

PEQ-C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>KNa-H<sub>2</sub>O və PEQ-C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Na<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O  
İKİFAZALI SİSTEMLƏRİNİN BİNODAL ƏYRİLƏRİNİN  
MÜQAYİSƏLİ TƏHLİLİ

T.O.BAĞIROV, S.Y.OCAQVERDİYEVA, X.T.HƏSƏNOVA

*Bakı Dövlət Universiteti*

*E-mail: [baghirov-t@mail.ru](mailto:baghirov-t@mail.ru)*

*Təqdim olunmuş işdə PEQ - C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>KNa - H<sub>2</sub>O ikifazalı sistemlərinin fiziki-kimyəvi xassələri tədqiq olunmuşdur. Bu sistemin binodalını PEQ - C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Na<sub>2</sub> - H<sub>2</sub>O ikifazalı sisteminin binodalı ilə müqayisə etdikdə alınmışdır ki, C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Na<sub>2</sub> duzunda bir Na<sup>+</sup> ionunun K<sup>+</sup> ionu ilə əvəz olunması ikifazalı sistemin eyni zamanda mövcud olan fazalarının polimer tərkibini dəyişir və binodal əyrisi absis oxuna tərəf sürüşür.*

### Giriş

XIX əsrin sonlarında müşahidə olunmuşdur ki, termodinamik uyşmaz olan elə polimer cütləri vardır ki, onların suda məhlullarını qarışdırdıqda polimerlərin konsentrasiyasının müəyyən qiymətlərindən böyük qiymətlərdə fazalara ayrılma prosesi baş verir və sistemin eyni zamanda mövcud olan fazalarının hər biri polimerlərdən hər hansı biri ilə zənginləşmiş olur. Qeyd edək ki, bu ikifazalı sistemlərin praktiki tətbiq imkanları ilk dəfə olaraq isveç tədqiqatçısı Albertson [1,2] tərəfindən göstərilmişdir. O, müəyyənləşdirmişdir ki, bioloji mənşəli maddələri (zülallar, nuklein turşuları və s.) və bioloji hissəcikləri (hüceyrələr, viruslar və s.) ikifazalı sulu polimer sistemlərində həll edərəkən həmin maddələrin sistemin eyni zamanda mövcud olan fazaları arasında qeyri-bərabər paylanması baş verir.

Ümumiyyətlə, ikifazalı sulu polimer sistemlərinin tətbiqi bir vaxtlar ön plana keçmiş və bu sistemlərin fundamental elmi tədqiqi nisbətən diqqətdən kənar qalmışdır. Belə ki, iki fazalı sulu polimer sistemlərinin əmələ gəlmə mexanizmi, onların fiziki-kimyəvi xassələrinə xarici amillərin təsiri, bu sistemlərdə bəzi maddələrin paylanması məsələsi ədəbiyyatda ziddiyyətli fikirlərlə izah edilirdi. Bəzi müəlliflər komponentlərin həlledici rolunu irəli sürürdülər. Onlar iddia edirdilər ki, əgər iki polimer hər hansı həlledicidə ikifazalı sistem verirsə, onda bu hadisə digər həlledicilərlə də müşahidə olunmalıdır. Son zamanlar isə E.Məsimov, B.Zaslavski [2,3] və digərləri elmi tədqiqat işlərində ikifazalı sulu polimer sistemlərinin yaranmasında suyun həlledici rola malik olması hipotezini irəli sürmüş və bunu təcrübi faktlarla təsdiq etmişlər.

Geniş tətbiq imkanlarına malik olan polimer-polimer-su ikifazalı sistemləri ilə yanaşı bir polimerin iştirakı ilə alınan polimer-qeyri-üzvi elektrolit ikifazalı sistemləri də tədqiqat obyektinə kimi, böyük maraq kəsb edir[5,6]. Bu sistemlər əvvəlki sistemlərdən həm iqtisadi səmərəli-

liyinə görə, həm də böyük ayırma qabiliyyətinə görə fərqlənirlər. İkifazlı polimer-polimer-su sistemlərində olduğu kimi polimer-duz-su sistemlərində də fazalara ayrılma mexanizmi mübahisələr doğurur. Ona görə də həm polimer-polimer-su, həm də polimer-qeyri-üzvi elektrolit ikifazlı sistemlərində fazalara ayrılma mexanizminin molekulyar aspektlərinin tədqiqi öz elmi aktuallığını saxlayır.

