Doymuş buxar təzyiqlərini ölçmək üçün Omega-Keller təzyiq sensorlarından istifadə edilmişdir. Təzyiq sensoru birbaşa sensorun ucunda yerləşdirilir. Bu zaman ölçü yuvasında membrana təsir edən təzyiq silisiumdan (silikon) olan və daxili yağla doldurulmuş kapilyarlar vasitəsi ilə sensorun elektron sisteminə ötürülür.

Ölçü yuvasında tarazlaşma prosesi təxminən 15-20 dəqiqə ərzində əldə olunur. Tarazlıq təzyiqinin göstəriciləri qeydə alınır. Kompüter hər dəqiqə buxar təzyiqi siqnalını alır və yuvada təzyiqin stabilləşməsinə qeydə alır. Bundan sonra temperatur avtomatik olaraq LabVIEW proqramı vasitəsi ilə dəyişir. Ölçmələr aşağı temperaturlardan ($T=274.15$ K) yüksək temperatura ($T=373.15$ K) nəzərdə tutulan temperatur intervalı ilə aparılır. Maksimal temperatura çatandan sonra termostat avtomatik olaraq dayanır. Sonra yüksək temperaturlardan ($T=373.15$ K) aşağı temperaturlara qədər ($T=274.15$ K) olan ölçmələr eyni yolla aparılır. Qurğu elə hazırlanmışdır ki, avtomatik sistem sıradan çıxanda bütün təcrübə mexaniki olaraq aparılır.

Xəzər dənizinin suyunun doymuş buxar təzyiqinin P/Pa müxtəlif duzluluqda ölçülmüş nəticələri cədvəl 1-də və müxtəlif temperaturlarda duzluluqdan $S_A/q \cdot kq^{-1}$ asılılığı şəkil 2-də verilmişdir.

Cədvəl 1. Xəzər dənizinin suyunun doymuş buxar təzyiqinin P/Pa müxtəlif duzluluqda ölçülmüş nəticələrinin temperaturdan asılılığı

$S_A/q \cdot kq^{-1}$	$m/kq \cdot mol^{-1}$	T/K						
		274.15	278.15	283.15	293.15	298.15	303.15	313.15
2.504	0.03997	656	871	1227	2336	3166	4242	7376
3.311	0.05289	656	871	1226	2335	3165	4240	7373
4.083	0.06527	656	871	1226	2335	3163	4238	7370
6.778	0.10865	655	869	1224	2331	3159	4232	7360
7.812	0.12536	654	869	1223	2330	3157	4230	7356
9.079	0.14588	654	868	1222	2328	3155	4227	7351
10.195	0.16399	654	868	1222	2327	3153	4225	7347
10.545	0.16968	654	868	1221	2327	3153	4224	7346
10.547	0.16972	654	868	1221	2327	3153	4224	7346
10.852	0.17468	653	868	1221	2326	3152	4223	7344
10.932	0.17598	653	868	1221	2326	3152	4223	7344
10.954	0.17634	653	868	1221	2326	3152	4223	7344
11.047	0.17785	653	867	1221	2326	3152	4223	7344
11.113	0.17893	653	867	1221	2326	3152	4223	7343
11.262	0.18135	653	867	1221	2326	3151	4222	7343
11.274	0.18155	653	867	1221	2326	3151	4222	7343
11.296	0.18191	653	867	1221	2326	3151	4222	7343
11.304	0.18204	653	867	1221	2326	3151	4222	7343
11.304	0.18204	653	867	1221	2326	3151	4222	7343
11.314	0.18220	653	867	1221	2326	3151	4222	7343
11.318	0.18226	653	867	1221	2326	3151	4222	7343
11.326	0.18239	653	867	1221	2326	3151	4222	7343
11.382	0.18331	653	867	1221	2326	3151	4222	7342
12.184	0.19638	653	867	1220	2324	3150	4220	7339
12.324	0.19867	653	867	1220	2324	3150	4220	7339
12.387	0.19969	653	867	1220	2324	3149	4220	7338
12.786	0.20621	653	867	1220	2324	3149	4219	7337
13.853	0.22366	652	866	1219	2322	3147	4216	7333
13.945	0.22517	652	866	1219	2322	3147	4216	7332

$S_A/q \cdot kq^{-1}$	$m/kq \cdot mol^{-1}$	T/K						
		323.15	333.15	343.15	353.15	363.15	373.15	
2.504	0.03997	12337	19922	31162	47356	70095	101329	
3.311	0.05289	12333	19913	31150	47337	70067	101300	
4.083	0.06527	12328	19906	31138	47319	70040	101272	
6.778	0.10865	12311	19879	31096	47255	69945	101172	

