

UOT 532.133:547.781.4

İONLU MAYELƏRİN METANOL QARIŞIQLARININ SIXLIĞI

G.ABDULLAYEVA*, X.SÜLEYMANLI*, A.ƏLİYEV*, C.SƏFƏROV**,
M.BƏŞİROV*, E.HASSEL**

*Azerbaijan Technical University**

AZ 1073, Baku, H.Javid avn., 25

*University of Rostock, Institute of Technical Thermodynamic ***

D-18059 Rostock, Germany, Albert-Einstein, 2

javid.safarov@uni-rostock.de

Daxil olub: 07.01.2019

Çapa verilib: 01.03.2019

Xülasə

Atmosfer təzyiqində 1-etil-3-metilimidazolium metansulfonat [EMIM][MeSO₃], 1-Butil-3-metilimidazolium heksafluorofosfat [BMIM][PF₆] və 1-butil-3-metilimidazolium tris(pentafluoroetil)trifluorofosfat [BMIM][FAP] ionlu mayesinin və metanolun qarışıqlarının atmosfer, doymuş buxar təzyiqlərində və $T=(263.15\div 413.15)K$ geniş temperatur intervalında sıxlıqları $\rho(p_{0\text{or}S}, T, x)/kq\cdot m^{-3}$ Anton-Paar firmasının müxtəlif DMA tipli vibrasiya edən borulu densimetrləri ilə $\Delta\rho/\rho=\pm(0.005\div 0.1)\%$ nisbi orta xəta daxilində ölçülüb. Tədqiq olunan mayelərin istifadəsi günəş istilik kollektorlarında, absorbsiya soyuducu qurğularında və istilik nasoslarında nəzərdə tutulub.

Açar sözlər: ionlu maye, metanol, sıxlıq, qarışıq, hal tənliyi.

GİRİŞ

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 uyğun olaraq respublikamızda geniş miqyaslı işlər görülür [1-2]. Azərbaycan Texniki Universitetində uzun müddətdir ki, alternativ və bərpa olunan enerji mənbələri kimi günəş istilik sistemləri və absorbsion istilik nasosları üçün istilik daşıyıcılarının, eyni zamanda geotermal suların istilik-fiziki xassələrinin araşdırılması sahəsində Almaniyanın Rostock Universiteti ilə geniş miqyaslı müştərək elmi araşdırmalar aparılır. Bu sistemlərdə yeni istilik daşıyıcılarının tətbiqi zamanı onların istilik-fiziki xassələrinin öyrənilməsi aktual olur. Günəş istilik sistemləri, absorbsion soyuducu qurğular və istilik nasoslarında elektrolit duzlarının, eyni zamanda suyun istifadəsi zamanı bir sıra əhəmiyyətli problemlər meydana çıxır:

- həlledici kimi istifadə olunan duzların qurğuda dövr etdiyi zaman kristallaşması,

- istilik daşıyıcılarının qurğuda sirkulyasiya zamanı boruların aşılması,
- 100°C temperaturdan yuxarı su qaynadığı üçün əlavə olaraq doymuş buxar təzyiqinin yaranması,
- soyuducu agent kimi sudan istifadə zamanı mənfi temperatur rejiminin alınmaması və s.

Dünyanın aparıcı elmi qrupları son onilliklərdə bu problemləri müxtəlif üsullarla həll etməyə çalışırlar və bu sahədə çox saylı uğurlu addımlar atılmışdır. İlk olaraq soyuducu agent kimi su əvəzinə donma temperaturu aşağı olan, elektrolit duzlarda yaxşı həll olan spirtlər və başqa üzvi mayelər istifadə olunmağa başlanmışdır və bu sahədə elmi qrupumuz tərəfindən də çoxsaylı elmi işlər görülmüşdür [3-5]. İonlu mayelərin bu sahədə istifadə olunması son illərin maraqlı tədqiqatları sırasında. İonlu maddələr maye halda elektrolit duzlar olduğu üçün onların eyni zamanda absorbsion soyuducu qurğularda və istilik nasoslarında həlledici kimi istifadə olunmağa geniş imkanları vardır.

Metanol günəş istilik sistemləri, absorbsion soyuducu qurğular və istilik nasoslarında soyudu-

cu agent kimi uzun illər ərzində istifadə olunur. İonlu mayelərin müxtəlif orqanik mayelərlə qarışıqları bu sahədə potensial nümunə kimi son illərdə müxtəlif elmi qruplar tərəfindən araşdırılmağa başlanmışdır. Eyni zamanda duzların korroziya və kristalizasiya yaratması problemi də bu halda həll olur. İonlu mayelərin ərimə temperaturunun aşağı olmasının səbəbi onların tərkibində üzvi təbiətli ionların olmasıdır. İonlu mayelərin üzvi hissəsinin quruluşunda yaranan sferik çətinliklər duzun kristallaşmasını çətinləşdirir [6].