### Material və metodlar

Təqdim olunmuş işdə PEQ -  $C_4O_6H_4KNa$  -  $H_2O$  ikifazlı sistemlərinin fiziki-kimyəvi xassələri tədqiq olunmuşdur. Bu məqsədlə polietilenqlikol (PEQ)-6000, çaxır turşusunun  $Na_2$  və  $NaK$  duzları (kimyəvi təmiz) və bidistillə su istifadə olunmuşdur. Bu sistemin binodal əyrisi qurulmuş, birləşdirici xəttin meyl bucağı təyin edilmişdir.

Binodal əyrisini qurmaq üçün PEQ-in və duzların ilkin məhlullarını (adətən 40 - 50 %-li) hazırlamaq üçün müəyyən miqdar quru maddə çəkilir və lazımı qədər su əlavə edilərək su hamamında  $100^{\circ} S$ -yə qədər qızdırılmaqla 10-15 dəqiqə müddətində suda həll edilir. Sterilizə etmək məqsədi ilə polimer məhlulu isti halda filtdən süzülür və 20 q-lıq qablarda soyuducuda saxlanılır.

Hazırlanmış ilkin məhlulların konsentrasiyasını dəqiq təyin etmək üçün liofil qurutma qurğusundan istifadə olunmuşdur. Daha stabil çəki və daha dəqiq konsentrasiya almaq üçün qurudulmuş polimer və duzlar vakuumda rütubət götürən  $P_2O_5$  üzərində 24 saat saxlanılmış və 0,01 % dəqiqliklə ilkin konsentrasiya tapılmışdır. Hazırlanmış bütün məhlulların sıxlığı piknometrlə  $0,001 q/sm^3$  dəqiqliklə təyin olunmuşdur.

İkifazlı polimer-duz-su sistemləri polimer və duzların ilkin məhlullarını qarışdırmaqla alınır. Adətən 2 q-lıq sistemlər hazırlanır. Verilmiş tərkibli sistemi hazırlamaq üçün ilkin məhlullardan sınaq şüşəsinə çəkilir və 2 q-a qədər su əlavə olunur. Sonra sistem intensiv qarışdırılır və termodinamik tarazlıq halı alınana qədər gözlənilir. Prosesi sürətləndirmək üçün qarışdırılmış sistemləri fırlanma sürəti 4000 dövr/san olmaqla 20 dəqiqə müddətində sentrafuqaya qoyulur. Ayrı-ayrı təcrübələrdə göstərilmişdir ki, sistemlərin sentrafuqaya qoyulması və ya 6 saat gözlənməsi ilə alınan termodinamik tarazlıq halları eynidir.

Bulanıq metodu ilə binodal əyrisini qurmaq üçün hazırlanmış ilkin məhlulların hərəsindən 1 q götürülməklə həmin məhlullar qarışdırılır. Alınmış nöqtə ikifazlı oblasta aid olarsa, onda gözlə görünən bulanıq məhlul – heterogen sistem (termodinamik tarazlıqda olmayan sistem olduğu üçün) alınır. Həmin sistemə su əlavə etməklə faza mələgətirən komponentlərin konsentrasiyasını azaldaraq ikifazlı oblastdan bir fazalı oblasta keçən kritik nöqtə qeyd edilir. Bu nöqtələrin sayını artırmaqla faza diaqramında ikifazlı oblastdan bir fazalı oblasta keçən kritik nöqtələr çoxluğu alınır ki, onların da həndəsi yeri həmin sistemin binodal əyrisi olur. Qeyd edək ki, binodalın uc nöqtələrini tapmaq üçün polimerin və ya duzun hər hansı birinin ilkin məhlulundan 1 qram götürərək (şəffaf məhlul) üzərinə bulanıq alınana kimi digər ilkin məhluldan əlavə edilir. Həmin çəkili bildikdən sonra binodalın uc nöqtələri təyin edilir.

Qeyd edək ki, polimer-polimer-su və digər polimer-qeyri-üzvi elektrolit ikifazlı sistemlərinə nisbətən bu sistemdə fazalara ayrılma prosesi daha sürətlə - 1saat ərzində baş verir.

