

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**BİR SIRA KİÇİK MOLEKULLU BİRLƏŞMƏLƏRİN
MÜXTƏLİF FRAKSIYALI POLİETİLENQLİKOLLARIN
SUDA MƏHLULLARININ STRUKTURUNA TƏSİRİ**

İxtisas: 2206.01- Molekulyar fizika

Elm sahəsi: Fizika

İddiaçı: **Bəxtiyar Gülmalı oğlu Paşayev**

Elmlər doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı - 2021

Dissertasiya işi Bakı Dövlət Universitetinin "Optika və molekulyar fizika" və "Maddə quruluşu" kafedralarında yerinə yetirilmişdir.

Elmi məsləhətçi: fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Eldar Əli oğlu Məsimov

Rəsmi opponetlər: AMEA-nın həqiqi üzvü,
fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Cavad Şahvələd oğlu Abdinov

AMEA-nın müxbir üzvü,
fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Oktay Kazım oğlu Qasımov

fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Əhməd Məhəmməd oğlu Hacıyev

fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Rövşən İbrahimxəlil oğlu Xəlilov

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Bakı Dövlət Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.19 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:

AMEA-nın müxbir üzvü,
fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
_____ **Aydın Həsən oğlu Kazımzadə**

Dissertasiya şurasının elmi katibi:

fizika elmləri doktoru
_____ **Gülnara Əhməd qızı Haqverdiyeva**

Elmi seminarın sədri:

fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
_____ **Niftalı Mehralı oğlu Qocayev**

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Təbiətdə əhəmiyyətinə və xassələrinə görə müxtəlif məhlullardan istifadə olunur. Məhlulun xassələri onun strukturundan, strukturu isə onu təşkil edən zərrəciklərin ölçülərindən və zərrəciklər arasındakı qarşılıqlı təsirlərlərdən asılıdır. Su bütün canlı aləmin əsasını təşkil etdiyindən və təbiətdə ən universal həlledici olduğundan, sulu məhlullar xüsusi əhəmiyyətə malikdir. Mübalığsız təsdiq etmək olar ki, fiziki və bioloji aləmin özünəməxsusluğu və rəngarəngliyi suyun fiziki, kimyəvi və fiziki-kimyəvi xassələrinin spesifik xüsusiyyətləri ilə müəyyən olunur. Təsadüfi deyil ki, müdrik təbiət canlı orqanizmlərin çoxşaxəli və mürəkkəb fəaliyyətinin reallaşdığı mühit kimi məhz suyu seçmişdir. Su canlı aləmdə baş verən bütün proseslərin bilavasitə iştirakçısı olub, bu proseslərin gedişinə öz köklü təsirini göstərir. Bioloji funksiya daşıyan makromolekulların aktiv konformasiyaları su mühitində formalaşır, müxtəlif maddələrin canlı orqanizmdə daşınması su vasitəsilə həyata keçirilir, su fermentativ reaksiyaların gedişində aktiv iştirak edir, su orqanizmi mexaniki təsirlərdən və ətraf mühitdə baş verən kəskin temperatur dəyişmələrindən qoruyur. Su yüksək enerjili şüaları udmaq, səpmək və yaymaq qabiliyyətinə malikdir. Su ilk baxışdan sadə maddə kimi təsəvvür olunsa da, onun fiziki - kimyəvi xassələrinin tədqiqi göstərir ki, o, olduqca mürəkkəb maddədir. Suyun demək olar ki, əksər fiziki-kimyəvi xassələri anomaldır. Suyun bu əsrarəngiz xüsusiyyətləri, onun molekulunda elektron buludunun spesifik paylanması nəticəsində yaranan hidrogen rabitələrinin mövcud olması ilə formalaşan və qeyri-adi xassələrə malik olan strukturu ilə əlaqədardır. Suyun strukturunun və ya termodinamik halının müxtəlif səbəblərdən dəyişməsi canlı orqanizmlərdə gedən bütün biokimyəvi proseslərdə özünü göstərir.

Məlumdur ki, sulu məhlulların əhəmiyyəti onun digər komponentlərinin əhəmiyyəti ilə, həmçinin suyun strukturuna göstərdiyi təsirlə bilavasitə bağlıdır. Son dövrlərdə sənayenin bütün sahələrində polimerlərin istifadəsi geniş vüsət almışdır. Belə praktik əhəmiyyətli və sənaye yönümlü polimerlərdən biri də

polietilenqlikoldur. Polietilenqlikol (PEQ) immun sisteminə mənfi təsir göstərmədiyi üçün, toksik xasslərə malik olmadığına görə, bədənədən sürətlə təmizləndiyindən yeyinti sənayesində, təbabətdə, farmakologiyada, kosmetologiyada, biotexnologiyada və s. geniş istifadə edilir. PEQ səthi aktiv maddələri özündə saxlamaq, bərk hissəcikləri kapsullaşdırmaqla onların steril sabitliyini təmin etmək və müxtəlif proseslərdə sürtünməni azaltmaq xüsusiyyətlərinə malikdir. PEQ-in çoxlu molekul kütləli fraksiyaları mövcuddur və bu fraksiyaların hamısı suda yaxşı həll olur. Bu da PEQ-in sənayedə daha geniş istifadə olunması imkanlarını artırır. PEQ-in sulu məhlulları biokomponentlidir, toxumaların bərpasında və orqanların qorunması üçün istifadə olunur. Bir sıra hallarda PEQ canlı orqanizmlərdə gedən proseslərə təsir göstərir və bu təsirin molekulyar mexanizminin öyrənilməsi PEQ - in sulu məhlullarının fiziki - kimyəvi xassələrinin daha da geniş tədqiqinə zərurət yaradır.

Qeyd edək ki, bioloji sistemlərdə həm polimerlərin, həm də ayrı-ayrı ionların əsas fəaliyyəti su mühitində baş verir. Su ilə müqayisə olunacaq elə bir mühit yoxdur ki, həm müxtəlif polimerlər (o cümlədən PEQ), həm də bir sıra ionlar (Li^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Cl^- , Br^- , I^- və s.) o mühitdə, suda olduğu qədər əhəmiyyətli funksya yerinə yetirsinlər. Odur ki, bioloji sistemlərdə struktur xüsusiyyətlərinin tədqiqi və bu struktura müxtəlif maddələrin təsirinə öyrənilməsi müasir molekulyar fizikada, fiziki kimyada, biofizikada, molekulyar biologiyada böyük əhəmiyyət kəsb edir. Su-polimer - elektrolit sistemlərində struktur xüsusiyyətləri sistemin komponentlərinin molekulları arasında yaranan qarşılıqlı təsirlərlə müəyyən olunur və bu strukturun dəyişmə mexanizmini izah etmək çox çətinidir. Müxtəlif qarşılıqlı təsirlər sistemdə müxtəlif struktur dəyişmələri yaradır. Bu isə komplekslərin, assosiatların yaranmasına səbəb olur. Bəzi hallarda bu strukturlar bir-biri ilə uyuşurlar. Bu sahədə kifayət qədər araşdırmalar olsa da, yeni tədqiqatların aparılmasına ehtiyac böyükdür. PEQ-in sulu məhlulları uzun illərdir intensiv tədqiq olunur. Lakin, bu istiqamətdə müəyyən boşluqlar və çatışmazlıqlar da mövcuddur. Ədəbiyyatda su-PEQ sistemlərilə əlaqədar ən çox rast gəlinən elmi işlər iki fazalı sistemlərin tədqiqi ilə bağlıdır. Müxtəlif maddələrin su-PEQ sistemlərinin strukturuna,

məhlulda PEQ makromolekulunun konformasiyasına, ölçülərinə, hidratlaşmasına və s. təsirinə çox az rast gəlinir. Elmi ədəbiyyatın təhlili göstərir ki, məqsədyönlü və sistemli şəkildə belə tədqiqatların aparılmasına ehtiyac var. Təqdim olunan dissertasiya işi, su-PEQ-elektrolit bioloji sistemlərində struktur xüsusiyyətlərinin tədqiqi kimi aktual problemə həsr olunub.

Tədqiqatın obyektı və predmeti. Tədqiqatın obyektləri olaraq müxtəlif fraksiyalı (1000, 1500, 3000, 4000, 6000) PEQ-lərdən, bir sıra qələvilərdən (LiOH, NaOH, KOH) və duzlardan (KCl, KBr, KI) ibarət sulu məhlullar götürülmüşdür. Tədqiqatın predmeti kimi tədqiq olunan sulu məhlullarda baş verən struktur xüsusiyyətləri öyrənilmişdir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Dissertasiya işinin məqsədi geniş tətbiq sahələrinə malik olan müxtəlif fraksiyalı PEQ-lərə uyğun su-PEQ-qələvi və su-PEQ-duz sistemlərində struktur xüsusiyyətlərini tədqiq etmək, PEQ-lərin suda məhlullarının strukturuna bir sıra qələvilərin və duzların təsirini öyrənmək, bu təsirlərin molekulyar mexanizmini araşdırmaq və məhlulun tətbiq sahələrinə uyğun xassələrinin məqsədyönlü dəyişmələrinə nail olmaqdır.

Bu məqsədə nail olmaq üçün dissertasiya işinin qarşısında aşağıdakı məsələlər qoyulmuş və həll edilmişdir:

- su-qələvi, su-duz, su-PEQ, su-PEQ-qələvi və su-PEQ-duz sistemlərindən ibarət sulu məhlulların müxtəlif temperatur və konsentrasiyalarda özlülüyünün, sıxlığının, elektrik keçiriciliyinin və İQ oblastda udma spektrlərində su molekullarına məxsus OH qruplarının valent rəqslərinin tezliyinin təcrübi təyini;

- bir sıra qələvilərin və duzların suda məhlullarının müxtəlif temperatur və konsentrasiyalarda özlü axınının aktivləşmə parametrlərini, məhlulda qələvilərin və duzların parsial molyar həcmələrini təyin etmək və bu kəmiyyətlərin verilmiş temperaturda konsentrasiyadan asılılıqlarını müəyyənləşdirmək;

- müxtəlif fraksiyalı PEQ-lərə uyğun su-PEQ, su-PEQ-qələvi və su-PEQ-duz sistemlərinin müxtəlif temperatur və konsentrasiyalarda özlü axınının aktivləşmə parametrlərini, məhlulda polietilenqlikolun parsial molyar həcmi, o cümlədən polietilenqlikolun vahid monomer halqasına düşən parsial molyar

həcmi təyin etmək və bu kəmiyyətlərin verilmiş temperaturda konsentrasiyadan asılılıqlarını müəyyənləşdirmək;

- tədqiq olunan bir sıra məhlulların İQ oblastda su molekullarına məxsus OH qruplarının valent rəqslərinin tezliyinə əsasən məhlulda su molekulları arasındakı hidrogen rabitəsinin enerjisini və uzunluğunu təyin etmək və bu kəmiyyətlərin verilmiş temperaturda konsentrasiyadan asılılığını müəyyənləşdirmək;

- su-qələvi, su-duz, su-PEQ-qələvi və su-PEQ-duz sistemlərində müxtəlif temperaturlarda ionların elektrik keçiriciliklərini, effektiv radiuslarını, hidratlaşma ədədlərini və ion elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə parametrlərini təyin etmək;

- tədqiq olunan bütün fraksiyalı PEQ-lərə uyğun su-PEQ, su-PEQ-qələvi və su-PEQ-duz sistemlərində müxtəlif temperaturlarda PEQ makromolekulunun hidratlaşma ədədini təyin etmək, hidratlaşma ədədinə qələvilərin və duzların təsirini müəyyənləşdirmək;

- qələvilərin, duzların və PEQ-in suyun strukturuna, həmçinin qələvilərin və duzların su-PEQ sistemlərinin strukturuna təsirinin müxtəlif metodlarla müqayisəli öyrənilməsi və sistemdə baş verən struktur dəyişmələrinin molekulyar mexanizminin araşdırılması;

- su-PEQ, su-PEQ-qələvi və su-PEQ-duz sistemlərindən ibarət duru məhlullarda PEQ makromolekulunun struktur xarakteristikalarını (xarakteristik özlülük, Haggins sabiti, Mark-Kun-Hauvink düsturuna daxil olan α parametri, şişmə əmsalı, makromolekul zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə, Kun seqmentinin uzunluğu) təyin etmək və bu kəmiyyətlərin müxtəlif xarici amillərdən (temperaturdan, konsentrasiyadan, polimerin molekul kütləsindən) asılı olaraq dəyişmələrini müəyyənləşdirmək;

- θ -həllədicidə həyacanlanmamış PEQ makromolekulunun struktur xarakteristikalarını (xarakteristik özlülük, makromolekul zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə, Kun seqmentinin uzunluğu) təyin etmək və bu kəmiyyətlərin müxtəlif xarici amillərdən (temperaturdan, konsentrasiyadan, polimerin molekul kütləsindən) asılı olaraq dəyişmələrini müəyyənləşdirmək;

- PEQ makromolekulunun konformasiyasına və ölçülərinə

qələvilərin və duzların təsirinin müəyyənləşdirilməsi və baş verən dəyişmələrin molekulyar mexanizminin təhlili.

Tədqiqat metodları. Dissertasiya işində tədqiqat metodları olaraq viskozimetriya, densitometriya, konduktometriya və İQ spektroskopiyaya metodlarından istifadə edilmişdir. Bu eksperimental tədqiqat metodları ilə tədqiq olunan sulu məhlulların reoloji, həcmi, elektrik keçiricilik və spektroskopik xassələri öyrənilmişdir.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar.

1. Mayelərdə özlü axın prosesində iştirak edən molekul əldə etdiyi əlavə enerji hesabına bir haldan digər hala keçməsi üçün iki mərhələni keçməlidir. Birinci mərhələdə əlavə enerjinin bir hissəsi molekulun ətrafdakı bağlı olduğu digər molekulardan ayrılaraq (qoparaq) azad olmasına sərf olunur. İkinci mərhələdə isə əlavə enerjinin yerdə qalan hissəsi (sərbəst hissəsi) molekulun hərəkətinə (kinetik enerjiyə çevrilərək) sərf olunur.

2. Qələvilərin (LiOH, NaOH, KOH) sulu məhlullarında konsentrasiyanın artması ilə məhlulun özlü axınının aktivləşmə entropiyası azalır, məhlulda qələvilərin parsial molyar həcmliəri isə artır. $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}(\text{su-LiOH}) > \Delta S_{\eta}^{\ddagger}(\text{su-NaOH}) > \Delta S_{\eta}^{\ddagger}(\text{su-KOH})$ və $\tilde{V}(\text{su-LiOH}) < \tilde{V}(\text{su-NaOH}) < \tilde{V}(\text{su-KOH})$ olur.

3. Duzların (KCl, KBr, KI) sulu məhlullarında konsentrasiyanın artması ilə məhlulun özlü axınının aktivləşmə entropiyası azalır, məhlulda duzların parsial molyar həcmliəri artır, su molekuları arasındakı hidrogen rabitəsinin enerjisi isə azalır. $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}(\text{su-KCl}) > \Delta S_{\eta}^{\ddagger}(\text{su-KBr}) > \Delta S_{\eta}^{\ddagger}(\text{su-KI})$, $\tilde{V}(\text{su-KCl}) < \tilde{V}(\text{su-KBr}) < \tilde{V}(\text{su-KI})$, və $E_{\text{H}}(\text{su-KCl}) > E_{\text{H}}(\text{su-KBr}) > E_{\text{H}}(\text{su-KI})$ olur.

4. Qələvilər (LiOH, NaOH, KOH) və duzlar (KCl, KBr, KI) konsentrasiyanın artması ilə suyun və su-PEQ sisteminin strukturuna dağıdıcı təsir göstərilir. Bu dağıdıcı təsir qələvilər üçün LiOH, NaOH, KOH sırasına, duzlar üçün isə KCl, KBr, KI sırasına uyğun güclənir.

5. Müxtəlif fraksiyalı PEQ-lərin sulu məhlullarında konsentrasiyanın artması ilə məhlulun özlü axınının aktivləşmə parametrləri artır, məhlulda PEQ-in parsial molyar həcmliəri azalır, su molekuları arasındakı hidrogen rabitəsinin enerjisi isə artır. PEQ

həm konsentrasiyadan, həm də molekulların kütləsindən asılı olaraq suya strukturlaşdırıcı təsir göstərir.

6. Su-PEQ, su-PEQ-qələvi və su-PEQ-duz sistemlərində götürülmüş temperatur və konsentrasiyada müxtəlif molekulların vahid monomer halqasına düşən parsial molyar həcmi polietilenqlikolun molekulların kütləsindən asılı olur.

7. PEQ makromolekulunun hidratlaşma ədədi temperaturun artması ilə azalır, PEQ-in molekulların kütləsinin artması ilə artır, qələvilərin təsiri ilə LiOH, NaOH, KOH sırasına uyğun, duzların təsiri ilə isə KCl, KBr, KI sırasına uyğun ardıcılıqla azalır.

8. Su ilə müqayisədə su-PEQ sistemində Li^+ , Na^+ , K^+ , OH^- , Cl^- , Br^- , I^- ionlarının elektrik keçiricilikləri və hidratlaşma ədədləri azalır, effektiv radiusları kiçilir, ionların elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə entropiyası isə artır. $N_h(Li^+) > N_h(Na^+) > N_h(K^+)$, $\Delta S_\lambda^\ddagger(Li^+) > \Delta S_\lambda^\ddagger(Na^+) > \Delta S_\lambda^\ddagger(K^+)$ və $N_h(Cl^-) > N_h(Br^-) > N_h(I^-)$, $\Delta S_\lambda^\ddagger(Cl^-) > \Delta S_\lambda^\ddagger(Br^-) > \Delta S_\lambda^\ddagger(I^-)$ olur.

9. Temperaturun artması ilə su-PEQ sistemində Haggins sabitinin qiyməti, PEQ makromolekulu zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə və Kun seqmentinin uzunluğu kiçilir.

10. PEQ makromolekulu su, su-qələvi və su-duz mühitlərində ətrafdakı mayenin nüfuz edə bildiyi qismən şişmiş, mütəhərrik yumaq formasında olur. $\alpha(\text{su-PEQ-LiOH}) < \alpha(\text{su-PEQ-NaOH}) < \alpha(\text{su-PEQ-KOH})$, $\alpha(\text{su-PEQ-KCl}) < \alpha(\text{su-PEQ-KBr}) < \alpha(\text{su-PEQ-KI})$ olur.

11. Qələvilərin və duzların konsentrasiyası artdıqca su-PEQ-qələvi və su-PEQ-duz sistemləri üçün Haggins sabitinin qiyməti artır. $K_H(\text{su-PEQ-LiOH}) > K_H(\text{su-PEQ-NaOH}) > K_H(\text{su-PEQ-KOH})$ və $K_H(\text{su-PEQ-KCl}) > K_H(\text{su-PEQ-KBr}) > K_H(\text{su-PEQ-KI})$ olur.