Ona görə bu iki mayenin binar qarışığının absorpsion soyuducu qurğular və istilik nasoslarda istilikdaşıyıcı kimi istifadə edilməsi elmi qrupumuz tərəfindən seçilmişdir. Təcrübələr zamanı [EMIM][MeSO₃]+CH₃OH, [BMIM][PF₆]+CH₃OH və [BMIM][FAP]+CH₃OH qarışıqlarının sıxlığı, özlülüyü, buxar təzyiqləri, səs sürəti, istilik tutumu və s. xassələri analiz olunmuşdur [6-7]. Bu məqalədə ionlu mayenin atmosfer təzyiqində və müxtəlif temperaturlarda metanol ilə qarışığının sıxlıqları $\rho(p_{0\text{or.s}}, T, x)/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ araşdırılmışdır.

TƏCRÜBƏ BÖLMƏSİ Təqdim olunan məqalədə metanolun [EMIM][MeSO₃], [BMIM][PF₆] və ya [BMIM][FAP] ionlu mayesi ilə binar qarışıqlarının atmosfer, doymuş buxar təzyiqlərində və geniş temperatur intervalında sıxlıqlarının $\rho(p_{0\text{or.s}}, T, x)/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ təcrübi nəticələri təqdim olunur. Təcrübələr Anton-Paar firmasının müxtəlif vibrasiya edən borulu densimetrləri (DMA HPM, DMA 4500, DMA 5000, DSA 5000M) vasitəsi ilə aparılmışdır.

İonlu mayelər xüsusi vakuum kolbalarda yüksək temperaturda ($T=423.15\text{ K}$ -ə qədər) həll olmuş havadan, qazlardan və sudan təmizlənmişdir. Nümunədə həll olmuş maddələr, ayrılan hava qabarcıqları və s. təcrübənin düzgün aparılmasına problem yaradır. Metanol başqa kolbada rektifikasiya olunur və sonra vakuum mühitində ionlu maye olan kolbaya tökülür. Kolbaların elektron tərəzidə əvvəlcədən və sonradan çəkilməsi ilə qarışığın kütlə konsentrasiyası, sonra isə mol fraksiyası tapılır.

ALINMIŞ NƏTİCƏLƏR. İlk olaraq qarışıqları təşkil edən təmiz komponentlərin sıxlıqları araşdırılmışdır. Metanolun sıxlığı Piazza və Span [8] tərəfindən ümumiləşdirilmiş ədəbiyyat

analizləri əsasında hazırlanmış hal tənliyi vasitəsi ilə hesablanmışdır. Təcrübələrdə istifadə olunmuş ionlu mayelərin geniş temperatur intervalında sıxlıqları $\rho(p_0, T)/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ təcrübi nəticələri elmi qrupumuz tərəfindən ölçülmüş və dərc olunmuşdur. Buna görə konsentrasiya asılılığının analizi zamanı [EMIM][MeSO₃]-un sıxlığı [9], [BMIM][PF₆]-ın sıxlığı [10] və [BMIM][FAP]-ın sıxlığı [11] ədəbiyyatından götürülmüşdür.

[EMIM][MeSO₃]+CH₃OH, [BMIM][PF₆]+CH₃OH və [BMIM][FAP]+CH₃OH qarışıqlarının atmosfer, doymuş buxar təzyiqlərində və geniş temperatur intervalında sıxlıqlarının $\rho(p_{0\text{or.s}}, T, x)/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ölçülmüş qiymətləri Cədvəl 1-də verilmişdir. [EMIM][MeSO₃]+CH₃OH və [BMIM][FAP]+CH₃OH qarışığının sıxlıqlarının metanolun həcm konsentrasiyasından asılılıqları Şəkil (1-3)-də verilmişdir.

Alınmış nəticələrdən görünür ki, [EMIM][MeSO₃]+CH₃OH və [BMIM][PF₆]+CH₃OH qarışıqlarının sıxlıqlarının temperaturdan asılı dəyişməsi temperaturun və metanolun konsentrasiyasının artması ilə kəskin azalır və neqativ forma xarakterindədir.

TƏCRÜBƏ NƏTİCƏLƏRİNİN TƏNLİK VASİTƏSİ İLƏ YAZILMASI. Maddələrin istilik-fiziki xassələrinin geniş temperatur və təzyiqlərdə öyrənilməsi zamanı yalnız müəyyən edilmiş qiymətlərdə ölçmələr aparılır. Nəzərə alsaq ki, istənilən hal parametrlərində bu xassələrin əldə olunması üçün təcrübədən alınmış nəticələrin tənliklər vasitəsi ilə yazılması vacibdir. Məhz buna görə də təqdim olunan məqalədə [EMIM][MeSO₃]+CH₃OH, [BMIM][PF₆]+CH₃OH və [BMIM][FAP]+CH₃OH qarışıqlarının sıxlığının $\rho(p_{0\text{or.s}}, T, x)/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ölçülmüş qiymətlərinin temperatur və konsentrasiyadan asılılıqları ikiqat polinomial tənlik vasitəsilə yazılmışdır

$$\rho(p_{0\text{or.s}}, T, x) = \sum_{i=0}^3 \left(\frac{w}{100} / \text{küt hiss.} \right)^i \sum_{j=0}^3 h_{ij} (T/K)^j, \quad (1)$$

burada h_{ij} (1) - tənliyində polinomun əmsallarıdır və hər bir qarışiq üçün ayrılıqda Cədvəl 2-də orta nisbi faiz xəta ilə bilikdə verilmişdir.

