

ӨОЖ 541.64

<sup>1</sup>Р.К. Рахметуллаева\*, <sup>1</sup>Г.А. Мун, <sup>2</sup>Е.М. Шайхутдинов, <sup>2</sup>Ү. Накан, <sup>1</sup>Ж.К. Багитова<sup>1</sup>Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.<sup>2</sup>Қ. Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

\*E-mail: raichan-rach@mail.ru

### **N-изопропилакриламид сополимерлері негізіндегі жартылай өзара енетін торлар**

Жұмыста N-изопропилакриламид (НИПААМ) пен гидроксиэтилакрилат (ГЭА) негізіндегі торлы сополимерлер синтезделіп алынды. Тігілген НИПААМ-ГЭА сополимерлерінің сызықты поликарбон қышқылымен (ПАК) комплекстүзу заңдылықтары анықталды. НИПААМ-ГЭА сополимерлері мен ПАК негізінде жартылай өзара енетін полимерлі торлар алынып және олардың физика-химиялық қасиеттері толығымен зерттелді.

**Түйін сөздер:** 2-гидроксиэтилакрилат, N-изопропилакриламид, термосезімтал полимерлер, полиакрил қышқылы, жартылай өзара енетін торлар, интерполимерлі комплекстер.

R.K. Rakhmetullayeva, G.A. Mun, E.M. Shaikhutdinov, U. Nakan, Zh.K. Bagitova

#### **Semi-interpenetrating network based on N-isopropylacrylamide**

In this paper crosslinked copolymers based on N-isopropylacrylamide (NIPAA) with hydroxyethyl acrylate (HEV) were obtained. The complexation regularities of crosslinked copolymers NIPAA-HEA with linear polyacrylic acid (PAA) were investigated. New semi-interpenetrating networks based on copolymers of NIPAA-HEA with PAA were obtained and their physical and chemical characteristics were studied.

**Keywords:** 2-hydroxyethyl acrylate, N-isopropylacrylamide, thermosensitive polymers, linear polyacrylic acid, semi-interpenetrating networks, interpolymer complexes.

Р.К. Рахметуллаева, Г.А. Мун, Е.М. Шайхутдинов, У. Накан, Ж.К. Багитова

#### **Полувзаимопроникающие сетки на основе N-изопропилакриламида**

В работе получены сшитые сополимеры на основе N-изопропилакриламида (НИПААМ) с гидроксиэтилакрилатом (ГЭА). Исследованы закономерности комплексообразования сшитых сополимеров НИПААМ-ГЭА с линейной полиакриловой кислотой (ПАК). Получены новые полувзаимопроникающие сетки на основе сополимеров НИПААМ-ГЭА с ПАК и изучены их физико-химические характеристики.

**Ключевые слова:** 2-гидроксиэтилакрилат, N-изопропилакриламид, термочувствительные полимеры, линейная полиакриловая кислота, полувзаимопроникающие сетки, интерполимерные комплексы.

### **Кіріспе**

Соңғы жылдары суда еритін гидрофильді полимерлерге және олардың торлы аналогтарына – полимерлі гидрофильдерге ерекше көңіл бөлінуде, олардың өздерінің құрылысында белгілі бір мөлшерде сұйықтықты ұстап тұруға қабілеттілігіне байланысты, композициялық материалдардың ерекше класына жатқызуға болады. Қазіргі таңда гидрофильді полимерлер көптеген практикалық қолданысқа ие: меди-

цинада (эндопротездеудің конструкциялық материалдары, таңғыш заттар, дәрілік заттардың бөлінуін бақылайтын тасымалдағыштар және т.б), ауылшаруашылығы (бүршіктердің сулы режимін реттейтін реагенттер), биотехнология (биологиялық объектілерді тазарту және концентрлеу), робототехника (жасанды бұлшық еттер) және т.б. Зерттеушілер стимул сезімтал полимерлерге ерекше қызығушылық танытуда, олар қоршаған ортаның параметрлерінің, яғни температура, ортаның рН-на, электр өрісіне және т.б.

өзгерісіне жауап ретінде ісінетін және сығылатын полимерлер болып табылады. Мұндай полимерлердің фундаменталдық негізін өңдеу олардың практикада кеңінен қолданылуымен өзекті [1, 2]. Термо- және рН-сезімтал полимерлі торлардың ісінуі, торлардың белгілі бір макротізбегінің гидрофильді – гидрофобты балансы кезінде пайда болады. Алайда, термо- және рН-сезімтал полимерлі гидрогельдердің ортасы, акрилді мономерлер, винилкапролактама және винилпирролидин негізіндегі торлы полимерлерге қарағанда шектеулік.

