

UOT 532.13:536.22

**ALTERNATİV ENERJİ MƏNBƏLƏRİNİN YENİ İŞÇİ  
AGENTLƏRİNİN BUXAR TƏZYİQİ****AHMET TEKİN<sup>1</sup>, CAVID SƏFƏROV<sup>2</sup>, ASTAN ŞAHVERDİYEV<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Erciyes Üniversitesi, Sivil Havacılık Yüksekokulu, 38039 KAYSERİ, TÜRKİYƏ*  
Tel: + 90 352 4374901 41013, fax: + 90 352 4375744, e-mail: [atekin@erciyes.edu.tr](mailto:atekin@erciyes.edu.tr)

<sup>2</sup> *Azərbaycan Texniki Universiteti, "İstilik və soyuqluq texnikası" kafedrası,  
Hüseyn Cavid Pr. 25, AZ1073 Bakı, AZƏRBAYCAN,*  
Tel: +994 12 4391445, fax: +994 12 4383280, e-mail: [javids@azdata.net](mailto:javids@azdata.net)

Son illərdə dünyada enerjinin 13,5 %-i alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə edilməklə istehsal olunmuşdur. Bu enerjinin 79,9%-i biokütlənin, 16,4%-i suyun, 3,2%-i Geotermal suyun, 0,3%-i Günəşin və 0,2%-i küləyin payına düşür.

Ekoloji cəhətdən təmiz alternativ enerji mənbələrindən istifadə edilməsi Türkiyə və Azərbaycan respublikalarının enerji istehsalı sahəsində nailiyyətlərinin artmasında böyük rol oynayır. Hər iki dövlət alternativ enerji mənbələri ehtiyatı ilə olduqca zəngindir. Belə ki, ilin böyük hissəsinin günəşli və isti keçməsi, sərhədlərinin dəniz və okeanlarla əhatə olunması, bunların da külək və hidrotermal enerji mənbələri kimi istifadə edilməsi üçün əlverişli şərait vardır [1-2]. Avropada yalnız İspaniya günəşli günlərin sayına görə Azərbaycan və Türkiyəyə yaxın potensiala malikdir. Alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrinin istehsalı sahəsində Türkiyədə xeyli işlər görülmüşdür. Günəş kollektorlarının quraşdırılmasına görə Türkiyə dünyada ön sırada gedən ölkələr sırasındadır. Hazırda ölkədə 10 mln. m<sup>2</sup> çox Günəş kollektorları quraşdırılmışdır ki, bu da 300 000 TOE-dan çox (neft tonuna ekvivalent) enerji istehsal etməyə imkan verir [3]. Türkiyədə 100-dən artıq müxtəlif sənaye müəssisələri alternativ enerji mənbələri üçün avadanlıqlar istehsal edir. Ölkənin demək olar ki bütün ərazisində quraşdırılmış fotovoltik günəş kollektorlarının köməyi ilə 300 kWp-dən artıq elektrik enerjisi almaq mümkün olmuşdur.

Azərbaycan respublikasında da alternativ və bərpa olunan enerji mənbələri üçün qurğuların istehsalı və onların istifadəsi sahəsində də xeyli işlər görülür. Bu sahədə növbəti addımlardan biri kimi, Azərbaycan Respublikasında Türkiyə istehsalı olan alternativ enerji mənbəyi – günəş enerjisinin tətbiqi ilə bioqaz istehsal edən «KİSKATECH-ECOGAS-15» qurğularının quraşdırılmasını misal göstərmək olar. Bioqaz qurğusunda istehsal olunan qazın miqdarı – 2 m<sup>3</sup>/gün, əmələ gələn keyfiyyətli üzvü gübrənin miqdarı isə 150 litr/gündür. Bir gündə istehsal olunan qaz 1 ailənin mətbəx tələbatını və 1 otağın qızdırılmasını təmin edir. Eyni zamanda istifadə üçün 100 litr/gün suyu 40-45<sup>0</sup>C temperatura qədər qızdırır [1].

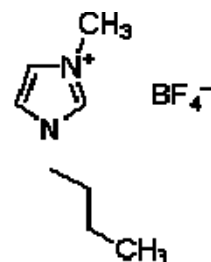
Günəş enerjisi alternativ enerji mənbəyi kimi özünün tükənməz və iri miqyaslı enerji mənbəyi olması ilə fərqlənir. Günəş enerjisinin əsas üstünlüklərindən biri də yüksək faydalı iş əmsalına (f.i.ə) malik olmasıdır. Günəş enerjisi istiliyin Günəş kollektorlarında istilik daşıyıcılarına verilməsi və bu enerjinin binaların enerji təchizatında, hovuzlarda və evlərdə istifadə olunan suyun isidilməsində, kənd təsərrüfatı məhsullarının qurudulmasında, dəniz suyundan içməli suyun alınmasında, tibbi avadanlıqların strelizə edilməsində, soyuqluq texnikasında, camaşırxanalarda, avtomobillərin yuyulmasında və s. yerlərdə geniş tətbiq edilir.

