

ЕҢБЕК ҚЫЗЫЛ ТУ ОРДЕНДІ  
«Ә. Б. БЕКТҰРОВ АТЫНДАҒЫ  
ХИМИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ ИНСТИТУТЫ»  
АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

# ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ

---

---

## ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

---

---

### CHEMICAL JOURNAL of KAZAKHSTAN

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
«ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКИХ НАУК  
им. А. Б. БЕКТУРОВА»

**4 (72)**

ОКТАБРЬ – ДЕКАБРЬ 2020 г.  
ИЗДАЕТСЯ С ОКТАБРЯ 2003 ГОДА  
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ  
2020

*Г. К. БУРКЕЕВА, А. А. ТАЙКЕН*

Карагандинский университет имени академика Е.А.Букетова,  
Караганда, Республика Казахстан

## **СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СОПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ НЕНАСЫЩЕННЫХ ПОЛИЭФИРНЫХ СМОЛ**

**Аннотация.** Реакцией радикальной сополимеризации полиэтиленгликольфумарата и метакриловой кислоты получены нерастворимые сополимеры различного массового состава. Исследовано влияние ионной силы раствора, органических растворителей на степень набухания синтезированных сополимеров. По результатам исследований можно сделать вывод, что на восприимчивость полимерных гелей к присутствию низкомолекулярных солей ( $\text{NaCl}$  и  $\text{CaCl}_2$ ), органических растворителей (ДМСО, ДМФА, этанол) существенно влияют соотношения мономерных звеньев в сополимере, а также концентрация низкомолекулярных компонентов в растворе. С уменьшением в сополимере доли метакриловой кислоты понижается чувствительность гелей к добавкам низкомолекулярных солей, органических растворителей. Это обусловлено как повышением содержания карбоксильных групп в макроцепи, так и снижением плотности полимерной сетки. Наблюдаемое влияние ионной силы подтверждает вклад как электростатических, так и гидрофобных взаимодействий в процессе набухания-коллапса исследуемых образцов. Показано, что, изменяя природу сомономера, можно получать гидрогели способные набухать или коллапсировать при изменении ионной силы, термодинамического качества раствора, а варьируя соотношение звеньев сомономеров, можно регулировать интервалы набухания и сжатия полимерных сеток. Также из результатов рентгеновского энергодисперсионного микроанализа следует, что исследуемые полимерные системы на основе сополимеров п-ЭГФ – МАК могут быть востребованы в качестве сорбентов в очистительных и обогатительных технологиях.

**Ключевые слова:** полиэтиленгликольфумарат, метакриловая кислота, сополимер, гидрогель, поликонденсация, ненасыщенная полиэфирная смола, радикальная сополимеризация.

Относительно недавно возникла и начала стремительно развиваться новая область, изучающая полимерные материалы, свойства которых могут изменяться в зависимости от параметров окружающей среды. Это новое поколение материалов называется «умные» или «интеллектуальные» полимеры. Отличительными чертами «интеллектуальных» полимеров являются их дополнительные функциональные возможности, которые выходят за пределы свойств, определяющихся структурой материала [1]. Такие материалы выполняют двойную или даже тройную функцию – собственно материала с требуемыми характеристиками, датчика на внешнее воздействие и, в некоторых случаях, устройства, «запрограммированного» на определенное поведение. Вопрос о синтезе, выборе исходных реагентов при получении подобных полимерных систем и их использовании особо актуален. Одним из

перспективных реагентов для создания интеллектуальных систем являются ненасыщенные полиэфиры, представляющие собой продукты поликонденсации многоатомных спиртов и карбоновых кислот. Главной особенностью ненасыщенных полиэфиров является способность достаточно легко вступать в реакции сополимеризации (отверждаться) с виниловыми мономерами при комнатной температуре без использования высоких давлений, без выделения летучих и других побочных продуктов [2]. В связи с этим становится возможным применение ненасыщенных полиэфиров в качестве одного из реагентов при синтезе «интеллектуальных» полимеров, нашедших широкое практическое применение в медицине, фармацевтике, биотехнологии, нанотехнологии и во многих других отраслях человеческой жизнедеятельности.