Осыған байланысты, кеңінен зерттелген және қазірдің өзінде өндірісте қолданылып отырған поликарбон қышқылдарының гидрогельдерін түрлендіру әдістері ерекше қызығушылық туғызады. Бұл олардың сызықты полимерлердің молекулаларымен жартылай өзара енетін торлар (ЖӨЕТ) түзе отырып комплекске түсу қабілеттіліктеріне байланысты жүзеге асады. Мұндай процестер химиялық емес жолдармен жүзеге асып, гидрогельдердің стимулсезімтал қасиеттерін жемісті түрде реттеуге мүмкіндік береді, бұл жағдай жаңа практикалық мүмкіншіліктерді туғызады. Айта кететін жайт, мұндай стимулсезімтал «ақылды» полимерлі жүйелер медицинада (дәрілік заттарды бақыланған түрде бөлу), биотехнологияда (белоктар мен ферменттерді тазалау), мембраналық технологияда (сұйықтарды, газдарды бөлу, микрокапсулалау), электроникада (сенсорлар, датчиктер), робототехникада (жасанды бұлшық еттер), экологиялық мәселелерді шешуде (өндіріс қалдықтарын тазалау және экология апаттарын реабилитациялау) қазірдің өзінде қарқынды түрде қолданылып келеді [3-6].

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университетінің органикалық заттар, табиғи қосылыстар мен полимерлер химиясы және технологиясы кафедрасының қызметкерлері Мун Г.А. басшылығымен басталған жұмыстар көп жылдар бойы осы бағытта жұмыс істеп келеді. Химиялық иницирленген радикалды полимерлену әдісімен N-изопропилакриламид пен 2-гидроксиэтилакрилаттың негізінде суда еритін және ісінетін термосезімтал сополимерлер алынған [7], олардың түзілуінің заңдылықтары тағайындалып, термоиндуцирленген ісіну параметрлері анықталған. Ұсынылған жұмыс осы зерттеулердің заңды жалғасы болып табылады.

### Тәжірибелік бөлім

N-изопропилакриламид (НИПААМ) («Koh-jin», Жапония) фирмасының өнімі құрамындағы тежегіштен, оны 40°C-та гександа қайта кристалдау арқылы тазалап, алынған өнімді бірнеше күн ауада, сосын вакуумде кептірілді.  $T_{\text{балқ.}}$  335-33°C,  $T_{\text{қай.}}$  362 K.

Гидроксиэтилакрилат (ГЭА) («Aldrich», АҚШ) екі ретті вакуумдық айдаумен тазартылған ( $T_{\text{қай.}}$  = 91°C /12 мм. сынап бағанасынан  $n_D^{20}$  = 1,4500). Негізгі өнімнің мөлшері 96%.

N,N-метилен-бис-акриламид (БАА) («Reanal», Венгрия) қосымша тазаланусыз қолданылған.

Азо-бис-изомай қышқылының динитрил (ДАК) «с» маркалы, Aldrich фирмасының (США) таза күйінде қолданылды.

Органикалық еріткіштерді тазалау (этил ацетаты, этил спирті, диэтил эфиірі) стандартты әдістемелер бойынша жүргізілді.

Калий хлориді, натрий гидроксиді «х.ч» маркалы қосымша тазалаусыз қолданылды.

Полиакрил қышқылының (ПАК) 2000, 250000, 450000 әр түрлі молекулалық массасындағы «Sigma» (АҚШ) фирмасының өнімін қосымша тазалаусыз қолдандық.

НИПААМ-ГЭА негізіндегі торлы сополимерлерді заттық иницирлеу жолымен радикалды полимерлену арқылы алынды. Тігуші агент ретінде БАА қолданылды. Синтезді спирттік ерітіндіде молибден шынысынан жасалған ампулада 60°C температурада жүргізілді. Ампуладағы реакциялық қоспаны оттегіден босату мақсатында аргонмен 10-15 мин. уақыт бойында үрледік. Инициатор ретінде ДАК қолданылды.

Жартылай өзара енетін торларды алу үшін тұрақты температурада (298K), тепе-теңдік күйіне дейін ісінген таблетка пішіндес НИПААМ-ГЭА сополимерлері гидрогельдерінің үлгілерін сызықты полиакрил қышқылының белгі бір концентрациясына (25-30 мл) салдық.

Полимерлі гидрогельдердің тепе-тең ісіну дәрежесін төмендегі формуламен есептедік:

$$\alpha = (m - m_0) / m_0, \quad (1)$$

мұндағы:  $m$  – бірқалыпты ісінген полимер үлгісінің массасы;  $m_0$  – геледегі кепкен заттың салмағы.

Полимердегі кепкен заттың мөлшерін үлгілерді вакуум кебезесінде тұрақты салмаққа дейін кептіргеннен кейін өлшенді. Ісіну дәрежесін бірнеше паралель тәжірибелерде жүргізілді.

Комплексе түсу реакциясын зерттеу үшін, суда бірқалыпты ісінген таблетка пішіндес НИПААМ-ГЭА гидрогелінің үлгілерін, берілген жағдайда сызықты ПАҚ полимер ерітіндісіне салынды. Комплексе түсу үрдісі гидрогельдің көлемінің уақыт бойынша өзгеруімен бақыланды. Жұмыс барысында алынған жартылай өзара енетін торлардың рН-сезімталдық қасиеттерін зерттеу үшін, бірқалыпты ісінген диаметрі  $5\div 7$  мм және биіктігі 2-3 мм цилиндр пішіндес полимерлерді суы бар термостатталған ұяшыққа салып, берілген температурада (293К) және рН-та тордың ісіну дәрежесі толық өзгермеген жағдайға дейін ұсталынды. Гельдің көлемінің өзгеруін В-630 катетометрімен өлшеп,  $V/V_0$  қатынасымен бағаланды, мұндағы  $V_0$  – синтез кезіндегі және  $V$  – берілген жағдайда бірқалыпты деңгейде ісінген гидрогель көлемі.