Absorbsion soyuducu maşınlar və istilik nasoslarının (ASMİN) da bu sahədə tətbiqi və müxtəlif istilik daşıyıcılarının xassələrinin öyrənilməsi müasir termodinamikada özünəməxsus yer tutmuşdur. ASMİN-da işçi proses zamanı ətraf mühitə ya istilik verilir və ya ətraf mühitdən istilik alınır. Ətraf mühitə verilən istilik məişət şəraitində və müxtəlif sahələrdə istifadə edilir. Ətraf mühitdən alınan istilik isə soyuqluq effekti kimi istifadə olunur.

İstilik daşıyıcıları (İD) bütün temperatur intervalında stabil olmalıdırlar. Günəş kollektorlarında İD-nın özlülüyü nə qədər az olsa onun kollektorda dövr etməsi bir o qədər asan olur və bu da əlavə enerji sərfiyyatını aradan qaldırır. Eyni zamanda İD-nın donma temperaturu aşağı olmalıdır. Bu da Günəş enerjisindən soyuq hava şəraitində də istifadə etməyə imkan yaradır. ASMİN-də soyuducu agentı yüksək qaynama temperaturuna və aşağı buxar təzyiqinə malik olmalıdır, absorbent isə soyuducu agentlə bütün konsentrasiya intervalında yaxşı qarışmalı, stabil, antikorroziv, aşağı donma temperaturuna malik olmalıdır.

Təqdim olunan məqalədə [BMİM][BF<sub>4</sub>] ionlu maddəsinin metanol və etanol qarışıqlarının yeni istilik daşıyıcısı kimi analiz edilməsi ona əsaslanır ki, bu spirtlər [BMİM][BF<sub>4</sub>]-də çox yaxşı həll olur. Onların donma temperaturu mənfi temperatur sahəsində olduğundan [BMİM][BF<sub>4</sub>]-lə qarışıqlarından Azərbaycan və Türkiyə respublikalarının coğrafi iqlim şəraitlərində Günəş kollektorlarında İD kimi istifadə etmək çox əlverişlidir. Bu istilik daşıyıcısının ASMİN-da tətbiq olunmasının necə effekt verməsini yoxlamaq üçün onların termodinamik xassələri dərinədən öyrənilməlidir. Bura əsasən buxar təzyiqi, sıxlığı, istilik tutumu və s. əsas termodinamik xassələri aiddir. Təqdim olunan məqalədə bu qarışığın buxar təzyiqi ionlu maddələrin konsentrasiyasından asılı olaraq öyrənilmişdir.

Təcrübə zamanı istifadə edilmiş [BMİM][BF<sub>4</sub>] (>99%), metanol (>99%) və etanol (>99%) Almanyanın Merck firmasından alınmışdır. [BMİM][BF<sub>4</sub>] kimyəvi sintez nəticəsində əldə edilir. İlk olaraq 1-metilimidazol [C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>N<sub>2</sub>] və xlorbutan [C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>Cl] eyni molyar miqdarda 72 saata qədər 343.15 K temperaturda iki faza halı alınana qədər saxlanılmışdır. Tam həll olunmamış yuxarı faza dekantlaşdırılaraq sistemdən kənar edilir. Aşağı fazaya onun təxminən yarısı qədər etil asetat [CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OC(O)CH<sub>3</sub>] əlavə edilir. Sonra yenə yuxarı həll olmayan faza sistemdən kənarlaşdırılır. Bu qayda ilə yavaş-yavaş sarı rəngə çalan 1-Butil-3-metilimidazolium xlor [BMİM][Cl] alınır. [BMİM][Cl] iki litrlik plastik qaba köçürülür. Sonra 1.1+1 mol nisbətində HBF<sub>4</sub>-un 40%-li məhlulu əlavə edilir. [BMİM][BF<sub>4</sub>] ilk olaraq HCl-dan ayrılır. Bu proses 95 °C temperaturda və vakuum şəraitində [BMİM][Cl] başlanğıc miqdarı qədər metilen xloridin qarışığın tərkibindən çıxarılması ilə edilir [4]. [BMİM][BF<sub>4</sub>] ionlu maddəsinin kationu C<sub>8</sub>H<sub>15</sub>N<sub>2</sub>-dən və anionu isə BF<sub>4</sub>-dən ibarətdir (Şəkil 1). İM-nin tərkibindəki suyun miqdarı (<100 ppm) Karl Fischer titrasiyası ilə təyin edilmişdir.