Основываясь на исторические хронологические данные, впервые понятие «сополимеризация» ненасыщенных полиэфиров было введено немецким ученым Бенигом [1]. Так многочисленные научные работы, патенты, как настоящего времени так и более раннего периода, посвящены исследованию сополимеризации ненасыщенных полиэфиров с винилацетатом, стиролом и метилметакрилатом, простыми и сложными аллиловыми эфирами [2]. Анализ литературных данных показал отсутствие сведений по радикальной сополимеризации ненасыщенных полиэфиров с ненасыщенными карбоновыми кислотами.

В связи с этим, настоящая работа посвящена синтезу и исследованию физико-химических свойств новых полимерных гидрогелей на основе ненасыщенного полиэфира – полиэтиленгликольфумарата (п-ЭГФ), отвержденного метакриловой кислотой (МАК). Проведен анализ сорбционных свойств синтезированных образцов в водно-солевых растворах низкомолекулярных солей (НМС), органических растворителей при изменении их концентрации и исходного состава полимерной сетки сополимеров.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исходный п-ЭГФ получен реакцией поликонденсации фумаровой кислоты и этиленгликоля при температуре 403-453К [5,6]. Ход реакции контролировали посредством определения кислотного числа и по объему выделившейся воды. Синтезированный полиэфир представляет собой смолообразное легкоплавкое вещество светло-желтого цвета, растворимое в хлороформе и диоксане. Полученную смолу очищали от исходных мономеров путем неоднократного промывания ацетоном.

Молекулярную массу п-ЭГФ определяли методами светорассеяния на нефелометре 2100 AN фирмы NACH и методом определения доли концевых групп, которая составляет 2500 а.е.м [7].

Радикальную сополимеризацию п-ЭГФ с МАК проводили в растворе диоксана при различных исходных массовых соотношениях сомономеров, в присутствии перекиси бензоила (ПБ) в качестве инициатора при температуре

333 К [5,7]. Синтезированные полимеры для очистки их от остатков непрореагировавших мономеров неоднократно промывали диоксаном и высушивали под вакуумом до постоянной массы.

Составы полученных сополимеров устанавливали потенциометрическим титрованием и по остаточному количеству мономеров методом хромато-масс спектроскопии на Agilent 7890А масс-селективным детектором Agilent 5975С [5,7,8,9].

Равновесную степень набухания гидрогелей определяли гравиметрическим методом. Степень набухания образцов ( $\alpha$ ) рассчитывали, как отношение массы набухшего гидрогеля в точке равновесного набухания к его исходной массе в сухом состоянии [1,3,4].

ИК-спекты образцов снимали в таблетках с KBr на спектрометре ФСМ 1201.

Электронно-микроскопическое исследование было проведено на растровом электронном микроскопе (РЭМ) MIRA 3 фирмы TESCAN. Исследования проводились при ускоряющем напряжении 20 кВ [9].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сильно набухающие полимерные гидрогели представляют собой систему, легко реагирующую на изменения внешних условий. Достаточно подробно изучено поведение таких гидрогелей в растворах низкомолекулярных солей, в частности, способность гидрогелей осуществлять перераспределение их концентраций [1,3,4,10]. Проведенные исследования сополимеров полиэтиленгликольфумарата показали, что последние чувствительны к изменениям окружающей среды. Это предполагает восприимчивость исследуемых систем к ионам низкомолекулярных солей и органических растворителей.

При взаимодействии п-ЭГФ с МАК в присутствии инициатора реакции полимеризации происходит их совместная полимеризация, приводящая к образованию неплавкого полимера трехмерно-сшитой структуры [1,5]. Реакция радикальной сополимеризации п-ЭГФ с МАК протекает по следующей схеме, представленной на рисунке 1.

Результаты по сополимеризации п-ЭГФ с МАК приведены в таблице 1. Выход сополимера составил от 73 до 87 %.

Как видно из таблицы 1, при любых соотношениях исходной смеси сополимер обогащен звеньями МАК, при этом выход и степень набухания убывает по мере уменьшения последнего.