12. Qələvilərin və duzların konsentrasiyası artdıqca məhlulda PEQ makromolekulu zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə və Kun seqmentinin uzunluğu kiçilir. $\langle h \rangle(\text{su-PEQ-LiOH}) < \langle h \rangle(\text{su-PEQ-NaOH}) < \langle h \rangle(\text{su-PEQ-KOH})$, $A(\text{su-PEQ-LiOH}) < A(\text{su-PEQ-NaOH}) < A(\text{su-PEQ-KOH})$ və $\langle h \rangle(\text{su-PEQ-KCl}) < \langle h \rangle(\text{su-PEQ-KBr}) < \langle h \rangle(\text{su-PEQ-KI})$, $A(\text{su-PEQ-KCl}) < A(\text{su-PEQ-KBr}) < A(\text{su-PEQ-KI})$ olur.

13. θ -həlledicidə PEQ makromolekulu zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə və Kun seqmentinin uzunluğu qələvilərin konsentrasiyası artdıqca artır, duzların konsentrasiyası artdıqca isə azalır. $\langle h_{\theta} \rangle$ (su-PEQ-LiOH) $>$ $\langle h_{\theta} \rangle$ (su-PEQ-NaOH) $>$ $\langle h_{\theta} \rangle$ (su-PEQ-KOH), A_{θ} (su-PEQ-LiOH) $>$ A_{θ} (su-PEQ-NaOH) $>$ A_{θ} (su-PEQ-KOH) və $\langle h_{\theta} \rangle$ (su-PEQ-KCl) $>$ $\langle h_{\theta} \rangle$ (su-PEQ-KBr) $>$ $\langle h_{\theta} \rangle$ (su-PEQ-KI), A_{θ} (su-PEQ-KCl) $>$ A_{θ} (su-PEQ-KBr) $>$ A_{θ} (su-PEQ-KI) olur.

Tədqiqatın elmi yeniliyi.

1. Mayelərdə özlü axın prosesi ilə əlaqədar yeni yanaşma təklif edilmişdir.

2. Su-qələvi və su-duz sistemlərində struktur xüsusiyyətləri müxtəlif metodlarla müqayisəli tədqiq olunmuşdur, qələvilərin və duzların suyun strukturuna təsiri öyrənilmişdir.

3. Müxtəlif molekul kütləli PEQ-lərin suda məhlullarında struktur xüsusiyyətləri müxtəlif metodlarla müqayisəli tədqiq olunmuşdur və PEQ-lərin suyun strukturuna təsiri öyrənilmişdir.

4. Məhlulda polimer makromolekulunun hidratlaşma ədədini təyin etmək üçün yeni metod verilmişdir və hidratlaşma ədədinin təyininin yeni ifadəsi alınmışdır. Bu ifadə ilə su-PEQ, su-PEQ-qələvi və su-PEQ-duz sistemlərində PEQ makromolekulunun hidratlaşma ədədi təyin edilmişdir.

5. İlk dəfə olaraq su-PEQ-qələvi və su-PEQ-duz sistemlərində struktur xüsusiyyətləri müxtəlif metodlarla müqayisəli tədqiq olunmuşdur, qələvilərin və duzların su-PEQ sistemlərinin strukturuna təsiri öyrənilmişdir.

6. Su-PEQ, su-PEQ-qələvi və su-PEQ-duz sistemlərində müxtəlif molekul kütləli PEQ-lərin vahid monomer halqasına düşən parsial molyar həcmələri təyin edilmişdir və vahid monomer halqasına düşən parsial molyar həcmnin orta qiymətinin konsentrasiyadan asılılığını təsvir edən ifadələr alınmışdır.

7. Bir sıra qələvilərin və duzların ionlarının suda və su-PEQ sistemində elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə parametrləri, effektiv radiusları və hidratlaşma ədədləri təyin edilmişdir.

8. İlk dəfə olaraq suda, su-PEQ-qələvi və su-PEQ-duz

sistemlərində PEQ makromolekulunun ölçüləri qiymətləndirilmiş və konformasiyası müəyyən edilmişdir, PEQ makromolekulunun ölçülərinə və konformasiyasına temperaturun, qələvilərin, duzların təsiri öyrənilmişdir.

9. İlk dəfə olaraq su-PEQ, su-PEQ-qələvi və su-PEQ-duz sistemlərinə uyğun seçilmiş θ -həllədicilərdə həyacanlanmamış PEQ makromolekulunun ölçüləri qiymətləndirilmiş və mütəhərriqliyi müəyyən edilmişdir, həyacanlanmamış PEQ makromolekulunun ölçülərinə və mütəhərriqliyinə temperaturun, qələvilərin, duzların təsiri öyrənilmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Bioloji sistemlərdə dəqiq eksperimental nəticələr (xüsusən sıxlıq və özlülük ölçüləri), polimer makromolekullarının konformasiyasının müəyyən edilməsi, ölçülərinin və hidratlaşmasının qiymətləndirilməsi müxtəlif hüceyrələrin yaradılması üçün molekulyar - dinamik modelləşdirmədə son dərəcədə vacibdir. Həmçinin bioloji sistemlərdə müxtəlif maddələrin təsiri ilə suyun strukturunun məqsədyönlü dəyişdirilə bilməsi, bioloji funksiya daşıyan makromolekulların aktiv konformasiyalarının formalaşdırılması istiqamətində mühim rol oynaya bilər. Buna görə də təqdim olunan dissertasiya işində aparılmış tədqiqatlar (həm təcrübi nəticələr, həm də hesablanmış kəmiyyətlər) fiziki, fiziki - kimyəvi, biofiziki və tibbi - bioloji nöqteyi nəzərdən həm nəzəri, həm də müəyyən praktiki əhəmiyyətə malikdir.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin əsas müddəaları və nəticələri aşağıdakı konfranslarda müzakirə olunmuş və onların materiallarında dərc edilmişdir: 1) XVII International Conference Chemical Thermodynamics in Russia, June 29 - July 3 2009, Kazan, Russia; 2) VI Международная научная конференция, Кинетика и механизм кристаллизации, Самоорганизация при фазообразовании, 21-24 сентября 2010, Иваново, Россия; 3) XI Международная научная конференция, Проблемы сольватации и комплексообразования в растворах, 10-14 октября 2011, Иваново, Россия; 4) VII Международная научная конференция, Кинетика и механизм кристаллизации, 25-28 сентября 2012, Иваново, Россия; 5) Fizikanın aktual problemləri respublika elmi

konfransı, 17 dekabr 2015, BDU, Bakı, Azərbaycan; 6) BDU-nun Fizika Problemləri İnstitutunun yaradılmasının 10 illiyinə həsr olunmuş beynəlxalq konfrans, Opto, nanoelektronika, kondensə olunmuş mühit və yüksək enerjilər fizikası, 25-26 dekabr 2015, BDU, Bakı, Azərbaycan; 7) II International Scientific Conference of Young Researchers, 27-28 April 2018, BEU, Bakı, Azerbaijan; 8) Fizika və astronomiya problemləri beynəlxalq elmi konfransı, 24-25 may 2018, BDU, Bakı, Azərbaycan; 9) Conference Proceedings, Modern Trends In Physics, 01-03 May, 2019, BSU, Bakı, Azerbaijan.

Dissertasiya işinin materialları 33 məqalə (onlardan 13-ü "Web of Science" bazasında indekslənməyən jurnallarda) və 8 tezis şəklində yerli və xarici jurnallarda dərc edilmişdir. Dissertasiya işinin mövzusunə və materiallarına dair həmçinin 1 monoqrafiya və 1 dərs vəsaiti də çapdan çıxarılmışdır.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.

Dissertasiya işi Bakı Dövlət Universitetinin "Optika və molekulyar fizika" və "Maddə quruluşu" kafedralarında yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi. Dissertasiya işi bütövlükdə 341 səhifədə yerləşdirilib. O, 75 şəkil, 73 cədvəl daxil olmaqla, girişdən, 6 fəsildən, nəticədən, istifadə edilmiş 357 adda ədəbiyyat siyahısından, ixtisarların və şərti işarələrin siyahısından ibarətdir. Dissertasiyanın həcmi (məndəki boşluqlar və şəkillər, cədvəllər, qrafiklər, əlavələr və ədəbiyyat siyahısı istisna edilməklə) - 373816 işarədir (giriş - 22186, I fəsil - 95728, II fəsil - 62027, III fəsil - 43692, IV fəsil - 26655, V fəsil - 58013, VI fəsil - 58980, nəticə - 6535 işarə).

İŞİN MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı əsaslandırılmış, işin məqsədi və müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar verilmiş, tədqiqat obyektləri, tədqiqat metodları, dissertasiyanın materiallarının aprobeşiyası və publikasiyası göstərilmiş, elmi yeniliyi və praktik əhəmiyyəti şərh olunmuşdur.

Birinci fəsil elmi ədəbiyyatın analizinə həsr edilmişdir. İcmalda əsasən son illərin ədəbiyyat məlumatları analiz edilərək suyun strukturu və xassələri, polimer məhlullarında qarşılıqlı təsirlər və struktur xüsusiyyətləri, bioloji sistemlərdə hidratlaşma prosesləri və su-PEQ sistemlərinin fiziki kimyəvi xassələri haqqında müasir təsəvvürlər şərh olunmuşdur. Bu fəslə su molekulunun quruluşu, suda hidrogen rabitəsi, suyun fiziki xassələri, suyun struktur modelləri, polimer məhlullarında qarşılıqlı təsirlər və struktur xüsusiyyətləri ilə əlaqədar tədqiqat istiqamətləri, polimer məhlullarının reologiyası, suda polimer makromolekulunun konformasiyası, iki fazlı polimer sistemləri, hidratlaşma prosesi (ionların, polimer makromolekullarının, o cümlədən zülalların hidratlaşması), Hofmeister sırası, PEQ-in tətbiq sahələri və su-PEQ sistemlərinin fiziki kimyəvi xassələrinin müxtəlif metodlarla tədqiqi və s. haqqında müasir və dolğun məlumatlar verilmişdir.

İkinci fəsil bir sıra kəmiyyətlərin təcrübi təyini və sulu məhlullarda struktur xüsusiyyətlərinin tədqiqi ilə bağlı müxtəlif kəmiyyətlərin hesablanması metodlarının şərhinə həsr edilmişdir. Bu fəslə tədqiqat obyektləri, tədqiqat metodları və onların seçilməsinin səbəbləri, nümunələrin hazırlanması, tədqiqat zamanı istifadə olunan qurğular, özlü axının aktivləşmə parametrlərinin hesablanması, parsial molyar həcm hesablanması, polimer makromolekulunun hidratlaşma ədədinin təyini, polimer makromolekulunun konformasiyasının və ölçülərinin təyini, ionların effektiv radiuslarının və hidratlaşma ədədlərinin təyini, ion elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə parametrlərinin hesablanması, su molekuları arasındakı hidrogen rabitəsinin enerjisinin və uzunluğunun İQ-spektroskopiya metodu ilə təyini ətraflı şərh olunmuşdur.

Mayələrin özlü axınının aktivləşmə Gibbs enerjisi Frenkel və Eyrinq nəzəriyyələrinə görə

$$\Delta G_{\eta}^{\ddagger} = RT \ln \left(\frac{\eta}{\eta_0} \right) \quad (1)$$

ifadəsilə təyin olunur¹. Eyrinq nəzəriyyəsinə görə $\eta_0 = N_A h \rho / M$ ifadəsilə hesablanır¹. Burada R -universal qaz sabiti, N_A -Avoqadro

ədədi, h -Plank sabiti, T -mütləq temperatur, η -dinamik özlülük, ρ -sıxlıq, M -molyar kütlədir (məhlullar üçün $M = \sum_{i=1}^N x_i M_i$ ifadəsilə hesablanır). Özlü axının aktivləşmə entalpiyası

$$\Delta H_{\eta}^{\ddagger} = R \frac{d \ln(\eta / \eta_0)}{d(1/T)} \quad (2)$$

ifadəsilə təyin olunur¹. Özlü axın sabit təzyiqlik və temperaturda baş verdiyindən termodinamikadan məlum olan

$$\Delta G_{\eta}^{\ddagger} = \Delta H_{\eta}^{\ddagger} - T \Delta S_{\eta}^{\ddagger} \quad (3)$$

ifadəsilə özlü axının aktivləşmə entropiyası ($\Delta S_{\eta}^{\ddagger}$) hesablanır¹.

Məhlulda həlledicinin molyar hissəsi x_1 , molyar kütləsi M_1 və həllolan maddənin molyar hissəsi x_2 , molyar kütləsi isə M_2 olarsa həlledicinin (\tilde{V}_1) və həllolan maddənin (\tilde{V}_2) parsial molyar həcmələri

$$\tilde{V}_1 = V_m - x_2 \left(\frac{\partial V_m}{\partial x_2} \right)_{p,T}, \quad \tilde{V}_2 = V_m - x_1 \left(\frac{\partial V_m}{\partial x_1} \right)_{p,T} \quad (4)$$

ifadələrilə təyin olunur ($x_1+x_2=1$, $V_m=(x_1M_1+x_2M_2)/\rho$)¹.

Məhlulda həlledicinin molyar hissəsi x_1 , molyar kütləsi M_1 və polimerin molyar hissəsi x_2 , molyar kütləsi isə M_2 olarsa polimer makromolekulunun hidratlaşma ədədi (N_h)

$$N_h = \left(\frac{x_1}{x_2} + \frac{M_2}{M_1} \right) \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho} \right) \quad (5)$$

ifadəsilə təyin olunur ($x_1+x_2=1$). Burada ρ_1 - suyun, ρ - məhlulun sıxlığıdır.

Duru polimer məhlullarında həlledicinin (v_h) və məhlulun (v_m) kinematik özlülüklərinə əsasən gətirilmiş özlülük (η_g)

$$\eta_g = \frac{v_m - v_h}{v_h c} \quad (6)$$

ifadəsilə təyin olunur¹. c - məhlulda polimerin konsentrasiyasıdır. Haggins tənliyindən

¹ Məsimov E.Ə., Həsənov H.Ş., Paşayev B.G. Mayelərin özlülüyü. Dərs vəsaiti. / – Bakı: Ləman Nəşriyyat Poliqrafiya, – 2016, – 285 s.

$$\eta_g = [\eta] + K_H [\eta]^2 c \quad (7)$$

xarakteristik özlülük ($[\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} (\eta_g)$) və Haggins sabiti (K_H) təyin edilir. Xarakteristik özlülüklə ($[\eta]$) polimerin molekulyar kütləsi (M) arasındakı əlaqə

$$[\eta] = KM^\alpha \quad (8)$$

Mark-Kun-Hauvink düsturu ilə təsvir olunur¹. Burada K - polimerin molekulyar kütləsindən asılı olmayan kəmiyyət, α - polimer makromolekulunun konformasiyasından asılı olan kəmiyyətdir. Həyacanlanmamış polimer makromolekulunun ölçüsünü təyin etmək üçün θ -həllədicidə xarakteristik özlülüyn ($[\eta]_\theta$) qiymətindən istifadə edilir. Flori nəzəriyyəsinə görə θ -həllədicidə xarakteristik özlülük

$$[\eta]_\theta = K_\theta M^{1/2} \quad (9)$$

ifadəsilə təyin olunur¹. Burada K_θ - θ -sabit adlanır. Stokmayer - Fiksman düsturunda $[\eta]$ ilə K_θ arasında əlaqə aşağıdakı kimidir:

$$\frac{[\eta]}{\sqrt{M}} = K_\theta + 0,51B\Phi\sqrt{M} \quad (10)$$

B - uzağa təsir parametri adlanır. (9) və (10) ifadələrindən $[\eta]_\theta$ hesablanır. İxtiyari həllədicidə ($\langle h \rangle$) və θ -həllədicidə ($\langle h_\theta \rangle$) makromolekulun zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafəni Flori-Foks tənliyindən tapa bilərik¹:

$$[\eta] = \Phi \frac{\langle h \rangle^3}{M}, \quad [\eta]_\theta = \Phi \frac{\langle h_\theta \rangle^3}{M} \quad (11)$$

Burada $\Phi = 2.1 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ olub Flori əmsalıdır. Məhlulda makromolekulun şişmə əmsalı (β)

$$\beta = \left(\frac{[\eta]}{[\eta]_\theta} \right)^{1/3} = \frac{\langle h \rangle}{\langle h_\theta \rangle} \quad (12)$$

ifadəsilə təyin olunur¹. İxtiyari həllədicidə (A) və θ -həllədicidə (A_θ) Kun seqmentinin uzunluğu uyğun olaraq

$$A = \frac{\langle h \rangle^2}{L} = \frac{\langle h \rangle^2}{nl_0}, \quad A_\theta = \frac{\langle h_\theta \rangle^2}{L} = \frac{\langle h_\theta \rangle^2}{nl_0} \quad (13)$$

ifadələrilə təyin olunur. Burada L - makromolekul zəncirinin tam uzunluğu, n - polimerləşmə dərəcəsi, l_0 - təkrarlanan monomer

halqasının kontur uzunluğudur.

İonların molyar elektrik keçiriciliyinin limit qiymətlərinə (λ_{\pm}^0) əsasən ionların Stoks radiusu (r_s)

$$r_s = \frac{|z_{\pm}|F^2}{6\pi N_A \eta \lambda_{\pm}^0} \quad (14)$$

ifadəsilə hesablanır². η - həlledicinin dinamik özlülüyü, F - Faradey ədədidir. İonların effektiv radiusu (r_{ef}) isə

$$r_{ef} = r_s + 0.0103\varepsilon + r_y \quad (15)$$

emprik tənliyindən təyin olunur². Burada ε - suyun dielektrik nüfuzluğudur. Yüksək dielektrik nüfuzluğuna malik olan həlledicilər (məsələn, su) üçün isə $r_y = 1.13 \text{ \AA}$ olur². İonların hidratlaşma ədədini

$$N_h = \frac{r_{ef}^3 - r_i^3}{r_{su}^3} \quad (16)$$

ifadəsilə təyin edə bilərik. Burada r_i - ionun kristalloqrafik və ya ion radiusu, $r_{su} = 1.38 \text{ \AA}$ olub su molekulunun radiusudur.

İon elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə Gibbs enerjisi

$$\Delta G_{\lambda}^{\neq} = -RT \ln \left(\frac{\lambda_{\pm}^0}{\lambda_0} \right) \quad (17)$$

ifadəsilə təyin olunur³. Eyrinq nəzəriyyəsinə görə

$$\lambda_0 = \frac{|z_{\pm}|eF}{6h} \left(\frac{M}{\rho N_A} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (18)$$

ifadəsilə hesablanır³. Burada $|z_{\pm}|$ - ionun valentliyi, e - elektronun yükü, ρ - həlledicinin sıxlığı, M - isə həlledicinin molyar kütləsidir. İon elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə entalpiyası

$$\Delta H_{\lambda}^{\neq} = -R \frac{d \ln(\lambda_{\pm}^0 / \lambda_0)}{d(1/T)} \quad (19)$$

² Влаев Л.Т., Николова М.М., Господинов Г.Г. Электротранспортные свойства ионов в водных растворах H_2SeO_4 и Na_2SeO_4 // Журнал структурной химии, – 2005, том 46, № 4, – с. 655-662.