Tədqiq edilmiş qarışıqların atmosfer, doymuş buxar təzyiqlərində və geniş temperatur intervalında sıxlıqları $\rho(p_{0\text{or}}, T, x)/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

a) [EMIM][MeSO₃]+CH₃OH

w, met. %	0.0000	0.8503	1.9024	4.2894	8.5756	12.4535	16.9854
x, met.	0.0000	0.0523	0.1110	0.2239	0.3765	0.4780	0.5684
m_{iM}/mol·kg⁻¹		565.31694	249.99385	108.17733	51.68570	34.08161	23.69471
263.15	1266.19	1260.85	1254.45	1240.10	1214.94	1192.86	1167.82
273.15	1259.09	1253.76	1247.35	1232.97	1207.77	1185.63	1160.52
283.15	1252.15	1246.76	1240.32	1225.90	1200.62	1178.39	1153.19
293.15	1245.28	1239.75	1233.31	1218.86	1193.51	1171.22	1145.93
298.15	1241.72	1236.29	1229.83	1215.35	1189.95	1167.61	1142.26
313.15	1231.53	1225.95	1219.45	1204.87	1179.30	1156.82	1131.30
333.15	1218.06	1212.36	1205.79	1191.07	1165.25	1142.55	1116.79
353.15	1204.65	1199.00	1192.37	1177.52	1151.47	1128.57	1102.59
373.15	1191.84	1185.79	1179.15	1164.26	1138.12	1115.11	1088.96
393.15	1178.90	1172.82	1166.12	1151.11	1124.74	1101.54	1075.16
413.15	1166.37	1159.97	1153.22	1138.07	1111.46	1087.99	1061.29
w, met. %	19.6252	22.5051	28.6195	40.0251	52.2538	55.7919	63.9978
x, met.	0.6112	0.6515	0.7207	0.8112	0.8757	0.8904	0.9196
m_{iM}/mol·kg⁻¹	19.85540	16.69417	12.09178	7.26457	4.42990	3.84152	2.72732
263.15	1153.60	1138.40	1107.14	1052.30	998.01	983.09	949.72
273.15	1146.27	1131.02	1099.64	1044.55	989.97	974.96	941.38
283.15	1138.87	1123.55	1092.04	1036.67	981.79	966.70	932.91
293.15	1131.56	1116.18	1084.51	1028.83	973.59	958.39	924.37
298.15	1127.86	1112.45	1080.71	1024.90	969.52	954.27	920.15
313.15	1116.80	1101.27	1069.31	1013.07	957.22	941.84	907.38
333.15	1102.15	1086.47	1054.20	997.39	940.90	925.33	890.39
353.15	1087.82	1072.01	1039.45	982.09	924.92	909.12	873.60
373.15	1074.09	1058.15	1025.27	967.17	908.99	892.86	856.51
393.15	1060.15	1044.06	1010.84	952.00	892.83	876.36	839.12
413.15	1046.07	1029.75	995.98	935.95	875.27	858.31	819.84
w, met. %	76.6302	85.1880	90.8015	94.5235	97.6428	100.0000	
x, met.	0.9548	0.9737	0.9845	0.9911	0.9963	1.0000	
m_{iM}/mol·kg⁻¹	1.47852	0.84296	0.49113	0.28089	0.11704	0.00000	
263.15	901.33	870.31	850.61	837.86	827.39	819.59	
273.15	892.68	861.45	841.63	828.78	818.23	810.36	
283.15	883.91	852.50	832.56	819.61	808.98	801.05	
293.15	875.02	843.41	823.35	810.32	799.62	791.64	
298.15	870.65	838.91	818.78	805.69	794.93	786.89	
313.15	857.31	825.16	804.74	791.50	780.60	772.46	
333.15	839.48	806.67	785.76	772.21	761.05	752.70	
353.15	821.61	787.88	766.29	752.33	740.82	732.18	
373.15	803.05	768.22	745.85	731.39	719.48	710.57	
393.15	783.94	747.67	724.20	709.19	696.68	687.27	
413.15	762.53	724.63	700.02	684.25	671.16	661.35	

b) [BMIM][PF₆]+CH₃OH

w, met. %	0.0000	2.0060	5.2354	12.8899	26.3014	40.9396
x, met.	0.0000	0.1537	0.3289	0.5675	0.7599	0.8601
m_{iM}/mol·kg⁻¹		171.89683	63.69357	23.78035	9.86006	5.07636
278.15	1383.00	1365.50	1338.38	1276.73	1179.87	1086.75