Сополимеры идентифицировали по данным ИК-спектров в соответствии с рисунком 2. Полосы, описывающие диапазон  $1550 \sim 1620 \text{ см}^{-1}$  относятся к связи  $\text{C} = \text{O}$ . В то же время полосы поглощения в ИК-спектре сополимеров п-ЭГФ-МАК в  $1758 \sim 1763 \text{ см}^{-1}$  и  $2994 \sim 2997 \text{ см}^{-1}$  характеризуют связи  $\text{C} = \text{O}$  и  $-\text{CH}_2$  соответственно, а пики в области  $1184 \sim 1190 \text{ см}^{-1}$  характерны для  $\text{COC}$  - связи. Кроме того, полосы поглощения в области  $1452 \sim 1457 \text{ см}^{-1}$  и  $1382 \sim 1389 \text{ см}^{-1}$  соответствуют связи  $-\text{CH}$  ( $\text{CH}_2$ ).

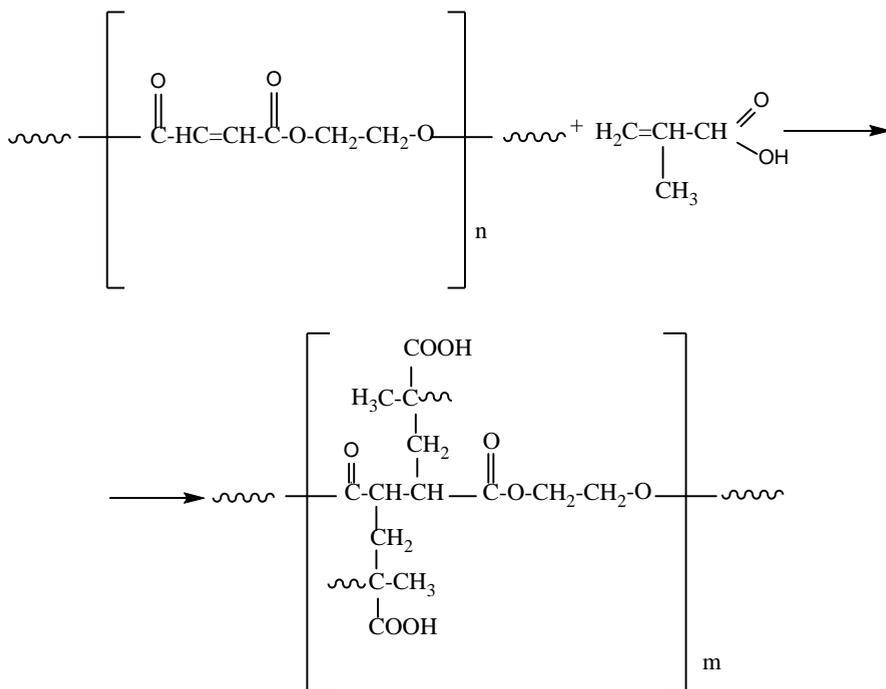


Рисунок 1 – Схема реакции радикальной сополимеризации п-ЭГФ с МАК

Таблица 1 – Зависимость состава сополимеров от состава исходной смеси при радикальной сополимеризации п-ЭГФ (M<sub>1</sub>) с МАК (M<sub>2</sub>) [ПБ] = 8 моль/м<sup>3</sup>, T = 333 К

Исходное соотношение мономеров, мас.%		Состав сополимера, мас.%		Выход, %
M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	
10,03	89,97	6,65	93,35	87,30
15,08	84,92	10,23	89,77	80,73
25,07	74,93	19,25	80,75	75,07
50,05	49,95	42,09	57,91	72,52

Из литературы [10] известно, что присутствие низкомолекулярного компонента в растворе может вызвать как набухание, так и коллапс полимерной сетки. Согласно [10], добавление низкомолекулярной соли оказывает существенное влияние на полиэлектролитные гели, приводя к экранированию эффектов, связанных с зарядностью сетки. Исходя из этого, можно предположить, что характер взаимодействия сшитого полимера с ионами моно- и поливалентных солей зависит от его химического состава.