7.812	0.12536	12305	19868	31079	47230	69908	101132	
9.079	0.14588	12297	19855	31059	47200	69863	101084	
10.195	0.16399	12290	19844	31042	47173	69824	101041	
10.545	0.16968	12288	19841	31036	47164	69811	101027	
10.547	0.16972	12288	19841	31036	47164	69811	101027	
10.852	0.17468	12286	19837	31031	47157	69800	101015	
10.932	0.17598	12285	19837	31030	47155	69797	101012	
10.954	0.17634	12285	19836	31030	47154	69797	101012	
11.047	0.17785	12284	19835	31028	47152	69793	101008	
11.113	0.17893	12284	19835	31027	47151	69791	101005	
11.262	0.18135	12283	19833	31025	47147	69786	100999	
11.274	0.18155	12283	19833	31025	47147	69785	100999	
11.296	0.18191	12283	19833	31024	47146	69784	100998	
11.304	0.18204	12283	19833	31024	47146	69784	100998	
11.304	0.18204	12283	19833	31024	47146	69784	100998	
11.314	0.18220	12283	19833	31024	47146	69784	100997	
11.318	0.18226	12283	19833	31024	47146	69784	100997	
11.326	0.18239	12283	19833	31024	47145	69783	100997	
11.382	0.18331	12282	19832	31023	47144	69781	100995	
12.184	0.19638	12277	19824	31010	47125	69753	100963	
12.324	0.19867	12276	19822	31008	47121	69748	100958	
12.387	0.19969	12276	19822	31007	47120	69745	100955	
12.786	0.20621	12273	19818	31000	47110	69731	100939	
13.853	0.22366	12266	19807	30983	47084	69693	100897	
13.945	0.22517	12265	19806	30982	47082	69689	100893	

Xəzər dənizinin suyunun doymuş buxar təzyiqinin P/P_a müxtəlif duzluluqda ölçülmüş təcrübə qiymətlərindən (1) tənliyinin köməyi ilə həlledici olan təmiz suyun aktivlik əmsalı (a_s) hesablanmışdır:

$$\ln a_s = \ln(P/P_{su}) + (B_s - V_s^*)(P - P_{su})/RT, \quad (1)$$

burada: P və P^* Xəzər dənizinin və IAPWS-95 standartlı təmiz suyun doymuş buxar təzyiqləri, Pa; B_s və V_s^* təmiz su buxarının ikinci virial əmsalı, $m^3 \cdot kg^{-1}$ və təmiz maye suyun molyar həcmidir, $m^3 \cdot mol^{-1}$ [6]. (1) tənliyinin sağ tərəfi doymuş su buxarının virial tənliyə əsasən qeyri-ideal olduğunu nəzərə alır. (1) tənliyinin hesablanması üçün suyun P_{su} , B_s və V_s^* qiymətləri cədvəl 2-də verilmişdir.

Cədvəl 2. Təcrübə temperaturlarında təmiz suyun IAPWS-95 standartlı doymuş buxar təzyiqi P_{su}/Pa , su buxarının ikinci virial əmsalı B_s , təmiz maye suyun molyar həcmi V_s^* [6].