Şəkil 1. [BMİM][BF<sub>4</sub>]-nin kimyəvi strukturu.

Tədqiq olunan qarışığın buxar təzyiqini ölçmək üçün statik metodla işləyən təcrübə qurğusundan istifadə edilmişdir [5]. Təcrübə qurğusunun əsas hissəsi şüşədən hazırlanmış ikiqat ölçmə yuvasından ibarətdir. Ölçmə yuvası ( $\pm 0.02$  K) temperaturda termostatlaşdırılır.

Təcrübə təzyiqi  $T=333.15 \pm 0.01$  K-də termostatlaşdırılan qabda yerləşdirilmiş və 670A, MKS Baratron tipli siqnal çeviricisinə birləşdirilmiş 615A, MKS Baratron tipli yüksək həssas başlıq ilə ölçülür. Təcrübə xətası temperatur üçün  $\pm 0.01$  K və təzyiq üçün  $\pm 10$  Pa-dır.

Təcrübənin aparılması üçün ilk olaraq [BMİM][BF<sub>4</sub>] ionlu maddəsi vakuum altında və  $T=353.15$  K temperaturda ən azı 12 saat deqazasiya olunur. Daha sonra kütləsi dəqiq məlum olan İM miqdarı ölçmə yuvasına daxil edilir. Bundan sonra əvvəlcədən deqazlaşdırılmış spirt xüsusi qabdan ölçü yuvasındakı İM-nin üzərinə əlavə edilir. Həllədiçi olan qabın əvvəlki və sonrakı miqdarını bilərək ölçü yuvasındakı qarışığın mol fraksiyası tapılır. Maqnit teflon vasitəsilə qarışıq intensiv qarışdırılır və təxminən 15 dəqiqə ərzində tarazlığa nəzarət edilir. Faza tarazlığı yaradıldıqdan sonra buxar təzyiqi qeyd edilir. Təcrübələr  $T=(298.15 - 313.15)$  K temperatur intervalında hər 5 K-dən bir aparılır.

[BMİM][BF<sub>4</sub>]-in spirtlərlə qarışığının buxar təzyiqinin  $T=(298.15 - 313.15)$  K temperatur intervalında təcrübə qiymətləri həllədicinin  $x=(0 - 1)$  mol fraksiyası intervalında aparılmışdır və cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1. [BMIM][BF<sub>4</sub>]-un metanol və ya etanol ilə binar qarışığının buxar təzyiqi  $p$  və aktivlik əmsalı  $\gamma$ .