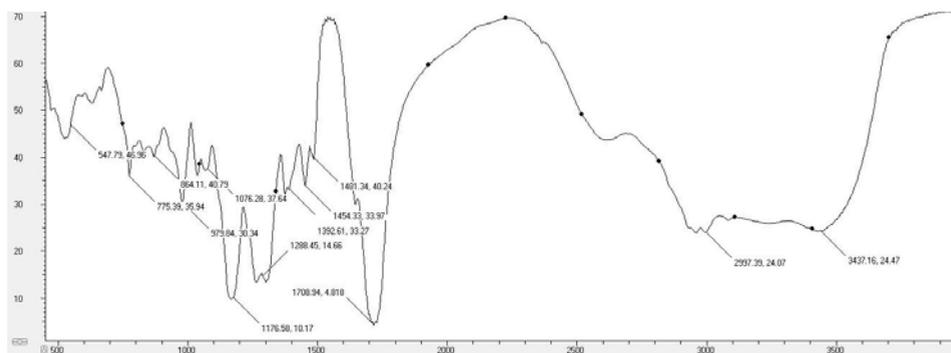


Рисунок 2 – ИК-спектр п-ЭГФ-МАК

На рисунке 3, 4 представлены экспериментальные данные зависимости степени набухания синтезированных образцов от концентрации NaCl и CaCl<sub>2</sub>.

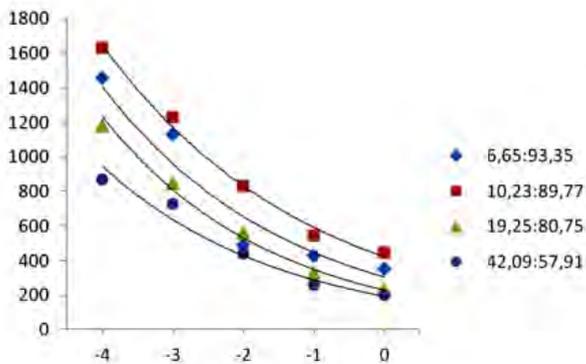


Рисунок 3 – Влияние концентрации соли NaCl на степень набухания сополимеров п-ЭГФ-МАК

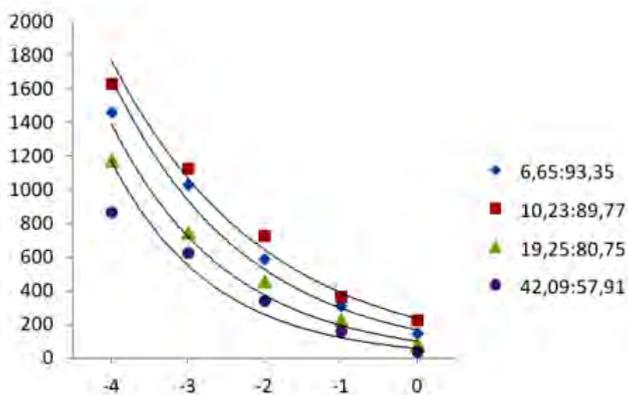


Рисунок 4 – Влияние концентрации соли CaCl<sub>2</sub> на степень набухания сополимеров п-ЭГФ-МАК

Так, при добавлении во внешний раствор низкомолекулярной соли NaCl размеры образцов полимерной сетки уменьшаются до некоторого минимального значения (рисунок 3). Как следует из анализа свойств гидрогеля, случай контракции может реализоваться при подавлении НМС электростатического притяжения одноименно заряженных групп. С этой точки зрения такое поведение исследуемых образцов в растворе НМС объясняется тем, что зависимость степени набухания от концентрации соли подчиняется полиэлектролитному режиму [1,3,4,10].

По мере увеличения концентрации низкомолекулярных соединений, мы наблюдаем коллапс исследуемых сополимеров. Следует подчеркнуть, что согласно полученным результатам, на поведение гидрогелей к присутствию низкомолекулярных солей влияет соотношение мономерных звеньев в сополимерах. Так, с увеличением доли МАК в сополимерах увеличивается чувствительность гелей к добавкам солей и переход наблюдается при более высоких значениях концентраций соли.