### Нәтижелер және оларды талқылау

Жұмыста термосезімтал СПЛ НИПААМ-ГЭА тігілген гидрогелдерінің полиакрил қышқылымен (ПАҚ) комплекстүзу кинетикасы, интерполимерлік әрекеттесулердің негізгі заңдылықтарына қоршаған ортадағы ерітіндінің концентрациясының, температурасының, рН-ның әсерін зерттеу мақсатында алынған гидрогельдердің ПАҚ сызықты макромолекулаларымен әрекеттесуі зерттелді.

Алдымен бір қалыпты ісінген гидрогельдерді ПАҚ-тің сулы ерітінділеріне салып (әр түрлі буферлерге), олардың уақыт бойынша салыстырмалы көлемдерінің өзгеруін бақылады (1-сурет). Суретте көрсетілгендей орта рН=4.04 болғанда гидрогель үлгілерінің контракция құбылысы байқалады, яғни гидрогельдің көлемінің біршамаға кішірейетіні анықталды. Комплекстүзу ПАҚ-ның иондалмаған топтарының арасында түзілетін сутектік байланыстар және НИПААМ-ГЭА гидрогельдерінің карбонилді оттегі атомы есебінен жүреді, яғни ИПК бастапқы торға қарағанда гидрофобты болады және гидрогельдердің сығылуына алып

келеді. Ал ортаның рН-ы негіздік ортаға ауысқан сайын салыстырмалы көлемнің бастапқыда жиырылып, сосын ісініп, қайта жиырылатыны анықталды.

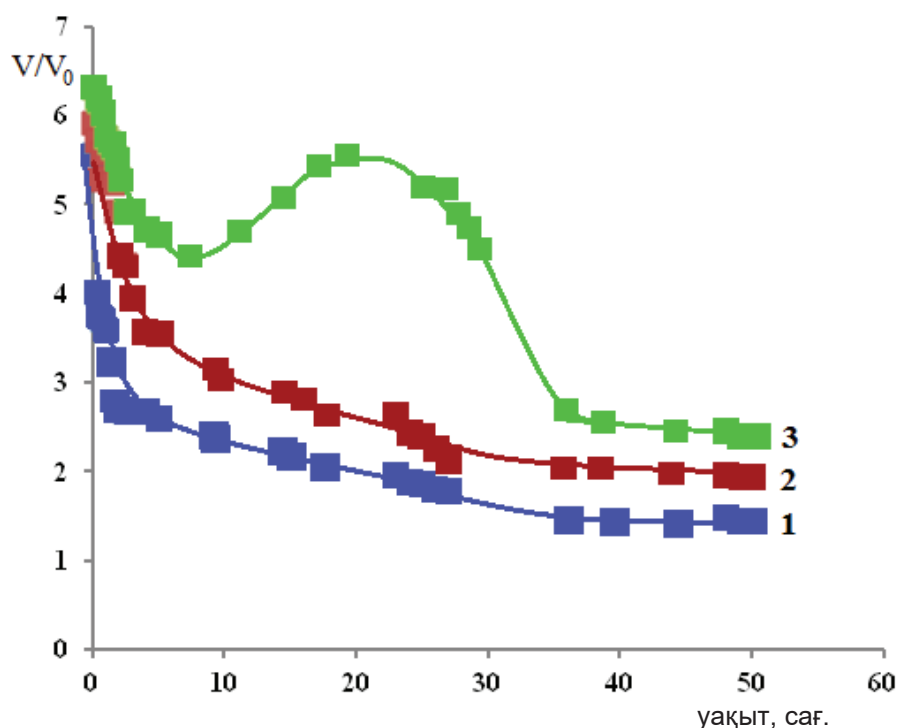
Ортаның рН мәнінің жоғарылауынан сызықты макромолекулалардың гидрогельдердегі және қоршаған ортадағы ерітіндідегі химиялық потенциалдарының айырмасы өсе бастайды да, полимердің көлемінің ішкі бөліктеріне енуіне мүмкіндік жасайды. Бұл кезде ИПК гидрогельдің көлемінің сыртқы аймақтарында да түзіледі. Диффузиялық теория позициясы тұрғысынан полиэлектролиттік гидрогельдің көлемінде ИПК түзілуі негізінен оның ықшамдалуымен жүруі қажет, өйткені ішкі бөліктердегі заряд тығыздығының артуы ісіну қысымының ионды компонентінің шамасына практикалық тұрғыдан әсер етпейді. Сонымен, НИПААМ-ГЭА гидрогелінің сызықты ионды полимер ПАҚ ерітіндісіндегі қасиеттері екі негізгі факторлардың бәсекелестігімен анықталады:

– ПАҚ полимерлерімен комплекстүзу барысында полимер торының тігілу түйіндері арасындағы макротізбек бөліктерінің ықшамдалуымен, бұл гидрогель көлемінің кішірейуіне ықпал етеді;

– Гидрогель-ерітінді шекарасында екі қабат, электр қатпарының жеке бөліктерінде тор зарядының тығыздығының өсуі, бұл полимер торының қосымша ісінуімен жүреді.