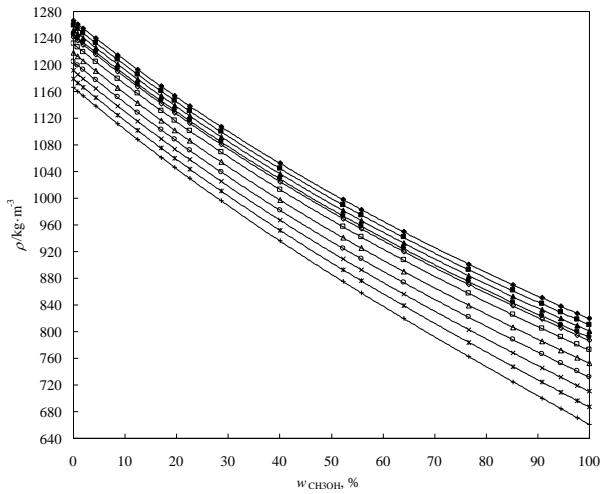
İONLU MAYELƏRİN METANOL QARIŞIQLARININ SIXLIĞI

Cədvəlin davamı						
283.15	1378.77	1361.20	1334.02	1272.21	1175.28	1082.17
293.15	1370.32	1352.63	1325.32	1263.20	1166.10	1072.96
298.15	1366.11	1348.36	1320.99	1258.72	1161.52	1068.34
303.15	1361.90	1344.10	1316.67	1254.24	1156.94	1063.71
313.15	1353.50	1335.60	1308.04	1245.34	1147.79	1054.74
333.15	1336.78	1318.71	1290.89	1227.68	1129.48	1036.48
353.15	1320.16	1301.97	1273.85	1210.23	1113.31	1018.08
373.15	1303.63	1285.33	1257.09	1192.99	1096.29	998.94
393.15	1287.20	1268.84	1240.21	1175.95	1077.40	978.09
413.15	1270.88	1252.51	1223.86	1159.12	1057.07	954.84
w, met. %	50.5213	65.6245	80.1295	91.6840	95.5241	100.0000
x, met.	0.9006	0.9442	0.9728	0.9899	0.9947	1.0000
m_{iM}/mol·kg⁻¹	3.44622	1.84324	0.87260	0.31917	0.16488	0.00000
278.15	1030.94	952.68	886.15	838.10	822.89	805.52
283.15	1026.76	948.34	881.76	833.56	818.33	800.90
293.15	1017.68	939.61	872.85	824.38	809.07	791.57
298.15	1013.03	935.08	868.42	819.79	804.42	786.86
303.15	1008.37	930.56	863.89	815.17	799.73	782.11
313.15	999.66	921.52	854.62	805.71	790.21	772.51
333.15	981.03	902.88	835.40	786.15	770.55	752.79
353.15	962.51	883.23	815.16	765.75	750.11	732.23
373.15	942.61	862.25	793.74	744.17	728.49	710.55
393.15	920.89	839.39	770.49	720.85	705.17	687.21
413.15	896.50	813.74	744.48	694.98	679.31	661.32

c) [BMIM][FAP] + CH₃OH

w, met. %	0.0000	0.7563	1.5076	5.1284	13.8886	30.2117	45.8044
x, met.	0.0000	0.1220	0.2182	0.4964	0.7462	0.8876	0.9391
m_{iM}/mol·kg⁻¹		224.60731	111.82312	31.66426	10.61249	3.95387	2.02522
273.15	1652.08	1640.71	1629.66	1577.72	1460.56	1272.80	1130.31
278.15	1646.39	1635.05	1623.99	1572.08	1454.97	1267.68	1125.40
283.15	1640.71	1629.40	1618.32	1566.41	1449.60	1262.21	1120.33
293.15	1629.36	1618.10	1607.01	1555.04	1438.32	1252.09	1110.34
298.15	1623.70	1612.46	1601.36	1549.45	1432.74	1246.99	1105.26
313.15	1606.74	1595.54	1584.35	1532.46	1415.68	1231.27	1089.97
333.15	1584.22	1573.00	1561.82	1509.92	1393.28	1209.83	1069.10
353.15	1561.78	1550.58	1539.42	1487.62	1371.35	1188.45	1047.71
373.15	1539.44	1528.30	1517.19	1465.30	1349.35	1166.63	1025.42
393.15	1517.20	1506.12	1495.12	1443.17	1327.20	1143.33	1001.16
413.15	1495.05	1483.96	1473.04	1420.54	1304.46	1117.70	973.92
w, met. %	60.1716	73.5194	87.1245	96.2269	98.8799	100.0000	
x, met.	0.9650	0.9806	0.9920	0.9979	0.9994	1.0000	
m_{iM}/mol·kg⁻¹	1.13296	0.61651	0.25295	0.06711	0.01939	0.00000	
273.15	1023.65	940.81	868.89	826.54	814.94	810.13	
278.15	1018.89	936.07	864.23	821.92	810.33	805.52	
283.15	1013.92	931.29	859.55	817.28	805.70	800.90	
293.15	1004.15	921.67	850.10	807.93	796.37	791.57	
298.15	999.17	916.74	845.30	803.20	791.65	786.86	
313.15	984.06	902.00	830.76	788.81	777.29	772.51	
333.15	963.50	881.66	810.76	769.01	757.55	752.79	
353.15	942.27	860.53	789.89	748.35	736.96	732.23	
373.15	919.62	838.09	767.80	726.55	715.25	710.55	
393.15	895.15	813.74	743.93	703.05	691.86	687.21	
413.15	867.58	786.58	717.35	676.96	665.91	661.32	

