

Рахметуллаева Р.К., Мун Г.А.,
Елігбаева Г.Ж., Ажкеева А.,
Әбутәліп М., Едігеева А.Ғ.

**Этилакрилат және
2-гидроксиэтилакрилат
негізіндегі жаңа үлдірлі
материалдардың физико-
химиялық қасиеттерін зерттеу**

¹Rakhmetullayeva R.K.,
¹Mun G.A., ²Eligbaeva G.Zh.,
²Azhkeeva A., ¹Abutalip M.,
¹Edigeeva A.G.

¹al-Farabi Kazakh National University,
Almaty, Kazakhstan
²K. Satpaev Kazakh National Technical
University, Almaty, Kazakhstan

**Study of physico-chemical
properties of the new film-type
material based on ethyl acrylate
and 2-hydroxyethyl acrylate**

¹Рахметуллаева Р.К., ¹Мун Г.А.,
²Елігбаева Г.Ж., ²Ажкеева А.,
¹Абутәліп М., ¹Едігеева А.Ғ.

¹Казахский национальный
университет им. аль-Фараби,
г. Алматы, Казахстан
²Казахский национальный
технический университет
им. К. Сатпаева, г. Алматы,
Казахстан

**Изучение физико-химических
свойств новых пленочных ма-
териалов на основе этилакрила-
та и 2-гидроксиэтилакрилата**

Соңғы кезде зерттеушілерді гидрофильді полимер негізіндегі дәрілік заты бар суда ісінетін комплекстер және үлдірлі материалды комплекстер түзе алуы, осы комплекстерді медицинада қолдана алу мүмкіндігі үлкен қызуғышылықты тудырып отыр. Полимерлі үлдірлердің құрамынан дәрілік заттың қадағаланып шығу мүмкіндігінің нәтижесінде және уыттылық қасиетті төмендетуіне байланысты олар дәрілік заттың тиімді тасымалдаушысы, орау материалы ретінде қазірдің өзінде қолданылып келе жатыр. Жұмыста поливинил спиртіне (ПВС) 2-гидроксиэтилакрилат (ГЭА) пен этилакрилат (ЭА) мономерлерін жалғау арқылы дәрілік затты тасымалдайтын жаңа үлдірлі материалдар алынды. Үлдірлердің алыну жолдары және сыртқы ортаның параметрлеріне тәуелді олардың физико-химиялық қасиеттері зерттелді. Термоөңдеудің мәні өскен сайын алынған композициялық материалдардың ісіну дәрежесі мен еру қабілетінің төмендейтіні анықталды. ГЭА-ЭА негізіндегі үлдірлердің беткі морфологиясы, термиялық қасиеттері сканерлеуші электронды микроскопия, термогравиметриялық талдау және дифференциалды сканерлеуші калориметрия әдістері көмегімен зерттелді. Үлдірлердің беттік қабаты тегіс, әрі көпіршіксіз болып келетіні анықталды.

Түйін сөздер: 2-гидроксиэтилакрилат; этилакрилат; поливинил спирті; үлдірлі материалдар; термоөңделулер; сканерлеуші электронды микроскопия; термогравиметриялық талдау; дифференциалды-сканерлеуші калориметр.

During recent years the complexes based on water swellable hydrophilic polymers with the drugs and preparation of the film materials used in medicine have attracted attention of researchers. Due to the controlled release of drugs and low toxicity, the polymeric film materials are used as drug delivery systems and dressings. Polymeric film materials for drug delivery were obtained first time by grafting 2-hydroxyethyl acrylate (HEA) and ethyl acrylate (EA) monomers onto polyvinyl alcohol (PVA). Physico-chemical properties of the films have been studied depending on environmental effects as well as methods of obtaining films have been investigated. An increase of the thermal treatment time leads to a decrease in the degree of swelling and reduces the solubility properties of composite materials. The surface morphology and thermal properties of films based on HEA-EA were investigated by scanning electron microscopy, thermogravimetric analysis and differential scanning calorimetry. It was shown that the surface of obtained films were homogeneous without any bubbles.

Key words: 2-hydroxyethyl acrylate; ethyl acrylate; polyvinyl alcohol; film materials; thermal treatment; scanning electron microscopy; thermogravimetric analysis; differential scanning calorimetry.

В последние годы большой интерес исследователей вызывают комплексы на основе гидрофильных полимеров с лекарственным веществом, набухающие в воде, а также получение пленочных материалов на их основе. Благодаря контролируемому выделению лекарственных веществ и низкой токсичности, пленочные материалы могут быть использованы в качестве доставки лекарственных веществ и перевязочных материалов. Впервые были получены пленочные материалы для доставки лекарственных веществ, путем прививания на поливиниловый спирт (ПВС) мономеров гидроксиэтилакрилата (ГЭА) и этилакрилата (ЭА). Были изучены методы получения пленок и влияние окружающей среды на их физико-химические свойства. Выявлено, что увеличение времени термообработки приводит к уменьшению степени набухания и снижению растворимости композиционных материалов. Морфология поверхности, термические свойства пленок на основе ГЭА-ЭА были исследованы с помощью методов сканирующей электронной микроскопии, термогравиметрического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии. Установлено, что поверхность полученных пленок однородна и не имеет пузырьков.