$x$	$p/\text{Pa}$	$\gamma_1$	$p/\text{Pa}$	$\gamma_1$	$p/\text{Pa}$	$\gamma_1$	$p/\text{Pa}$	$\gamma_1$
	$T=298.15 \text{ K}$		$T=303.15 \text{ K}$		$T=308.15 \text{ K}$		$T=313.15 \text{ K}$	
{ $x\text{CH}_3\text{OH}+(1-x)[\text{BMIM}][\text{BF}_4]$ }								
0.00000	0	1.88	0	1.80	0	1.70	0	1.64
0.08235	2358	1.77	2971	1.71	3705	1.64	4583	1.59
0.18440	5224	1.64	6612	1.61	8213	1.56	10121	1.53
0.21180	5769	1.61	7273	1.58	9060	1.54	11196	1.51
0.26169	6894	1.57	8694	1.54	10839	1.51	13473	1.48
0.33976	8538	1.50	10829	1.48	13596	1.46	17014	1.44
0.37488	9267	1.47	11770	1.45	14858	1.43	18589	1.41
0.47623	11175	1.38	14291	1.38	18085	1.36	22746	1.35
0.53191	12065	1.34	15474	1.34	19628	1.32	24707	1.31
0.64344	13653	1.26	17549	1.25	22280	1.24	28065	1.24
0.72649	14671	1.19	18790	1.19	23863	1.18	30059	1.17
0.79492	15414	1.14	19650	1.13	24997	1.13	31482	1.12
0.87573	16191	1.07	20620	1.07	26191	1.06	33010	1.06
0.91895	16530	1.04	21200	1.04	26798	1.03	33644	1.03
1.00000	16958	1.00	21880	1.00	27960	1.00	35450	1.00
{ $x\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}+(1-x)[\text{BMIM}][\text{BF}_4]$ }								
0.00000	0	2.27	0	2.13	0	2.02	0	1.86
0.05782	1011	2.24	1331	2.10	1699	1.99	2166	1.84
0.09264	1674	2.21	2172	2.08	2752	1.97	3451	1.82
0.17465	2860	2.15	3687	2.02	4655	1.91	5873	1.77
0.26041	4210	2.06	5288	1.94	6668	1.83	8337	1.71
0.36273	5557	1.93	6883	1.82	8574	1.72	10570	1.63
0.38714	5824	1.90	7197	1.79	8973	1.69	11071	1.60
0.45172	6405	1.81	7969	1.71	9875	1.62	12215	1.54
0.51260	6867	1.71	8667	1.62	10692	1.54	13202	1.47
0.59854	7365	1.56	9349	1.49	11698	1.42	14657	1.37
0.63864	7528	1.49	9603	1.43	12061	1.37	15139	1.33
0.73889	7688	1.32	10104	1.27	12765	1.23	16020	1.21
0.83026	7761	1.17	10259	1.14	13122	1.12	16721	1.11
0.89215	7791	1.08	10306	1.07	13339	1.05	17131	1.05
0.92717	7810	1.04	10312	1.03	13450	1.03	17345	1.02
1.00000	7878	1.00	10467	1.00	13765	1.00	17906	1.00

Buxar təzyiqinin təcrübə qiymətlərindən (1) və (2) tənliyinin köməyi ilə həlledicinin aktivlik əmsalı ( $a_s$ ) və osmotik əmsallar ( $\phi$ ) hesablanmışdır:

$$\ln a_s = \ln(p/p^*) + (B_s - V_s^*)(p-p^*)/RT, \quad (1)$$

$$\phi = -\ln a_s / (\nu m M_s). \quad (2)$$

burada:  $p$  və  $p^*$  qarışığın və həlledicinin buxar təzyiqləri, Pa;  $B_s$  və  $V_s^*$  həlledici buxarının ikinci virial əmsalı və maye həlledicinin molyar həcmi,  $\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $\nu$  anion və kationların stixiometrik ( $\nu_- + \nu_+$ ) miqdarı;  $m$  ionlu maddənin mol konsentrasiyası,  $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$  və  $M_s$  həlledicinin molekulyar kütləsidir,  $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ . (1) tənliyinin sağ tərəfi həlledicinin buxarının virial tənliyə əsasən qeyri-ideal olduğunu nəzərə alır. Hesablanmış aktivlik əmsalı ( $a_s$ ) və osmotik əmsallar ( $\phi$ ) cədvəl 2-də verilmişdir. (1) və (2) tənliklərinin  $p^*$  [6],  $B_s$  [7] and  $V_s^*$  [8] qiymətləri cədvəl 3-də verilmişdir.

Cədvəl 2. [BMIM][BF<sub>4</sub>]-un metanol və ya etanol ilə binar qarışıqları üçün həlledicinin (spirt) aktivlik əmsalı ( $a_s$ ) və osmotik əmsallar ( $\phi$ )