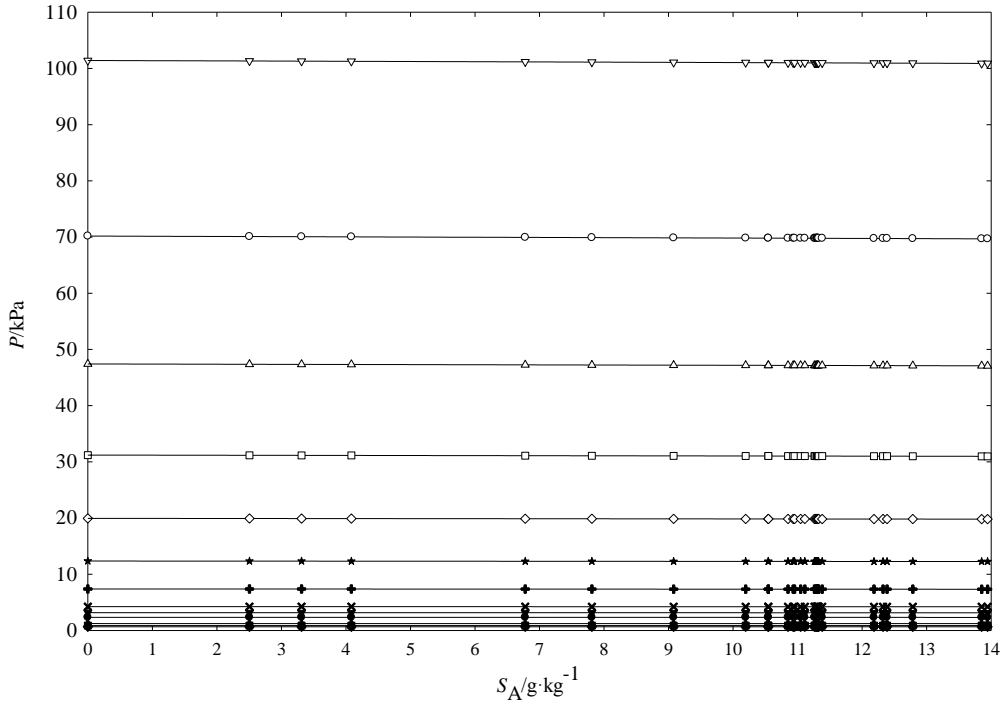
T/K	P_{su}/Pa	$B_s/(m^3 \cdot kg^{-1})$	$V_s^*/(m^3 \cdot mol^{-1})$
274.15	657	-0.110032792	0.000018017
278.15	873	-0.101094089	0.000018017
283.15	1228	-0.091293012	0.000018022
293.15	2339	-0.075371184	0.000018048
298.15	3170	-0.068878941	0.000018069
303.15	4247	-0.063171466	0.000018095
313.15	7385	-0.053670323	0.000018157
323.15	12352	-0.046157725	0.000018234
333.15	19946	-0.040132897	0.000018324
343.15	31201	-0.035237166	0.000018426
353.15	47414	-0.031209911	0.000018539
363.15	70182	-0.027859181	0.000018663
373.15	101418	-0.025041788	0.000018798

Xəzər dənizinin suyunun tərkibindəki buxarlanan təmiz suyun hesablanmış aktivlik əmsalının (a_s) müxtəlif temperaturda T/K duzların ümumi molal konsentrasiyasından $m/kg \cdot mol^{-1}$ asılılığı şəkil 3-də verilmişdir.

Xəzər dənizi suyunun doymuş buxar təzyiqinin ölçülmüş nəticələrini ikiqat polinomial tənlik vasitəsi ilə yazmaq bütün temperatur və duzluluq intervalında doymuş buxar təzyiqini hesablamağa imkan verir:

$$P = \sum_{i=0}^2 S_A^i \sum_{j=0}^4 a_{ij} T^j, \quad (2)$$

burada: a_{ij} - (2) tənliyinin əmsallarıdır və cədvəl 3-də verilmişdir. (2) tənliyi vasitəsi ilə Xəzər dənizi suyunun doymuş buxar təzyiqinin ölçülmüş nəticələrini $u_r(\Delta P/P) = \pm 1.61\%$ orta nisbi xətal ilə yazmaq mümkün olmuşdur.



Şəkil 2. Xəzər dənizinin suyunun doymuş buxar təzyiqinin P/kPa ölçülmüş nəticələrinin müxtəlif temperaturda T/K düzluluqdan $S_A/\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ asılılığı. ◆, 274.15 K; ■, 278.15 K; ▲, 283.15 K; ●, 293.15 K; ▼, 298.15 K; ✕, 303.15 K; ⊕, 313.15 K; ★, 323.15 K; ◇, 333.15 K; □, 343.15 K; △, 353.15 K; ○, 363.15 K; ▽, 373.15 K.

Cədvəl 3. Xəzər dənizi suyunun doymuş buxar təzyiqinin ölçülmüş nəticələrinin (2) tənliyi ilə yazılmasının a_{ij} əmsalları

a_{ij}		
$a_{00} = 6445020.633$	$a_{10} = 16853.7462$	$a_{20} = 188.2956759$
$a_{01} = -89686.09972$	$a_{11} = -213.9189433$	$a_{21} = -2.293404296$
$a_{02} = 470.3969877$	$a_{12} = 1.011707658$	$a_{22} = 0.01040714458$
$a_{03} = -1.103097186$	$a_{13} = -0.2110734055 \cdot 10^{-2}$	$a_{23} = -0.2084626229 \cdot 10^{-4}$
$a_{04} = 0.9768228214 \cdot 10^{-3}$	$a_{14} = 0.1636619981 \cdot 10^{-5}$	$a_{24} = 0.1554121779 \cdot 10^{-7}$