³ Мəsimov E.Ə., Həsənov H.Ş., Paşayev B.G. Maye məhlulların elektrik keçiriciliyi. Monoqrafiya. / – Bakı: AzTU-nun mətbəəsi, – 2011. – 84 s.

ifadəsilə təyin olunur³. $\Delta G_{\lambda}^{\neq}$ və $\Delta H_{\lambda}^{\neq}$ təyin edildikdən sonra

$$\Delta G_{\lambda}^{\neq} = \Delta H_{\lambda}^{\neq} - T\Delta S_{\lambda}^{\neq} \quad (20)$$

ifadəsi ilə ion elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə entropiyası (ΔS_{η}^{\neq}) hesablanır³.

İQ - oblastda su molekullarının OH valent rəqslərinin tezliyinə əsasən su molekulları arasındakı hidrogen rabitəsinin enerjisini və uzunluğunu təyin etmək üçün İoqansen tərəfindən

$$-E_H = \frac{18\Delta\nu}{720 + \Delta\nu}, \quad R_H = 2.44 \cdot (-E_H)^{-0.2} \quad (21)$$

ifadələri verilmişdir¹. Burada, $\Delta\nu = \nu_0 - \nu$ olub, ν - bağlı OH valent rabitəsinin rəqs tezliyi, ν_0 - isə izolə edilmiş OH valent rabitəsinin rəqs tezliyidir. Qeyd edək ki, su üçün $\nu_0 = 7062 \text{ sm}^{-1}$ -ə bərabərdir. (21) ifadələri ilə təyin olunan hidrogen rabitəsinin enerjisinin və uzunluğunun vahidi müvafiq olaraq kkal/mol -a və Å -ə uyğundur¹.

Üçüncü fəsil su-qələvi və su-duz sistemlərində struktur xüsusiyyətlərinin analizinə həsr edilmişdir. Bu fəsildə bir sıra qələvilərin (LiOH, NaOH, KOH) və duzların (KCl, KBr, KI) suyun strukturuna təsiri müxtəlif metodlarla müqayisəli təhlil olunmuşdur. Tədqiq olunan qələvilərin və duzların sulu məhlullarının 283.15-333.15 K temperatur və 0-0.07 molyar hissə intervalında dinamik özlülüyü və sıxlığı, 283.15-333.15 K temperatur və 0.001-0.01 mol/l molyar konsentrasiya intervalında elektrik keçiriciliyi ölçülmüşdür. Duzların sulu məhlullarının müxtəlif konsentrasiyalarda İQ spektrləri çəkilmişdir və bu spektrlərə əsasən İQ oblastda su molekullarının OH valent rəqslərinin tezliyi müəyyən edilmişdir. Təcrübi qiymətlər əsasında təyin olunmuş məhlulların özlü axının aktivləşmə parametrlərinin, məhlulda həllolan maddənin parsial molyar həcmnin, məhlulda su molekulları arasındakı hidrogen rabitəsinin enerjisinin və uzunluğunun konsentrasiyadan asılılıqlarının, suda ion elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə parametrlərinin, ionların (Li^+ , Na^+ , K^+ , OH^- , Cl^- , Br^- , I^-) hidratlaşma ədədlərinin və effektiv radiuslarının isə temperaturdan asılılıqlarının müqayisəli təhlili verilmişdir.

Sulu məhlullarda struktur xüsusiyyətlərini öyrənmək üçün özlü axınının aktivləşmə parametrlərinin və parsial molyar həcm təyini

olduqca zəruridir. Tədqiq olunan qələvilərin sulu məhlulları üçün götürülmüş temperaturda konsentrasiyanın artması ilə özlü axının aktivləşmə Gibbs enerjisi artır, özlü axının aktivləşmə entalpiyası LiOH və NaOH məhlulu üçün artır, KOH məhlulu üçün azalır, özlü axının aktivləşmə entropiyası isə azalır, həmçinin $\Delta G_{\eta}^{\#}(\text{su-LiOH}) > \Delta G_{\eta}^{\#}(\text{su-NaOH}) > \Delta G_{\eta}^{\#}(\text{su-KOH})$, $\Delta H_{\eta}^{\#}(\text{su-LiOH}) > \Delta H_{\eta}^{\#}(\text{su-NaOH}) > \Delta H_{\eta}^{\#}(\text{su-KOH})$, $\Delta S_{\eta}^{\#}(\text{su-LiOH}) > \Delta S_{\eta}^{\#}(\text{su-NaOH}) > \Delta S_{\eta}^{\#}(\text{su-KOH})$ olur. Məhlulda tədqiq olunan qələvilərin verilmiş temperaturda parsial molyar həcmli konsentrasiyanın artması ilə artır, həmçinin $\tilde{V}(\text{su-LiOH}) < \tilde{V}(\text{su-NaOH}) < \tilde{V}(\text{su-KOH})$ olur. 293.15 K temperaturda məhlulda, konsentrasiyanın $x \approx 0.03$ qiymətinə kimi LiOH-ın, $x \approx 0.02$ qiymətinə kimi isə NaOH-ın parsial molyar həcmi mənfi olur. Suda olan hər bir ionun ətrafında elektrik sahəsi yaranır və bu sahənin intensivliyi məsafənin artması ilə kəskin azalır. Belə qeyri bircins sahədə su molekulları ionun ətrafında oriyentləşirlər. Nəticədə, ionun ətrafında su molekullarının tutduğu həcm, su fazasında onların tutduğu həcmdən kiçik olur. Bu sıxlaşma effekti elektrostriksiya adlanır və bütün ionlar sulu məhlullarda elektrostriksiya yaradırlar. Güman edirik ki, Li^+ və Na^+ ionlarının yaratdıqları elektrostriksiya effekti o qədər böyük olur ki, kiçik konsentrasiyalarda ionların özlərinin hesabına həcm artmasını artıqlaması ilə kompensasiya edir. Qeyd edək ki, əksər hallarda ionların özlərinin hesabına həcm artması elektrostriksiya effektinin hesabına həcm kiçilməsindən böyük olur. Odur ki, LiOH və NaOH-ın duru məhlulları kimi bir sıra nadir hallar müstəsna olmaqla, parsial molyar həcm müsbət olur. Bu deyilənləri ümumiləşdirsək su-qələvi sistemlərinin tədqiq olunan temperatur və konsentrasiya intervalında özlü axın və həcmi xassələrinin təhlilinə əsasən deyə bilərik ki, məhlulda qələvilərin konsentrasiyası artdıqca, suyun strukturu dağılır. Həmçinin suyun strukturuna LiOH-la müqayisədə NaOH, NaOH-la müqayisədə isə KOH daha güclü dağıdıcı təsir göstərir.

Tədqiq olunan duzların sulu məhlulu üçün götürülmüş temperaturda konsentrasiyanın artması ilə özlü axının aktivləşmə

Gibbs enerjisi əvvəlcə azalır (bu azalma KCl üçün $x \approx 0.01$, KBr və KI üçün isə $x \approx 0.03$ molyar hissəyədək davam edir), sonra isə artır, özlü axının aktivləşmə entalpiyası və entropiyası isə yalnız azalır. Həmçinin $\Delta G_{\eta}^{\#}(\text{su-KCl}) > \Delta G_{\eta}^{\#}(\text{su-KBr}) > \Delta G_{\eta}^{\#}(\text{su-KI})$, $\Delta H_{\eta}^{\#}(\text{su-KCl}) > \Delta H_{\eta}^{\#}(\text{su-KBr}) > \Delta H_{\eta}^{\#}(\text{su-KI})$, $\Delta S_{\eta}^{\#}(\text{su-KCl}) > \Delta S_{\eta}^{\#}(\text{su-KBr}) > \Delta S_{\eta}^{\#}(\text{su-KI})$ olur. Məhlulda tədqiq olunan duzların verilmiş temperaturda parsial molyar həcmələri konsentrasiyanın artması ilə artır, həmçinin $\tilde{V}(\text{su-KCl}) < \tilde{V}(\text{su-KBr}) < \tilde{V}(\text{su-KI})$ olur. Məhlulların İQ oblastda udma spektrlərinin tədqiqi hidrogen rabitələrini kəmiyyətcə xarakterizə etmək üçün olduqca böyük əhəmiyyətə malikdir. Müxtəlif konsentrasiyalarda KCl, KBr və KI duzlarının suda məhlullarının İQ oblastda udma spektrləri çəkilmişdir. Duzların sulu məhlullarının İQ-spektrlərinin tədqiqinə əsasən baxılmış konsentrasiyalarda su molekulları arasındakı hidrogen rabitəsinin enerjisi və uzunluğu hesablanmışdır (cədvəl 1). Müəyyən olunmuşdur ki, KCl, KBr və KI-in konsentrasiyasının artması ilə məhluldakı su molekulları arasındakı hidrogen rabitəsinin enerjisi azalır, uzunluğu isə artır. Verilmiş temperatur və konsentrasiyada KCl, KBr və KI-in sulu məhlullarında su molekulları arasındakı hidrogen rabitəsinin enerjisi $E_H(\text{su-KCl}) < E_H(\text{su-KBr}) < E_H(\text{su-KI})$ olur. Beləliklə su-KCl, su-KBr və su-KI sistemlərinin tədqiq olunan temperatur və konsentrasiya intervalında özlü axın və həcmi xassələrinin, həmçinin İQ oblastda udma spektrlərinin təhlili onu deməyə imkan verir ki, məhlulda KCl, KBr və KI-in konsentrasiyası artdıqca, suyun strukturu dağılır. Həmçinin suyun strukturuna KI duzu KBr-ə, KBr duzu isə KCl-ə nisbətən daha güclü dağıdıcı təsir göstərir.

Elektrolitlərin sulu məhlullarında elektrik keçiriciliyinin tədqiqi məhlulda ionların hidratlaşma və miqrasiya proseslərini öyrənmək üçün böyük əhəmiyyətə malikdir. Hesablamalar göstərir ki, temperatur artdıqca tədqiq olunan ionların elektrik keçiricilikləri artır, effektiv radiusları və hidratlaşma ədədləri isə Li^+ , Na^+ , OH^- ionları üçün çüzi azalır, K^+ , Cl^- , Br^- , I^- ionları üçün isə demək olar ki, dəyişmir. Həmçinin $r_{ef}(\text{Li}^+) > r_{ef}(\text{Na}^+) > r_{ef}(\text{K}^+)$, $N_h(\text{Li}^+) > N_h(\text{Na}^+) > N_h(\text{K}^+)$, $r_{ef}(\text{Cl}^-) \approx r_{ef}(\text{Br}^-) \approx r_{ef}(\text{I}^-)$, $N_h(\text{Cl}^-) > N_h(\text{Br}^-) > N_h(\text{I}^-)$ olur.

Cədvəl 1.

**KCl, KBr və KI-in suda məhlullarında müxtəlif
konsentrasiyalarda su molekullarının OH qruplarının İQ
oblastda valent rəqslərinin tezliyi (ν), su molekulları arasındakı
hidrogen rabitəsinin enerjisi (E_H) və uzunluğu (R_H)**

p, %	x	ν , sm^{-1}	E_H , kC/mol	R_H , Å
Su-KCl				
0	0	6862.00	16.4	1.86
10	0.0261	6893.17	14.3	1.91
20	0.0570	6907.23	13.3	1.94
25	0.0745	6926.65	11.9	1.98
Su-KBr				
10	0.0165	6911.78	13.0	1.94
20	0.0365	6939.91	10.9	2.01
30	0.0609	6947.25	10.4	2.04
35	0.0754	6948.16	10.3	2.04
Su-KI				
10	0.0119	6903.23	13.6	1.93
20	0.0264	6935.71	11.3	2.00
30	0.0444	6950.56	10.1	2.05
40	0.0675	6956.07	9.7	2.06
45	0.0816	6959.69	9.4	2.08

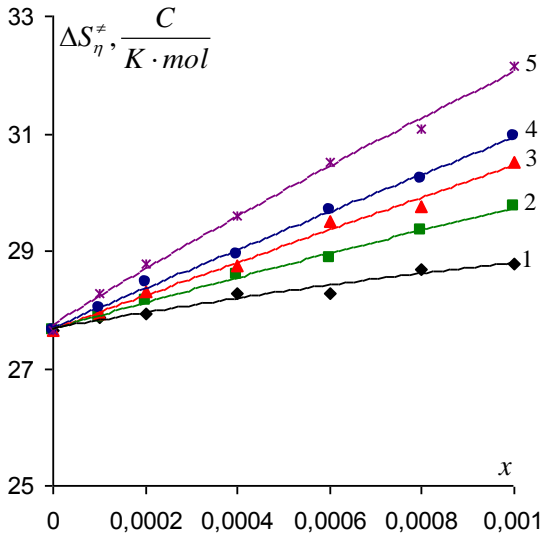
Temperaturun artması ilə ionların suda elektrik keçiriciliklərinin artmasını suyun özlülüyünün azalması və ionların yürüklüyünün artması ilə izah etmək olar. Qələvilərin və duzların duru sulu məhlullarında ionların miqrasiya prosesini xarakterizə etmək üçün ion elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə parametrlərinin temperaturdan asılılığını və bu kəmiyyətlərin hər bir ion üçün təyin edilmiş qiymətlərini müqayisəli şəkildə təhlil edək. Baxılan temperatur intervalında tədqiq olunan ionların (Li^+ , Na^+ , K^+ , OH^- , Cl^- , Br^- , I^-) elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə parametrləri temperaturun artması ilə azalır. Buna aşağıdakı hallar səbəb ola bilər: məhlulun özlülüyünün azalması, su molekullarının və ionların istilik

hərəkətinin enerjisinin artması, su molekullarının həm öz aralarında, həm də ionlarla aralarındakı qarşılıqlı təsirin zəifləməsi, vakans yerlərin yaranması, ionun effektiv radiusunun azalması, hidratlaşma ədədinin azalması, hidratlaşma enerjisinin azalması, ionun müsbət və ya mənfi hidratlaşmaya malik olması. Hesab edirik ki, $\Delta G_{\lambda}^{\ddagger}(T)$, $\Delta H_{\lambda}^{\ddagger}(T)$, və $\Delta S_{\lambda}^{\ddagger}(T)$ asılılığına bu halların hamısı öz payını verir. Nəticədə temperaturun artması ilə məhlulda ionların miqrasiyası asanlaşdığı üçün $\Delta G_{\lambda}^{\ddagger}$ azalır, bütün qarşılıqlı təsirlər zəiflədiyi üçün $\Delta H_{\lambda}^{\ddagger}$ azalır, xaotiklik artdığı üçün isə $\Delta S_{\lambda}^{\ddagger}$ azalır.

Dördüncü fəsil su-PEQ sistemlərində struktur xüsusiyyətlərinin analizinə həsr edilmişdir. Bu fəsildə müxtəlif molekul kütləli PEQ-lərin suyun strukturuna təsiri öyrənilmişdir, həmçinin su-PEQ sistemlərində və bu sistemlərə uyğun seçilmiş θ -həllədicilərdə PEQ makromolekulunun konformasiyasına və ölçülərinə temperaturun təsiri təhlil olunmuşdur. Müxtəlif fraksiyalı (1000, 1500, 3000, 4000, 6000) PEQ-lərin sulu məhlullarının 293.15-323.15K temperatur və 0-0.001 molyar hissə intervalında dinamik özlülüüyü və sıxlığı, 293.15-323.15K temperatur və 0-5 q/dl konsentrasiya intervalında kinematik özlülüüyü ölçülmüşdür, müxtəlif konsentrasiyalarda İQ spektrləri çəkilmişdir və bu spektrlərə əsasən İQ oblastda su molekullarının OH valent rəqslərinin tezliyi müəyyən edilmişdir. Təcrübi qiymətlər əsasında təyin olunmuş məhlulların özlü axının aktivləşmə parametrlərinin, məhlulda PEQ-in parsial molyar həcmnin, məhlulda su molekulları arasındakı hidrogen rabitəsinin enerjisinin və uzunluğunun konsentrasiyadan asılılıqlarının, PEQ makromolekulunun hidratlaşma ədədinin, məhlulun xarakteristik özlülüüyünün, Haggins sabitinin, Mark-Kun-Hauvink düsturuna daxil olan α parametrinin, makromolekulun şişmə əmsalının, suda həyacanlanmış və θ -həllədicidə həyacanlanmamış PEQ makromolekulunun zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafənin və Kun seqmentinin uzunluğunun temperaturdan asılılıqlarının müqayisəli təhlili verilmişdir.

PEQ makromolekulunda $(\text{HO}-(\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-O-})_n\text{-H})$ həm hidrofob (CH_2), həm də hidrofil (OH) qrupları var. PEQ-in OH qrupu, $-\text{O}-$ və $-\text{H}$ atomları su molekulu ilə hidrogen rabitəsi yarada

bilirlər, CH₂ qrupları isə hidrofob effekti yaradırlar. Gözləmək olar ki, PEQ-də hidrofob effektinin varlığı PEQ-in hidrofıl qrupları ilə su molekulları arasında hidrogen rabitəsinin yaranmasını gücləndirəcək. Müəyyən olunmuşdur ki, müxtəlif fraksiyalı PEQ-lərin sulu məhlullarının özlü axınının aktivləşmə parametrləri PEQ-in molekul kütləsinin və konsentrasiyasının artması ilə artır (şəkil 1), məhlulda PEQ-in parsial molyar həcmi isə PEQ-in molekul kütləsinin artması ilə artır, konsentrasiyasının artması ilə azalır. Hesablamalar göstərir ki, verilmiş temperatur və konsentrasiyada PEQ-in vahid monomer halqasına düşən parsial molyar həcmi PEQ-in molekul kütləsindən asılı deyil. Müxtəlif molekul kütləli PEQ-lərin 293.15 K temperaturda vahid monomer halqasına düşən parsial molyar həcmnin orta qiymətinin konsentrasiyadan asılılığını $(\tilde{V}/n)_{or}=1906007.0x^2-5854.9x+39.6$ ifadəsilə təsvir edə bilərik.



Şəkil 1. Su-PEQ sistemlərində özlü axının aktivləşmə entropiyasının konsentrasiyadan asılılığı (T=293.15 K).

**1-PEQ (1000), 2-PEQ (1500), 3-PEQ (3000),
4-PEQ (4000), 5-PEQ (6000)**

Su molekulları ilə polimer makromolekulları arasında hidrogen

və digər qarşılıqlı təsirlər hesabına polimer makromolekulları hidratlaşır. Polimer makromolekullarının hidratlaşması prosesinin kəmiyyətə tədqiqi və alınmış nəticələrin təhlili sistemdə yaranan struktur xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi zamanı böyük əhəmiyyətə malikdir. Baxılan molekul kütləli PEQ-lərin tədqiq olunan temperatur və konsentrasiya intervalında hidratlaşma ədədləri təyin edilmişdir. Hesablamalar göstərir ki, hidratlaşma ədədi PEQ-in konsentrasiyasından demək olar ki, asılı olmur. İşdə verilmiş temperaturlarda hidratlaşma ədədləri baxılan konsentrasiyalara uyğun orta qiymətləri götürülmüşdür (cədvəl 2). Cədvəl 2-dən görüldüyü kimi, makromolekulun hidratlaşma ədədi PEQ-in molekul kütləsinin artması ilə artır, temperaturun artması ilə azalır.