В продолжение исследований нами рассмотрено влияние бивалентной соли CaCl<sub>2</sub> на поведение гидрогелей п-ЭГФ-МАК. На рисунке 4 представлены экспериментальные данные по набуханию в присутствии бивалентной соли. Сопоставляя данные результаты с экспериментальными исследованиями влияния моновалентной соли, можно отметить следующее, что кривые зависимостей набухания исследуемых сополимеров в присутствии CaCl<sub>2</sub> и NaCl однотипны. Необходимо отметить, что уменьшение сорбционной емкости гидрогелей наблюдается при гораздо меньших концентрациях бивалентной соли. Это может быть связано с рядом причин: во-первых, бивалентные ионы сильнее притягиваются к противоположно заряженным группам сетки, чем моновалентные; во-вторых, бивалентные ионы способны нейтрализовать заряд большого числа противоионов внутри сетки [3,4]. Полученные нами экспериментальные данные хорошо согласуются с литературными [10].

Для подтверждения наличия ионов Ca<sup>2+</sup> проведен энергодисперсионный рентгеновский микроанализ X-Act (Oxford Instruments) сополимера п-ЭГФ-МАК 10,23:89,77 мас.%. Данный микроанализ позволяет локально определить элементный состав на поверхности образца (рисунок 6).

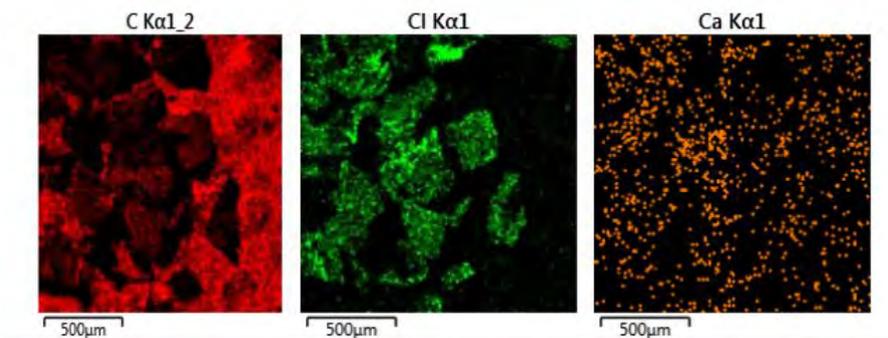


Рисунок 6 – Изображение во вторичных электронах сополимера п-ЭГФ-МАК 10,23:89,77 мас.% с ионами соли CaCl<sub>2</sub> и картирование на этом участке

Анализ проводился методом картирования поверхности образца. При выполнении определения учитывалось, что исследование проводилось на углеродном скотче и содержание углерода не учитывалось. При наложении карт распределения химических элементов, получают наличие элементов, составляющих данную микроструктуру.

Результаты рентгеновского энергодисперсионного микроанализа образца полностью подтверждают состав продукта, а распределения химических элементов на микроструктуре подтверждают наличие таких элементов, как углерод, хлор и кальций.

Учитывая изложенное, базирующееся на хорошо известных теоретических принципах и процессах, свойственных для полиэлектролитных гелей, представилось интересным исследовать микроструктуру образца п-ЭГФ-МАК 10,23:89,77 мас.%. С этой целью проведены электронно-микроскопические исследования набухших образцов в водно-солевых растворах NaCl и CaCl<sub>2</sub>. Результаты исследования приведены на рисунке 5.