Сонымен, осы екі фактордың қайсысы басым болса, ионсыз гель полиэлектролитті сызықты полимермен комплекстүзу барысында қосымша ісінеді немесе контракцияға ұшырайды.

Сутектік байланыстар арқылы ИПК түзілуіне поликарбон қышқылдарының тек иондалмаған топтары қатысатыны белгілі, сондықтан тепе-теңдікті сызықты полимердің ионды топтарының диссоциацияланбаған түріне қарай ығыстыру тек қана тор зарядының тығыздығын төмендетіп қоймайды, сонымен бірге интерполимерлі байланысудың тиімділігін жоғарылатады және полимердің сызықты ПАҚ макромолекулаларымен әрекеттесу барысында қышқыл ортада жоғары дәрежемен коллапсқа ұшырайды, ал нейтрал ортаға ауысқанда НИПААМ-ГЭА негізіндегі торлар ықшамдалу дәрежесі кішкене төмендейді.

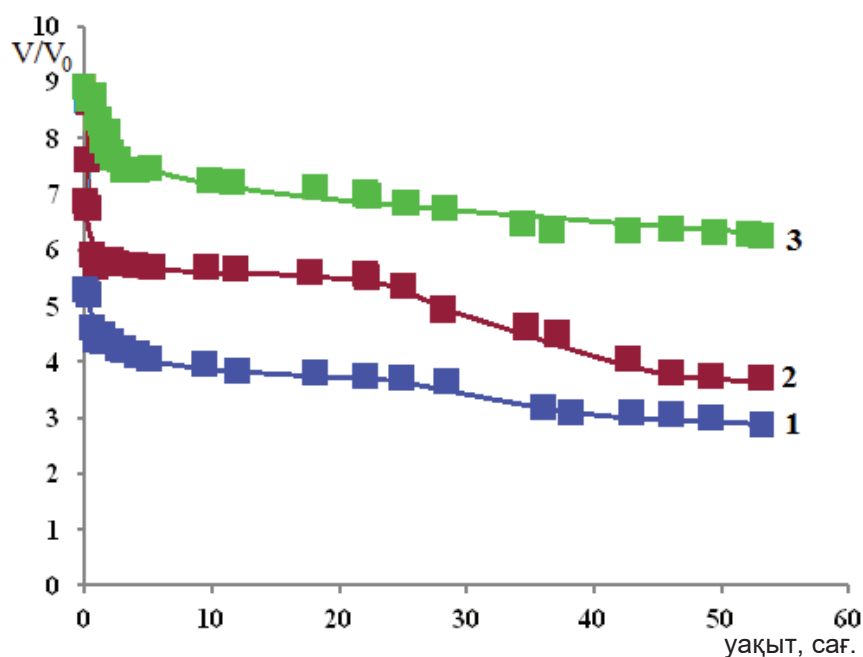


[ПАҚ] = 0,01 моль/л; ММ(ПАҚ) = 250000;  
 БМҚ [НИПААМ-ГЭА] = 50-50 мол.%; рН = 4,04 (1); 6,89 (2); 9,17 (3).

1-сурет – НИПААМ-ГЭА гидрогелінің ПАҚ полимерінің сулы ерітінділеріндегі ісіну параметрлері

Полимерлі гидрогельдің құрамына енетін ПАҚ-тың молекулалық массасы (ММ) артқан сайын (яғни, 2000-нан 450000-ға ауысқанда) суда ісінетін гидрогельдердің сызықты макромолекулалармен әрекеттесу контракциясы жоғары амплитудамен жүретіні анықталып және бұл комплекске түсудің тиімділігін көрсетеді. Сызықты компоненттің молекулалық массасы комплекске түсу үрдісіне және гидрогельдердің ісіну параметрлеріне зор әсер ететіні белгілі. Алынған нәтижелерден (2-сурет) полимердің сұйытылған ерітінділерінде ММ өскен сайын тордың контракциясы байқалады, бұл кезде ауысу амплитудасы сызықты полимердің молекулалық массасымен өседі. Гидрогельдердің сызықты ПАҚ макротізбектерімен мұндай қасиеттерін полиэлектролитті ісінудің диффузиялық теориясы тұрғысынан, синтездеу үрдісінде түзілетін тордың құрылымдық әртектілігін есепке ала отырып интерпретациялауға болады. Шындығында, интерполимерлі комплек-

стер көп жағдайда корбаксил тобының буындарымен байытылған бөліктерде түзіледі және ықшамдалумен жүреді, осының нәтижесінде бұл аймақтарда және гидрогель-ерітінді шекарасында заряд тығыздығы жоғарылайды. Бұл ісінудің электростатикалық компонентінің жоғарылауына әкеледі, және интерполимерлі әрекеттесу үрдісі барысында ісінеді. Ал ПАҚ-тың молекулалық массасын біршамаға үлкейткенде полимерлі тордың салыстырмалы көлемінің ұлғаятыны және өте төмен ММ ие (1-қисық) полимер ерітіндісіне карағанда ММ жоғары сызықты макромолекуласы бар тордың көлемі үлкенірек амплитудаға ауысқаны анықталды. Бұл келтірілген мысалдардан көрінгендей, сызықты полимердің тізбек ұзындығының өсуімен конформациялық ауысулар барынша күрт өзгеріп, олардың амплитудасы өседі. Бұл, шамасы, гель сызықты ПАҚ жүйесіндегі комплекстүзу үрдісінің тиімділігінің артуымен байланысты болса керек.