(1) tənliyi tədqiq edilmiş ionlu mayelərin metanol qarışıqlarının sıxlığını $\rho(p_{0ors}, T, x)$ təcrübə xətası daxilində hesablanmasına imkan verir. Bu qayda ilə [EMIM][MeSO₃]+CH₃OH, [BMIM][PF₆]+CH₃OH və [BMIM][FAP]+CH₃OH qarışıqlarının əldə edilmiş təcrübə nəticələri (1) tənliyinin köməyi ilə hesablanmışdır. Nümunə olaraq [EMIM][MeSO₃]+CH₃OH və [BMIM][PF₆]+CH₃OH qarışıqlarının sıxlığının $\rho_{tec}(p_{0ors}, T, x)$ təcrübə nəticələri ilə (1) tənliyi ilə hesablanmış $\rho_{hes}(p_{0ors}, T, x)$ nəticələri arasında xətanın müxtəlif kütlə faizlərində temperaturdan T/K asılılıqları Şəkil 4 və 5-də verilmişdir. Eyni zamanda (1) tənliyinin köməyi ilə alınmış təcrübə və ədəbiyyat qiymətlərinin müqayisə edilməsi mümkün olur. Belə ki, çox zaman ədəbiyyat qiymətləri və təcrübədən alınmış qiymətlər eyni temperaturda olmur. Bu zaman empirik (1) tənliyinin köməyi ilə təcrübə qiymətləri interpolasiya olunur və ədəbiyyat temperaturuna uyğun sıxlığını və onların ədəbiyyat qiymətindən faizlə fərqi hesablanır.

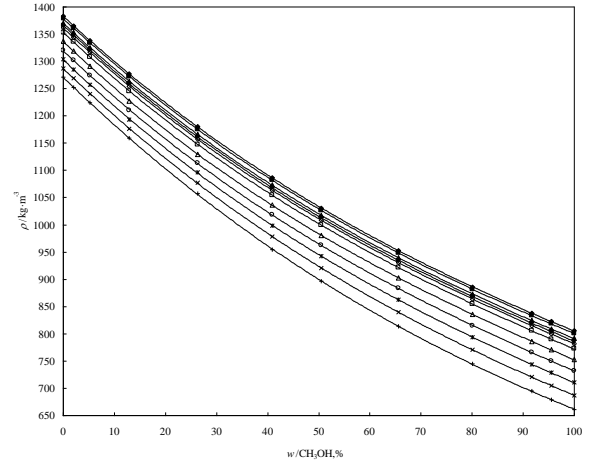


Şəkil 1

[EMIM][MeSO₃]+CH₃OH qarışığının atmosfer, doymuş buxar təzyiqlərində və müxtəlif temperaturlarda T/K sıxlığının $\rho(p_{0ors}, T, x)/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ metanolun kütlə faizindən $w/\%$ asılılığı: ◆-263.15K; ■-273.15K; ▲-283.15K; ●-293.15K; ◇-298.15K; □-313.15K; △-333.15K; ○-353.15K; * -373.15K; ×-393.15K; + -413.15K.

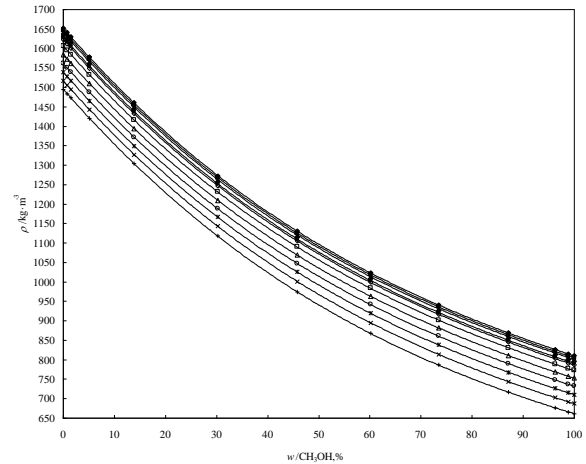
Tədqiq olunmuş [EMIM][MeSO₃]+CH₃OH və [BMIM][FAP]+CH₃OH qarışıqları üçün sıxlığının $\rho(p_{0ors}, T, x)/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ədəbiyyat qiymətləri olmadığı üçün bu məqalədə alınmış nəticələr ilk

dəfə təqdim edilir. [BMIM][PF₆]+CH₃OH qarışığı üçün Zafarani-Moattar və Shekaari [12] tərəfindən çap edilmiş 60 təcrübə sıxlıq qiymətləri bizim nəticələr ilə müqayisə edilmiş və $\Delta\rho/\rho=\pm 0.315\%$ orta nisbi faiz xətası alınmışdır.