### Nəticələr və onların müzakirəsi

Məlum olduğu kimi, ikifazlı sulu polimer sistemlərinin tədqiqi ona görə aktualdır ki, belə sistemlərdə gedən proseslər canlı orqanizmdə gedən proseslərin modeli kimi qəbul edilə bilər. Doğrudan da sistemin bir-birindən hidrofobluqlarına görə fərqlənən və eyni zamanda mövcud olan fazaları arasında bioloji maddələrin paylanması araşdırılması orqanizmdə daşınması qanla həyata keçirilən maddələr mübadiləsinin mexanizmini izah etməyə kömək edər. Fazaların çox hissəsini su təşkil etdiyindən belə mühitdə makromolekulların konformasiyasını və strukturunu təyin edən qarşılıqlı təsirləri kəmiyyətcə təhlil etmək və bunun üçün optimal yollar axtarmaq çox əhəmiyyətlidir.

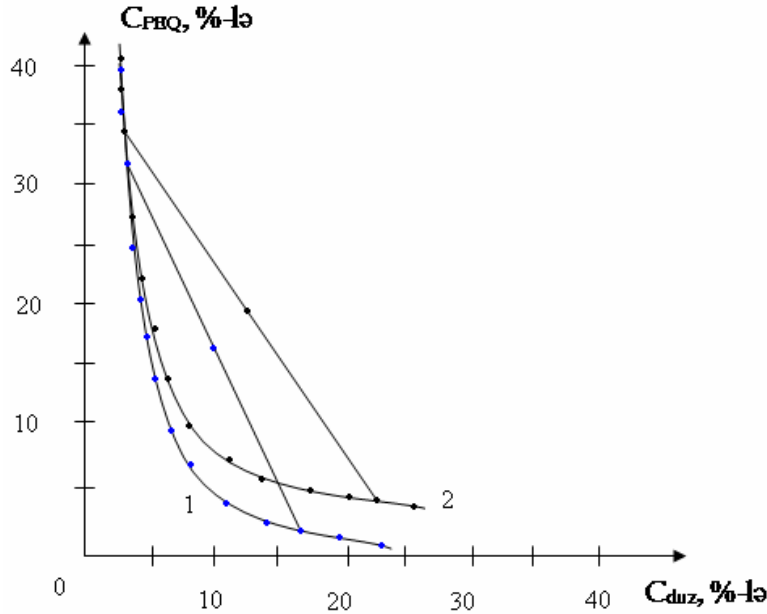
Cədvəl 1

**PEQ-C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Na<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O ikifazlı sisteminin fazalarının tərkibi (bütün konsentrasiyalar %-lə verilmişdir, + 0,01% dəqiqliklə)**

PEQ -nin molekül çəkisi	İlkin sistem		Yuxarı faza		Aşağı faza	
	PEQ	Duz	PEQ	Duz	PEQ	Duz
1	2	3	4	5	6	7
1500	12,12	17,01	23,82	9,02	1,21	23,58
	10,21	19,03	30,14	6,59	1,82	24,02
	10,69	20,21	30,41	6,42	1,41	26,61
	11,13	21,12	31,32	6,21	1,32	27,79
	11,42	21,89	31,81	5,91	1,14	28,28
3000	9,12	16,02	18,61	9,38	3,57	19,51
	10,14	16,01	20,78	9,02	2,12	21,23
	11,02	16,09	21,81	8,36	1,03	23,22
	13,48	16,13	25,59	7,21	0,79	25,41
	14,43	16,18	27,82	6,43	0,62	26,40
16,02	16,42	28,61	6,24	0,41	28,60	
6000	8,00	14,02	15,78	9,05	2,54	17,40
	10,52	13,00	19,80	8,12	2,22	18,33
	11,43	13,18	20,60	7,48	2,00	18,81
	12,14	13,40	22,02	7,10	1,83	19,62
	13,05	13,43	24,36	6,40	1,58	20,43
15,03	13,49	28,52	5,02	1,41	21,68	
2 0000	4,02	14,00	13,02	8,49	1,62	15,23
	9,20	12,12	16,51	7,61	1,31	16,50
	10,13	12,51	17,62	7,48	1,24	17,04
	11,51	13,63	18,73	7,40	1,12	17,62
	12,00	14,23	20,14	7,32	1,03	18,63
12,52	14,51	21,21	7,02	1,01	19,00	