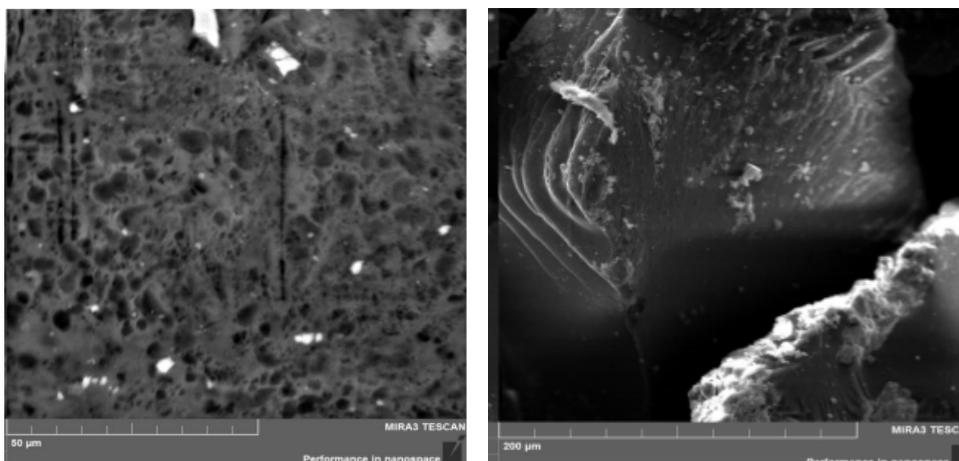


Рисунок 5 – Электронно-микроскопические снимки п-ЭГФ-МАК 10,23:89,77 мас.% NaCl (слева) и CaCl<sub>2</sub> (справа)

В продолжении исследований для получения более полной картины влияния различных факторов окружающей среды на сорбирующие свойства исследуемых образцов изучено влияние органических растворителей на степень набухания п-ЭГФ-МАК состава 10,23:89,77 мас.%.

В качестве органического компонента были выбраны диметилформамид (ДМФА), диметилсульфоксид (ДМСО) и этанол, содержание которых в смеси с водой варьировалось от 0,1 до 1,0 объемных долей ( $n_0$ ). Выбор данных растворителей основан на различии их полярности.

При добавлении в среду, представляющую собой набухший в воде полимер, органического растворителя наблюдается постепенное сокращение размеров образцов (рисунок 7), что является результатом ухудшения термоди-

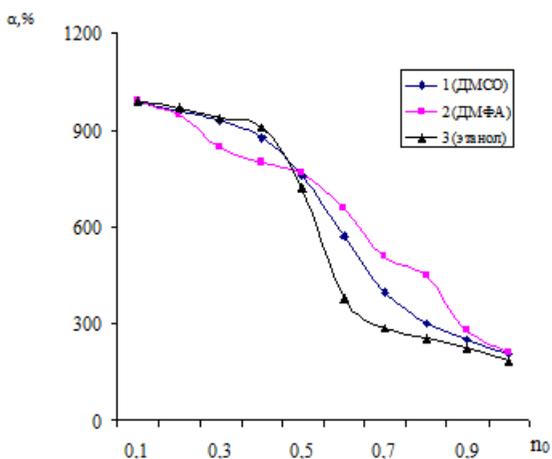


Рисунок 7 – Влияние объемной доли смеси органических растворителей ( $n_0$ ) ДМСО (1), ДМФА (2), этанола (3) на набухание гидрогеля на основе сополимера п-ЭГФ-МАК 10,23:89,77 мас.%

намического качества от присутствия растворителя [1,3,10]. Следует отметить, что функция  $\alpha(n_0)$  изменяется не скачкообразно, следовательно, данный процесс нельзя рассматривать как фазовый переход. Также необходимо отметить, что на тип кривых зависимости влияет природа органического растворителя. Так, наиболее глобулярными гидрогели становятся в этаноле, в сравнении с системами ДМФА–вода, ДМСО–вода. Данное явление можно объяснить величиной полярности и диэлектрической проницаемости рассматриваемых органических составляющих [10].

**Выводы.** Таким образом можно сделать вывод, что продемонстрированные в работе возможности управления физико-химическими свойствами полимеров на основе полиэтиленгликольфумарата позволяют создавать новые полимерные материалы полифункционального назначения с заранее заданной программой поведения. Кроме того, учитывая результаты рентгеновского энергодисперсионного микроанализа, можно сделать вывод, что исследуемые системы на основе сополимеров п-ЭГФ могут быть востребованы в качестве сорбентов в очистительных и обоганительных технологиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Burkeev M.Zh., Kudaibergen G.K., Burkeeva G.K. New Polyampholyte Polymers Based on Polypropylene Glycol Fumarate with Acrylic Acid and Dimethylaminoethyl Methacrylate // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2018. – № 7(91). – P. 1145-1152.
- [2] Пот У. Полиэфирсы и алкидные смолы. – М.: КТС, 2009. – 380 с.
- [3] Burkeev M.Zh., Tazhbaev E.M., Burkeeva G.K. et al. Effect of External Factors on the Swelling of Hydrogels Dased on Poly(ethylene glycol) Maleate with Some vinyl Monomers // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2013. – N 1(86). – P. 63-68.
- [4] Burkeev M.Zh., Tazhbaev E.M., Burkeeva G.K., Kovaleva A.K. Nanocatalytic Systems Based on Poly(ethylene glycol maleate) – Acrylamide Copolymers // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2015. – N 2(88). – P. 314-319.