$x$	$a_s$	$\phi$	$a_s$	$\phi$	$a_s$	$\phi$	$a_s$	$\phi$
	$T=298.15\text{ K}$		$T=303.15\text{ K}$		$T=308.15\text{ K}$		$T=313.15\text{ K}$	
$\{x\text{CH}_3\text{OH}+(1-x)[\text{BMIM}][\text{BF}_4]\}$								
0.08235	0.97513	0.143	0.96944	0.176	0.95922	0.236	0.95012	0.290
0.18440	0.95543	0.161	0.94335	0.205	0.93789	0.226	0.93259	0.246
0.21180	0.91021	0.182	0.89966	0.205	0.89588	0.213	0.89026	0.225
0.26169	0.86691	0.190	0.86087	0.199	0.85591	0.207	0.85078	0.215
0.33976	0.80749	0.193	0.80480	0.196	0.80002	0.201	0.79533	0.207
0.37488	0.71458	0.191	0.71080	0.194	0.70610	0.198	0.70163	0.201
0.47623	0.66239	0.187	0.65707	0.191	0.65129	0.195	0.64673	0.198
0.53191	0.55023	0.179	0.54223	0.184	0.53628	0.187	0.52991	0.190
0.64344	0.50728	0.175	0.49925	0.179	0.49117	0.183	0.48548	0.186
0.72649	0.41020	0.158	0.40149	0.162	0.39232	0.166	0.38529	0.169
0.79492	0.34361	0.144	0.33625	0.146	0.32834	0.150	0.32063	0.153
0.87573	0.31130	0.132	0.30585	0.134	0.29782	0.137	0.29004	0.140
0.91895	0.14087	0.088	0.13782	0.089	0.13477	0.09	0.13179	0.091
$\{x\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}+(1-x)[\text{BMIM}][\text{BF}_4]\}$								
0.05782	0.99142	0.055	0.98529	0.094	0.97730	0.146	0.96902	0.200
0.09264	0.98902	0.046	0.98472	0.064	0.96930	0.129	0.95718	0.181
0.17465	0.98523	0.036	0.98026	0.049	0.95366	0.116	0.93449	0.166
0.26041	0.97602	0.034	0.96555	0.050	0.92791	0.106	0.89566	0.156
0.36273	0.95581	0.040	0.91798	0.076	0.87711	0.116	0.84681	0.147
0.38714	0.93523	0.050	0.89385	0.084	0.85090	0.120	0.82007	0.148
0.45172	0.87230	0.072	0.82901	0.099	0.77819	0.132	0.73926	0.159
0.51260	0.81389	0.085	0.76260	0.112	0.71908	0.136	0.68437	0.156
0.59854	0.74037	0.095	0.68907	0.118	0.65376	0.134	0.62066	0.151
0.63864	0.70656	0.099	0.65914	0.119	0.62484	0.134	0.59274	0.149
0.73889	0.53581	0.110	0.50693	0.120	0.48649	0.127	0.46810	0.134
0.83026	0.36435	0.107	0.35382	0.110	0.34004	0.114	0.33020	0.117
0.89215	0.21344	0.079	0.20865	0.080	0.20126	0.082	0.19429	0.084
0.92717	0.12897	0.063	0.12793	0.063	0.12433	0.064	0.12203	0.065

Cədvəl 3. Təcrübə temperaturlarında həlledicinin buxar təzyiqi  $p^*$ , həlledici buxarının ikinci virial əmsalı  $B_s$  və maye həlledicinin molyar həcmi  $V_s^*$ .

$T/\text{K}$	$p^*/\text{Pa}$	$B_s/(\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1})$	$V_s^*/(\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1})$
Metanol			
298.15	16958	$-2172.5 \cdot 10^{-6}$	$4.075 \cdot 10^{-5}$
303.15	21880	$-1942.3 \cdot 10^{-6}$	$4.099 \cdot 10^{-5}$
308.15	27960	$-1746.6 \cdot 10^{-6}$	$4.124 \cdot 10^{-5}$
313.15	35450	$-1579.0 \cdot 10^{-6}$	$4.150 \cdot 10^{-5}$
Etanol			
298.15	7878	$-1723.5 \cdot 10^{-6}$	$5.868 \cdot 10^{-5}$
303.15	10467	$-1598.9 \cdot 10^{-6}$	$5.901 \cdot 10^{-5}$
308.15	13765	$-1485.5 \cdot 10^{-6}$	$5.933 \cdot 10^{-5}$
313.15	17906	$-1382.5 \cdot 10^{-6}$	$5.967 \cdot 10^{-5}$

Buxar təzyiqinin təcrübi qiymətləri Antoine tənliyi vasitəsilə yazılmışdır:

$$\ln(p/Pa)=A-B/\{(T/K)+C\}. \quad (3)$$

Burada: A, B və C Antoine tənliyinin əmsallarıdır. Bu əmsallar hər konsentrasiyaya uyğun tənliyin təcrübə nəticələrini yazma xətası ilə birlikdə cədvəl 4-də verilmişdir:

$$\delta p/p = 100/n \cdot \sum_{i=1}^n [(p_{\text{exp.}} - p_{\text{cal.}})/p_{\text{exp.}}]. \quad (4)$$