Şəkil 2

[BMIM][PF₆]+CH₃OH qarışığının atmosfer, doymuş buxar təzyiqlərində və müxtəlif temperaturlarda T/K sıxlığının $\rho(p_{0ors}, T, x)/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ metanolun kütlə faizindən $w/\%$ asılılığı: ◆-278.15K; ■-283.15K; ▲-293.15K; ●-298.15K; ◇-303.15K; □-313.15K; △-333.15K; ○-353.15K; * -373.15K; ×-393.15K; + -413.15K.



Şəkil 3

[BMIM][FAP]+CH₃OH qarışığının atmosfer, doymuş buxar təzyiqlərində və müxtəlif temperaturlarda T/K sıxlığının $\rho(p_{0ors}, T, x)/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ metanolun kütlə faizindən $w/\%$ asılılığı: ◆-273.15K; ■-278.15K; ▲-283.15K; ●-293.15K; ◇-298.15K; □-313.15K; △-333.15K; ○-353.15K; * -373.15K; ×-393.15K; + -413.15K.

(1) tənliyində h_{ij} əmsallarının qiymətləri.

 a) [EMIM][MeSO₃] + CH₃OH^a

$h_{00} = 1473.824905$	$h_{10} = -0.8772815462$
$h_{01} = -762.7567678$	$h_{11} = 1.679040643$
$h_{02} = 1203.888152$	$h_{12} = -9.135685342$
$h_{03} = -694.1884658$	$h_{13} = 5.726074385$
$h_{20} = 0.3615562360 \cdot 10^{-3}$	$h_{30} = -0.1057685182 \cdot 10^{-6}$
$h_{21} = -0.5726006894 \cdot 10^{-2}$	$h_{31} = 0.5668577967 \cdot 10^{-5}$
$h_{22} = 0.2804353457 \cdot 10^{-1}$	$h_{32} = -0.2845449327 \cdot 10^{-4}$
$h_{23} = -0.1666004687 \cdot 10^{-1}$	$h_{33} = 0.1566419449 \cdot 10^{-4}$

^a APD = $(100/n) \cdot (\rho_{\text{exp}} - \rho_{\text{cal}}) / \rho_{\text{exp}} = \pm 0.0157\%$.

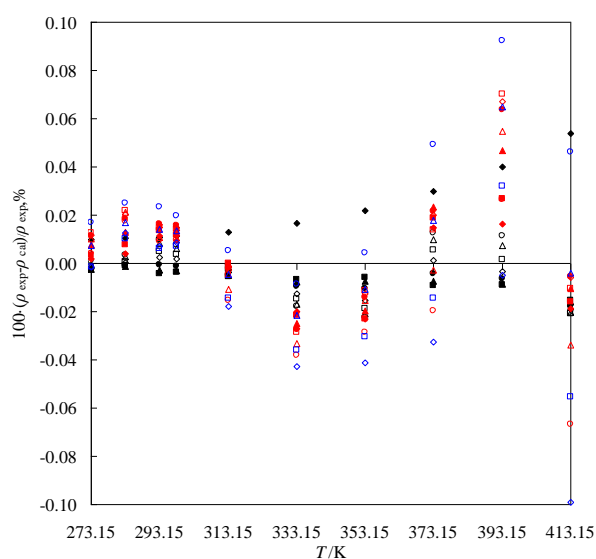
 b) [BMIM][PF₆] + CH₃OH^b

$h_{00} = 1547.649514$	$h_{10} = 2017.569411$
$h_{01} = -0.1765102962$	$h_{11} = -25.10916394$
$h_{02} = -0.2123697165 \cdot 10^{-2}$	$h_{12} = 0.7245822564 \cdot 10^{-1}$
$h_{03} = 0.2247629990 \cdot 10^{-5}$	$h_{13} = -0.6980399612 \cdot 10^{-4}$
$h_{20} = -5230.879430$	$h_{30} = 2907.420172$
$h_{21} = 46.77968067$	$h_{31} = -24.25251045$
$h_{22} = -0.1272476721$	$h_{32} = 0.6325218153 \cdot 10^{-1}$
$h_{23} = 0.1134397551 \cdot 10^{-3}$	$h_{33} = -0.5328798111 \cdot 10^{-4}$

^b APD = $(100/n) \cdot (\rho_{\text{exp}} - \rho_{\text{cal}}) / \rho_{\text{exp}} = \pm 0.0299\%$.