[5] Kudaibergen G.K., Burkeeva G.K. Constants and parameters of radical copolymerization of poly(ethylene glycol fumarate) with acrylic acid // Chemical journal of Kazakhstan. – 2018. – N 1(61). – P. 215-222.

[6] Патент № 31052. Способ получения ненасыщенных полиэфирных смол на основе пропиленгликоля, фталевого ангидрида и фумаровой кислоты / Буркеев М.Ж., Тажбаев Е.М. и др.; опубл. 16.03.2016. – 8 с.

[7] Burkeev M.Zh., Kudaibergen G., Burkeeva G.K. et al. The number average and mass average molecular masses of polyethylene(propylene) glycol fumarates // Bulletin of the Karaganda university. Chemistry series. – 2018. – N 2. – P. 17-22.

[8] Гольберт К.А., Вигдергауз М.С. Введение в газовую хроматографию. М.: Химия, 1990. 352 с.

[9] Золотов Ю.А., Дорохова Е.Н., Фадеева В.И. Физико-химические методы анализа / Под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Высш. шк., 2000. – 356 с.

[10] Филиппова О.Е. «Восприимчивые» полимерные гели // Высокомолекулярные соединения. – 2000. – Т. 42, № 12. – С. 2328-2352.

## REFERENCES

[1] Burkeev M.Zh., Kudaibergen G.K., Burkeeva G.K. New Polyampholyte Polymers Based on Polypropylene Glycol Fumarate with Acrylic Acid and Dimethylaminoethyl Methacrylate // Russian Journal of Applied Chemistry. 2018. N 7(91). P. 1145-1152.

[2] Pot У. Polyesters and alkyd resins. М.: КТС, 2009. 380 p.

[3] Burkeev M.Zh., Tazhbaev E.M., Burkeeva G.K. et al. Effect of External Factors on the Swelling of Hydrogels Dased on Poly(ethylene glycol) Maleate with Some vinyl Monomers // Russian Journal of Applied Chemistry. 2013. N 1(86). P. 63-68.

[4] Burkeev M.Zh., Tazhbaev E.M., Burkeeva G.K., Kovaleva A.K. Nanocatalytic Systems Based on Poly(ethylene glycol maleate) – Acrylamide Copolymers // Russian Journal of Applied Chemistry. 2015. N 2(88). P. 314-319.

[5] Kudaibergen G.K., Burkeeva G.K. Constants and parameters of radical copolymerization of poly(ethylene glycol fumarate) with acrylic acid // Chemical journal of Kazakhstan. – 2018. – № 1(61). – P. 215-222.

[6] Pat. № 31052. Method for producing unsaturated polyester resins based on propylene glycol, phthalic anhydride and fumaric acid / Burkeev M.Zh., Tazhbaev E.M.; publ. 16.03.2016. 8 p.

[7] Burkeev M.Zh., Kudaibergen G., Burkeeva G.K. et al. The number average and mass average molecular masses of polyethylene(propylene) glycol fumarates // Bulletin of the Karaganda university. Chemistry series. 2018. N 2. P. 17-22.

[8] Golbert K.A., Wigdergauz M.S. Introduction to Gas Chromatography. М.: Chemistry, 1990. 352 p.

[9] Zolotov Yu.A., Dorokhova E.N., Fadeeva V.I. Physicochemical methods of analysis. М.: Higher. shk., 2000. 356 p.

[10] Filippova O.E. "Susceptible" polymer gels // Polymer science. 2000. Vol. 42, N 12. P. 2328-2352.