Cədvəl 2.

Su-PEQ sistemlərində PEQ-in hidratlaşma ədədinin temperaturdan asılılığı

T, K	PEQ(1000)	PEQ(1500)	PEQ(3000)	PEQ(4000)	PEQ(6000)
293.15	8.6	11.6	14.9	20.7	56.7
298.15	8.3	11.2	14.4	20.1	56.3
303.15	7.9	10.8	14.1	19.6	56.0
308.15	7.4	10.3	13.6	19.2	55.8
313.15	7.0	9.8	13.2	18.7	55.4
318.15	6.7	9.5	12.6	18.2	54.9
323.15	6.2	9.2	12.4	18.0	54.8

Molekul kütlələri 1000, 4000 və 6000 olan PEQ-lərin sulu məhlullarının İQ oblastda udma spektrləri çəkilmişdir. Məhlulların İQ-spektrində su molekullarının OH qruplarının valent rəqslərinin tezliyinə əsasən müxtəlif konsentrasiyalarda su molekulları arasındakı hidrogen rabitəsinin enerjisi və uzunluğu hesablanmışdır. Alınmış nəticələr göstərir ki, PEQ-in həm molekul kütləsinin, həm də konsentrasiyasının artması ilə məhlulda su molekulları arasındakı hidrogen rabitəsinin enerjisi artır, uzunluğu isə azalır, həmçinin $E_H(\text{su-PEQ}(1000)) < E_H(\text{su-PEQ}(4000)) < E_H(\text{su-PEQ}(6000))$ olur. Su-PEQ sistemlərinin tədqiq olunan temperatur və konsentrasiya

intervalında özlü axın və həcmi xassələrinin, həmçinin İQ oblastda udma spektrlərinin təhlili onu deməyə imkan verir ki, tədqiq olunan bütün molekul kütləli PEQ-lər suya strukturlaşdırıcı təsir göstərir və bu təsir PEQ-in molekul kütləsinin və konsentrasiyasının artması ilə güclənir. Ehtimal etmək olar ki, tədqiq olunan sistemlərdə PEQ makromolekullarının ətrafında hidrogen rabitəsi vasitəsilə su molekullarının (ilk növbədə sərbəst su molekulları) toplanması nəticəsində müəyyən ölçülü aqreqatlar əmələ gəlir. PEQ-in konsentrasiyasının artması ilə belə aqreqatların sayı artır, molekul kütləsinin artması ilə ölçüləri böyüyür, nəticədə məhlul daha strukturlaşmış hala keçir.

Polimer məhlullarının struktur xüsusiyyətləri əsasən polimer makromolekulunun konformasiyası, ölçüləri, hidratlaşması və s. ilə təsvir olunur. Məhlulda PEQ makromolekulunun konformasiyası və ölçüləri həlledicinin və PEQ-in xassələrindən, temperaturdan və s. asılıdır. PEQ makromolekulunun konformasiyasının və ölçülərinin su mühitində öyrənilməsi maraqlı və vacib məsələlərdəndir. Hesablamalar göstərir ki, xarakteristik özlülüyn qiyməti verilmiş temperaturda PEQ-in molekul kütləsinin artması ilə artır, verilmiş molekul kütləli PEQ üçün isə temperaturun artması ilə zəif azalır. Məhlulun xarakteristik özlülüynü həlledici mühitində polimer makromolekullarının fırlanması nəticəsində yaranan əlavə özlülükdür. Xarakteristik özlülük makromolekulun ölçülərilə düz mütənasibdir. Molekul kütləsinin artması ilə PEQ makromolekulunun ölçüsünün böyüməsi, polyarlığının artması, həmçinin daha çox su molekulları ilə qaşılıqlı təsirdə olması nəticəsində onun mühitdə fırlanması çətinləşir və bu səbəbdən xarakteristik özlülük artır. Güman edirik ki, götürülmüş molekul kütləli PEQ üçün xarakteristik özlülüynü temperaturdan asılı olaraq azalması temperaturun artması ilə mühitin özlülüynün azalması və PEQ makromolekulunun həcmnin kiçilməsi nəticəsində olur.

Müəyyən olunmuşdur ki, Haggins sabitinin qiyməti verilmiş temperaturda PEQ-in molekul kütləsinin artması ilə azalır, verilmiş molekul kütləli PEQ üçün isə temperaturun artması ilə zəif azalır. Haggins sabiti sistemdəki zərrəciklər arasındakı qarşılıqlı təsirin intensivliyini xarakterizə edir. Verilmiş polimer üçün həlledici nə

qədər pis olarsa Haggins sabitinin qiyməti də bir o qədər böyük olur. Verilmiş temperaturda molekul kütləsinin artması ilə Haggins sabitinin qiymətinin azalması onu göstərir ki, su, nisbətən böyük molekul kütləli PEQ üçün daha yaxşı həlledicidir. Bunu PEQ makromolekulunun hidratlaşması ilə izah edə bilərik. Götürülmüş molekul kütləli PEQ üçün temperaturun artması ilə Haggins sabitinin qiymətinin azalması onu göstərir ki, temperaturun artması ilə PEQ-in suda həllolması yaxşılaşır. Bu yəqin ki, temperaturun artması ilə suyun strukturunun dağılması nəticəsində sərbəst su molekullarının sayının artması hesabına olur.

Mark-Kun-Hauvink düsturuna daxil olan α parametri, məhlulda polimer makromolekulunun formasını müəyyənləşdirməyə imkan verən kəmiyyətdir və polimer molekulunun formasını dəyişdirən istənilən qarşılıqlı təsir α -nın qiymətini dəyişdirir. Tədqiqatlarımız göstərir ki, α parametri baxdığımız temperatur intervalında (0.7 - 0.8) aralığında qiymətlər alır və temperaturun artması ilə qismən artır. Bu onu göstərir ki, PEQ makromolekulu su mühitində ətrafdakı mayenin nüfuz edə bildiyi yumaq formasındadır və bu makromolekulyar yumaq temperaturun artması ilə qismən açılır. İdeal olmayan həlledicilərdə polimer yumağının ölçüsü onun həlledicidə şişməsi nəticəsində θ -həlledicilərdə olduğundan β dəfə böyük olur. PEQ makromolekulunun suda şişmə əmsalı həm PEQ-in molekul kütləsinin, həm də temperaturun artması ilə az da olsa artır və baxılan bütün hallarda $\beta > 1$ olur. Yəqin ki, molekul kütləsinin artması ilə β -nin artması PEQ-in hidratlaşması ilə, temperaturun artması ilə β -nin artması isə PEQ və su molekulları arasındakı qarşılıqlı təsirin zəifləməsi, mühitin özlülüyünün azalması və makromolekulun konformasiya çevrilməsi ilə əlaqədardır.

Məhlulda həyacanlanmış və θ -həlledicidə həyacanlanmamış PEQ makromolekulu zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə hesablanmışdır. Hesablamalar göstərir ki, həm həyacanlanmış, həm də həyacanlanmamış PEQ makromolekulunun zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə PEQ-in molekul kütləsinin artması ilə artır, temperaturun artması ilə azalır. Güman edirik ki, $\langle h \rangle$ və $\langle h_\theta \rangle$ kəmiyyətlərinin, molekul kütləsi artdıqca artması molekulyar yumağın həcmnin böyüməsi ilə, temperatur

artdıqca azalması isə PEQ-in hidratlaşma ədədinin azalması və makromolekulyar yumağın həcmninin kiçilməsilə əlaqədardır.

Polimer makromolekulları uzun zəncir formasında olur və onun daxili hissələri istilik hərəkəti edirlər. Bunun nəticəsində makromolekul çox sayda konformasiya hallarına malik olur. Polimer zəncirinin mütəhərriklik ölçüsü olaraq konformasiya çoxluğunu da qəbul etmək olar. Makromolekul zəncirinin mütəhərrikliyini xarakterizə edən ən vacib parametr Kun seqmentinin uzunluğudur. Su-PEQ sistemləri üçün məhlulda həyacanlanmış və θ -həlledicidə həyacanlanmamış PEQ makromolekulu üçün Kun seqmentinin uzunluğunun müxtəlif temperaturalarda qiymətləri təyin edilmişdir. Hesablamalar göstərir ki, su-PEQ sistemlərində həyacanlanmış PEQ makromolekulunun Kun seqmentinin uzunluğu PEQ-in molekul kütləsinin artması ilə artır, temperaturun artması ilə azalır. θ -həlledicidə həyacanlanmamış PEQ makromolekulunun Kun seqmentinin uzunluğu isə PEQ-in molekul kütləsindən asılı deyil və temperaturun artması ilə azalır. Kun seqmentinin uzunluğu polimer və həlledici molekulları arasındakı qarşılıqlı təsirlərdən asılıdır. Bu qarşılıqlı təsirlər nə qədər güclü olarsa makromolekulda rabitələrin fəzada fırlanması çətinləşər, yəni makromolekulun konformasiya çevrilməsi çətinləşir və nəticədə Kun seqmentinin uzunluğu böyük olur. PEQ-in molekul kütləsinin artması ilə su-PEQ sistemində özlü axının aktivləşmə entalpiyasının artması onu göstərir ki, su və PEQ molekulları arasındakı qarşılıqlı təsir güclənir. Çox güman ki, bu səbəbdən suda molekul kütləsinin artması ilə Kun seqmentinin uzunluğu artır. θ -həlledicidə polimer və həlledici molekulları arasındakı qarşılıqlı təsir enerjisi dəyişmədiyindən və makromolekul həyacanlanmamış olduğundan Kun seqmentinin uzunluğu PEQ-in molekul kütləsindən asılı olmur. Temperaturun artması ilə molekullarası qarşılıqlı təsirlər zəiflədiyi üçün PEQ makromolekulunda konformasiya çevrilməsi baş verir (α , β , A dəyişir), $\langle h \rangle$ və $\langle h_\theta \rangle$ -nin qiymətləri azalması hesabına suda və θ -həlledicidə PEQ makromolekulunun polyarlığı azalır. Nəticədə makromolekul daha polyar olan konformasiyadan nisbətən az polyar olan konformasiyaya keçir. Güman edirik ki, temperaturun artması ilə istilik hərəkətinin kinetik enerjisinin artması, həlledici və PEQ

molekulları arasındakı qarşılıqlı təsirlərin zəifləməsi, həmçinin PEQ makromolekulunun polyarlığının azalması səbəblərindən su-PEQ və θ -həllədicidə PEQ makromolekulunun mütəhərriqliyi artır, yəni A və A_θ azalır.

Beşinci fəsil su-PEQ-qələvi (LiOH, NaOH, KOH) sistemlərində struktur xüsusiyyətlərinin analizinə həsr edilmişdir. Bu fəslədə müxtəlif molekul kütləli (1000, 1500, 3000, 4000, 6000) PEQ-lərə uyğun su-PEQ sistemlərinin strukturuna, həmçinin məhlulda və θ -həllədicidə PEQ makromolekulunun konformasiyasına və ölçülərinə qələvilərin təsiri təhlil olunmuşdur. Tədqiq olunan su-PEQ-qələvi sistemlərinin 293.15-323.15 K temperatur və PEQ-in 0-0.001 molyar hissə intervalında ($x_{\text{LiOH}}=0.01$, $x_{\text{NaOH}}=0.01$, $x_{\text{KOH}}=0.01$ olmaqla) dinamik özlülüyü və sıxlığı, 293.15K temperaturda qələvilərin 0-0.05 molyar hissə və PEQ-in 0-5 q/dl konsentrasiya intervalında kinematik özlülüyü, 283.15-333.15 K temperatur və qələvilərin 0.001-0.01 mol/l molyar konsentrasiya intervalında ($M_{\text{PEQ}} = 4000$ q/mol, $x_{\text{PEQ}} = 0.0002$ olmaqla) elektrik keçiriciliyi ölçülmüşdür. Təcrübi qiymətlər əsasında təyin olunmuş məhlulların özlü axının aktivləşmə parametrlərinin, məhlulda PEQ-in parsial molyar həcmnin PEQ-in konsentrasiyasından, məhlulun xarakteristik özlülüyünün, Haggins sabitinin, Mark-Kun-Hauvink düsturuna daxil olan α parametrinin, makromolekulun şişmə əmsalının, su-qələvi sistemlərində həyacanlanmış və θ -həllədicidə həyacanlanmamış PEQ makromolekulunun zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafənin və Kun seqmentinin uzunluğunun qələvilərin konsentrasiyasından, məhlulda PEQ makromolekulunun hidratlaşma ədədinin, su-PEQ sistemində ion elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə parametrlərinin, ionların (Li^+ , Na^+ , K^+ , OH^-) hidratlaşma ədədlərinin və effektiv radiuslarının isə temperaturdan asılılıqlarının müqayisəli təhlili verilmişdir.

Su-PEQ sistemlərinə üçüncü komponentin daxil edilməsi ilə məhlulda yaranan struktur dəyişikliklərinin öyrənilməsi elmi və praktik cəhətdən böyük əhəmiyyətə malikdir. Müəyyən edilmişdir ki, su-PEQ-qələvi sistemlərinin özlü axınının aktivləşmə parametrləri PEQ-in molekul kütləsinin və konsentrasiyasının artması ilə artır. Məhlulun komponentlərinin parsial molyar həcmələrinin təyini

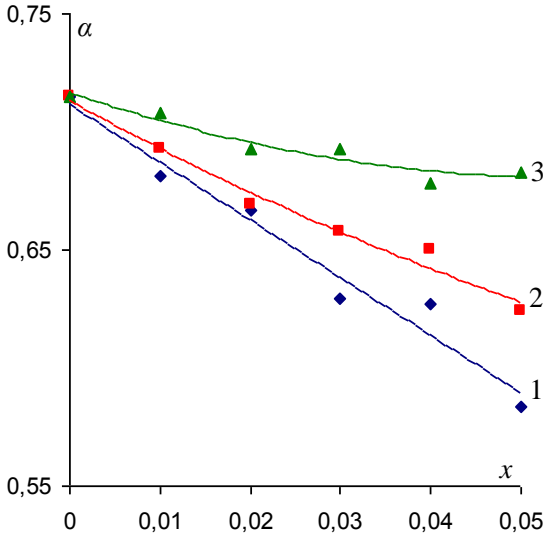
məhluldakı molekulyar qarşılıqlı təsirləri aydınlaşdırmağa imkan verir. Alınmış nəticələr göstərir ki, məhlulda PEQ-in parsial molyar həcmi PEQ-in konsentrasiyasının artması ilə azalır və su-PEQ sistemlərində olduğu kimi, su-PEQ-qələvi sistemlərində də PEQ-in vahid monomer halqasına düşən parsial molyar həcmi PEQ-in molekul kütləsindən asılı olmur. Su-PEQ-LiOH, su-PEQ-NaOH və su-PEQ-KOH sistemlərində 293.15 K temperaturda PEQ-in vahid monomer halqasına düşən parsial molyar həcmnin orta qiymətlərinin PEQ-in konsentrasiyasından asılılıqlarını uyğun olaraq $(\tilde{V}/n)_{or}=1511612.1x^2-5440.5x+38.9$, $(\tilde{V}/n)_{or}=2106749.5x^2-5922.9x+38.7$, $(\tilde{V}/n)_{or}=2193496.5x^2-6804.1x+38.6$ ifadələrilə təsvir edə bilərik. Su-PEQ-qələvi sistemlərində PEQ makromolekulları, qələvi ionları və su molekulları arasındakı qarşılıqlı təsirləri xarakterizə etmək üçün PEQ-in hidratlaşması prosesini araşdırmışıq. Müəyyən olunmuşdur ki, PEQ-in hidratlaşma ədədi molekul kütləsinin artması ilə artır, temperaturun artması ilə qismən azalır. Qeyd edək ki, elektrostatik qüvvələr uzaq məsafələrə təsir xüsusiyyətinə malik olduğuna görə tərkibində həm polimer, həm də ionlar olan məhlullarda hidratlaşma prosesi, tərkibində yalnız polimer olan (ionlar olmayan) məhlullarda hidratlaşma prosesindən müəyyən qədər fərqlənəcək. Aldığımız nəticələr göstərir ki, məhlulda PEQ-in həm molekul kütləsi, həm də konsentrasiyası artdıqca məhlul daha möhkəm struktura malik olur və daha strukturlaşmış hala keçir. Sözsüz ki, su-PEQ-qələvi sistemlərində əlavə olaraq ionlar da (uyğun olaraq Li^+ və OH^- , Na^+ və OH^- , K^+ və OH^-) hidratlaşmaya məruz qaldıqlarından yaranan struktur, su-PEQ sisteminin strukturundan fərqli olacaq. Bunu su-PEQ və su-PEQ-qələvi sistemləri üçün təyin olunmuş $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}$, $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$, $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}$, \tilde{V} və N_h parametrlərinin qiymətlərinin müqayisəsi də göstərir.

PEQ suda həll olduqda, PEQ makromolekulları ilə su molekulları arasında yaranan qarşılıqlı təsir hesabına həm suyun strukturu, həm də makromolekulun konformasiyası və ölçüsü dəyişir. Aldığımız nəticələr göstərir ki, su-PEQ-qələvi sistemlərində müxtəlif molekul kütləli PEQ-lərə uyğun məhlulların xarakteristik özlülüyü PEQ-in molekul kütləsinin artması ilə artır, qələvilərin konsentrasiyasının artması ilə azalır. Güman edirik ki, götürülmüş

molekul kütləli PEQ üçün $[\eta]$ -nın qələvilərin konsentrasiyasından asılı olaraq azalması konsentrasiyanın artması ilə PEQ makromolekulunun həcmnin kiçilməsi nəticəsində olur. Belə ki, qələvilərin konsentrasiyasının artması ilə məhlulun özlülüyünün artmasına baxmayaraq, PEQ makromolekulunun həcmi kiçildiyindən, nəticədə makromolekulun mühitdə fırlanması asanlaşır. Su-PEQ-qələvi sistemləri üçün müəyyən edilmişdir ki, Haggins sabiti PEQ-in molekul kütləsinin artması ilə azalır, qələvilərin konsentrasiyasının artması ilə artır. Bu isə götürülmüş molekul kütləli PEQ üçün qələvilərin konsentrasiyasının artması ilə PEQ-in su-qələvi sistemlərində həllolmasının pisləşdiyini göstərir. Bu yəqin ki, məhlulda qələvi ionlarının hidratlaşması hesabına olur. Belə ki, su-PEQ sistemlərində yalnız PEQ makromolekulları hidratlaşdırsa, su-PEQ-qələvi sistemlərində həm PEQ makromolekulları, həm də uyğun olaraq Li^+ və OH^- , Na^+ və OH^- , K^+ və OH^- ionları da hidratlaşır.