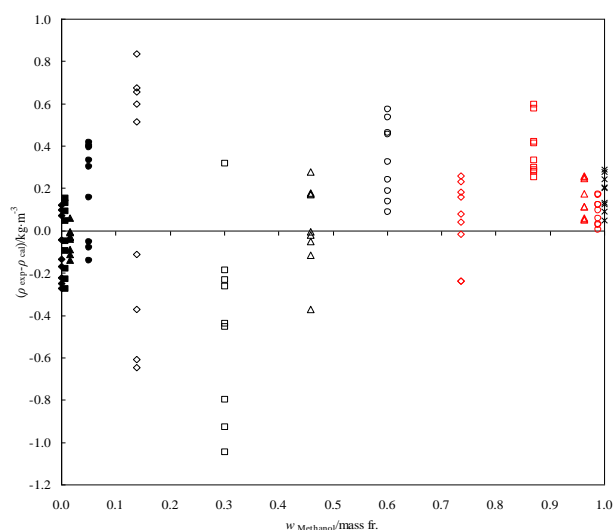
 c) [BMIM][FAP] + CH₃OH^c

$h_{00} = 1954.962797$	$h_{10} = -541.3497326$
$h_{01} = -1.022658513$	$h_{11} = -9.792811931$
$h_{02} = -0.4965970482 \cdot 10^{-3}$	$h_{12} = 0.3220675280 \cdot 10^{-1}$
$h_{03} = 0.6761354378 \cdot 10^{-6}$	$h_{13} = -0.3418248527 \cdot 10^{-4}$
$h_{20} = -332.6400608$	$h_{30} = 142.5555737$
$h_{21} = 11.20064000$	$h_{31} = -3.008793559$
$h_{22} = -0.3227778109 \cdot 10^{-1}$	$h_{32} = 0.6593146476 \cdot 10^{-2}$
$h_{23} = 0.3001639629 \cdot 10^{-4}$	$h_{33} = -0.3692272148 \cdot 10^{-5}$

^c APD = $(100/n) \cdot (\rho_{\text{exp}} - \rho_{\text{cal}}) / \rho_{\text{exp}} = \pm 0.0225\%$.


Şəkil 4

[EMIM][MeSO₃]+CH₃OH qarışığının atmosfer, doymuş buxar təzyiqlərində və müxtəlif temperaturalarda T/K sıxlığının təcrübi $\rho_{\text{tec}}(p_{0\text{or},s}, T, x)$ nəticələri (2) tənliyi ilə hesablanmış $\rho_{\text{hes}}(p_{0\text{or},s}, T, x)$ nəticələri arasında xətanın metanolun müxtəlif kütlə hissələrində w_{metanol} temperaturdan T/K asılılığı: ◆-0; ■-0.8503; ●-1.9024; ▲-4.2894; ◇-8.5756; △-16.9854; □-12.4535; ○-19.6252; ◆-22.5051; ■-28.6195; ●-40.0251; ▲-52.2538; ◇-55.7919; □-63.9978; △-76.6302; ○-85.1880; ◇-90.8015; △-94.5235; □-97.6428; ○-100.



Şəkil 5

[BMIM][FAP]+CH₃OH qarışığının atmosfer, doymuş buxar təzyiqlərində və müxtəlif temperaturalarda T/K sıxlığının təcrübi $\rho_{tec}(p_{0\text{ or }s}, T, x)$ nəticələri (2) tənliyi ilə hesablanmış $\rho_{hes}(p_{0\text{ or }s}, T, x)$ nəticələri arasında xətanın müxtəlif temperaturda T/K metanolun kütlə hissəsindən w_{metanol} asılılığı: ◆-0.0; ■-0.7563; ●-1.5076; ▲-5.1284; ◇-13.8886; △-30.2117; □-45.8044; ○-60.1716; ◇-73.5194; □-87.1245; △-96.2269; ○-98.8799; ×-100.0.