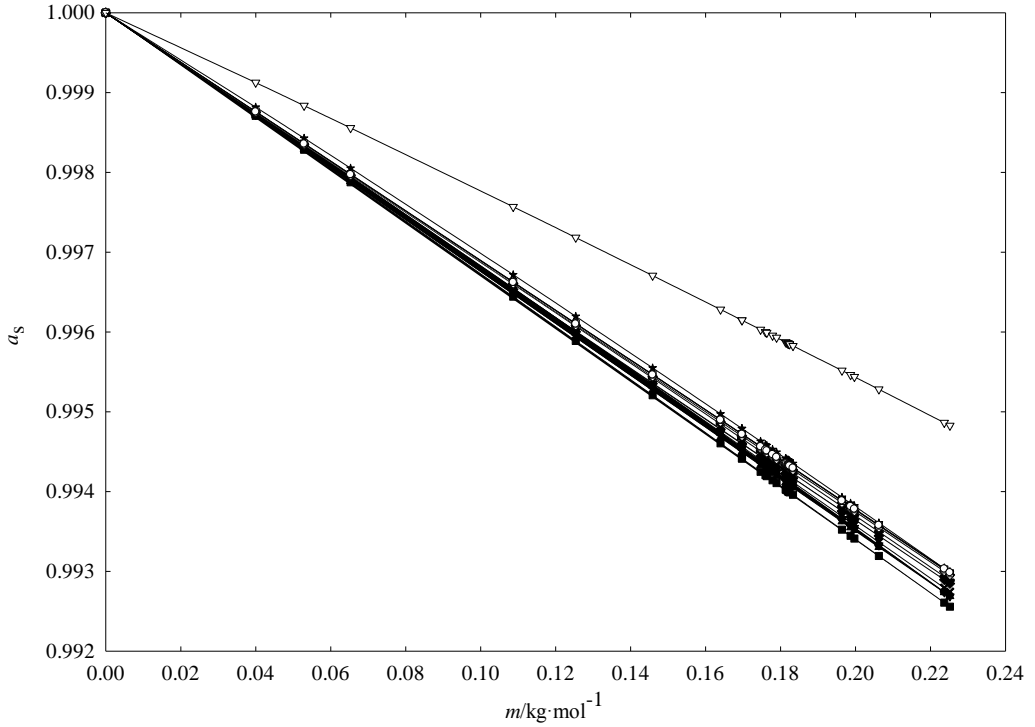
Xəzər dənizi suyunun doymuş buxar təzyiqinin ölçülmüş nəticələrini eyni zamanda Klausius-Klapeyron tənliyi vasitəsi ilə yazmaq da bütün temperatur və düzlülük intervalında doymuş buxar təzyiqini daha dəqiq hesablamağa imkan vermişdir:

$$\ln P(T, x) = D(x) + \frac{E(x)}{T} + F(x) \cdot \ln(T) + G(x) \cdot T, \quad (3)$$

burada: D, E, F, G - (3) tənliyinin əmsallarıdır və duzluluqdan $S_A/q \cdot \text{kg}^{-1}$ aşağıdakı kimi asılıdır:

$$D = \sum_{i=0}^2 d_i x^i, E = \sum_{i=0}^2 e_i x^i, F = \sum_{i=0}^2 f_i x^i, G = \sum_{i=0}^2 g_i x^i. \quad (4)$$

burada: d_i, e_i, f_i və g_i (4) tənliyinin əmsallarıdır. Bu əmsallar cədvəl 4-də verilmişdir. (3-4) tənlikləri vasitəsi ilə Xəzər dənizi suyunun doymuş buxar təzyiqinin ölçülmüş nəticələrini $u_r(\Delta P/P) = \pm 0.02\%$ orta nisbi xətal ilə yazmaq mümkün olmuşdur.