Ключевые слова: 2-гидроксиэтилакрилат; этилакрилат; поливиниловый спирт; пленочные материалы; термообработка; сканирующая электронная микроскопия; термогравиметрический анализ; дифференциально-сканирующая калориметрия.



CHEMICAL BULLETIN

of Kazakh National University

<http://bulletin.chemistry.kz/>



ӘОЖ 541.64

<http://dx.doi.org/10.15328/cb583>

**^{1*}Рахметуллаева Р.К., ¹Мун Г.А., ²Елігбаева Г.Ж.,
²Ажкеева А., ¹Әбутәліп М., ¹Едігеева А.Ғ.**

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

²Қ.Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті,

Алматы қ., Қазақстан

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

ЭТИЛАКРИЛАТ ЖӘНЕ 2-ГИДРОКСИЭТИЛ- АКРИЛАТ НЕГІЗІНДЕГІ ЖАҢА ҮЛДІРЛІ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Кіріспе

Соңғы кезде зерттеушілерді гидрофильді полимер негізіндегі дәрілік затты бар суда ісінетін комплекстер және үлдірлі материалды комплекстер түзе алуы, осы комплекстерді медицинада қолдана алу мүмкіндігі үлкен қызуғышылықты тудырып отыр. Полимерлі үлдірлердің құрамынан дәрілік заттың қадағаланып шығу мүмкіндігінің нәтижесінде және уыттылық қасиетті төмендетуіне байланысты оларды дәрілік заттың тиімді тасымалдаушысы, орау материалы ретінде қазірдің өзінде қолданылып келе жатыр. Дәрінің иммобилизациясы оның суда еритін полимерлермен, интерполимерлі қосылыстармен, наногельдермен, гидрогельдермен комплекс түзуінің нәтижесінде жүзеге асады.

Осы күнге дейін қоршаған ортаның параметрлерінің сәл өзгерісіне, яғни ортаның рН-на, температураға, электр өрісіне және т.б. әсерінен – ісінетін немесе сығылатын эффективті стимулсезімтал полимерлерді алу және олардың қолданылуын жүзеге асыру ең маңызды мәселелердің бірі болып қалып отыр. Ауыз арқылы қабылданатын дәрілік заттарды өндіргенде физиологиялық активті заттың бағытталып жеткізілуі асқорыту жүйесінің бөлімдерінде рН мәнінің түрлілігінің арқасында жүзеге асады. Мұндай жағдайда, рН-тың белгілі интервалында ғана еритін немесе ісінетін рН-қа сезімтал полимерлерді қолданудың үлкен мүмкіншіліктері ашылууда. Әр түрлі физиологиялық активтілігі бар көптеген кіші молекулалы дәрілік заттардың суда еритін полимерлермен байланыстырылатын нысана ретіндегі жүйесі зерттелген [1].

Соңғы уақыттары табиғи полимерлердің сорбенттерімен қоса гидрофильді, тігілген, суда ісінетін синтетикалық полимерлер негізіндегі бос қуыстарды пайда қылушы (дренаждаушы) сорбенттерге үлкен назар аударылууда. Мұндай сорбенттер

басылымдарда да кеңінен қарастырылып жүр. Олар жоғары тиімділікті көрсетті. Кейбіреулері өндірістерде шығарылып, кең қолданыс тауып отыр.

Поливинил спирті мен глутар альдегиді негізінде тігілген «Гелевин» препараты жақсы сорбциялық қасиет көрсетті [2-4].

Сорбциялық гидрогельді материал күйік пен ірінді жарақаттарға қолданылады. Бұл таңғыштарды поли-N-винилпирролидон немесе поливинилпиридиннің сулы ерітіндісін ү-сәулелендіру арқылы алады (Қолданбалы радиациялы химия Институты, Лодзь, Польша). Алынатын эластикалық материалға, жарақатқа инфекция еніп кетпеу үшін, антимикробты препараттарды имобильдеуге болады [5].

Ұсынылған мақалада поливинил спиртіне (ПВС) 2-гидроксиэтилакрилат (ГЭА) пен этилакрилат (ЭА) мономерлерін жалғау арқылы дәрілік затты тасымалдайтын жаңа үлдірлі материалдардың алу жағдайлары қарастырылған.

Тәжірибелік бөлім

Гидроксиэтилакрилат (ГЭА) және этилакрилат (ЭА) («AldriCh», АҚШ) вакуумдық айдауды екі рет жүргізу арқылы тазартылған. Негізгі өнімнің мөлшері 96%.

Поливинилспирті (ПВС) – Fluka Chemie GmbH фирмасымен өндірілген (Швейцария), молекулалық массасы $M_w = 205\ 000$ кДа қосымша тазалаусыз қолданылады.