[ПАК] = 0,01 моль/л; БМК [НИПААМ-ГЭА] = 50-50 мол.%;  
ММ(ПАК) = 2000 (1); 250 000 (2); 450 000 (3).

**2-сурет** – НИПААМ-ГЭА гидрогеляның ПАК полимерінің сулы ерітінділеріндегі ісіну параметрлері

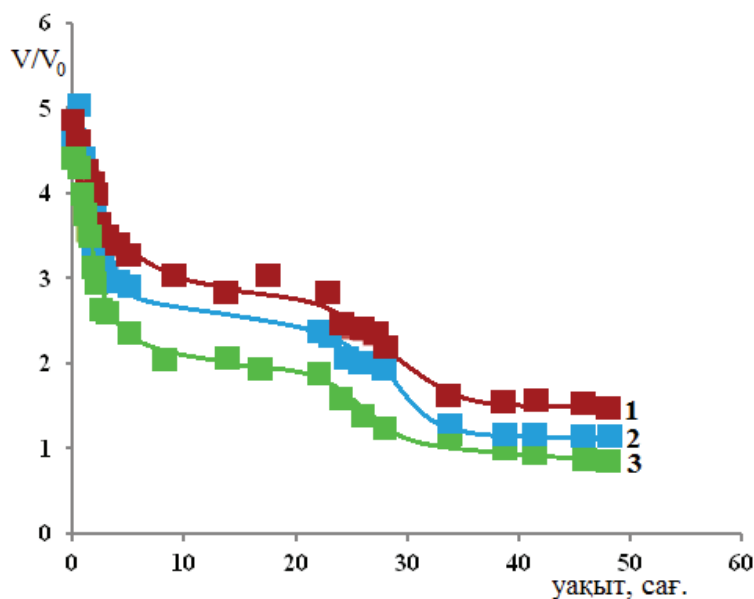
Сонымен қатар, жұмыста ЖӨЕТ-ке ортаның иондық күшінің әсері зерттелді, яғни төмен молекулалық тұздың (NaCl) концентрациясы артқан сайын ЖӨЕТ-тің салыстырмалы көлемінің кішірейетіні анықталған. Бұл еріткіштің термодинамикалық сапасының төмендеуімен және оның СПЛ-ПАК арасындағы түзілген комплексті нығайтуымен түсіндіріледі.

НИПААМ-ГЭА тігілген гидрогельдердің ПАК-пен комплекстүзуі кезінде, гидрогель үлгілерінің бастапқы мономерлік қоспада НИПААМ мольдік үлесі артқан сайын контракция құбылысының артатыны байқалған (3 сурет). НИПААМ мономерлік буынын арттырғанда гидрогельдер одан да қатты сығылуы интерполимерлік комплекстің сутектік байланыстардың ғана үлесінен жүрмей, гидрофобты әрекеттесудің салдарынан болатынына дәлел бола алады.

Жұмыста алынған жаңа ЖӨЕТ-ке температураның әсері зерттелді (4 сурет). Температура өскен сайын гидрогельдердің  $V/V_0$  ( $V_0$  және  $V$  үлгінің синтез кезіндегі және тепе-тең ісіну жағдайындағы көлемдері) өлшемдері монотонды кішірейеді. НИПААМ-ГЭА полимер торларының ионогенді ПАК-пен әрекеттесуінің

арқасында, полимерлі гидрогелдердің термочезімталдық қасиеттерінің модификациялануына әкеліп соғады. Алынған СПЛ/ПАК комплекстерінің температуралық ауысуы таза НИПААМ-ГЭА торларына қарағанда неғұрлым үлкен температуралық аумақта өтетіні анықталды. 4-суретте (3-қисық) көрсетілгендей ИПК түзетін гидрогельдің құрамына енген гидрофильді мономерлік буынның көп болған жағдайында (ГЭА буындары) гидрогель-ПАК арасындағы сутектік байланыстардың температураны жоғарлатқан сайын әлсіреп, гидрофобты әрекеттесудің үдеуінің салдарынан ЖӨЕТ біршама көлемін күшірейтетіні анықталды. Бұл поликомплекс құрамындағы гидрофобты әрекеттесудің үдеп және сутектік байланыстың үзілуімен түсіндіруге болады. Ал, ИПК түзетін гидрогельдің құрамына енген гидрофобты, яғни НИПААМ мономерлік буынның көп болған жағдайында ЖӨЕТ температураға сезімталдығының бәсеңдейтіні анықталды (1, 2-қисық). Ол ЖӨЕТ құрамында интерполимерлі комплекске жауапты ПАК ионсыздануынан және гидрофобты фрагменттердің үдеуінен өте шумақталған құрылымды тордың пайда болуымен түсіндіріледі.