Su-PEQ-qələvi sistemlərində PEQ makromolekulunun formasını müəyyənləşdirmək və bu formaya qələvilərin təsirini öyrənmək üçün, 293.15K temperaturda və qələvilərin müxtəlif konsentrasiyalarında tədqiq olunan məhlullar üçün Mark-Kun-Hauvink düsturuna daxil olan α parametrinin qiyməti təyin edilmişdir (şəkil 2). Müəyyən olunmuşdur ki, α parametri 293.15 K temperaturda və qələvilərin baxdığımız konsentrasiya intervalında su-PEQ-LiOH sistemi üçün (0.58-0.72), su-PEQ-NaOH sistemi üçün (0.62-0.72), su-PEQ-KOH sistemi üçün isə (0.68-0.72) intervalında qiymətlər alır. Bu qiymətlər aralığı onu göstərir ki, PEQ makromolekulu su-qələvi mühitində, yaxşı həlledicidə mütəhərrik zəncirli şişmiş yumaq formasına malikdir. α parametri qələvilərin konsentrasiyasının artması ilə qismən azalır. Bu isə onu göstərir ki, məhlulda qələvilərin konsentrasiyasının artması ilə, az da olsa bu makromolekulyar yumaq yığılır. Su-PEQ-qələvi sistemləri üçün baxılan bütün hallarda $\alpha > 0.5$, $\beta > 1$ olur və PEQ makromolekulunun su-qələvi sistemində şişmə əmsalı PEQ-in molekul kütləsinin artması ilə artır, məhlulda qələvilərin konsentrasiyasının artması ilə azalır. Məhlulda qələvilərin konsentrasiyasının artması ilə β -nin azalması çox güman ki, məhlulda qələvi ionlarının hidratlaşması, mühütün

özlülüğünün artması və makromolekulun konformasiya çevrilməsi (α -nın qiyməti azalır) ilə bağlıdır. Doğrudan da $N_h(\text{su-PEQ-qələvi}) < N_h(\text{su-PEQ})$ olur.



Şəkil 2. Su-PEQ-qələvi sistemlərində Mark-Kun-Hauvink düsturuna daxil olan α parametrinin qələvilərin konsentrasiyasından asılılığı ($T=293.15\text{ K}$).
1 - su-PEQ-LiOH, 2 - su-PEQ-NaOH, 3 - su-PEQ-KOH

Su-PEQ-qələvi sistemləri üçün aldığımız nəticələrdən görünür ki, 293.15 K temperaturda həyacanlanmış PEQ makromolekulunun zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə PEQ-in molekul kütləsinin artması ilə artır, məhlulda qələvilərin konsentrasiyasının artması ilə azalır. Lakin, həyacanlanmamış PEQ makromolekulunun zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə həm PEQ-in molekul kütləsinin, həm də məhlulda qələvilərin konsentrasiyasının artması ilə artır. Güman edirik ki, qələvilərin konsentrasiyasının artması ilə $\langle h \rangle$ -in azalması PEQ-in hidratlaşma ədədinin azalması və molekulyar yumağın həcmnin kiçilməsilə, $\langle h_\theta \rangle$ -nin artması isə molekulyar yumağın həcmnin böyüməsilə ($[\eta]_\theta$ artır) əlaqədardır.

Polimer zəncirinin mütəhərrikliliyi polimerləri xarakterizə edən ən vacib xüsusiyyətlərdən biri olub, onların əsas makroskopik xassələrini müəyyənləşdirir. Polimer zəncirinin mütəhərrikliliyi manqalarının istilik hərəkətinin və xarici sahənin təsiri ilə onun hissələrinin öz formasını dəyişməsi qabiliyyətinə deyilir. Müəyyən olunmuşdur ki, su-PEQ-qələvi sistemlərində həyacanlanmış PEQ makromolekulunun Kun seqmentinin uzunluğu PEQ-in molekul kütləsinin artması ilə artır, məhlulda qələvilərin konsentrasiyasının artması ilə azalır. θ -həllədicidə həyacanlanmamış PEQ makromolekulunun Kun seqmentinin uzunluğu isə PEQ-in molekul kütləsindən asılı deyil və qələvilərin konsentrasiyasının artması ilə artır. Kun seqmentinin qiymətlərinə əsasən su-PEQ-qələvi sistemləri üçün baxdığımız bütün hallarda PEQ-i mütəhərrik polimer hesab etmək olar. Qeyd edək ki, əksər polimer zəncirləri çoxlu konformasiyalara malik olduğundan, bu konformasiya keçidləri entropiya xarakteri daşıyır. Deməli mütəhərriklik, polimer zəncirinin konformasiya keçidlərinin entropik təbiətini xarakterizə edən xassəsidir. Su-PEQ sisteminə qələvi əlavə etdikdə qələvi ionları (uyğun olaraq Li^+ və OH^- , Na^+ və OH^- , K^+ və OH^-) hidratlaşır, PEQ makromolekulunun hidratlaşma ədədi azalır və ölçüləri kiçilir, nəticədə su və PEQ molekulaları arasındakı qarşılıqlı təsirlər zəifləyir. θ -həllədiciyə isə qələvi əlavə etdikdə PEQ makromolekulunun ölçüləri böyüyür və polyarlığı artır, nəticədə θ -həllədicisi və PEQ molekulaları arasındakı qarşılıqlı təsirlər nisbətən güclənir. Güman edirik ki, bu səbəblərdən PEQ makromolekulunun mütəhərrikliliyi qələvilərin konsentrasiyasının artması ilə su-PEQ-qələvi sistemlərində artır, θ -həllədicidə isə azalır. Əyanilik üçün su-PEQ-LiOH sistemləri üçün $[\eta]$, K_H , β , $\langle h \rangle$ və A kəmiyyətlərinin LiOH-ın müxtəlif konsentrasiyalarında qiymətləri cədvəl 3-də verilmişdir.

Su-PEQ sisteminə qələvi əlavə etdikdə dissosiasiya nəticəsində yaranan qələvi ionları PEQ və su molekulaları ilə qarşılıqlı təsirdə olurlar və məhlulun yeni strukturu yaranır. Belə struktur dəyişmələrinin öyrənilməsində məhlulların reoloji və həcmi xassələri ilə yanaşı elektrik keçiricilik xassələrinin tədqiqi də zəruridir. Alınan nəticələr göstərir ki, su-PEQ-qələvi sistemində temperaturun artması ilə baxılan ionların (Li^+ , Na^+ , K^+ , OH^-) elektrik keçiricilikləri artır,

Cədvəl 3

Su-PEQ-LiOH sistemlərində xarakteristik özlülüyün ($[\eta]$), Haggins sabitinin (K_H), şişmə əmsalının (β), PEQ makromolekulu zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafənin ($\langle h \rangle$) və Kun seqmentinin uzunluğunun (A) LiOH-ın konsentrasiyasından (x) asılılığı ($T=293.15$ K).

x	PEQ(1000)	PEQ(1500)	PEQ(3000)	PEQ(4000)	PEQ(6000)
$[\eta], dl/q$					
0	0.0341	0.0471	0.0675	0.0837	0.1343
0.01	0.0318	0.0443	0.0623	0.0770	0.1167
0.02	0.0304	0.0429	0.0602	0.0746	0.1077
0.03	0.0298	0.0388	0.0564	0.0698	0.0945
0.04	0.0286	0.0367	0.0519	0.0674	0.0899
0.05	0.0271	0.0347	0.0502	0.0623	0.0771
K_H					
0	5.269	3.627	1.998	1.433	1.117
0.01	5.770	3.834	2.279	1.633	1.371
0.02	5.633	3.742	2.209	1.578	1.285
0.03	6.468	4.557	2.397	1.724	1.403
0.04	6.284	5.083	2.766	1.618	1.370
0.05	6.840	5.035	2.699	1.920	1.698
β					
0	1.173	1.220	1.226	1.255	1.373
0.01	1.120	1.170	1.167	1.194	1.282
0.02	1.096	1.149	1.146	1.173	1.240
0.03	1.073	1.096	1.106	1.132	1.170
0.04	1.078	1.095	1.095	1.139	1.171
0.05	1.037	1.053	1.061	1.087	1.091

Cədvəl 3 (davamı)

x	PEQ(1000)	PEQ(1500)	PEQ(3000)	PEQ(4000)	PEQ(6000)
$\langle h \rangle, \text{Å}$					
0	25.33	32.28	45.86	54.21	72.67
0.01	24.74	31.63	44.65	52.74	69.34
0.02	24.37	31.30	44.13	52.18	67.52
0.03	24.21	30.27	43.20	51.05	64.64
0.04	23.88	29.72	42.02	50.46	63.56
0.05	23.45	29.16	41.54	49.15	60.40
$A, \text{Å}$					
0	11.96	12.95	13.07	13.70	16.41
0.01	11.41	12.44	12.39	12.97	14.94
0.02	11.07	12.18	12.10	12.69	14.17
0.03	10.93	11.39	11.60	12.15	12.98
0.04	10.63	10.98	10.97	11.87	12.55
0.05	10.26	10.57	10.73	11.26	11.33

effektiv radiusları, hidratlaşma ədədləri və elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə parametrləri isə azalır, həmçinin suda olduğu kimi, su-PEQ mühitində də $r_{ef}(Li^+) > r_{ef}(Na^+) > r_{ef}(K^+)$, $N_h(Li^+) > N_h(Na^+) > N_h(K^+)$ olur. Li^+ , Na^+ , K^+ ionları üçün r_{ef} və N_h kəmiyyətlərinin yuxarıdakı ardıcılıqla düzülüşünü ionların hidratlaşması ilə izah etmək olur. Aldığımız nəticələrə əsasən deyə bilərik ki, qələvi ionlarının elektrik keçiriciliyi, effektiv radiusları və hidratlaşma ədədləri suya nisbətən su-PEQ sistemində daha kiçik olur. Verilmiş temperaturda baxılan molekul kütləli və konsentrasiyalı PEQ-in suda məhlulunun özlülüyü suyun özlülüyündən çox olduğundan su-PEQ mühitində ionların miqrasiyası suda olduğuna nisbətən ləngiyir. Odur ki, $\lambda_+^0(\text{su-PEQ-ion}) < \lambda_+^0(\text{su-ion})$ olur. Məlumdur ki, su-qələvi sistemlərində yalnız ionlar hidratlaşdırsa da, su-PEQ-qələvi sistemlərində ionlarla yanaşı PEQ makromolekulları da hidratlaşır. Buna görə də, $r_{ef}(\text{su-PEQ-ion}) < r_{ef}(\text{su-ion})$, $N_h(\text{su-PEQ-ion}) < N_h(\text{su-ion})$ olur. Müqayisə etdikdə görürük ki, ion elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə parametrləri su-PEQ-qələvi sistemlərində su-qələvi

sistemlərinə nisbətən daha böyük olur. Yəni, $\Delta G_{\lambda}^{\#}(\text{su-PEQ-ion}) > \Delta G_{\lambda}^{\#}(\text{su-ion})$, $\Delta H_{\lambda}^{\#}(\text{su-PEQ-ion}) > \Delta H_{\lambda}^{\#}(\text{su-ion})$, $\Delta S_{\lambda}^{\#}(\text{su-PEQ-ion}) > \Delta S_{\lambda}^{\#}(\text{su-ion})$ olur. Qeyd edək ki, bu nəticə özlü axının aktivləşmə parametrlərinə əsasən alınan nəticələrlə eynidir. Hesab edirik ki, bu nəticələr PEQ-in su-qələvi sisteminə strukturlaşdırıcı təsiri ilə əlaqədardır.

Su-PEQ sistemlərinin strukturuna LiOH, NaOH və KOH-ın təsirlərini müqayisəli araşdıraraq. Aldığımız nəticələri ümumiləşdirərək yazı bilərik ki, $\Delta G_{\eta}^{\#}(\text{su-PEQ-LiOH}) > \Delta G_{\eta}^{\#}(\text{su-PEQ-NaOH}) > \Delta G_{\eta}^{\#}(\text{su-PEQ-KOH}) > \Delta G_{\eta}^{\#}(\text{su-PEQ})$, $\Delta H_{\eta}^{\#}(\text{su-PEQ-LiOH}) > \Delta H_{\eta}^{\#}(\text{su-PEQ-NaOH}) > \Delta H_{\eta}^{\#}(\text{su-PEQ-KOH}) > \Delta H_{\eta}^{\#}(\text{su-PEQ})$, $\Delta S_{\eta}^{\#}(\text{su-PEQ-LiOH}) > \Delta S_{\eta}^{\#}(\text{su-PEQ-NaOH}) > \Delta S_{\eta}^{\#}(\text{su-PEQ-KOH}) > \Delta S_{\eta}^{\#}(\text{su-PEQ})$ olur. Su-PEQ-qələvi sistemlərində su-PEQ sistemləri ilə müqayisədə əlavə olaraq hidratlaşmış Li^+ və OH^- , Na^+ və OH^- , K^+ və OH^- ionları da aktiv hala keçəcəklər. Odur ki, su-PEQ sistemi ilə müqayisədə su-PEQ-qələvi sistemində $\Delta G_{\eta}^{\#}$ -nin qiyməti müəyyən qədər artır. Li^+ ionu ilə müqayisədə Na^+ ionu, Na^+ ionu ilə müqayisədə isə K^+ ionu daha kiçik hidratlaşmaya malik olduğundan $\Delta G_{\eta}^{\#}$ üçün yuxarıda yazılan ardıcılıq əmələ gəlir. Güman edirik ki, Li^+ və Na^+ müsbət, K^+ isə mənfi hidratlaşan ionlar olduqlarından $\Delta H_{\eta}^{\#}$ -nin qiyməti su-PEQ-LiOH və su-PEQ-NaOH sistemlərində su-PEQ sistemindən böyük, su-PEQ-KOH sistemində isə su-PEQ sistemindən kiçik olur. Aldığımız nəticələr göstərir ki, su-PEQ sisteminə ayrı-ayrılıqda eyni konsentrasiyalı LiOH, NaOH və ya KOH əlavə etdikdə verilmiş temperatur və konsentrasiyada məhlulun özlü axınının aktivləşmə entropiyası və məhlulda PEQ-in parsial molyar həcmi uyğun ardıcılıqla azalır, həmçinin LiOH, NaOH və ya KOH-ın konsentrasiyasının artması ilə onların məhlulda parsial molyar həcmi artır. Bu fakta əsaslanaraq deyə bilərik ki, su-PEQ sisteminə LiOH, NaOH, KOH əlavə etdikdə PEQ-in parsial molyar həcmi azaldığı halda, ayrılıqda LiOH, NaOH və KOH-ın parsial molyar həcmi suda olduğu kimi artacaq. Alınanlar onu göstərir ki,

su-PEQ sisteminə LiOH və ya NaOH və ya KOH əlavə etdikdə PEQ-in suyu strukturlaşdırıcı təsiri müvafiq ardıcılıqla zəifləyir. Bu isə LiOH, NaOH və KOH-ın su-PEQ sisteminin strukturuna uyğun ardıcılıqla daha çox dağıdıcı təsir etdiyini göstərir.

Su-PEQ sisteminə eyni konsentrasiyalı qələvi daxil etdikdə alınan məhlullarda PEQ-in hidratlaşma ədədi LiOH, NaOH, KOH sırasına uyğun ardıcılıqla azalır. Su-PEQ-qələvi sistemlərində baş verən struktur xüsusiyyətlərini və məhlulun mikroskopik mənzərəsini aşağıdakı model üzrə təsvir etmək olar. Su-PEQ sisteminə ayrı-ayrılıqda $x_{qələvi} = 0.01$ konsentrasiyalı LiOH, NaOH və ya KOH əlavə etdikdə baxılan halda PEQ-in maksimal konsentrasiyası $x_{PEQ} = 0.001$ olduğundan ($x_{qələvi} / x_{PEQ} = N_{qələvi} / N_{PEQ}$ olur, burada $N_{qələvi}$ və N_{PEQ} məhlulda qələvi molekullarının və PEQ makromolekullarının sayıdır) həmişə məhlulda ionların (Li^+ , OH^- və ya Na^+ , OH^- və ya K^+ , OH^-) sayı PEQ makromolekullarının sayından kifayət qədər çox olur. Tədqiq olunan qələvilərin ionlarının effektiv radiuslarının PEQ makromolekulunun ölçüsündən kifayət qədər kiçik olduğunu nəzərə alsaq ehtimal etmək olar ki, PEQ makromolekulyar yumağının içərisində uyğun olaraq hidratlaşmış Li^+ , Na^+ , K^+ , OH^- ionları da olur. Sözsüz ki, molekul kütləsi nisbətən böyük olan makromolekulyar yumağın içərisindəki hidratlaşmış ionların sayı daha çox olacaq. Onda belə güman edə bilərik ki, molekulyar yumağın daxilindəki ionun ətrafındakı hidratlaşmış su molekulları ionlarla ion-dipol, bunlardan bəziləri isə PEQ makromolekulu ilə hidrogen rabitəsilə qarşılıqlı təsirdə olurlar. Hesab edirik ki, hidratlaşmış ionlar ion-dipol qarşılıqlı təsirlə su molekullarını, su molekulları isə hidrogen rabitəsilə PEQ makromolekuluna təsir edərək makromolekulyar yumağın həcmi kiçiltməyə çalışır. Bu mülahizənin doğruluğu məhlulda PEQ-in parsial molyar həcmi və hidratlaşma ədədinin qiymətində özünü büruzə verir. Yəqin ki, K^+ ionu ilə müqayisədə Na^+ , Na^+ ionu ilə müqayisədə isə Li^+ daha güclü hidratlaşmaya malik olduğundan, $\tilde{V}(\text{su-PEQ}) > \tilde{V}(\text{su-PEQ-LiOH}) > \tilde{V}(\text{su-PEQ-NaOH}) > \tilde{V}(\text{su-PEQ-KOH})$ və $N_h(\text{su-PEQ}) > N_h(\text{su-PEQ-LiOH}) > N_h(\text{su-PEQ-NaOH}) > N_h(\text{su-PEQ-KOH})$ olur. Su-PEQ, su-PEQ-LiOH, su-PEQ-NaOH və su-PEQ-KOH sistemlərində özlü axının aktivləşmə parametrlərinin, məhlulda PEQ-in parsial molyar

həcmnin və hidratlaşma ədədinin tədqiqinə əsasən deyə bilərik ki, LiOH, NaOH və ya KOH-ın su-PEQ sisteminə əlavə edilməsi uyğun ardıcılıqla PEQ-in strukturlaşdırıcı təsirini müəyyən qədər zəiflədir. Bu isə LiOH, NaOH və KOH-ın müvafiq ardıcılıqla məhlulun strukturuna göstərdiyi dağıdıcı təsirlə əlaqədardır.