Азо-бис-изомай қышқылының динитрилі (ДАҚ) («AldriCh», АҚШ) таза күйінде қолданылды.

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

Сополимер – ПВС негізіндегі полимерлі үлдірлер, ПВС-тың сулы ерітіндісіне ГЭА және ЭА мономерлерін қосып, радикалды полимерлеу арқылы алынды. Полимерленуді 75°C-те, 3 сағат шамасында жүргізіп, дайын болған соң қалыптарға құю арқылы алынды. Үлдірлер ауада, сосын вакуумды шкафта бірнеше тәулік бойында кептірілді. Инициатор ретінде ДАҚ қолданылды.

Алынған үлдірлердің механикалық қасиеттерін жақсарту мақсатында термоөңдеу жүргізілді және ол уақыты мен температурасы кең аймақта ауыстырылып отырылды. Жұмыс барысында 90-150°C температурада, ал термоөңделу уақыты 1-15 сағат аралығында үлдірлер алынып, олардың әр түрлі еріткіштердегі ісіну дәрежесі

гравиметриялық әдіспен (ISO 9001 аналитикалық таразы Sartorius, Германия) зерттелді.

Үлдірлердің термоөңделуі «ШС 80-01 СПУ» (Ресей) термостатында жүргізілді. Бастапқыда термоөңдеусіз алынған үлдірлердің әртүрлі еріткіштердегі ерігіштігі зерттелді.

Үлдірлердің тепе-теңдік ісіну дәрежесін анықтау үшін полимердің өлшенген мөлшерін еріткіште тепе-теңдік ісіну орнағанша ұсталынды [6]. Үлдірдегі еріткіштің мөлшері мына формула бойынша анықталынды:

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

мұндағы: m – бірқалыпты ісінген полимер үлгісінің массасы; m_0 – кепкен полимер үлгісінің массасы.

Тепе-теңдік ісіну дәрежесін бірнеше рет өлшеу арқылы жүргізіліп, орташа мәні алынды.

Үлдірлердің ИҚ-спектрлері «Satellite FTIR Mattson» (АҚШ) спектрометрінде 4000-400 см⁻¹ аймағында жазылды.

Дифференциалдысканерлеушікалориметрлік талдау «PYRIS Diamond DSC» (АҚШ) әдісімен ГЭА-ЭА негізінде алынған үлдірлердің шынылану температуралары зерттелді. Сонымен қатар алынған үлгілерге термогравиметриялық талдау («PerkinElmer, Pyris1TGA», АҚШ), жасалып, ГЭА-ЭА сополимері негізіндегі үлдірлердің құрамдарының температураға тәуелді деструкциясы анықталды.

Нәтижелер және талдау

Жұмыста поливинил спиртіне (ПВС) 2-гидроксиэтилакрилат (ГЭА) пен этилакрилат (ЭА) мономерлерін жалғау арқылы дәрілік затты тасымалдайтын жаңа үлдірлі материалдар алынды.

Бастапқыда термоөңдеусіз алынған үлдірлердің зерттеу барысында орта сулы болған жағдайда толық еріп кететіні анықталды. Бұл алынған үлдірлерді таңғыш материал ретінде медицинада қолдануда оңтайлы екендігін көрсетеді.