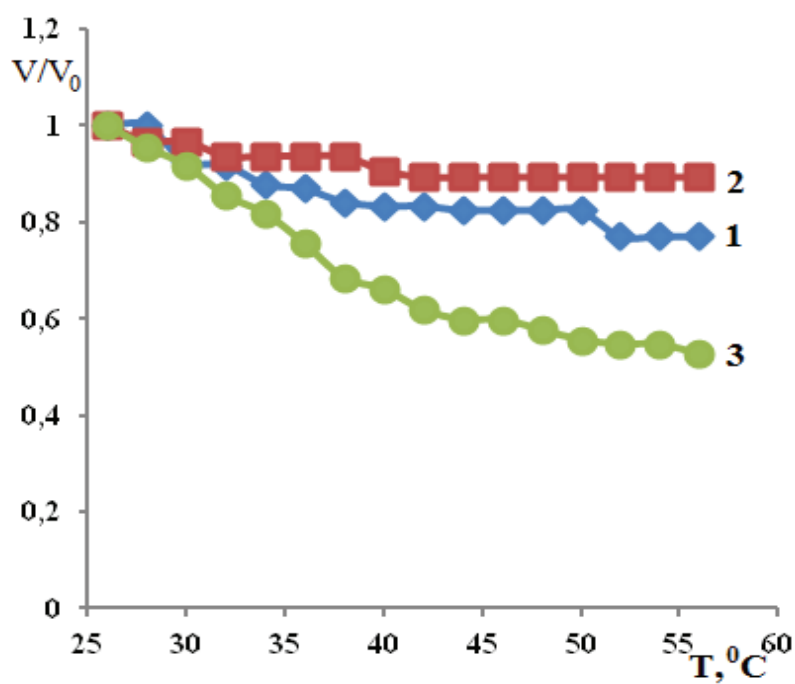
[ПАК] = 0,01 моль/л; ММ(ПАК) = 250000;  
 БМК [НИПААМ-ГЭА] = 30-70 (1); 50-50 (2); 70-30 (3) мол. %.

**3-сурет** – НИПААМ-ГЭА гидрогельдерінің ПАК полимерінің сулы ерітіндісінде ісіну параметрлері

Егер де бастапқы мономерлік қоспадағы НИПААМ буынының көбейуімен алынған ЖӨЕТ температураға әсерін бір суретке топтастыратын болсақ, температура жоғарылаған сайын ЖӨЕТ термосезімталдығы әр қалай өзгеретіні анықталды (4-сурет). Соплимер құрамында НИПААМ буынының мономерлік көлемі 30% және 70% болған кезде алынған ЖӨЕТ температураны жоғарылатқан сайын монотонды түрде өзгеретіні анықталды. Соплимер құрамында НИПААМ аз болған жағдайдағы гидрогельден алынған ЖӨЕТ-те біршама термосезімталдық байқалады. Бұл температура жоғарылаған сайын полимерлер арасында сутектік байланыстардың әлсіреп, гидрофобты әрекеттесудің үдеуінен деп түсіндіріледі. Ал, бастапқы мономерлік қоспада мономер мөлшері 50% болған кезде алынған ЖӨЕТ полимерлер арасындағы интерполимерлік комплекстің температураға әлде қайда тұрақтылығы байқалды.

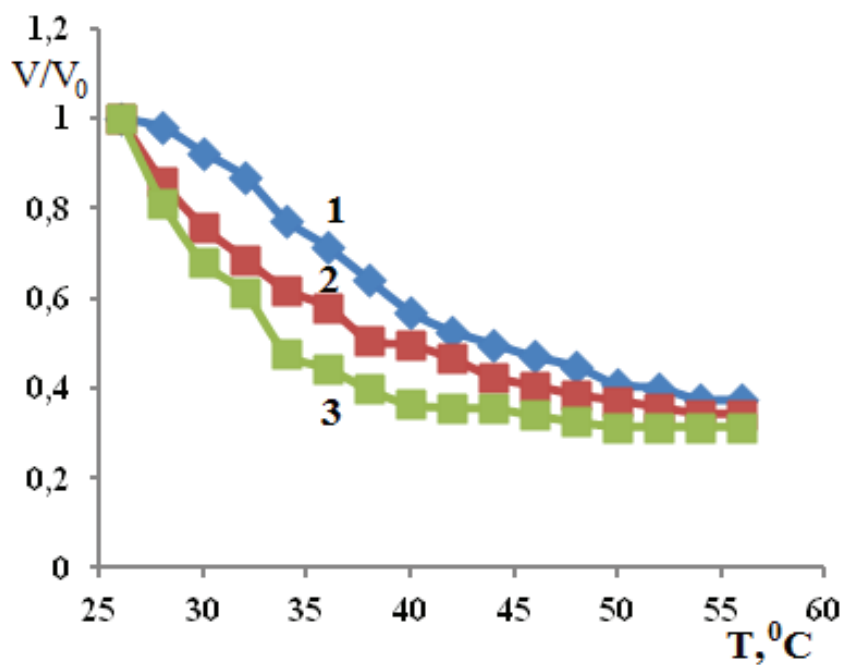
Жұмыста, сонымен қатар, өзара енетін торлар да (ӨЕТ) алынды, ол үшін бастапқы синтездеу барысында реакциялық қоспаға ПАК-тың сулы ерітіндісі қосылып алынды. Екі немесе бірнеше полимерлердің қоспаларын немесе өзара енетін торларды және т.б. алу полимерді түрлендірудің экономикалық жағынан арзан жолы болып табылады. Мұндай жүйелердің