İndi də su-PEQ-qələvi sistemlərində PEQ makromolekulunun konformasiyasına və ölçülərinə qələvilərin təsirini araşdıraq. Su-PEQ-qələvi sistemləri üçün xarakteristik özlülüyünün təyin edilmiş qiymətləri göstərir ki, $[\eta](\text{su-PEQ-LiOH}) < [\eta](\text{su-PEQ-NaOH}) < [\eta](\text{su-PEQ-KOH})$ olur. Hesab etmək olar ki, su-PEQ-qələvi sistemlərində xarakteristik özlülüyün göstərilən düzülüş ardıcılığı məhlulda PEQ makromolekullarının ölçüləri ilə bağlıdır. Yəni, makromolekulun ölçüləri kiçildikcə xarakteristik özlülük daha kiçik qiymətlər alır. Su-PEQ-qələvi sistemləri üçün Haggins sabitinin təyin edilmiş qiymətlərinə əsasən $K_H(\text{su-PEQ-LiOH}) > K_H(\text{su-PEQ-NaOH}) > K_H(\text{su-PEQ-KOH})$ olur. Bu sıra onu göstərir ki, PEQ üçün su-LiOH sistemi su-NaOH sisteminə, su-NaOH sistemi isə su-KOH sisteminə nəzərən daha pis həlledicidir. Hesab edirik ki, bu məhlulda kationların (Li^+ , Na^+ , K^+) hidratlaşması ilə əlaqədardır. Belə ki, həm su-qələvi sistemlərində, həm də su-PEQ-qələvi sistemlərində Li^+ ionu Na^+ -a, Na^+ ionu isə K^+ -a nisbətən daha böyük hidratlaşma ədədinə malikdir.

Mark-Kun-Hauvink düsturuna daxil olan α parametrinin qiymətlərinin müqayisəsi göstərir ki, $\alpha(\text{su-PEQ-LiOH}) < \alpha(\text{su-PEQ-NaOH}) < \alpha(\text{su-PEQ-KOH})$ olur (şəkil 2). Yəni, PEQ makromolekulu su-LiOH sistemində su-NaOH sisteminə nəzərən, su-NaOH sistemində isə su-KOH sisteminə nəzərən daha çox yığılır. Şişmə əmsalının qiymətlərinin müqayisəsi göstərir ki, $\beta(\text{su-PEQ-LiOH}) < \beta(\text{su-PEQ-NaOH}) < \beta(\text{su-PEQ-KOH})$ olur. Bu isə onu deməyə imkan verir ki, PEQ makromolekulu su-KOH sistemində su-NaOH sisteminə nəzərən, su-NaOH sistemində isə su-LiOH sisteminə nəzərən daha çox şişir. Su-PEQ-qələvi sistemlərində PEQ makromolekulu zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafənin və Kun seqmentinin uzunluğunun təyin olunmuş qiymətlərinə əsasən $\langle h \rangle(\text{su-PEQ-LiOH}) < \langle h \rangle(\text{su-PEQ-NaOH}) < \langle h \rangle(\text{su-PEQ-KOH})$ və $A(\text{su-PEQ-LiOH}) < A(\text{su-PEQ-NaOH}) < A(\text{su-PEQ-KOH})$ olur. Bu

onu göstərir ki, PEQ makromolekulu zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə su-PEQ-LiOH sistemində su-PEQ-NaOH-a nisbətən, su-PEQ-NaOH sistemində isə su-PEQ-KOH-a nisbətən daha kiçikdir, həmçinin PEQ makromolekulu zəncirinin mütəhərriqliyi su-PEQ-LiOH sistemində su-PEQ-NaOH-a nisbətən, su-PEQ-NaOH sistemində isə su-PEQ-KOH-a nisbətən daha çoxdur. Qeyd edək ki, göstərilən ardıcılıq θ -həllədicilərdə əksinə olur.

Su-PEQ-qələvi sistemlərində $[\eta]$, K_H , α , β , $\langle h \rangle$, A kəmiyyətlərinin qələvilərin təsiri ilə dəyişməsində alınan qanunauyğunluqları yuxarıda şərh etdiyimiz model əsasında izah edə bilərik. Yəqin ki, su molekulları qələvi ionları ilə ion-dipol qarşılıqlı təsirində olduqlarından PEQ makromolekulu ilə əmələ gətirdiyi hidrogen rabitəsinin enerjisi azalır. Güman edirik ki, buna əsas səbəb, ionun elektrostatik sahəsinin təsiri ilə su molekullarının oriyentasiyasının dəyişməsi nəticəsində su və PEQ molekulları arasında yaranan hidrogen rabitəsinin enerjisinin və uzunluğunun dəyişməsidir. Şübhəsiz ki, su molekulları ilə PEQ monomerləri arasındakı hidrogen rabitəsi zəiflədikcə PEQ makromolekulu zəncirinin mütəhərriqliyi uyğun olaraq artacaq və əksinə. Bu deyilənləri ümumiləşdirərək aşağıdakı nəticəyə gəlmək olur: Su-PEQ sisteminə ayrı-ayrılıqda KOH, NaOH, LiOH əlavə etdikdə onların təsiri ilə uyğun ardıcılıqla PEQ makromolekulyar yumağının ölçüləri (həcmi) daha çox kiçilir, makromolekulyar yumaq daha çox yığılır, PEQ-in həlləlməsi daha çox pisləşir, PEQ makromolekulu daha az şişir və PEQ makromolekulu zəncirinin mütəhərriqliyi daha çox artır. θ -həllədicidə isə LiOH, NaOH və KOH sırasına uyğun olaraq PEQ makromolekulunun zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə azalır, makromolekulun mütəhərriqliyi isə artır.

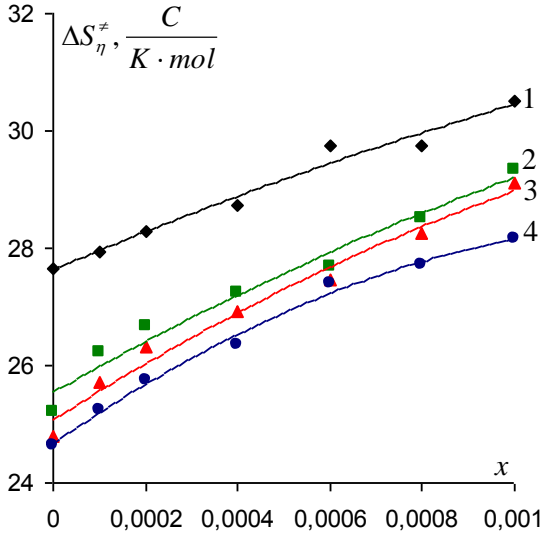
Altıncı fəsil su-PEQ-duz (KCl, KBr, KI) sistemlərində struktur xüsusiyyətlərinin analizinə həsr edilmişdir. Bu fəslə müxtəlif fraksiyalı (1000, 1500, 3000, 4000, 6000) PEQ-lərə uyğun su-PEQ sistemlərinin strukturuna, həmçinin məhlulda və θ -həllədicidə PEQ makromolekulunun konformasiyasına və ölçülərinə duzların təsiri təhlil olunmuşdur. Tədqiq olunan su-PEQ-duz sistemlərinin 293.15-323.15K temperatur və PEQ-in 0-0.001 molyar hissə intervalında ($x_{KCl}=0.01$, $x_{KBr}=0.01$, $x_{KI}=0.01$ olmaqla) dinamik özlülüüyü və sıxlığı,

293.15K temperaturda duzların 0-0.05 molyar hissə və PEQ-in 0-5 q/dl konsentrasiya intervalında kinematik özlülüyü, 283.15-333.15K temperatur və duzların 0.001-0.01 mol/l molyar konsentrasiya intervalında ($M_{PEQ} = 4000 \text{ q/mol}$, $x_{PEQ} = 0.0002$ olmaqla) elektrik keçiriciliyi ölçülmüşdür. Təcrübi qiymətlər əsasında təyin olunmuş məhlulların özlü axının aktivləşmə parametrlərinin, məhlulda PEQ-in parsial molyar həcmnin PEQ-in konsentrasiyasından, məhlulun xarakteristik özlülüyünün, Haggins sabitinin, Mark-Kun-Hauvink düsturuna daxil olan α parametrlərinin, makromolekulun şişmə əmsalının, su-duz sistemlərində həyacanlanmış və θ -həllədicidə həyacanlanmamış PEQ makromolekulunun zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafənin və Kun seqmentinin uzunluğunun duzların konsentrasiyasından, məhlulda PEQ makromolekulunun hidratlaşma ədədinin, su-PEQ sistemində ion elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə parametrlərinin, ionların (K^+ , Cl^- , Br^- , Γ) hidratlaşma ədədlərinin və effektiv radiuslarının isə temperaturdan asılılıqlarının müqayisəli təhlili verilmişdir.

Polimerlərin sulu məhlullarında struktur xüsusiyyətləri makromolekulun ətrafında yaranan müxtəlif heterogen qarşılıqlı təsirlərdən (hidrofil və hidrofob) asılıdır. Hidrofil və hidrofob qarşılıqlı təsirlər məhlulların fiziki-kimyasında əsas proseslərdəndir. Bu qarşılıqlı təsirlərin bir-biri ilə rəqabəti müəyyən şərtlərdə strukturlaşdırıcı, müəyyən şərtlərdə isə struktur dağıdıcı xüsusiyyətlərə səbəb olur. PEQ, makromolekulunda həm hidrofil, həm də hidrofob qruplarının olması baxımından maraqlı polimerdir. Müəyyən edilmişdir ki, su-PEQ-duz sistemləri üçün özlü axının aktivləşmə parametrləri PEQ-in həm molekul kütləsinin, həm də molyar hissəsinin artması ilə artır və $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}(\text{su-PEQ}) > \Delta H_{\eta}^{\ddagger}(\text{su-PEQ-KCl}) > \Delta H_{\eta}^{\ddagger}(\text{su-PEQ-KBr}) > \Delta H_{\eta}^{\ddagger}(\text{su-PEQ-KI})$, $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}(\text{su-PEQ}) > \Delta S_{\eta}^{\ddagger}(\text{su-PEQ-KCl}) > \Delta S_{\eta}^{\ddagger}(\text{su-PEQ-KBr}) > \Delta S_{\eta}^{\ddagger}(\text{su-PEQ-KI})$ olur. Baxılan halda duzların təsiri ilə $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}$ -nin qiymətləri arasındakı fərq müqayisə ediləcək dərəcədə olmur. Su-PEQ-duz sistemlərində su-PEQ sistemləri ilə müqayisədə əlavə olaraq hidratlaşmış K^+ və Cl^- ,

K^+ və Br^- , K^+ və Γ ionları da mövcud olur. K^+ , Cl^- , Br^- , Γ ionları mənfi hidratlaşan ionlar olduğundan və Cl^- , Br^- , Γ sırasına uyğun olaraq hidratlaşması zəiflədiyindən bu ionlardan ibarət məhlulun da enerjisi həmin ardıcılıqla zəifləyir. Odur ki, su-PEQ sisteminə KCl, KBr və KI-in təsiri $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$ üçün yuxarıda yazdığımız sıranın alınmasına səbəb olur. Su-PEQ sisteminə konsentrasiyaları eyni olan KCl, KBr və ya KI duzlarını ayrı-ayrılıqda daxil etdikdə $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}$ -in qiyməti müvafiq ardıcılıqla azalır (şəkil 3). Belə ki, su-PEQ sisteminə KCl və ya KBr və ya KI əlavə etdikdə PEQ-in suya göstərdiyi strukturlaşdırıcı təsir uyğun ardıcılıqla nisbətən azalır. Bu isə onu göstərir ki, KCl, KBr və ya KI duzları su-PEQ sisteminin strukturuna müvafiq ardıcılıqla daha çox dağıdıcı təsir edir. Bunu su molekulları ilə, PEQ makromolekulları və ionlar (K^+ , Cl^- , Br^- , Γ) arasında baş verən hidratlaşma prosesinə əsaslanaraq izah edə bilərik. Güman edirik ki, Γ ionu Br^- ionuna, Br^- ionu isə Cl^- ionuna nisbətən daha zəif hidratlaşdığından, KCl duzuna nisbətən KBr duzunun, KBr duzuna nisbətən isə KI duzunun su-PEQ sisteminin strukturuna göstərdiyi dağıdıcı təsir daha çox olur.

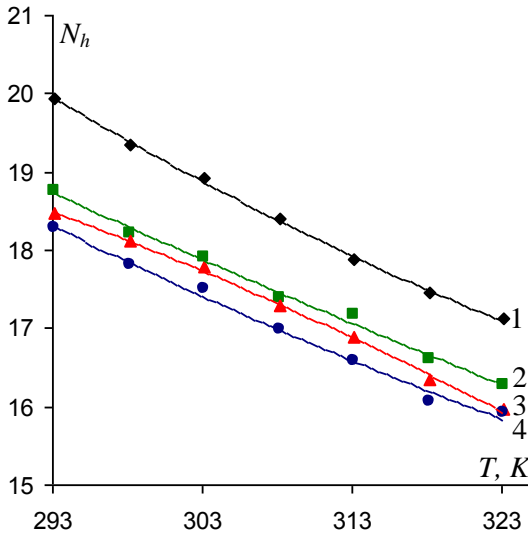
Su-PEQ-duz sistemlərində PEQ-in parsial molyar həcmi PEQ-in konsentrasiyasının artması ilə azalır. Hesablamalar göstərir ki, verilmiş temperatur və konsentrasiyada su-PEQ-duz sistemlərində PEQ-in vahid monomer halqasına düşən parsial molyar həcmi PEQ-in molekul kütləsindən asılı deyil. Tədqiq olunan sistemlərdə müxtəlif molekul kütləli PEQ-lərin 293.15K temperaturda vahid monomer halqasına düşən parsial molyar həcmnin orta qiymətinin PEQ-in molyar hissəsindən asılılığını su-PEQ-KCl, su-PEQ-KBr və su-PEQ-KI sistemləri üçün uyğun olaraq $(\tilde{V}/n)_{or}=1907623.2x^2-5694.2x+38.3$, $(\tilde{V}/n)_{or}=2004774.7x^2-5644.4x+37.3$, $(\tilde{V}/n)_{or}=2145252.6x^2-5795.6x+36.5$ ifadələrilə təsvir etmək olur. Su-PEQ sisteminə konsentrasiyaları eyni olan KCl, KBr və ya KI duzlarını ayrı-ayrılıqda əlavə etdikdə duzların konsentrasiyası artdıqca, onların məhlulda parsial molyar həcmələri suda olduğu kimi artır. Alınmış nəticələr PEQ-in su-duz sistemlərinə strukturlaşdırıcı təsir, duzların isə su-PEQ sisteminin strukturuna dağıdıcı təsir (KCl, KBr, KI sırası ardıcılığı ilə) etdiyini göstərir.



Şəkil 3. Su-PEQ (1), su-PEQ-KCl (2), su-PEQ-KBr (3), su-PEQ-KI (4) sistemlərinə özlü axınının aktivləşmə entropiyasının PEQ-in konsentrasiyasından asılılığı ($M_{PEQ}=3000$ q/mol, $T=293.15$ K, $x_{KCl}=x_{KBr}=x_{KI}=0.01$).

Həllolan maddə (PEQ) ilə həlledici (su-duz sistemi) molekulları arasındakı qarşılıqlı təsirləri təsvir etmək və sistemin ümumi fiziki mənzərəsini aydınlaşdırmaq üçün baxılan fraksiyalı PEQ-lərin su-duz mühitində tədqiq olunan temperatur və konsentrasiya oblastında hidratlaşma ədədləri təyin edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, nisbətən böyük molekul kütləsinə malik olan PEQ daha çox hidratlaşır, temperaturdan asılı olaraq isə PEQ-in hidratlaşma ədədi azalır və bu azalma KCl, KBr, KI sırasına uyğun nisbətən artır (şəkil 4). Sözsüz ki, PEQ makromolekulunun suda və su-PEQ-duz sistemlərində hidratlaşma prosesləri bir-birindən müəyyən qədər fərqlənəcək. Buna səbəb su-PEQ-duz sistemlərində ionların (uyğun olaraq K^+ və Cl^- , K^+ və Br^- , K^+ və I^-) olması nəticəsində əlavə olaraq elektrostatik qarşılıqlı təsir qüvvələrinin olmasıdır. Qeyd edək ki, hidratlaşma prosesi zamanı makromolekulun su ilə təmas səthinin sahəsi, quruluşu,

konfigurasiyası və hidrogen rabitələri yaratma qabiliyyəti böyük rol oynayır. Müxtəlif fraksiyalı PEQ-lər üçün su-PEQ-duz sistemlərində $\Delta G_{\eta}^{\neq}(x)$, $\Delta H_{\eta}^{\neq}(x)$, $\Delta S_{\eta}^{\neq}(x)$, $\tilde{V}(x)$ asılılıqları və N_h üçün alınan nəticələr onu göstərir ki, PEQ həm suya, həm də su-KCl, su-KBr və su-KI sistemlərinə strukturlaşdırıcı təsir edir, lakin KCl, KBr və ya KI-in su-PEQ sistemində əlavə edilməsi müvafiq ardıcılıqla PEQ-in strukturlaşdırıcı təsirini bir qədər azaldır. Bu da KCl, KBr və KI duzlarının uyğun ardıcılıqla məhlulun strukturuna göstərdiyi dağıdıcı təsirlə bağlıdır. Alınmış nəticələrə əsasən deyə bilərik ki, duzların (KCl, KBr, KI) su-PEQ sistemlərinin strukturuna göstərdikləri təsir, təmiz suyun strukturuna göstərdikləri təsire oxşardır.



Şəkil 4. Su-PEQ (1), su-PEQ-KCl (2), su-PEQ-KBr (3), su-PEQ-KI (4) sistemlərində PEQ-in hidratlaşma ədədinin temperaturdan asılılığı ($M_{PEQ}=3000$ q/mol, $x_{KCl}=x_{KBr}=x_{KI}=0.01$).

İon elektrik keçiriciliyini tədqiq etməklə sulu məhlullarda struktur xüsusiyyətləri haqqında təsəvvür yaradan bir sıra

kəmiyyətləri hesablamaq mümkündür. Hesablamalar göstərir ki, su-PEQ-duz sistemlərində baxılan duzların ionlarının (K^+ , Cl^- , Br^- , Γ) elektrik keçiricilikləri temperatur artdıqca artır, effektiv radiusları və hidratlaşma ədədləri isə çüzi azalır, həmçinin suda olduğu kimi, su-PEQ mühütində də $r_{ef}(Cl^-) > r_{ef}(\Gamma) \geq r_{ef}(Br^-)$, $N_h(Cl^-) > N_h(Br^-) > N_h(\Gamma)$ olur. Cl^- , Br^- , Γ ionları üçün λ_-^0 , r_{ef} və N_h kəmiyyətlərinin yuxarıdakı ardıcılığa uyğun düzülüşü ionların hidratlaşması prosesilə izah edilə bilər. Müəyyən olunmuşdur ki, baxılan temperatur oblastında tədqiq olunan ionların elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə parametrləri temperatur artdıqca azalırlar. Aldığımız nəticələr göstərir ki, duzların ionlarının elektrik keçiriciliyi, effektiv radiusları və hidratlaşma ədədləri suya nisbətən su-PEQ məhlulunda daha kiçik olur. Götürülmüş temperaturda molyar hissəsi $x_{PEQ}=0.0002$, molekul kütləsi isə 4000 q/mol olan PEQ-in suda məhlulunun özlülüyü (20°C -də $\eta=1.375 \text{ mPa}\cdot\text{san}$), suyun özlülüyünə (20°C -də $\eta=1.0020 \text{ mPa}\cdot\text{san}$) nisbətən daha böyükdür. Odur ki, su-PEQ mühütində ionların miqrasiyası suda olduğu hala nisbətən müəyyən qədər ləngiyir. Buna görə də, $\lambda_-^0(\text{su-PEQ-ion}) < \lambda_-^0(\text{su-ion})$ olur. Qeyd edək ki, su-duz sistemlərində yalnız ionlar hidratlaşdırsa, su-PEQ-duz sistemlərində həm ionlar, həm də PEQ makromolekulları da hidratlaşır. Bu səbəbdən də, $r_{ef}(\text{su-PEQ-ion}) < r_{ef}(\text{su-ion})$, $N_h(\text{su-PEQ-ion}) < N_h(\text{su-ion})$ olur. Həmçinin hesab edirik ki, bu münasibətlərin yaranmasına PEQ makromolekulları ilə duz ionları arasında yaranan qarşılıqlı təsirlər də müəyyən qədər səbəb olur. Aldığımız nəticələr göstərir ki, $\Delta G_\lambda^\ddagger$, $\Delta H_\lambda^\ddagger$ və $\Delta S_\lambda^\ddagger$ parametrləri su-PEQ-duz sistemlərində, su-duz sistemlərinə nisbətən daha böyük olur. Düşünürük ki, bunun səbəbi PEQ-in su-duz sisteminə göstərdiyi strukturlaşdırıcı təsirlə bağlıdır.