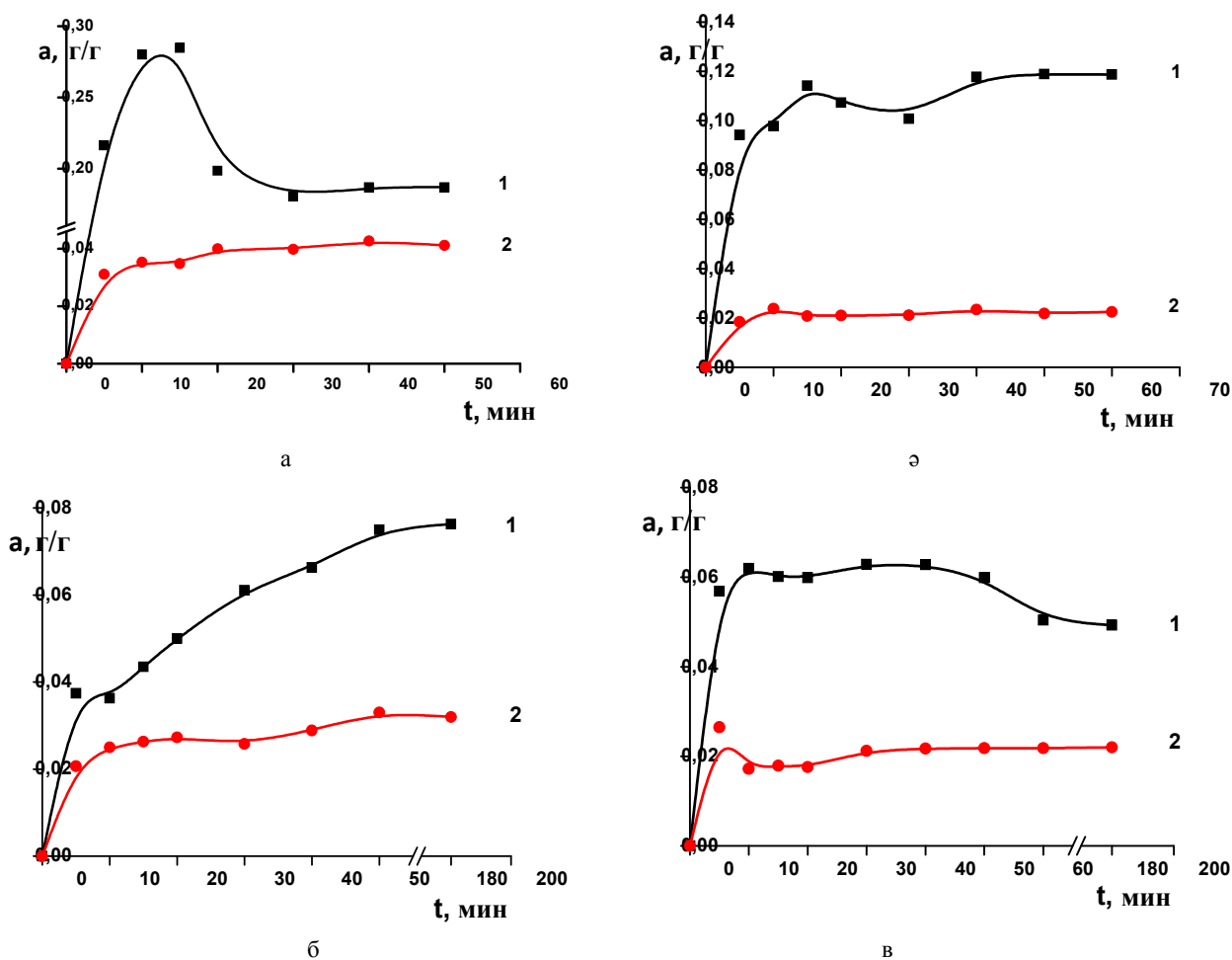
Сондықтан, алынған үлдірлердің механикалық қасиеттерін жақсарту мақсатында термоөңдеулер жүргізілді. Ол үшін 90-150°C температура аймағында, ал термоөңделу уақыты 1-15 сағат аралығында үлдірлер алынып, олардың әртүрлі еріткіштердегі ісіну дәрежесі гравиметриялық әдіспен зерттелді.

Бастапқы мономерлік қоспада (БМК) ГЭА буыны 20% болған жағдайда алынған үлдірлердің суда және спиртте тепе-теңдік ісіну кинетикасы термотігілу 90°C температурада 1, 5,

10 және 15 сағаттарда (1-сурет) және 140°C-те (2-сурет) анықталды. Зерттеулер нәтижесінде көрсетілгендей, 1 сағаттық термоөндеуден өткен үлдір бастапқы 15 минут аралығында ісініп, сосын кейінгі 10 минут ішінде кішкене салмағын жоғалтқаны анықталды. Бұл алынған үлдіріміздің аз шамада тігілгенін, яғни тігілу дәрежесінің аздығымен түсіндіріледі. Үлдірлердің термоөндеу уақытын арттырған сайын, олардың судағы ісіну дәрежесінің азаятыны анықталды және ол алынған үлгінің уақыт өткен сайын қосымша тігілуімен түсіндіріледі. Сонымен қатар, үлдірлердің спиртте ісіну кинетикасы бір-

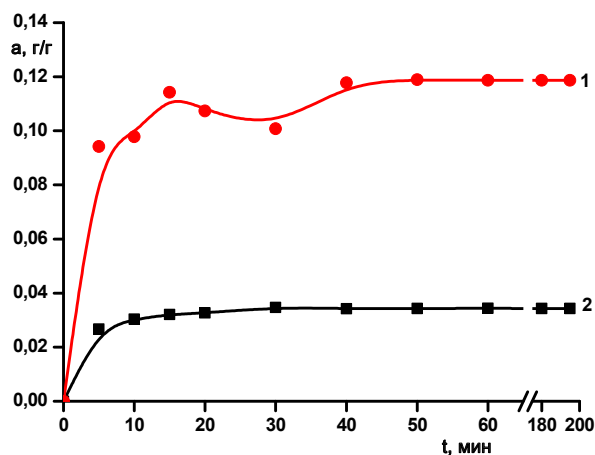
шама өзгеше екені анықталды, яғни 1 сағаттық термоөндеуден өткен үлдірдің ісіну дәрежесі 0,04 г/г болса, қалған термоөндеу уақыты жоғары үлдірлердің уақытқа тәуелсіз ісіну дәрежесі 0,02 г/г тең екені дәлелденді.