қасиеттері, оларды бұйымға өңдеу бастапқы компоненттердің өзара сиымдылығы мен өзара сиымсыздығына, сонымен бірге композицияларды дайындау кезіндегі фазалық бөлінудің механизміне байланысты түзілетін құрлымына тәуелді. Жұмыста алынған өзара енетін торға температураның әсері зерттелді. Егер де бастапқы мономерлік қоспадағы НИПААМ буынының көбейуімен алынған өзара енетін торлардың температураға әсерін бір суретке топтастыратын болсақ, температура жоғарылаған сайын ӨЕТ термосезімталдығы әр қалай өзгеретіні анықталды (5-сурет). Соплимер құрамында НИПААМ буынының мономерлік көлемін жоғарылатсақ, алынған ӨЕТ температураны жоғарлатқан сайын амплитудасының монотонды түрде өзгеретіні анықталды. Соплимер құрамында НИПААМ көп болған жағдайдағы гидрогельден алынған ӨЕТ-те біршама термосезімталдық байқалады, бұл температура жоғарлаған сайын полимерлер арасында сутектік байланыстардың әлсіреп, гидрофобты әрекеттесудің үдеуінен деп түсіндіріледі. Ал, бастапқы мономерлік қоспада мономер мөлшері 30% болған кезде алынған ӨЕТ полимерлер арасындағы интерполимерлік комплекстің температураға әлде қайда тұрақтылығы байқалды.



ММ(ПАК) = 250000; ЖӨЕТ [НИПААМ-ГЭА]/[ПАК];  
 [НИПААМ-ГЭА] = 70-30 (1); 50-50 (2); 30-70 (3) мол. %.

4-сурет – Жартылай өзара енетін торға температураның әсері

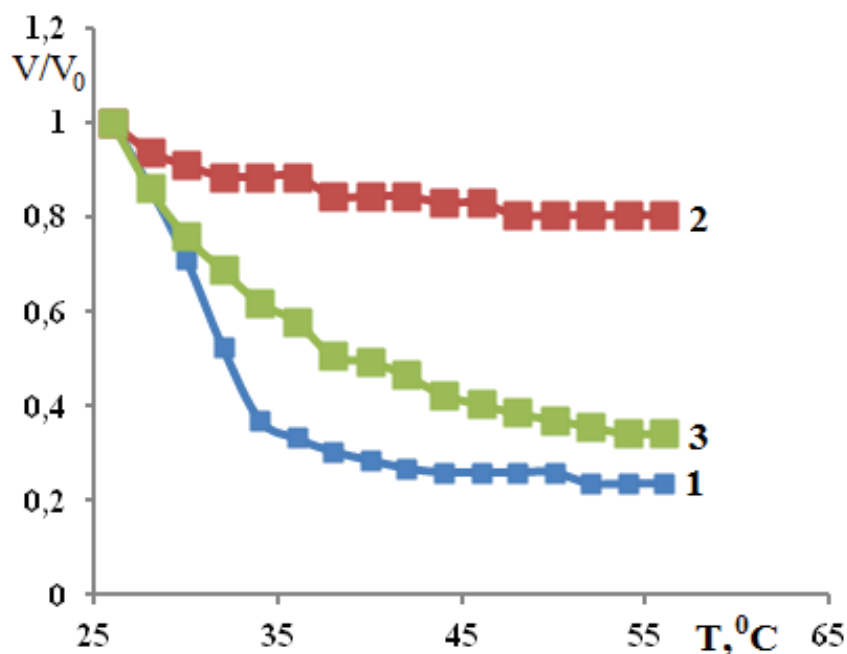


ММ(ПАК) = 250000; ӨЕТ [НИПААМ-ГЭА]/[ПАК];  
 [НИПААМ-ГЭА] = 30-70 (1); 50-50 (2); 70-30 (3) мол. %.

5-сурет – Өзара енетін торға температураның әсері

Жұмыста сополимер құрамында НИПААМ бастапқы мономерлік буыны 50% болғанда алынған өзара енетін, жартылай өзара енетін және полимерлі гидрогельдің температураны жоғарылатқандағы көлемінің өзгерісі зерттелді. 6-суретте көрсетілгендей, жартылай өзара енетін тордың басқаларға қарағанда

температураға сезімталдығының жойылытыны байқалады. Бұл гидрогель-полимер (НИПААМ-ГЭА)/(ПАҚ) торлары полиэлектролиттік қасиет көрсетеді (1 қисық), яғни бұл тор құрамына енген ПАҚ диссоциациялануының, гидрофобты әрекеттесудің төмендеуімен және сутектік байланыстың үзілуімен түсіндіруге болады.



ММ(ПАҚ) = 250000; ЖӨЕТ (1); ОЕТ (2); БМҚ [НИПААМ-ГЭА] = 50-50 (3) мол. %.