İkifazlı sulu polimer sistemlərinin fiziki-kimyəvi xassələrinə polimerin molekül çəkisinin təsirinə öyrənilməsi bu sistemlərdə fazalara ayrılma prosesində suyun həlledici rola malik olması haqqındakı hipotezin təsdiqinə özünün böyük payını vermişdir. Bu səbəbdən polimerin molekül çəkisinin PEQ-C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Na<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O sisteminin hal diaqramlarına təsiri tədqiq olunmuşdur. Cədvəl 1-də PEQ-C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Na<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O sisteminin fazalarının polimer və duz tərkibi verilmişdir. Cədvəldən görüldüyü kimi, PEQ-in molekül çəkisi artdıqca komponentlərin daha kiçik konsentrasiyalarında fazalara ayrılma prosesi baş verir. Bu faktı belə izah etmək olar ki, polimerin molekül çəkisi artdıqca onun hidrat təbəqəsindəki su

molekullarının sayı artır və sistemdə sərbəst su molekullarının sayı azalır, həllolma çətinləşir, iki müxtəlif strukturlu suyun fazalara ayrılması baş verir.



Şəx. 1. Polietilenqlikol-duz-su ikifazalı sisteminin hal diaqramı ( $t = 23^{\circ} \text{S}$ ):  
1 - PEQ-C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>KNa-H<sub>2</sub>O; 2 - PEQ-C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Na<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O.

Qeyd edək ki, tədqiq olunmuş ikifazalı sistemin duz komponentində - C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Na<sub>2</sub> duzunda Na<sup>+</sup> ionunun birinin K<sup>+</sup> ionu ilə əvəz olunması ikifazalı sistemin eyni zamanda mövcud olan fazalarının polimer tərkibini dəyişir və binodal əyrisi absis oxuna tərəf sürüşür (şəkil 1). Bu onu göstərir ki, PEQ-C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>NaK-H<sub>2</sub>O ikifazalı sisteminin hal diaqramında homogen oblast PEQ-C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Na<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O ikifazalı sistemindəkinə nisbətən kiçildir, başqa sözlə, fazalara ayrılma komponentlərin daha kiçik konsentrasiyasında baş verir.

Alınan nəticə Na<sup>+</sup> və K<sup>+</sup> ionlarının iştirak etdiyi sulu məhlulların aşağı tezlikli dielektrik spektroskopiyası metodu ilə tədqiqi zamanı təsdiq edilmişdir [7]. [7]-də bu metod ilə K<sup>+</sup> və Na<sup>+</sup> ionlarının suyun strukturuna təsiri tədqiq olunmuşdur və göstərilmişdir ki, K<sup>+</sup> ionunun ölçüsünün Na<sup>+</sup>-a nisbətən böyük olmasına baxmayaraq bu ionların sulu məhlullarındakı su assosiatlarının strukturu K<sup>+</sup> ionu olan hal üçün daha möhkəmdir. Beləliklə, PEQ-C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Na<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O və PEQ-C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>KNa-H<sub>2</sub>O ikifazalı sistemlərinin tədqiqi zamanı alınmış nəticələr aşağı tezlikli dielektrik spektroskopiya metodu ilə aparılmış tədqiqatların nəticələri ilə üst-üstə düşür.

Cədvəl 2-də PEQ(6000)-C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>KNa-H<sub>2</sub>O ikifazalı sisteminin heterogen oblastdan götürülmüş nöqtələrə uyğun sistemlərin və həmin ilkin sistemlərin eyni zamanda mövcud olan fazalarının polimer və duz tərkibi verilmişdir.

Cədvəl 2

**PEQ-C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>KNa-H<sub>2</sub>O ikifazalı sisteminin fazalarının tərkibi**  
(bütün konsentrasiyalar %-lə verilmişdir, + 0,01% dəqiqliklə)

№	İlkin sistem		Yuxarı faza		Aşağı faza	
	PEQ	Duz	PEQ	Duz	PEQ	Duz
1	14,06	10,30	21,08	7,43	1,82	16,20
2	14,35	10,97	24,20	6,30	0,60	17,40
3	14,02	11,60	26,10	6,10	0,34	18,50
4	14,05	11,57	26,50	6,00	0,30	18,60
5	14,04	12,03	27,60	5,50	0,24	19,03
6	13,52	13,01	29,90	5,00	0,20	19,60