Термиялық өндеу температурасы әр түрлі болған жағдайдағы үлдірлердің ісіну кинетикасы 2-суретте көрсетілген. 140°C температурада өңделген үлгінің ісіну дәрежесінің біршама төмен екені анықталды және ол жоғары температуралық аймақта термоөндеудің салдарынан қосымша тігілудің жүруімен түсіндіріледі.



Бастапқы мономерлік құрам [ГЭА-ЭА] = 20-80 мол. %
Төнд. = 90°C ; $t_{\text{өнд.}}$ = 1 (а); 5 (ә); 10 (б); 15 (в) сағ.; суда (1); спиртте (2).

1-сурет – Соплимер (ГЭА-ЭА)/ПВС композитінің негізіндегі термиялық тігілген үлдірлердің ісіну кинетикасы



Бастапқы мономерлік құрам [ГЭА-ЭА] = 20-80 мол. %
 $t_{\text{онд.}} = 5 \text{ сағ.}; T_{\text{онд.}} = 90 (1); 140 (2) \text{ } ^\circ\text{C}.$

2-сурет – Соплимер (ГЭА-ЭА)/ПВС композитінің негізіндегі термиялық тігілген үлдірлердің ісіну кинетикасы

Дифференциалды сканерлеуші калориметрлік (ДСК) талдау әдісі терморективті композициялар мен препараттардың термиялық талдауларын жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Мәселен, температураның өзгеруін, яғни үрдістің басталуы мен аяқталуын, полимерлердің шынылану температурасын, балқу температурасы мен жылуын, меншікті жылу сыйымдылығын, кристалдану температурасын және т.б. анықтауға болады [7].

Берілген жұмыста ДСК талдау әдісі арқылы анықталған сополимерлердің шынылану температуралары 3-суретте көрсетілген. Соплимерлердің бастапқы мономерлік қоспасында гидроксиэтилакрилат пен этилакрилаттың мономерлік буындары артқан сайын шынылану температурасының кемитіндігі анықталды. Ол сополимер құрамына енген екі мономердің жалпы полимерге эластикалық қасиет беретіндігімен, яғни сол буындардың бастапқы мономер құрамында артуымен сегменттердің қозғалысының артуы үдейтіндігімен түсіндіріледі. Сонымен қатар, сополимердің бастапқы мономерлік қоспадағы ГЭА-ның мольдік пайыздары 20-дан 80-ге ауысқанда сополимердің шынылану дәрежесі жоғары, сол себепті сополимер құрамында ГЭА-ның мономерлік мөлшері 80% болғанда сополимерлердің молекулалық деңгейде біртекті екендігі дәлелденді.

Термогравиметриялық талдау (ТГТ) – дифференциалды сканерлеуші калориметриядан кейінгі кеңінен таралған термоаналитикалық әдіс бо-

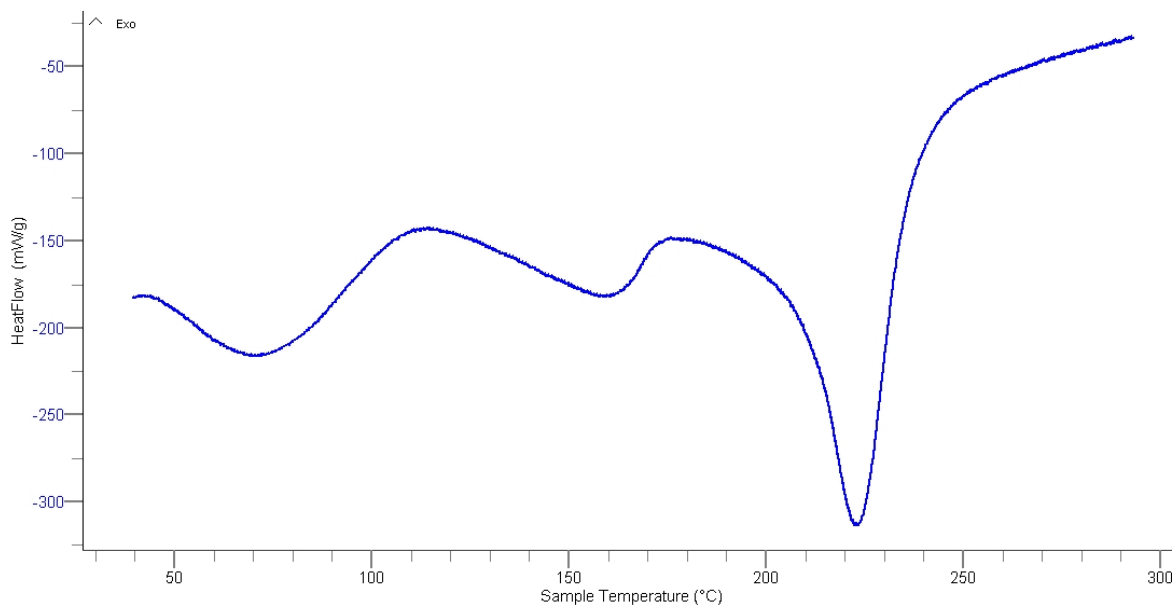
лып табылады. Оның көмегімен үлгінің массасының температураға немесе уақытқа тәуелді өзгеруін өлшейді. Бұл кезде үлгі берілген, бақыланған жағдайда және белгілі-бір ортада (қыздыру жылдамдығы, газды атмосфера, ағын жылдамдығы және т.б.) болады.