Cədvəl 4. [BMİM][BF<sub>4</sub>]-un metanol və ya etanol ilə binar qarışıqları üçün Antoine parametrləri (A, B, C) və  $\delta p/p$  standart xəta

x/(mol fraksiyası) ( $\delta p/p$ )/%	A	B	C	
	{xCH <sub>3</sub> OH+(1-x)[BMİM][BF <sub>4</sub> ]}			
0.08235	18.7409	2554.99	-65.3556	0.016
0.18440	42.8717	26217.3	466.093	0.526
0.21180	18.7400	2148.35	-85.0116	0.033
0.26169	22.8790	4207.84	1.54858	0.081
0.33976	25.0222	5313.81	34.5944	0.066
0.37488	23.8240	4427.49	3.24667	0.032
0.47623	23.1172	3812.07	-21.8248	0.039
0.53191	21.9221	3095.78	-50.9594	0.028
0.64344	21.2653	2696.20	-68.5571	0.038
0.72649	23.7147	3958.04	-17.8565	0.002
0.79492	35.6066	13753.0	231.561	0.098
0.87573	38.9097	17523.3	301.613	0.075
0.91895	20.5325	2310.81	-84.5647	0.070
	{xC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH+(1-x)[BMİM][BF <sub>4</sub> ]}			
0.05782	17.7800	1987.00	-116.10	2.689
0.09264	17.7700	1880.00	-117.20	2.480
0.17465	18.8020	2294.74	-86.5082	0.194
0.26041	46.4395	31231.5	521.68	0.124
0.36273	42.4532	26128.0	474.15	0.161
0.38714	48.2937	35963.4	609.426	0.194
0.45172	40.2441	22559.7	418.507	0.022
0.51260	17.6279	1648.37	-110.671	0.229
0.59854	25.1677	5533.56	42.1154	0.155
0.63864	22.5290	3776.46	-20.5076	0.145
0.73889	-35.2373	40765.0	-1220.45	1.286
0.83026	-14.6822	11333.5	-777.317	1.186
0.89215	-32.6834	33720.0	-1107.68	0.902
0.92717	21.3632	2704.65	-80.0339	0.001

Hesablamalar göstərir ki, Antoine tənliyi [BMİM][BF<sub>4</sub>] təcrübə qiymətlərini metanol qarışığı üçün  $\delta p/p=0.079\%$  və etanol qarışığı üçün  $\delta p/p=0.69\%$  standart xəta ilə yazır.

İM-lərin qeyri elektrolitlərlə qarışığı bütün konsentrasiya boyu binar qarışıqlar sinfinə aiddir. Bu cür qarışıqlara Gibbs enerji modeli uyğun gəlmədiyindən tədqiq olunan qarışıq üçün aktivlik əmsalının  $\gamma$  tapılması qeyri-elektrolitlərin qeyri təsadüfi-iki maye (NonRandom Two-Liquid - NRTL) modelinin köməyi ilə edilmişdir. Bu zaman həlledicinin buxar təzyiqi  $p_{10}$ , qarışığın  $\phi_1$  və həlledicinin  $\phi_{10}$  fuqativlik əmsalları da nəzərə alınır.

$$p_1 \frac{\varphi_1}{\varphi_{10}} = p_{10} x_1 \gamma_1^{\text{NRTL}}, \quad (5)$$

$$\frac{\varphi_1}{\varphi_{10}} = \exp[-(V_1 - B_{11})(p_1 - p_{10})/RT]. \quad (6)$$

Burada:  $B_{11}$  həlledicinin ikinci virial əmsalı [7],  $V_1$  həlledicinin molyar həcmi [8] ədəbiyyat nəticələrindən istifadə edilmişdir.

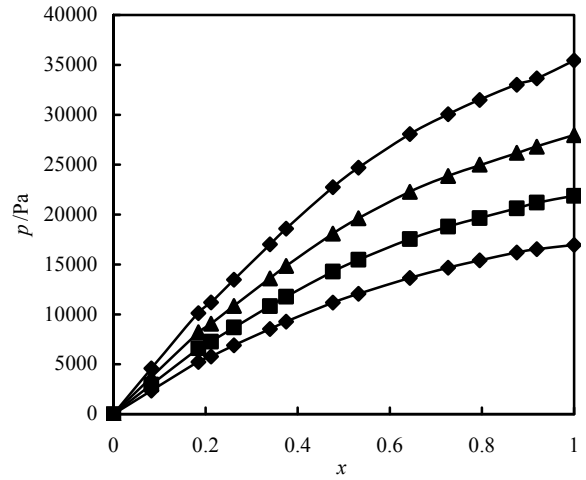
Aktivlik əmsalının hesablanmış qiymətləri də cədvəl 1-də verilmişdir və NRTL metodunun aşağıdakı ifadəsinin köməyi ilə yazılmışdır:

$$\ln \gamma_1^{\text{NRTL}} = x_2^2 \left[ \tau_{21} \left( \frac{G_{21}}{x_1 + x_2 G_{21}} \right)^2 + \frac{\tau_{12} G_{12}}{(x_2 + x_1 G_{12})^2} \right], \quad (3)$$

burada:  $G_{ij} = \exp(-\alpha_{ij} \tau_{ij})$ ,  $\tau_{ij} = (g_{ij} - g_{ji})/RT$  və  $\alpha_{ij} = \alpha_{ji} = \alpha$  ( $i, j = 1, 2; i \neq j$ ) (3) tənliyinin əmsallarıdır və cədvəl 5-də verilmişdir.