Çox sərt zəncirli polimer yumaqları, müxtəlif həlledicilərin duru məhlullarında yaxın forma və ölçülərə malik olurlar. Belə polimerlərin müxtəlif həlledicilərdə məhlullarının xarakteristik özlülükləri və Haggins sabitləri demək olar ki, eyni olur. Mütəhərrik zəncirli polimerlər isə müxtəlif həlledicilərdə fərqli forma və ölçülərə malik olurlar, həmçinin xarakteristik özlülüklərin və Haggins sabitlərinin qiymətləri bir-birilərdən əhəmiyyətli dərəcədə

fərqlənir. Odur ki, məhlulların xarakteristik özlülüyünün və Haggins sabitinin tədqiqi polimer məhlullarının fiziki-kimyəvi xassələrinin öyrənilməsində olduqca zəruridir. Müəyyən olunmuşdur ki, su-PEQ-duz sistemlərində xarakteristik özlülük PEQ-in molekul kütləsinin artması ilə artır, duzların konsentrasiyasının artması ilə azalır, Haggins sabiti isə əksinə, PEQ-in molekul kütləsi artanda azalır, duzların konsentrasiyası artanda isə artır. Həmçinin duzların təsiri ilə $[\eta](\text{su-PEQ-KCl}) < [\eta](\text{su-PEQ-KBr}) < [\eta](\text{su-PEQ-KI})$ və $K_H(\text{su-PEQ-KCl}) > K_H(\text{su-PEQ-KBr}) > K_H(\text{su-PEQ-KI})$ olur. Güman edirik ki, baxılan fraksiyalı PEQ üçün məhlulun xarakteristik özlülüyünün duzların konsentrasiyasından asılı olaraq azalması, konsentrasiyanın artması ilə PEQ makromolekulunun həcmnin kiçilməsi və məhlulun özlülüyünün azalması nəticəsində olur. Xarakteristik özlülüyün göstərilən düzülüş sırası isə əsasən məhlulda PEQ makromolekullarının həcmi ilə əlaqədardır. Belə ki, makromolekulun həcmi kiçildikdə onun mühitdə fırlanması asanlaşır və nəticədə xarakteristik özlülüyün qiyməti kiçilir. Verilmiş fraksiyalı PEQ üçün, duzların konsentrasiyası artdıqca Haggins sabitinin qiymətinin artması, konsentrasiyadan asılı olaraq PEQ-in su-duz sistemlərində həllolmasının pisləşdiyini göstərir. Bu çox güman ki, məhlulda duzların ionlarının hidratlaşmasının nəticəsində olur. Belə ki, su-PEQ sistemlərində yalnız PEQ makromolekulları hidratlaşdırsa, su-PEQ-duz sistemlərində PEQ makromolekulları ilə yanaşı, həmçinin uyğun olaraq K^+ və Cl^- , K^+ və Br^- , K^+ və I^- ionları da hidratlaşmaya məruz qalırlar. Duzların təsiri ilə Haggins sabitinin yuxarıdakı sırası onu göstərir ki, PEQ üçün su-KCl sistemi su-KBr sisteminə nəzərən, su-KBr sistemi isə su-KI sisteminə nəzərən daha pis həlledicidir. Çox güman ki, bu məhlulda anionların (Cl^- , Br^- , I^-) hidratlaşması ilə əlaqədardır. Belə ki, həm su-duz sistemlərində, həm də su-PEQ-duz sistemlərində Cl^- ionu Br^- -ə, Br^- ionu isə I^- -ə nisbətən daha böyük hidratlaşma ədədinə malikdir.

Mark-Kun-Hauvink düsturuna daxil olan α parametrinin təyin olunmuş qiymətləridən görünür ki, 293.15K temperaturda və duzların baxdığımız konsentrasiya oblastında α , su-PEQ-KCl sistemi üçün (0.71-0.74), su-PEQ-KBr sistemi üçün (0.71-0.77), su-PEQ-KI sistemi üçün isə (0.71-0.78) aralığında qiymətlər alır. Bu isə onu

göstərir ki, PEQ makromolekulu su-duz mühitində ətrafdakı mayenin nüfuz edə bildiyi yumaq formasındadır. α parametri duzların konsentrasiyasının artması ilə müəyyən qədər artır. Bu isə, məhlulda duzların konsentrasiyası artdıqca, PEQ makromolekulyar yumağının az da olsa açılmasını göstərir. Su-PEQ-duz sistemlərində Mark-Kun-Hauvink düsturuna daxil olan α parametrinin qiymətlərinin müqayisəsi göstərir ki, $\alpha(\text{su-PEQ-KCl}) < \alpha(\text{su-PEQ-KBr}) < \alpha(\text{su-PEQ-KI})$ olur. Yəni, PEQ makromolekulu su-KI sistemində su-KBr sisteminə nəzərən, su-KBr sistemində isə su-KCl sisteminə nəzərən daha çox açılır.

Polimerlər böyük ölçülü və elastiki zəncirlərdən ibarət molekulardan təşkil olunduğundan onların məhlullarının xassələri, kiçik molekul kütləli birləşmələrin məhlullarının xassələrindən kəskin fərqlənirlər. Həll olmuş polimer makromolekulları öz daxilində böyük miqdarda həlledici molekulunu saxlayan nizamsız yığılmış yumağı xatırladır. Belə yumağın həcmi, makromolekulun özünəməxsus həcmindən onlarla dəfə böyük olur. Məhlulda makromolekulun xarakteristikalarını müəyyən edən vacib parametrlərdən biri də şişmə əmsəlidir. Müəyyən edilmişdir ki, su-PEQ-duz sistemləri üçün baxılan konsentrasiya oblastında həmişə $\alpha > 0.5$ olur. Bu onu göstərir ki, ideal olmayan həlledicilərdə (su-PEQ-duz məhlulu) həyacanlanmış PEQ makromolekulunun ölçüsü, ideal həlledicilərdə (θ -həlledici) həyacanlanmamış PEQ makromolekulunun ölçüsündən böyükdür. Su-PEQ-duz sistemləri üçün şişmə əmsəli baxılan bütün hallarda $\beta > 1$ olur və PEQ makromolekulunun su-duz sistemlərində şişmə əmsəli PEQ-in molekul kütləsinin və məhlulda duzların konsentrasiyasının artması ilə artır. Məhlulda duzların molyar hissəsi artdıqca β -nin artması yəqin ki, məhlulda duzların ionlarının (uyğun olaraq K^+ və Cl^- , K^+ və Br^- , K^+ və I^-) mənfi hidratlaşmaya malik olması, mühitin özlüklüyünün azalması və makromolekulun konformasiya çevrilməsi (α -nın qiyməti artır) ilə əlaqədardır. Şişmə əmsəlinin qiymətlərinin müqayisəsi göstərir ki, $\beta(\text{su-PEQ-KCl}) < \beta(\text{su-PEQ-KBr}) < \beta(\text{su-PEQ-KI})$ olur. Alınanlar PEQ makromolekulunun su-KI sistemində su-KBr sisteminə nəzərən, su-KBr sistemində isə su-KCl sisteminə nəzərən daha çox şişməsini göstərir.

Su-PEQ-duz sistemlərində həyacanlanmış və bu sistemlərə uyğun seçilmiş θ -həllədicidə həyacanlanmamış PEQ makromolekullarının ölçülərinin təyin etdiyimiz qiymətləri göstərir ki, həm su-PEQ-duz sistemlərində həyacanlanmış, həm də bu sistemə uyğun seçilmiş θ -həllədicidə həyacanlanmamış PEQ makromolekulunun zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə PEQ-in molekul kütləsinin artması ilə artır, məhlulda duzların konsentrasiyasının artması ilə azalır. Yəqin ki, duzların konsentrasiyası artdıqca $\langle h \rangle$ və $\langle h_\theta \rangle$ parametrlərinin azalması PEQ-in hidratlaşma ədədinin azalması və makromolekulyar yumağın həcmnin kiçilməsilə bağlıdır. PEQ makromolekulu zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə duzların təsiri ilə $\langle h \rangle$ (su-PEQ-KCl) $< \langle h \rangle$ (su-PEQ-KBr) $< \langle h \rangle$ (su-PEQ-KI) və $\langle h_\theta \rangle$ (su-PEQ-KCl) $> \langle h_\theta \rangle$ (su-PEQ-KBr) $> \langle h_\theta \rangle$ (su-PEQ-KI) olur. Bu onu göstərir ki, PEQ makromolekulu zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə su-PEQ-KCl sistemində su-PEQ-KBr-ə nisbətən, su-PEQ-KBr sistemində isə su-PEQ-KI-ə nisbətən daha kiçikdir. Bu hal θ -həllədicilərdə əksinə olur.

Polimer zəncirinin mütəhərrikiyi polimerlərin xassələrinə (məsələn, həll olmasına) çox güclü təsir göstərir. Asanlıqla birbirindən ayrılan mütəhərrik makromolekullar böyük sürətlə həllədiçi molekulları arasına diffuziya edir. Su-PEQ-duz sistemlərində həyacanlanmış və bu sistemlərə uyğun seçilmiş θ -həllədicidə həyacanlanmamış PEQ makromolekulunun Kun seqmentinin uzunluğunun hesablanmış qiymətlərinə əsasən müəyyən olunmuşdur ki, su-PEQ-duz sistemlərində həyacanlanmış PEQ makromolekulunun Kun seqmentinin uzunluğu PEQ-in molekul kütləsi artdıqca artır, məhlulda duzların konsentrasiyası artdıqca isə azalır. θ -həllədicidə isə həyacanlanmamış PEQ makromolekulu üçün Kun seqmentinin uzunluğu PEQ-in molekul kütləsindən asılı olmur və duzların konsentrasiyası artdıqca azalır. Kun seqmentinin uzunluğu üçün aldığımız qiymətlərə əsaslanaraq deyə bilərik ki, suda olduğu kimi, su-PEQ-duz sistemlərində də, PEQ mütəhərrik polimerdir. Su-PEQ sisteminə ayrı-ayrılıqda KCl, KBr və KI əlavə etdikdə uyğun olaraq yaranan K^+ və Cl^- , K^+ və Br^- , K^+ və I^- ionları

hidratlaşır, PEQ makromolekulunun hidratlaşma ədədi azalır və ölçüləri kiçilir, nəticədə su və PEQ molekulları arasındakı qarşılıqlı təsirlər zəifləyir. Hesab edirik ki, bu səbəblərdən su-PEQ-duz sistemində və θ -həllədicidə duzların konsentrasiyası artdıqca PEQ makromolekulunun mütəhərriqliyi artır, yəni A və A_θ azalır. Duzlar Kun seqmentinin uzunluğuna $A(\text{su-PEQ-KCl}) < A(\text{su-PEQ-KBr}) < A(\text{su-PEQ-KI})$ və $A_\theta(\text{su-PEQ-KCl}) > A_\theta(\text{su-PEQ-KBr}) > A_\theta(\text{su-PEQ-KI})$ sırasına uyğun təsir edirlər. Bu onu göstərir ki, PEQ makromolekulu zəncirinin mütəhərriqliyi su-PEQ-KCl sistemində su-PEQ-KBr-ə nisbətən, su-PEQ-KBr sistemində isə su-PEQ-KI-ə nisbətən daha çoxdur. Bu sistemlərə uyğun seçilmiş θ -həllədicilərdə isə əksinə olur.

Su-PEQ-duz sistemlərində PEQ makromolekulunun ölçülərini və konformasiyasını xarakterizə edən kəmiyyətlərin duzların təsiri ilə dəyişməsində müşahidə olunan qanunauyğunluqları belə bir modelə əsaslanaraq izah etmək olar. Su-PEQ sisteminə ayrı-ayrılıqda KCl, KBr və ya KI əlavə etdikdə baxılan halda duzların konsentrasiyası (0-0.05 molyar hissə) və PEQ-in konsentrasiyası (0-5 q/dl) oblastında dəyişdiyi üçün məhlullarda ionların sayı PEQ makromolekullarının sayından xeyli çox olur. Tədqiq olunan duzların ionlarının effektiv radiuslarının PEQ makromolekulunun ölçüsündən kifayət qədər kiçik olduğunu nəzərə alsaq güman edə bilərik ki, PEQ makromolekulyar yumağının daxilində uyğun olaraq hidratlaşmış K^+ , Cl^- , Br^- , I^- ionları da ola bilər. Onda ehtimal edirik ki, molekulyar yumağın içərisindəki hidratlaşmış ionun ətrafında olan su molekulları ionla ion-dipol qarşılıqlı təsirdə, bəzi su molekulları isə eyni zamanda PEQ makromolekulu ilə hidrogen rabitəsilə qarşılıqlı təsirdə olurlar. Güman edirik ki, hidratlaşmış ionlar ion-dipol qarşılıqlı təsiri ilə su molekullarını, su molekulları isə öz növbəsində hidrogen rabitəsilə PEQ makromolekuluna təsir edərək onun həcmi kiçiltməyə çalışır. Bu mülahizənin doğruluğu özünü $[\eta]$ və $\langle h \rangle$ -in qiymətlərində göstərir. Belə ki, baxılan bütün hallarda $[\eta](\text{su-PEQ}) > [\eta](\text{su-PEQ-duz})$ və $\langle h \rangle(\text{su-PEQ}) > \langle h \rangle(\text{su-PEQ-duz})$ olur. Şübhəsiz ki, alınan bərabərsizliyə K^+ ionları da öz payını verir. Güman edirik ki, Cl^- ionu ilə müqayisədə Br^- , Br^- ionu ilə müqayisədə isə I^- daha zəif

hidratlaşmaya malik olduğundan, $[\eta]$ və $\langle h \rangle$ -in qiyməti su-PEQ-KCl sistemində su-PEQ-KBr-ə nisbətən, su-PEQ-KBr sistemində isə su-PEQ-KI-ə nisbətən kiçik olur. Qeyd edək ki, bu model duzların, məhlulda PEQ-in parsial molyar həcmində ($\tilde{V}(\text{su-PEQ}) > \tilde{V}(\text{su-PEQ-KCl}) > \tilde{V}(\text{su-PEQ-KBr}) > \tilde{V}(\text{su-PEQ-KI})$) və hidratlaşma ədədinə ($N_h(\text{su-PEQ}) > N_h(\text{su-PEQ-KCl}) > N_h(\text{su-PEQ-KBr}) > N_h(\text{su-PEQ-KI})$) təsirini də uğurla izah edir.

Nəticə

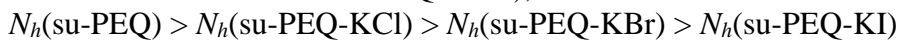
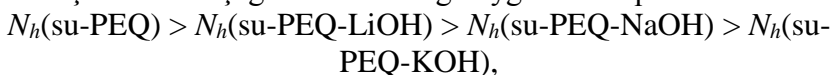
1. Mayelərdə özlü axın prosesi ilə əlaqədar yeni yanaşma təklif edilmişdir. Özlü axın prosesində iştirak edən molekul əldə etdiyi əlavə enerji hesabına bir haldan digər hala keçməsi üçün iki mərhələni keçməlidir. Birinci mərhələdə əlavə enerjinin bir hissəsi molekulun ətrafındakı digər molekullarla mövcud olduğu rabitələrin qırılmasına (molekulun azad olmasına) sərf olunur. İkinci mərhələdə isə əlavə enerjinin yerdə qalan hissəsi (sərbəst hissəsi) kinetik enerji şəklində molekulun digər hala keçməsi üçün görülən işə sərf olunur.

2. Qələvilərin (LiOH, NaOH, KOH) sulu məhlullarının 283.15-333.15 K temperatur və 0-0.07 molyar hissə konsentrasiyası intervalında dinamik özlülüyünün və sıxlığının təcrübi qiymətləri əsasında özlü axınının aktivləşmə parametrləri və məhlulda qələvilərin parsial molyar həcmələri təyin edilmişdir. Alınmış nəticələr göstərir ki, 293.15 K temperaturda məhlulda konsentrasiyanın $x \approx 0.03$ qiymətinə kimi LiOH-ın, $x \approx 0.02$ qiymətinə kimi isə NaOH-ın parsial molyar həcmi mənfi olur, KOH-ın parsial molyar həcmi isə baxılan bütün hallarda müsbət olur. Müəyyən olunmuşdur ki, hər üç qələvi konsentrasiyanın artması ilə suyun strukturuna dağıdıcı təsir göstərir və bu təsir LiOH, NaOH, KOH sırasına uyğun ardıcılıqla güclənir.

3. Duzların (KCl, KBr, KI) sulu məhlullarının tədqiq olunan temperatur və konsentrasiya intervalında dinamik özlülüyünün və sıxlığının təcrübi qiymətləri əsasında özlü axınının aktivləşmə parametrləri və məhlulda duzların parsial molyar həcmələri təyin olunmuşdur. Həmçinin KCl, KBr və KI-in sulu məhlullarının İQ

oblastda udma spektrlərinin tədqiqinə əsasən məhlulda su molekulları arasındakı hidrogen rabitəsinin enerjisinin və uzunluğunun müxtəlif konsentrasiyalarda qiymətləri hesablanmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, hər üç duz konsentrasiyanın artması ilə suyun strukturuna dağıdıcı təsir göstərir və bu təsir KCl, KBr, KI ardıcılığına uyğun olaraq güclənir.