ТГТ – бөлме температурасы мен 1000°C аралығындағы температурада жұмыс жасайды, қыздыру жылдамдығы 0,001-50 К/мин дейінгі аралықта. Термогравиметриялық талдаудан зерттелген зат туралы мынадай мәліметтерді: массаның уақыт немесе температура бойынша өзгеруін; массаның жоғалу сатыларын автоматты түрде бағалауға; масса/температура параметрлерінің сан мәндерін; қалдық массаны және массаның өзгеру қисығына тәуелді 1-шілік және 2-шілік пиктік температуралардың туынды мәнін анықтауға; көтергіш күш және базалық сызықты автоматты түрде коррекция жасауға және т.б. алуға болады [5-9].

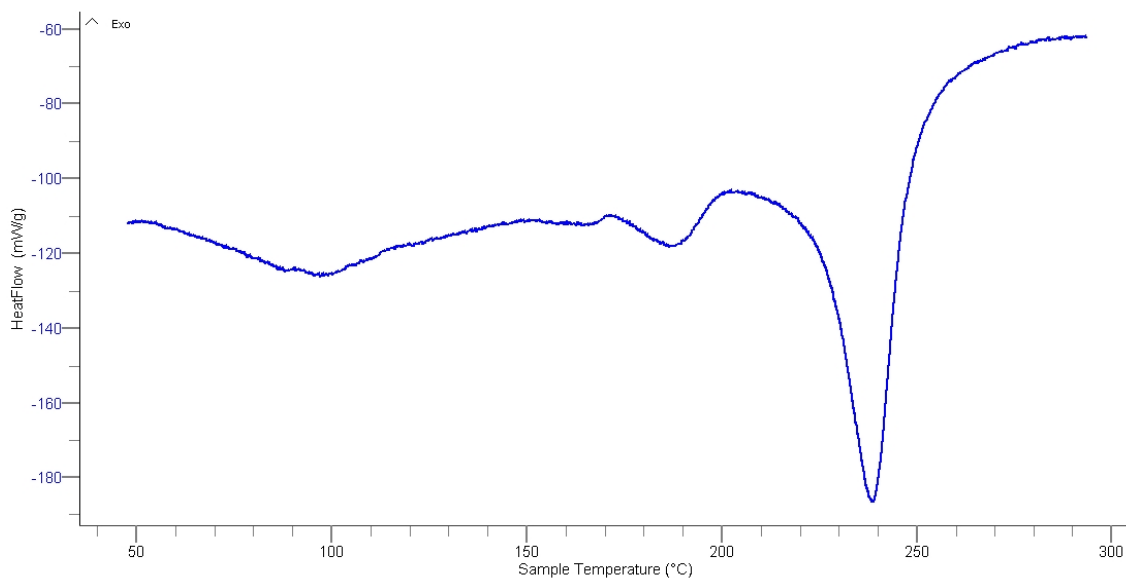
Соплимерлердің термогравиметриялық талдаулары 4-суретте көрсетілген. Суреттен көріп отырғанымыздай, ГЭА-ЭА сополимерлері 250°C -тан жоғары температурада бірден деструкцияға ұшырап кетті, яғни сополимердің бастапқы мономерлік қоспасындағы ГЭА-ның мольдік мөлшері 80% болғанда полимердің деструкциясы бір ғана сатыда өтеді. БМҚ құрамында ЭА-ның мөлшері артқан сайын, сополимер деструкцияға бірден ұшырайтындығы анықталды, бұл сополимердің термотұрақтылық қасиетінің нашар екендігінің дәлелі.

Жұмыста алынған үлдірлердің термоөңдеуге дейінгі үйлесімділігі сканерлеуші микроскопия әдісімен анықталды (5-сурет). Суретте көрсетіл-

гендей үлдірлердің морфологиясы тегіс еместігі анықталды және ол термоөңдеуге дейінгі үлдірлердің еріп кететіндігіне жауап береді.