Polimer-su ikifazalı sistemlərinə fazalara ayrılma mexanizminin molekulyar aspektlərini tədqiq etdikdə bu prosədə suyun həlledici rola malik olması haqqında hipotez bir daha təsdiq olunur. Belə ki, həm polimer-polimer-su, həm də polimer-qeyri-üzvi elektrolit ikifazalı sistemlərinə fazaəmələgətirən komponentlərin (polimer və duzun) təsiri ilə sistemdə suyun iki müxtəlif strukturu yaranır [4,5] və bu su strukturları ayrı-ayrı fazaların özəyini təşkil edir. Termodinamik tarazlıq halında komponentlərin böyük konsentrasiyasında həmin strukturlar sistemin eyni zamanda mövcud olan fazalarında cəmlənirlər. PEQ-lə ikifazalı sistem verən qeyri-üzvi duzların əmələ gətirdiyi ikifazalı sistemlərdə fazalara ayrılma prosesinə xarici amillərin (temperaturun, karbamidin, tiokarbamidin, etil spirtinin və s.) təsirinin tədqiqi nəticəsində də sistemin eyni zamanda mövcud olan fazalarında iki müxtəlif strukturlu suyun mövcudluğu təsdiq olunmuşdur.

#### ƏDƏBİYYAT

1. Альбертсон П.А. Разделение клеточных частиц и макромолекул. - М.: Мир, 1974, - 384 стр.
2. Zaslavsky B. Y., Aqueous Two-Phase Partitioning, Marcel Dekker, New York, 1995.
3. Zaslavsky B. Yu., Mahmudov A. U., Bagirov T. O., Borovskaya A. A., Gasanova G. Z. Aqueous biphasic systems formed by nonionic polymers II. Concentration effects of inorganic salts of phase separation. – Colloid Polymer Sci., v.265, 1987, p. 548-552
4. Самойлов О.Я. Структура водных растворов электролитов и гидратация ионов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957, с.285.
5. Məsimov E.Ə., Bağırov T.O., Həsənova X.T. PEQ-qeyri-üzvi elektrolit sistemlərinin hal diaqramlarının termodinamik analizi // Bakı Universitetinin xəbərləri: Fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, 2004, №3, s. 97-102
6. Beatriz Farruggia, R.Rigatuso, L.Capezio, V.Diez, G.Pico Influence of high concentration monovalent cations on the protein partitioning in polyethylenglycol 1500-phosphate aqueous two-phase systems Journal of Chromatography B, Volume 809, Issue 2, 5 October 2004, Pages 301-306
7. Məsimov E.Ə., Həsənov H.Ş., Abbasov H.F., Paşayev B.P. KOH və NaOH-ın duru sulu məhlullarının dielektrik xassələri // AMEA Fizika jurnalı, 2006, cild 12, №3, səh.11-13.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИНОДАЛЬНЫХ КРИВЫХ ДВУХФАЗНЫХ СИСТЕМ ПЭГ - C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>KNa - H<sub>2</sub>O И ПЭГ - C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Na<sub>2</sub> - H<sub>2</sub>O**

**Т.О.БАГИРОВ, С.Я.ОДЖАГВЕРДИЕВА, Х.Т.ГАСАНОВА**

**РЕЗЮМЕ**

В предлагаемой работе исследованы физико-химические свойства двухфазных систем ПЭГ - C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>KNa - H<sub>2</sub>O. Сравнение бинодалей этой системы с бинодалью двухфазных систем ПЭГ - C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Na<sub>2</sub> - H<sub>2</sub>O показало, что замена в соли C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Na<sub>2</sub> одного из ионов Na<sup>+</sup> ионом K<sup>+</sup> приводит к изменению полимерного состава сосуществующих фаз системы и бинодальная кривая смещается в направлении оси абсциссы.

**THE COMPARING INVESTIGATION OF BINODAL CURVES OF PEQ-C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>KNa-H<sub>2</sub>O AND PEQ-C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Na<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O TWO-PHASE SYSTEMS**

**T.O.BAQIROV, S.Y.OJAQVERDIYEVA, X.T.HASANOVA**

**SUMMARY**

In the presented work the physical-chemical properties of PEQ - C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>KNa - H<sub>2</sub>O two-phase system has been investigated. From the comparison of the binodal of this system with the binodal of PEQ - C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Na<sub>2</sub> - H<sub>2</sub>O two-phase system it was believed that, in the C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Na<sub>2</sub> salt the substituting of one Na<sup>+</sup> ion with K<sup>+</sup> ion changes the polymer ingredient of composition coexisting phases and binodal curve shifts to the absis axis.