4. Məhlulda polimer makromolekulunun hidratlaşma ədədini təyin etmək üçün yeni metod verilmişdir, hidratlaşma ədədinin təyininin yeni ifadəsi alınmışdır. İlk dəfə olaraq bu ifadə ilə su-PEQ, su-PEQ-qələvi və su-PEQ-duz sistemlərində PEQ makromolekulunun hidratlaşma ədədi təyin edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, baxılan bütün hallarda makromolekulun hidratlaşma ədədi temperaturun artması ilə azalır, PEQ-in molekul kütləsinin artması ilə artır. Baxılan sistemlər üçün PEQ makromolekulunun hidratlaşma ədədi aşağıdakı ardıcılığa uyğun olaraq azalır:



5. Müxtəlif molekul kütləli PEQ-lərin sulu məhlullarının 293.15-323.15K temperatur və 0-0.001 molyar hissə konsentrasiyası intervalında dinamik özlülüyünün və sıxlığının təcrübi qiymətləri əsasında özlü axınının aktivləşmə parametrləri və məhlulda PEQ-in parsial molyar həcmələri təyin edilmişdir. Həmçinin müxtəlif molekul kütləli PEQ-lərin sulu məhlullarının İQ oblastda udma spektrlərinin tədqiqinə əsasən məhlulda su molekulları arasındakı hidrogen rabitəsinin enerjisinin və uzunluğunun müxtəlif konsentrasiyalarda qiymətləri hesablanmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, PEQ suya strukturlaşdırıcı təsir göstərir, bu təsir konsentrasiyanın və molekul kütləsinin artması ilə güclənir.

6. Su-PEQ-qələvi (LiOH, NaOH, KOH) və su-PEQ-duz (KCl, KBr, KI) sistemlərinin tədqiq olunan temperatur və konsentrasiya intervalında dinamik özlülüyünün və sıxlığının təcrübi qiymətləri əsasında özlü axınının aktivləşmə parametrləri və məhlulda PEQ-in parsial molyar həcmələri təyin edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, qələvilərin və duzların su-PEQ sistemlərinin strukturuna təsiri suyun strukturuna göstərdikləri təsirlə əlaqədardır.

7. Müəyyən olunmuşdur ki, su-PEQ, su-PEQ-qələvi (LiOH, NaOH, KOH) və su-PEQ-duz (KCl, KBr, KI) sistemlərində götürülmüş temperatur və konsentrasiyada müxtəlif molekul kütləli PEQ - lərin vahid monomer halqasına düşən parsial molyar həcmi molekul kütləsindən asılı deyil. Tədqiq olunan hər bir sistem üçün 293.15K temperaturda PEQ-in vahid monomer halqasına düşən parsial molyar həcmnin orta qiymətinin konsentrasiyadan asılılığını təsvir edən ifadələr alınmışdır.

8. Tədqiq olunan qələvilərin, duzların suda və su-PEQ sistemlərindən ibarət məhlullarında 283.15-333.15K temperatur və 0.001-0.01 mol/l konsentrasiya intervalında xüsusi elektrik keçiriciliyinin təcrübi qiymətləri əsasında ionlarının (Li^+ , Na^+ , K^+ , OH^- , Cl^- , Br^- , I^-) elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə parametrləri, effektiv radiusları və hidratlaşma ədədləri təyin edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, su ilə müqayisədə su-PEQ sistemlərində tədqiq olunan ionların effektiv radiusları kiçilir, hidratlaşma ədədləri azalır və elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə entropiyası artır. İonların hidratlaşma ədədləri və elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə entropiyası kationlar üçün Li^+ , Na^+ , K^+ sırasına, anionlar üçün isə Cl^- , Br^- , I^- sırasına uyğun ardıcılıqla azalır.

9. Müxtəlif molekul kütləli PEQ-lərin suda məhlullarının 293.15-323.15 K temperatur və 0-5 q/dl konsentrasiya intervalında kinematik özlüklüyünün təcrübi qiymətləri əsasında suda və θ -həllədicidə xarakteristik özlülük, Haggins sabiti, Mark-Kun-Hauvink düsturuna daxil olan α parametri, şişmə əmsalı, suda və θ -həllədicidə makromolekul zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə, suda və θ -həllədicidə Kun seqmentinin uzunluğu təyin edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, PEQ makromolekulu su mühitində mütəhərrik zəncirli şişmiş yumaq formasına malik olur. Temperaturun artması ilə PEQ-in suda həll olması yaxşılaşır, PEQ makromolekulu zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə kiçilir, makromolekulun mütəhərrikliyi isə artır.

10. Su-PEQ-qələvi (LiOH, NaOH, KOH) və su-PEQ-duz (KCl, KBr, KI) sistemlərində 293.15 K temperaturda və qələvilərin 0-0,05 molyar hissə, PEQ-in isə 0-5 q/dl konsentrasiya intervalında kinematik özlüklüyünün təcrübi qiymətləri əsasında xarakteristik

özlülük, Haggins sabiti, Mark-Kun-Hauvink düsturuna daxil olan α parametri, şişmə əmsalı, makromolekul zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə və Kun seqmentinin uzunluğu təyin edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, PEQ makromolekulu suda olduğu kimi, su-qələvi və su-duz mühitlərində də mütəhərrik zəncirli şişmiş yumaq formasındadır və bütün hallarda $\beta > 1$ olur.

11. Müəyyən olunmuşdur ki, qələvilərin və ya duzların konsentrasiyasının artması ilə PEQ-in məhlulda həll olması pisləşir, PEQ makromolekulu zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə kiçilir, makromolekulun mütəhərrikliyi isə artır və bu qanunauyğunluqlar qələvilər üçün KOH, NaOH, LiOH sırasına, duzlar üçün isə KI, KBr, KCl sırasına uyğun ardıcılıqla güclənir.

12. Su-PEQ-qələvi (LiOH, NaOH, KOH) və su-PEQ-duz (KCl, KBr, KI) sistemlərinə uyğun seçilmiş θ -həllədicilərdə tədqiq olunan temperaturda və konsentrasiya intervalında xarakteristik özlülük, həyacanlanmamış makromolekul zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə və Kun seqmentinin uzunluğu təyin edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, qələvilərin (duzların) konsentrasiyasının artması ilə θ -həllədicidə PEQ makromolekulu zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə artır (azalır), makromolekulun mütəhərrikliyi isə azalır (artır). θ -həllədicidə qələvilər üçün LiOH, NaOH, KOH sırasına, duzlar üçün isə KCl, KBr, KI sırasına uyğun olaraq PEQ makromolekulu zəncirinin ucları arasındakı orta kvadratik məsafə azalır, makromolekulun mütəhərrikliyi isə artır.

Dissertasiya mövzusu üzrə çap olunmuş elmi işlər

1. Məsimov E.Ə., Həsənov H.Ş., Paşayev B.G., Həsənova N.H. Özlü axının aktivləşmə parametrlərinin təyini üsulları // Bakı Universitetinin Xəbərləri, fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, – 2005, № 2, – s. 123-135.
2. Masimov E.A., Pashayev B.G., Hasanov H.Sh., Ibrahimov Ch.I. Structural features of water solutions of the acetic acid // International Conference Chemical Thermodynamics in Russia, – Kazan: – June 29-July 3, – 2009, – p. 298.

3. Масимов Э.А., Гасанов Г.Ш., Пашаев Б.Г., Ибрагимов Ч.И. Параметры активации ионной электропроводности в водных растворах гидроксидов щелочных // VI Международная научная конференция. Кинетика и механизм кристаллизации. Самоорганизация при фазообразовании, – Иваново, Россия: – 21-24 сентября, – 2010, – с. 294.
4. Məsimov E.Ə., Paşayev B.G., Həsənov H.Ş. Suyun özlü axımının aktivləşmə parametrlərinin temperaturdan və təzyiqdən asılılığı // Bakı Universitetinin Xəbərləri, fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, – 2010, № 3, – s. 109-116.
5. Məsimov E.Ə., Həsənov H.Ş., Paşayev B.G. Maye məhlulların elektrik keçiriciliyi. Monoqrafiya. / – Bakı: AzTU-nun mətbəəsi, – 2011. – 84 s.
6. Масимов Э.А., Гасанов Г.Ш., Пашаев Б.Г. Определение числа гидратации ионов щелочных металлов // XI Международная научная конференция. Проблемы сольватации и комплексообразования в растворах, – Иваново, Россия: – 10-14 октября, – 2011, – с. 121.
7. Масимов Э.А., Гасанов Г.Ш., Пашаев Б.Г., Мусаева С.И. О структурных изменениях в водных растворах полиэтиленгликоля // VII Международная научная конференция «Кинетика и механизм кристаллизации», – Иваново, Россия: – 25-28 сентября, – 2012, – с. 145-146.
8. Масимов Э.А., Гасанов Г.Ш., Пашаев Б.Г. Изменение структуры воды в водных растворах уксусной кислоты в зависимости от концентрации и температуры по данным денситометрии, вискозиметрии и ИК-спектроскопии // Журнал физической химии, – 2013, том 87, № 6, – с. 969-972.
9. Масимов Э.А., Пашаев Б.Г., Гасанов Г.Ш., Мусаева С.И. Молекулярная структура системы вода-КОН-полиэтиленгликоль по данным денситометрии и вискозиметрии // Журнал физической химии, – 2013, том 87, № 12, – с. 2151-2153.
10. Məsimov E.Ə., Paşayev B.G., Həsənov H.Ş., Musayeva S.İ. Su-LiOH sisteminin struktur xüsusiyyətləri // Bakı Universitetinin Xəbərləri, fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, – 2013, № 3, – s. 126-

133.

11. Məsimov E.Ə., Paşayev B.G., Həsənov H.Ş. LiCl, NaCl və KCl-un sulu məhlullarının struktur xüsusiyyətləri // Bakı Universitetinin Xəbərləri, fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, – 2014, № 1, – s. 119-124.

12. Масимов Э.А., Пашаев Б.Г., Гасанов Г.Ш., Гасанов Н.Г. Изучение структуры воды в водных растворах KBr методами вискозиметрии и ИК-спектроскопии // Журнал физической химии, – 2015, том 89, № 7, – с. 1133-1137.

13. Məsimov E.Ə., Paşayev B.G., Həsənov H.Ş. Suyun, ağır suyun və ifrat ağır suyun özlü axınınin aktivləşmə parametrləri və struktur temperaturu // Bakı Universitetinin Xəbərləri, fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, – 2015, № 2, – s. 133-143.

14. Масимов Э.А., Пашаев Б.Г., Гасанов Г.Ш., Гасанов Н.Г. Параметры активации вязкого течения воды, тяжелой воды и сверхтяжелой воды // Успехи современного естествознания. – 2015, №10, – с. 32-35.

15. Məsimov E.Ə., Paşayev B.G., Həsənov H.Ş., Əliyeva X.F., Hətənova B.X. KF, KCl, KBr və KI duzlarının sulu məhlullarında struktur xüsusiyyətləri // Fizikanın aktual problemləri respublika elmi konfransı, – Bakı, BDU: – 17 dekabr, – 2015, – s. 222-225.

16. Məsimov E.Ə., Həsənov H.Ş., Paşayev B.G., Əliyeva X.F. Elektrik keçiriciliyinə görə ionların hidratlaşma ədədinin təyini // Opto, nanoelektronika, kondensə olunmuş mühit və yüksək enerjilər fizikası. BDU-nun Fizika Problemləri İnstitutunun yaradılmasının 10 illiyinə həsr olunmuş Beynəlxalq konfrans. – Bakı, BDU: – 25-26 dekabr, – 2015, – s. 258-262.

17. Məsimov E.Ə., Eyvazov E.Ə., Həsənov H.Ş., Paşayev B.G. Mayelərdə özlü axınınin bəzi xüsusiyyətləri // Bakı Universitetinin Xəbərləri, fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, – 2016, №1, – s. 151-158.

18. Məsimov E.Ə., Həsənov H.Ş., Paşayev B.G. Mayələrin özlülüyü. Dərs vəsaiti. / – Bakı: Ləman Nəşriyyat Poliqrafiya, – 2016, – 285 s.

19. Масимов Э.А., Пашаев Б.Г., Гасанов Г.Ш. Структура водных растворов сахарозы по данным вискозиметрии и ИК-спектроскопии // Журнал физической химии, – 2017, том 91, №

4, – с. 644-647.

20. Məsimov E.Ə., Paşayev B.G., Əhmədova E.İ. Polietilenqlikolun sulu məhlulunda polietilenqlikolun parsial molyar həcmi // II International Scientific Conference of Young Researchers, – Azerbaijan, Baku, Baku Engineering University: – 27-28 April, – 2018, – s. 55-57.

21. Kərimova X.F., Paşayev B.G. KI duzunun sulu məhlulunun özlü axınının aktivləşmə parametrləri və məhlulda KI-in parsial molyar həcmi // Magistrantların və gənc tədqiqatçıların "Fizika və Astronomiya problemləri" Beynəlxalq elmi konfransının materialları, – Bakı, BDU: – 24-25 may, – 2018, – s. 272-274.

22. Masimov E.A., Pashayev B.G., Hasanov H.Sh. Activation parameters for electrical conductivity of Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ and Cs^+ ions in water solutions // Journal of Low Dimensional Systems, – 2018, vol. 2 (1), – p.32-36.

23. Məsimov E.Ə., Paşayev B.G. KCl, KBr və KI duzlarının sulu məhlullarında struktur xüsusiyyətləri // AMEA, Fizika, – 2018, CİLD XXIV, №4, – s. 19-22.

24. Məsimov E.Ə., Paşayev B.G., Həsənov H.Ş. Suda polietilenqlikol makromolekulunun konformasiyasının və ölçülərinin təyini // Bakı Universitetinin Xəbərləri, fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, – 2018, №4, – s. 123-132.

25. Məsimov E.Ə., Paşayev B.G. Su-polietilenqlikol-LiOH, NaOH, KOH sistemlərinin özlü axının aktivləşmə parametrləri və məhlulda polietilenqlikolun parsial molyar həcmi // Bakı Universitetinin Xəbərləri, fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, – 2019, №1, – s. 130-137.

26. Масимов Э.А., Пашаев Б.Г., Гасанов Г.Ш. Вискозиметрическое исследование разбавленных водных растворов полиэтиленгликолей с различной молекулярной массой // Журнал физической химии, – 2019, том 93, № 5, – с. 779-781.

27. Масимов Э.А., Пашаев Б.Г., Гасанов Г.Ш., Гаджиева Ш.Н. Определение конформации и размеров макромолекул полиэтиленгликоля в водных растворах методом вискозиметрии // Журнал физической химии, – 2019, том 93, № 6, – с. 845-849.

28. Paşayev B.G. Su-polietilenqlikol-NaOH sistemlərinin özlü axının aktivləşmə parametrləri və məhlulda polietilenqlikolun parsial molyar həcmi // Bakı Universitetinin Xəbərləri, fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, – 2019, № 2. – s. 112-118.
29. Pashayev B.G. Studying of structural characteristics in Water-Polyethylene Glycol-LiOH, NaOH, KOH systems by viscosimetry and pycnometry methods // Conference Proceedings, Modern Trends In Physics Baku, – 01-03 May, – 2019, – p. 170-174.
30. Masimov E.A., Pashayev B.G., Orujova N.F. The parameters of viscous flow activation of the systems Water-PEG-LiOH and the partial molar volumes of polyethylene glycol in solutions. Conference Proceedings, Modern Trends In Physics Baku, – 01-03 May, – 2019, – p. 191-195.
31. Masimov E.A., Pashayev B.G., Rajabov M.R., Aliyev L.P. Viscosymetric study of aqueous solutions LiOH, NaOH and KOH. Conference Proceedings, Modern Trends In Physics Baku, – 01-03 May, – 2019, – p. 196-200.
32. Paşayev B.G. Su-polietilenqlikol-LiOH, NaOH, KOH sistemlərində struktur xüsusiyyətləri // AJP FİZİKA, – 2019, vol. XXV, №2, section: Az, – s. 18-24.
33. Paşayev B.G. Su-PEQ-KOH sistemlərinin özlü axının aktivləşmə parametrləri və məhlulda PEQ-in parsial molyar həcmi // AJP FİZİKA, – 2019, vol. XXV, №3, section: Az, – s. 3-6.
34. Pashayev B.G. Structural features in systems water-polyethylene glycol -KCl, KBr, KI // AJP FİZİKA, – 2019, vol. XXV, № 3, section: En, – p. 7-14.
35. Paşayev B.G. Su-PEQ-KI sistemlərinin özlü axının aktivləşmə parametrləri və məhlulda PEQ-in parsial molyar həcmi // Bakı Universitetinin Xəbərləri, fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, – 2019, №3, – s. 130-136.
36. Масимов Э.А., Пашаев Б.Г., Раджабов М.Р. Структурные свойства растворов вода-ПЭГ-LiOH, NaOH, KOH по данным вискозиметрии и денситометрии // Журнал физической химии, – 2019, том 93, № 12, – с. 1913-1916.
37. Masimov E.A., Pashayev B.G., Orujova N.F. Viscosymetric and densytometric study in water-PEG-KCl systems // AJP FİZİKA, –

- 2019, vol. XXV, №4, section: En, – p. 3-6.
38. Məsimov E.Ə., Paşayev B.G., Rəcəbov M.R., Əliyev L.P. Su-PEQ-KBr sistemlərində PEQ makromolekulunun konformasiyasının və ölçülərinin təyini // Bakı Universitetinin Xəbərləri, fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, – 2019, № 4. – s. 144-154.
39. Pashayev B.G. Determination of conformation and dimensions of polyethylene glycol macromolecule in the systems water-polyethylene glycol-KOH by viscosimeter method // Journal of Low Dimensional Systems, – 2019, vol. 3 (2), – p. 29-35.
40. Paşayev B.G. Su-polietilenqlikol-KCl sistemlərində polietilenqlikol makromolekulunun konformasiyasının və ölçülərinin viskozimetr metodu ilə təyini // AJP FİZİKA, – 2020, vol. XXVI, №1, section: Az, – s. 11-16.
41. Масимов Э.А., Пашаев Б.Г., Раджабов М.Р. Определение конформации и размеров макромолекул полиэтиленгликоля в системах вода-полиэтиленгликоль-LiOH методом вискозиметрии // Журнал структурной химии, – 2020, том 61, № 6, – с. 932-939.
42. Масимов Э.А., Пашаев Б.Г., Раджабов М.Р. Вискозиметрическое и денситометрическое исследование систем вода-ПЭГ-KBr // Журнал физической химии, – 2020, том 94, № 12, – с. 1909-1915.
43. Масимов Э.А., Пашаев Б.Г., Раджабов М.Р. Определение конформации и размеров макромолекул ПЭГ в системах вода-ПЭГ-NaOH методом вискозиметрии. Журнал физической химии, – 2021, том 95, № 1, – с. 57-62.

Dissertasiyanın müdafiəsi 04 noyabr 2021 -ci il tarixində saat 15⁰⁰-da Bakı Dövlət Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.19 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Bakı şəhəri, Z. Xəlilov küş. 23, əsas bina, Az 1148.

Dissertasiya ilə Bakı Dövlət Universitetinin Elmi Kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Bakı Dövlət Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat _____ 2021-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 29.09.2021

Kağızın formatı: A5

Həcm: 79023

Tiraj: 100