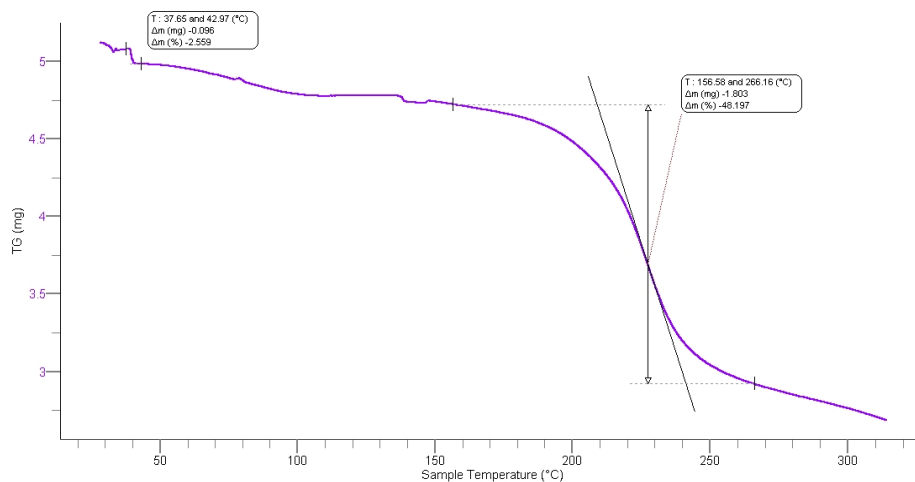
а



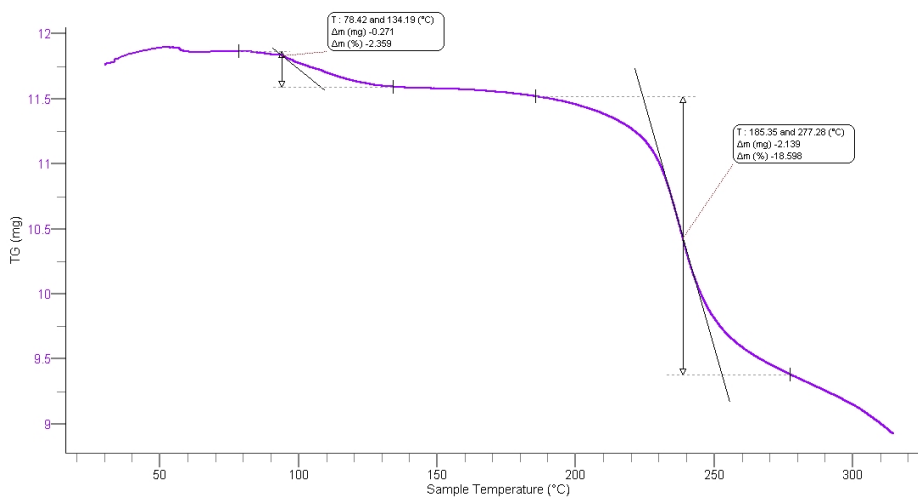
ә

Бастапқы мономерлік құрам [ГЭА-ЭА] = 20-80 (а); 80-20 (ә) мол.%.

3-сурет – Сополимер (ГЭА-ЭА)/ПВС композиті негізіндегі үлдірлер үшін дифференциалды сканерлеуші калориметрлік талдау



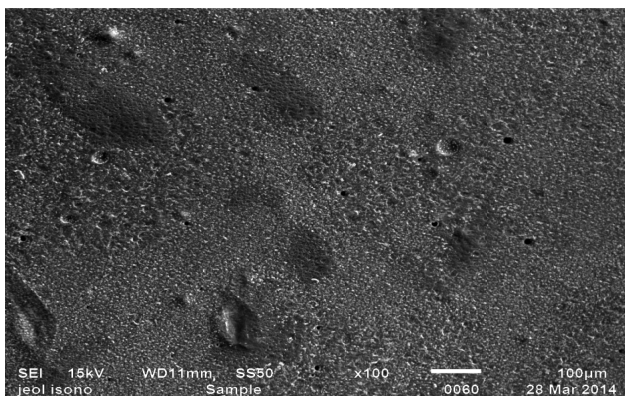
а



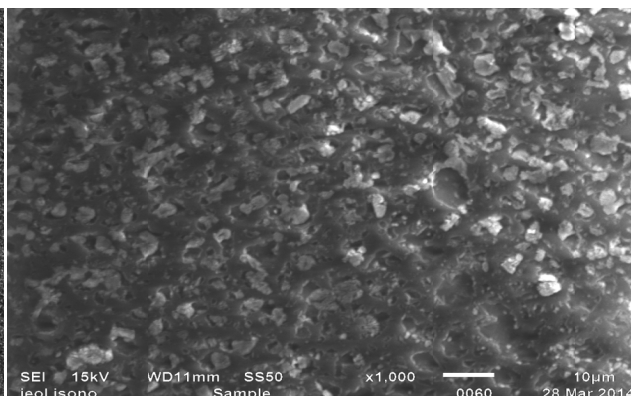
ә

Бастапқы мономерлік құрам [ГЭА-ЭА] = 80-20 (а); 20-80 (ә) мол. %.