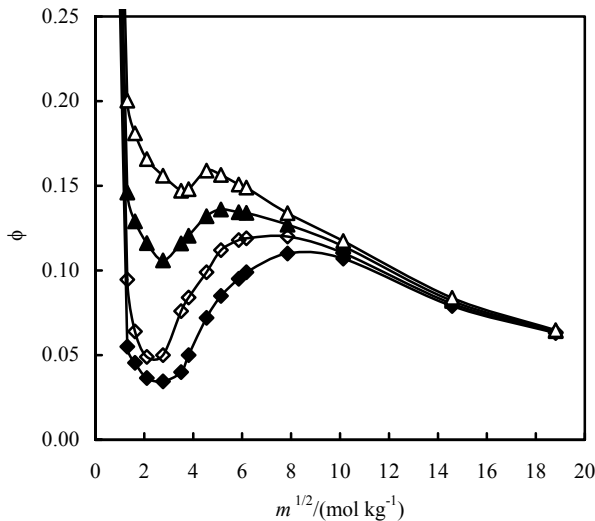
Cədvəl 5. NRTL tənliyinin parametrləri.

T/K	$\tau_{12}$	$\tau_{21}$	$\alpha = \alpha_{12} = \alpha_{21}$
	kJ·mol <sup>-1</sup>		
$\{x\text{CH}_3\text{OH} + (1-x)[\text{BMIM}][\text{BF}_4]\}$			
298.15	1.9363	0.238	0.82
303.15	1.8647	0.183	0.82
308.15	1.7954	0.121	0.82
313.15	1.7302	0.078	0.82
$\{x\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + (1-x)[\text{BMIM}][\text{BF}_4]\}$			
298.15	3.5095	-0.363	0.31
303.15	3.1977	-0.429	0.31
308.15	2.9273	-0.476	0.31
313.15	2.8536	-0.557	0.31

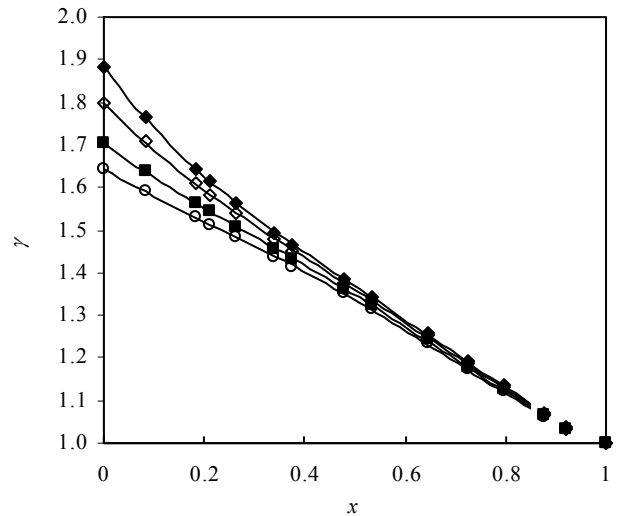


Şəkil 2.  $\{x\text{CH}_3\text{OH} + (1-x)[\text{BMIM}][\text{BF}_4]\}$  qarışığının buxar təzyiqinin  $p$  metanolun mol fraksiyasından  $x$  asılılığı (◆,  $T=298.15$  K; ◇,  $T=303.15$  K; ▲,  $T=308.15$  K; △,  $T=313.15$  K; \_\_ Antoine tənliyi).

Şəkil 2-də  $\{x\text{CH}_3\text{OH} + (1-x)[\text{BMIM}][\text{BF}_4]\}$  qarışığının buxar təzyiqinin metanolun mol fraksiyasından  $x$  asılılığı, şəkil 3-də  $\{x\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + (1-x)[\text{BMIM}][\text{BF}_4]\}$  qarışığının osmotik əmsallarının  $\phi$  [BMIM][BF<sub>4</sub>]-in mol konsentrasiyasından  $m^{1/2}$  asılılığı, şəkil 4-də isə  $\{x\text{CH}_3\text{OH} + (1-x)[\text{BMIM}][\text{BF}_4]\}$  qarışığının aktivlik əmsalının  $\gamma$  metanolun mol fraksiyasından



Şəkil 3.  $\{x\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + (1-x)[\text{BMIM}][\text{BF}_4]\}$  qarışığının osmotik əmsallarının ( $\phi$ ) İM-nin mol konsentrasiyasından  $m^{1/2}$  asılılığı (◆,  $T=298.15$  K; ◇,  $T=303.15$  K; ▲,  $T=308.15$  K; △,  $T=313.15$  K).