## Резюме

*Г. К. Буркеева, А. А. Тайкен*

### ҚАНЫҚПАҒАН ПОЛИЭФИР ШАЙЫРЛАРЫ НЕГІЗДЕГІ СОПОЛИМЕРЛЕРДІҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ СИНТЕЗДЕУ

Полиэтиленгликольфумарат пен метакрил қышқылының радикалды сополимеризация реакциясы нәтижесінде әртүрлі массалық құрамдағы ерімейтін сополимерлері алынды. Ерітіндінің иондық күшінің, органикалық еріткіштердің синтез-

делген сополимерлердің ісіну дәрежесіне әсері зерттелді. Зерттеу нәтижелері бойынша полимерлі гелдердің төмен молекулалы тұздардың ( $\text{NaCl}$  және  $\text{CaCl}_2$ ), органикалық еріткіштердің (ДМСО, ДМФА, этанол) болуына сезімталдығына сополимердегі мономерлік байланыстардың қатынасы, сондай-ақ ерітіндідегі төмен молекулалы компоненттердің концентрациясы айтарлықтай әсер етеді деп қорытынды жасауға болады. Сополимердегі метакрил қышқылының үлесінің төмендеуімен гелдердің төмен молекулалы тұздардың, органикалық еріткіштердің қоспаларына сезімталдығы төмендейді. Бұл макроцептегі карбоксил топтарының құрамының жоғарылауымен де, полимер торының тығыздығының төмендеуімен де байланысты. Иондық күштің байқалған әсері зерттелетін үлгілердің ісіну- коллапс процесінде электростатикалық және гидрофобты өзара әрекеттесулердің үлесін растайды. Сомономердің табиғатын өзгерту арқылы иондық күш, ерітіндінің термодинамикалық сапасы өзгерген кезде ісінуге немесе коллапсқа қабілетті гидрогельдерді алуға болатындығы және сомономерлердің байланыстарының арақатынасын өзгерту арқылы полимер торларының ісінуі мен коллапс аралықтарын реттеуге болатындығы көрсетілген. Сондай-ақ, рентгендік энергодисперсиялық микроанализдің нәтижелерінен  $p$  – ЭГФ-МАК сополимерлері негізінде зерттелетін полимерлік жүйелер тазарту және байыту технологияларында сорбенттер ретінде талап етілуі мүмкін.

**Түйін сөздер:** полиэтиленгликольфумараты, метакрил қышқылы, сополимер, гидрогель, поликонденсация, қанықпаған полиэфир шайыры, радикалды сополимерлеу.

### Summary

*G. K. Burkeyeva, A. A. Taiken*

#### SYNTHESIS AND INVESTIGATION OF PROPERTIES OF COPOLYMERS BASED ON UNSATURATED POLYESTER RESINS

The effect of the ionic strength of a solution and organic solvents on the degree of swelling of the synthesized copolymers was study. According to the research results, it can be concluded that the susceptibility of polymer gels to the presence of low molecular weight salts ( $\text{NaCl}$  and  $\text{CaCl}_2$ ), organic solvents (DMSO, DMF, ethanol) is significantly affected by the ratio of monomer units in the copolymer, as well as the concentration of low molecular weight components in the solution. With a decrease in the proportion of methacrylic acid in the copolymer, the sensitivity of gels to the addition of low molecular weight salts and organic solvents decreases. This is due to both an increase in the content of carboxyl groups in the macrochain and a decrease in the density of the polymer network. The observed effect of ionic strength confirms the contribution of both electrostatic and hydrophobic interactions in the process of swelling-collapse of the samples under study. It was shown that by changing the nature of the comonomer, it is possible to obtain hydrogels capable of swelling or collapsing with a change in ionic strength, thermodynamic quality of the solution, and by varying the ratio of comonomer units, it is possible to regulate the swelling and compression intervals of polymer networks. It also follows from the results of X-ray energy dispersive microanalysis that the studied polymer systems based on  $p$ -EGF - MAA copolymers can be in demand as sorbents in purification and concentration technologies.

**Keywords:** polyethylene glycol fumarate, methacrylic acid, copolymer, hydrogel, polycondensation, unsaturated polyester resin, radical copolymerization.