4-сурет – Сополимер (ГЭА-ЭА)/ПВС композиті негізіндегі үлдірлер үшін термогравиметриялық талдау



а



ә

5-сурет – Сополимер (ГЭА-ЭА)/ПВС композиті негізіндегі үлдірлердің сканерлеуші электронды микроскопия әдісімен түсірілген көрінісі

Қорытынды

Қорыта келе жұмыста алғаш рет ГЭА-ЭА сополимерлері мен ПВС негізінде жаңа үлдірлер алынды. Термоөңдеудің мәні өскен

сайын алынған композициялық материалдардың ісіну дәрежесі мен еру қабілетінің артатыны анықталды. Полимерлік үлдірлердің морфологиясын зерттеуде алынған нәтижелер бойынша, үлдірлердің беттік қабаты тегіс, әрі көпіршіксіз болып келетіні анықталды.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Philippova O.E., Khokhlov A.R. Polymer gels // *Polymer Science: A Comprehensive reference*. – 2012. – Vol.1. – P.339-366.
- 2 Добыш С.В., Адамян А.А. Современные перевязочные средства для местного лечения ран // *Новая аптека*. – 2005. – №7. – С. 38-41.
- 3 Oishi M., Nagasaki Y. Stimuli-Responsive PEGylated Nanogels for smart nanomedicine // In «*Biomedical Applications of Hydrogels Handbook*» / Offenbrite R.M. (Editor-in-Chief), Park K. and Okano T. (Editors). – New York: Springer, 2010. – Part 1. – P.87-120.
- 4 Peppas N.A. Physiologically responsive hydrogels // *Journal of Bioactive and Compatible Polymers*. – 1991. – Vol.6. – P.241-246.
- 5 Saraydin D., Koptagel E., Ünver-Saraydin S., Karadağ E., Güven O. In vivo biocompatibility of radiation induced acrylamide and acrylamide/maleic acid hydrogels // *Journal of Materials Science*. – 2001. – Vol.36. – P.2473–2481.
- 6 Мун Г.А., Шайхутдинов Е.М., Рахметуллаева Р.К., Ищанова А., Ирмухаметова Г.С., Темирханова Г.Е. Радиационная технология получения полимерных гидрогелевых материалов медико-биологического назначения // *Материалы международной конференции «Проблемы становления постиндустриальной науки и постиндустриального высшего образования»*. - Симферополь, Украина, 2012. – С.54-55.
- 7 М.А. Якияева, Р.К. Рахметуллаева, А.К. Токтабаева, Г.А Мун. Бутилакрилат негізіндегі жаңа стимул сезімтал сополимерлердің қасиеттерін заманауи әдістермен зерттеу // *ҚазҰУ хабаршысы. Химиясериясы*. – 2013. – №1(69). – Б.77-83.
- 8 Jeong B., Gutowska A. Lessons from nature: Lessons from nature: stimuli-responsive polymers and their biomedical applications // *Trends in Biotechnology*. – 2002 – Vol.20, Is.7 – P.305-311.
- 9 Khutoryanskiy V.V., Mun G.A., Nurkeeva Z.S., Dubolazov A.V. pH Effects in the Complex Formation and Blending of Poly(acrylic acid) with Poly(ethylene oxide) // *Langmuir*. – 2004. – Vol.20, Is.9. – P.3785-3790.

References

- 1 Philippova OE, Khokhlov AR (2012) *Polym Sci Ser A+ 1:339-366*. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-53349-4.00014-5>
- 2 Dobysh SV, Adamyan AA (2005) Modern bandages for local treatment of wounds [Sovremennyye perevazochnyie sredstva dlya mestnogo lecheniya ran]. *New Pharmacy [Novaya apteka] 7:38-41*. (In Russian)
- 3 Oishi M, Nagasaki Y (2010) Stimuli-responsive PEGylated nanogels for smart nanomedicine in the book: *Biomedical applications of hydrogels handbook*. Springer, New York, USA. ISBN 978-1-4419-5919-5
- 4 Peppas NA (1991) *J Bioact Compat Pol 6:241-246*. <http://dx.doi.org/10.1177/088391159100600207>
- 5 Saraydin D, Koptagel E, Ünver-Saraydin S, Karadağ E, Güven O (2001) *J Mater Sci 36:2473-2481*. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1017934116229>
- 6 Mun GA, Shaykhtudinov EM, Rakhmetullaeva RK, Ishchanova A, Irmukhametova GS, Temirkhanova GE (2012) Radiation technology for producing polymer hydrogel materials biomedical destination. *Proceedings of International Conference «Problems of formation of post-industrial and post-science higher education»*, Simferopol, Ukraine. P.54-55. (In Russian).
- 7 Yakiyayeva M, Rakhmetullaeva R, Toktabaeva A, Mun G (2013) *Chemical Bulletin of Kazakh National University 1:77-83*. (In Kazakh). http://dx.doi.org/10.15328/chemb_2013_77-83
- 8 Jeong B, Gutowska A (2002) *Trends Biotechnol 20:305-311*. [http://dx.doi.org/10.1016/s0167-7799\(02\)01962-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0167-7799(02)01962-5)
- 9 Khutoryanskiy VV, Mun GA, Nurkeeva ZS, Dubolazov AV (2004) *Langmuir 20:3785-3790*. <http://dx.doi.org/10.1021/la0498071>