Şəkil 4.  $\{x\text{CH}_3\text{OH} + (1-x)[\text{BMIM}][\text{BF}_4]\}$  qarışığının aktivlik əmsalının ( $\gamma$ ) metanolun mol fraksiyasından  $x_1$  asılılığı (◆,  $T=298.15$  K; ◇,  $T=303.15$  K; ▲,  $T=308.15$  K; △,  $T=313.15$  K).

asılılığı verilmişdir.

[BMIM][BF<sub>4</sub>]-in spirtlərlə qarışığının buxar təzyiqinin təcrübi ölçülməsi ilk dəfə müəlliflər tərəfindən aparılmışdır. Buna görə də ədəbiyyatlarda oxşar araşdırmaların nəticələri yoxdur və bunun nəticəsi olaraq ədəbiyyat qiymətləri ilə yoxlamalar aparılmamışdır.

1. <http://eco.gov.az/v2.1/az/news/29.html>
2. [http://www.bbc.co.uk/turkish/indepth/story/2006/02/060209\\_forum\\_energy.shtml](http://www.bbc.co.uk/turkish/indepth/story/2006/02/060209_forum_energy.shtml)
3. [http://www.eie.gov.tr/english/solar/solarTurkey\\_e.html](http://www.eie.gov.tr/english/solar/solarTurkey_e.html)
4. Huddleston, J.G., Visser, A.E., Reichert, W.M., Willauer, H.D., Broker, G.A., Rogers, R.D. Characterization and comparison of hydrophilic and hydrophobic room temperature ionic liquids incorporating the imidazolium cation, *Green Chemistry*, **3** (2001) 156-164
5. Verevkin, S., Safarov, J., Bich, E., Hassel, E., Heintz, A. Thermodynamic Properties of Mixtures Containing Ionic Liquids: Vapor Pressures and Activity Coefficients of n-Alcohols and Benzene in Binary Mixtures with 1-Methyl-3-Butyl-Imidazolium Bis (trifluoromethylsulfonyl) Imide, *Fluid Phase Equilibria*, **236** (2005) 1-2, 222-228.
6. Ambrose, D., Sprake, C.H.S. Thermodynamic properties of organic oxygen compounds. XXV. Vapour pressures and normal boiling temperatures of aliphatic alcohols, *The Journal of Chemical Thermodynamics*, **2** (1970) 631-645.
7. McFall, Jennifer Howard; Wilson, David Scott and Lee, Lloyd L. Accurate Correlation of the Second Virial Coefficient of Some 40 Chemical Based on an Anisotropic Square-Well Potential, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, **41** (2002) 1107-1112.
8. Barthel, J., Neueder, R. Electrolyte Data Collection, Vol. XII, Part 1a, DECHEMA, Frankfurt, 1992.

## ДАВЛЕНИЕ ПАРА НОВЫХ РАБОЧИХ АГЕНТОВ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

ТЕКИН А., САФАРОВ Д., ШАХВЕРДИЕВ А.

Изучены экспериментальные данные по давлению пара растворов метанола или этанола с 1-бутил-3-метилимидазолиум тетрафлуорборатом при  $T=(298.15 - 313.15)$  К и  $x=(0-1)$  мольных фракций растворителя. Полученные экспериментальные результаты описаны с помощью уравнения Антуана, и полученные значения коэффициентов активности растворителя над раствором  $\gamma_i$  с помощью метода NRTL.

## VAPOR PRESSURE OF WORKING AGENTS OF ALTERNATIVE ENERGY RESOURCES

TEKIN A., SAFAROV J., SHAHVERDIYEV A.

Vapor pressure results of binary methanol or ethanol solutions in the [BMIM][BF<sub>4</sub>] were studied using a static method at  $T=(298.15 - 313.15)$  K and  $x=(0 - 1)$  mole fractions of solvent. Obtained experimental results are described with the Antoine equation and the activity coefficients  $\gamma_i$  of these solvents in the ionic liquid using the NRTL-method.