6-сурет – НИПААМ-ГЭА негізіндегі торларға температураның әсері

## Қорытынды

Қорыта келе, жұмыста N-изопропилакриламид пен гидроксиэтилакрилат сополимерлері гидрогельдерінің сызықты ПАҚ-

мен әрекеттесуі арқылы сутектік байланыс пен гидрофобтық әрекеттесулер арқылы тұрақтандырылған жартылай өзара енетін торлар алынды. НИПААМ-ГЭА сополимерлері мен ЖӨЕТ-ға температураның әсері зерттелді.

## Әдебиеттер

- 1 Филиппова О.Е. «Восприимчивые» полимерные гели // Высокомолек. соед. – 2000. – Т. 42, №12. – С. 2328-2352.
- 2 Рахметуллаева Р.К., Нуркеева З.С., Мун Г.А., Шайхутдинов Е.М. Комплексы новых термочувствительных сополимеров N-изопропилакриламида и винилового эфира этиленгликоля с высоко- и низкомолекулярными соединениями // Вестник КазНУ. Серия хим. – 2007. – №1 (45). – С. 231-235.
- 3 Wasserman A.M., Yasina L.L., Aliev I.I., Doseva V., Baranovsky V.Y. Molecular structure and dynamics of poly(methacrylic acid) and poly(acrylic acid) complexes with dodecyl-substituted poly(ethylene glycol) // Coll. Polym. Sci. – 2007. – Vol. 32. – P.402-406.
- 4 Ануфриева Е.В., Краковяк М.Г., Лущик В.Б., Шевелева Т.В. Влияние α-метильных групп на комплексообразующие свойства и структурные переходы в макромолекулах (со)полимеров N-изопропилакриламида и N-изопропил(мет)акриламида в водных средах // Высокомолек. соед. – 2002. – Т. 44Б, №9. – С. 1578-1581.



5 Lu X., Hu Z., Schwartz J. Phase transition behavior of hydroxypropylcellulose under interpolymer complexation with poly(acrylic acid) // *Macromolecules*. – 2002. – Vol. 35. – P. 9154-9168.

6 Liu, L.1, Sheardown, H. Glucose permeable poly (dimethyl siloxane) poly (N-isopropyl acrylamide) interpenetrating networks as ophthalmic biomaterials // *Biomaterials*. – 2005. – Vol. 2. – Issue 3. – P. 233-244.

7 Нақан Ұ., Рахметуллаева Р.Қ. Нанoeлектроникада қолдану мақсатындағы жаңа термосезімтал полимерлер // Материалы V Международной Школы молодых физиков «Космос, наука, нанотехнологии». – Алматы, 2011. – С. 253-256.

### References

1 Philippova O.E. “Susceptible” polymer gels [«Vospriimchivye» polimernye geli]. *Vysokomolekulyarnye soedineniya – Polymer Science*, 2000, 42(12). P. 2328-2352.

2 Rakhmetullaeva R.K., Nurkeeva Z.S., Mun G.A., Shaikhutdinov Ye.M. Complexes of new temperature-sensitive copolymers of N-isopropylacrylamide and ethylene vinyl ester with high and low molecular weight compounds [Kompleksy novykh termochuvstvitel'nykh sopolimerov N-izopropilakrilamida i vinilovogo ephira etilenglikolya s vysoko- i nizkomolekulyarnymi soedineniyami]. *Vestnik KazNU, ser khim – KazNU Bulletin, Chem ser.*, 2007, 1 (45). P. 231-235.

3 Wasserman A.M., Yasina L.L., Aliev I.I., Doseva V., Baranovsky V.Y. Molecular structure and dynamics of poly(methacrylic acid) and poly(acrylic acid) complexes with dodecyl-substituted poly(ethylene glycol). *Coll. Polym. Sci.*, 2007, 32. P. 402-406.

4 Anufrieva E.V., Krakovyak M.G., Lucshik V.B., Sheveleva T.V. Effect of  $\alpha$ -methyl groups on the complexing properties and structural transitions in macromolecules (co) polymers of N-isopropylacrylamide and N-isopropyl (meth) acrylamide in aqueous media [Vliyaniye  $\alpha$ -metil'nykh grupp na kompleksobrazuyushchie svoystva i strukturnye perekhody v makromolekulakh (so)polimerov N-izopropilakrilamida i N-izopropil(met)akrilamida v vodnikh sredakh]. *Vysokomolekulyarnye soedineniya – Polymer Science*, 2002, 44 B(9). P. 1578-1581.

5 Lu X., Hu Z., Schwartz J. Phase transition behavior of hydroxypropylcellulose under interpolymer complexation with ploy(acrylic acid) *Macromolecules*, 2002, V. 35. P. 9154-9168.

6 Liu, L.1, Sheardown, H. Glucose permeable poly (dimethyl siloxane) poly (N-isopropyl acrylamide) interpenetrating networks as ophthalmic biomaterials. *Biomaterials*, 2005, 2 (3). P. 233-244.

7 Nakan U., Rakhmetullaeva R.K.. New thermosensitive polymers for use in nanoelectronics [Nanoelektronikada koldanu maksatyndagi zhana termosezimtal polimerler]. *Proceedings of the V International School for Young Physicists “Space, Science, Nanotechnology” [Materialy V Mezhdunarodnoi Shkoly molodykh phizikov «Kosmos, nauka, nanotekhnologii»]*, Amaty, 2011. P. 253-256.