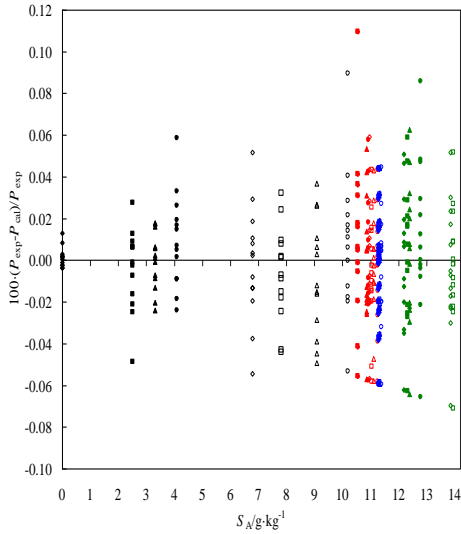
Şəkil 3. Xəzər dənizinin suyunun tərkibindəki buxarlanan təmiz suyun hesablanmış aktivlik əmsalının (a_s) müxtəlif temperaturda T/K duzların ümumi molal konsentrasiyasından $m/\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ asılılığı. ◆, 274.15 K; ■, 278.15 K; ▲, 283.15 K; ●, 293.15 K; ▼, 298.15 K; ✕, 303.15 K; ⊕, 313.15 K; ★, 323.15 K; ◇, 333.15 K; □, 343.15 K; △, 353.15 K; ○, 363.15 K; ▽, 373.15 K.

Cədvəl 4. Klausius-Klapeyron tənliyinin d_i , e_i , f_i və g_i əmsalları

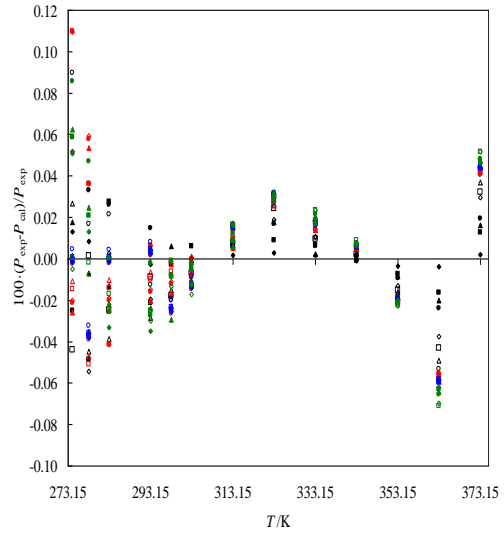
d_i	e_i	f_i	g_i
$d_0 = 76.82990202$	$e_0 = -7227.162719$	$f_0 = -8.10242162$	$g_0 = 0.005486932835$
$d_1 = 0.8526701943$	$e_1 = -23.06334423$	$f_1 = -0.148653393$	$g_1 = 0.0002386951934$
$d_2 = -0.3959779262 \cdot 10^{-2}$	$e_2 = 0.1035900487$	$f_2 = 0.6926801314 \cdot 10^{-3}$	$g_2 = -0.112855923 \cdot 10^{-5}$

Alınmış nəticələrdən görünür ki, Klausius-Klapeyron tənliyi Xəzər dənizi suyunun doymuş buxar təzyiqinin ölçülmüş $P_{\text{təc}}/\text{Pa}$ nəticələrini ikiqat polinom tənliyinə nisbətən daha dəqiq yazmağa imkan verir. Bu məqsədlə bu tənlik gələcəkdə Xəzər dənizi suyunun doymuş buxar təzyiqinin hesablanması üçün (3-4) tənliklərindən istifadə etmək daha məqsədəuyğun sayılır. Xəzər dənizi suyunun doymuş buxar təzyiqinin ölçülmüş $P_{\text{təc}}/\text{Pa}$ nəticələrinin (3-4) tənlikləri vasitəsi ilə yazılmış P_{hes}/Pa nəticələri arasındakı fərq şəkil 4 və 5-də verilmişdir.

Alınmış nəticələrdən görünür ki, Xəzər dənizi suyunun doymuş buxar təzyiqi təmiz suyun buxar təzyiqindən aşağıdır. Amma bu fərq o qədər də böyük deyil. Bu isə onu göstərir ki, Xəzər dənizinin suyunun duzluluğunun nisbətən az olması doymuş buxar təzyiqinin həddindən artıq az olmasına imkan vermir. Məhz bu səbəbdən də suyun buxarlanması yüksəkdir. Bu prosesə həm də Xəzər dənizinin yerləşdiyi regionun həddindən artıq isti temperatur zonasında olması da ($T=323.15 \text{ K}$ -ə qədər) öz təsirini göstərir. Bununla bərabər Xəzər dənizinin suyunda anomaliyanın olmaması faktı bir daha özünü büruzə verir. Belə ki, Xəzər dənizinin suyunun buxar təzyiqi duzluluqdan birbaşa asılıdır. Duzluluğun azalması və ya artması buxar təzyiqi ilə həmişə düz mütənasibdir.