1. Azərbaycan Respublikasında alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə olunması üzrə Dövlət Proqramı, Azərbaycan Respublikasının Qanunvericilik Toplusu, №.10, maddə 838, 31 Oktyabr (2004).
2. Azərbaycan Respublikası Sənaye və Energetika Nazirliyinin Alternativ və Bərpa Olunan Enerji Mənbələri üzrə Dövlət Agentliyi haqqında əsasnamənin təsdiq edilməsi barədə Azərbaycan Respublikası Prezidentinin fərmanı, Bakı şəhəri, 10 noyabr (2009).
3. I.M.Abdulagatov, A.Tekin, J.Safarov, A.Shahverdiyev, E.Hassel. High-Pressure Densities and Derived Volumetric Properties (Excess, Apparent, and Partial Molar Volumes) of Binary Mixtures of Methanol+[BMIM][PF₆], Journal of Solution Chemistry, **37** (2008) 6, 801-833.
4. I.M.Abdulagatov, J.Safarov, T.Guliyev, A.N.Shahverdiyev, E.Hassel. High temperature and high pressure volumetric (density, excess, partial, and apparent molar volumes) properties of (methanol+[BMIM⁺][O₆SO₄⁻]) mixtures, Physics and Chemistry of Liquids, **47** (2009) 1, 9-34.
5. I.M.Abdulagatov, A.Tekin, J.Safarov, A.Shahverdiyev, E.Hassel. High-pressure densities and derived volumetric properties (excess, apparent, and partial molar volumes) of binary mixtures of {methanol(1)+[BMIM][BF₄](2)}, The Journal of Chemical Thermodynamics, **40** (2008) 1386-1401.
6. G.Huseynova, X.Süleymanlı, Ə.Əliyev, C.Səfərov, M.Bəşirov, E.Hassel. İonlu mayelərin metanol qarışıqlarının səs sürətinin analizi, Azərbaycan Texniki Universitetinin elmi xəbərləri, **1** (2018) 18-27.
7. J.Safarov, G.Huseynova, R.Hamidova, M.Bashirov, E.Hassel. Vapor Pressures and Activity Coefficients of Methanol in Binary Mixtures with 1-ethyl-3-methylimidazolium methanesulfonate, Journal of Processes of Petrochemistry and Oil Refining, **18** (2017) 189-201.
8. L.Piazza, R. Span. An equation of state for methanol including the association term of SAFT, Fluid Phase Equilibria, **349** (2013) 12– 24.
9. G.Hüseynova, R.Həmidova, C.Səfərov, M.Bəşirov, E.Hassel. 1-Etil-3-metilimidazolium metansulfonat ionlu mayesinin sıxlığının və səs sürətinin ölçülməsi, Transactions of National Academy of Science of Azerbaijan, series of physics-mathematical and technical sciences, Physics and Astronomy, **XXXVI** №5 (2016) 128-135.
10. J.Safarov, Kh.Suleymanli, A.Aliyev, M.Bashirov, E.Hassel. Density of 1-butyl-3-methylimidazolium hexafluoroborate at wide range of temperature and at ambient pressure, Journal of Processes of Petrochemistry and Oil Refining, **19** (2018) 4, in press.
11. J.Safarov, F.Lesch, Kh.Suleymanli, A.Aliyev, A.Shahverdiyev, E.Hassel, I.M.Abdulagatov. Viscosity, Density, Heat Capacity, Speed of Sound and other Derived Properties of 1-Butyl-3-Methylimidazolium tris(Pentafluoroethyl)Trifluorophosphate over a Wide Range of Temperature and at Atmospheric, Pressure, Journal of Chemical & Engineering Data, **62** (2017) 3620–3631.
12. M.Zafarani-Moattar, H.Shekaari. Volumetric and Speed of Sound of Ionic Liquid, 1-Butyl-3-methylimidazolium Hexafluorophosphate with Acetonitrile and Methanol at $T=(298.15\div 318.15)K$, Journal of Chemical and Engineering Data, **50** (2005) 1694-1699.

DENSITY OF IONIC LIQUIDS MIXTURES WITH METHANOL

G.ABDULLAYEVA, Kh.SULEYMANLI, A.ALIEV, J.SAFAROV, M.BASHIROV, E.HASSEL

The measured density values $\rho(p_{0\text{or}s}, T, x)/\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ of binary mixtures of ionic liquids 1-ethyl-3-methylimidazolium methanesulfonate [EMIM][MeSO₃], 1-butyl-3-methylimidazolium hexafluorophosphate [BMIM][PF₆] and 1-butyl-1-methylpyrrolidinium tris(pentafluoroethyl)trifluorophosphate [BMIM][FAP] with methanol has been presented. The measurements have been carried out in the temperature interval $T=(263.15\div 413.15)\text{K}$ using a various Anton-Paar DMA series vibration tube densimeters with uncertainty $\Delta\rho/\rho=\pm(0.005\div 0.1)\%$. Investigated mixtures can be used in the solar heat collectors, absorption refrigeration machines and heat pumps.

ПЛОТНОСТЬ РАСТВОРОВ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ С МЕТАНОЛОМ

Г.АБДУЛЛАЕВА, Х.СУЛЕЙМАНЛЫ, А.АЛИЕВ, Д.САФАРОВ, М.БАШИРОВ, Э.ХАССЕЛ

Приведена зависимость плотности $\rho(p_{0\text{or}s}, T, x)/\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$ бинарных растворов 1-этил-3-метилимидазолий метансульфонат [EMIM][MeSO₃], 1-бутил-3-метилимидазолий гексафлуорофосфат [BMIM][PF₆] и 1-бутил-3-метилимидазолий трис(пентафлуорэтил)трифлуорофосфат [BMIM][FAP] с метанолом. Эксперименты были проведены при температурах $T=(263.15\div 413.15)\text{K}$ на различных установках вибрационных денсиметров фирмы Anton-Paar с погрешностью $\Delta\rho/\rho=\pm(0.005\div 0.1)\%$. Исследованные растворы предназначены для использования в солнечных тепловых коллекторах, абсорбционных холодильных установках и тепловых насосах.