Şəkil 4. Xəzər dənizi suyunun doymuş buxar təzyiqinin ölçülmüş $P_{\text{təc}}/Pa$ nəticələrinin (4) tənliyi vasitəsi ilə yazılmış P_{hes}/Pa nəticələri arasındakı fərqin duzluluqdan $S_A/g \cdot kg^{-1}$ asılılığı: ◆, 0.000 q·kq⁻¹; ■, 2.504 q·kq⁻¹; ▲, 3.311 q·kq⁻¹; ●, 4.083 q·kq⁻¹; ◇, 6.778 q·kq⁻¹; □, 7.812 q·kq⁻¹; △, 9.079 q·kq⁻¹; ○, 10.195 q·kq⁻¹; ◆, 10.545 q·kq⁻¹; ■, 10.547 q·kq⁻¹; ▲, 10.852 q·kq⁻¹; ●, 10.932 q·kq⁻¹; ◇, 10.954 q·kq⁻¹; □, 11.047 q·kq⁻¹; △, 11.113 q·kq⁻¹; ○, 11.262 q·kq⁻¹; ◆, 11.274 q·kq⁻¹; ■, 11.296 q·kq⁻¹; ▲, 11.304 q·kq⁻¹; ●, 11.304 q·kq⁻¹; ◇, 11.314 q·kq⁻¹; □, 11.318 q·kq⁻¹; △, 11.326 q·kq⁻¹; ○, 11.382 q·kq⁻¹; ◆, 12.184 q·kq⁻¹; ■, 12.324 q·kq⁻¹; ▲, 12.387 q·kq⁻¹; ●, 12.786 q·kq⁻¹; ◇, 13.853 q·kq⁻¹; □, 13.945 q·kq⁻¹.



Şəkil 5. Xəzər dənizi suyunun doymuş buxar təzyiqinin ölçülmüş $P_{\text{təc}}/Pa$ nəticələrinin (4) tənliyi vasitəsi ilə yazılmış P_{hes}/Pa nəticələri arasındakı fərqin temperaturdan T/K asılılığı: ◆, 0.000 q·kq⁻¹; ■, 2.504 q·kq⁻¹; ▲, 3.311 q·kq⁻¹; ●, 4.083 q·kq⁻¹; ◇, 6.778 q·kq⁻¹; □, 7.812 q·kq⁻¹; △, 9.079 q·kq⁻¹; ○, 10.195 q·kq⁻¹; ◆, 10.545 q·kq⁻¹; ■, 10.547 q·kq⁻¹; ▲, 10.852 q·kq⁻¹; ●, 10.932 q·kq⁻¹; ◇, 10.954 q·kq⁻¹; □, 11.047 q·kq⁻¹; △, 11.113 q·kq⁻¹; ○, 11.262 q·kq⁻¹; ◆, 11.274 q·kq⁻¹; ■, 11.296 q·kq⁻¹; ▲, 11.304 q·kq⁻¹; ●, 11.304 q·kq⁻¹; ◇, 11.314 q·kq⁻¹; □, 11.318 q·kq⁻¹; △, 11.326 q·kq⁻¹; ○, 11.382 q·kq⁻¹; ◆, 12.184 q·kq⁻¹; ■, 12.324 q·kq⁻¹; ▲, 12.387 q·kq⁻¹; ●, 12.786 q·kq⁻¹; ◇, 13.853 q·kq⁻¹; □, 13.945 q·kq⁻¹.

ƏDƏBİYYAT

1. http://az.wikipedia.org/wiki/X%C9%99z%C9%99r_d%C9%99nizi
2. Safarov, J., Ahmadov, B., Mirzayev, S., Shahverdiyev, A., Hassel, E. Vapor Pressures of 1-Butanol over wide Range of Temperatures, Chemistry, Bulgarian Journal of Science Education 2015, 24, pp.226-246
3. 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

4. *Gilbert, W.J.R., Safarov, J., Minnick, D.L., Rocha, M.A., Hassel, E., Shiflett, M.* Density, Viscosity, and Vapor Pressure Measurements of Water + Lithium bis(trifluoromethylsulfonyl) imide Solutions, *Journal of Chemical & Engineering Data* 2017, 62, pp.2056-2066
5. *Safarov, J., Huseynova, G., Hamidova, R., Bashirov, M. Hassel, E.* Vapor Pressures and Activity Coefficients of Methanol in Binary Mixtures with 1-ethyl-3-methylimidazolium methanesulfonate, *Journal of Processes of Petrochemistry and Oil Refining* 2017, 18, pp.89-201
6. *Wagner, W., Pruf, 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, 31, pp.387-535