

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI

OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

FARG'ONA DAVLAT UNIVERSITETI

**FarDU.
ILMIY
XABARLAR**

1995-yildan nashr etiladi
Yilda 6 marta chiqadi

**2024/3-SON
ILOVA TO'PLAM**

**НАУЧНЫЙ
ВЕСТНИК.
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года
Выходит 6 раз в год

M.A.Axmadaliyev, N.M.Yakubova	
Furfurol atseton epoksid smolasini kondensatsiya mahsuloti	231
M.Nishonov, M.Nazarov, N.B.Odilxo'jazoda	
Study of the chemical essence of medicinal properties of plants	235
D.S.Tursunova, Sh.Sh.Turg'unboyev	
<i>Apium graveolens</i> var. <i>Dulce</i> o'simligining makro va mikroelementlari tahlili	237
И.Ю.Якубов, М.К.Асамов	
Модификация политетрафторэтилена сополимеризацией тетрафторэтилена с гексафторпропиленом	241
Sh.M.Kirgizov, D.M.Xatamova	
Olxo'ri va subxon o'rik mevasi komponentlarining xalq tabobatidagi ahamiyati	247
Sh.M.Kirgizov, D.M.Xatamova	
O'rik va olxo'ri mevalaridan tayyorlangan murabbolarning antioksidantlik xususiyati	251
G.S.Meliboyeva, O.O'.O'rinova	
Kimyo ta'limi jarayonida interfaol usullardan foydalanishning amaliy asoslari	256
A.X.Turdiboyev, M.Y.Imomova	
Tol (<i>Salix</i> L.) o'simligining kimyoviy tarkibi va dorivor xususiyatlari	260
I.R.Asqarov, M.Y.Imomova, M.M.Tojiboyev	
<i>Equisetum arvense</i> va <i>Convolvulus arvensis</i> o'simliklarining antioksidantligini o'rganish	263
Sh.A.Mamajonov, N.B.Odilxo'jazoda, X.M.Jo'rayev	
Bo'lajak kimyo o'qituvchilarida ekologik kompetentlikni shakllantirish	268
M.Nishonov, Sh.A.Mamajonov	
Kimyo eksperimenti ta'lim samaradorligini oshirish vositasi sifatida	273
Sh.A.Mamajonov, N.B.Odilxo'jazoda	
Kimyo o'qituvchisi kasbiy kompetentligini aniqlashning pedagogik mazmuni	276
M.Nishonov, X.M.Jo'rayev	
Kimyodan masalalarni kompyuter dasturi orqali yechish – ta'lim sifati va samaradorligini oshirish omili	280
M.Nishonov, Sh.A.Mamajonov	
Studying the mechanism of the aging process	282
M.Nishonov, Sh.A.Mamajonov, V.A.Xaydarova	
Studying the contributions of uzbekistan scientists to the development of chemical science and industry	285
M.Nishonov	
Ta'm tushunchasining fizikaviy, kimyoviy va tibbiy mohiyati	289
U.G'.Abdullayeva	
Bo'lajak kimyo o'qituvchilarini ekologik ta'lim-tarbiyani amalga oshirishga tayyorlashning zamonaviy usullari	292
U.G'.Abdullayeva	
Bo'lajak kimyo o'qituvchilarini ekologik ta'lim-tarbiyani amalga oshirishga tayyorlashning pedagogik va tashkiliy jihatlari	296
M.T.Shokirov, A.X.Xaitbayev, H.S.Toshov, I.Sh.Yuldashev, Sh.Sh.Turg'unboyev	
The lupinine molecule: a journey into its crystallographic structure	300
H.G.Sabirova, M.M.Nurmatova	
Pektin moddalarini IQ-tadqiqoti	306
S.R.Razzoqova, A.A.Toshov, I.Karimov, Sh.A.Kadirova, Sh.Sh.Turg'unboyev	
Co(II), Ni(II), Cu(II) va Zn tuzlarining 2-aminobenzoksazol bilan komplekslarini termik analizi asosida o'rganish	309
S.A.Mamatqulova, M.A.Xolmatova, I.R.Asqarov	
Analysis of antirheumatic activity of extracts from Rheum and Allium odorum plants	314

BIOLOGIYA

M.R.Shermatov	
Tangachaqanotli hasharotlarni qishloq xo'jalik ekinlarini biozaxarlashdagi ishtiroki va uning iqtisodiy oqibatlarini	318
S.Isroiljonov	
Yoshlar tanasi tarkibidagi yog'ni, yog'siz moddani va suvni miqdorini aniqlash	323

**POLITETRAFTORETILENNI TETRAFTORETILENNI GEKSAFTORPROPILEN BILAN
SOPOLIMERLAB MODIFIKATSIYALASH****МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА СОПОЛИМЕРИЗАЦИЕЙ
ТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА С ГЕКСАФТОРПРОПИЛЕНОМ****MODIFICATION OF POLYTETRAFLUOROETHYLENE BY COPOLYMERIZATION OF
TETRAFLUOROETHYLENE WITH HEXAFLUOROPROPYLENE****Якубов Илхам Юлдашевич¹**¹доцент кафедры химии Ферганского государственного университета**Асамов Мавзур Камилович²**²доцент кафедры общей химии Национального Университета Узбекистана**Annotatsiya**

Tetrafluoretilen(TFE)ning polimerlanishi va uning geksaftorpropilen(GFP) bilan sopolimerlanish kinetikasiga temperatura, past temperaturali initsiator – diizopropilperoksidi karbonat konsentratsiyasi, reaksiya davomiyligi, sistemadagi monomerlar miqdorining o'zaro nisbati hamda organik suyuqliklarning ta'siri o'rganildi.

Temperatura, initsiator miqdori va reaksiya vaqtining ortirilishi bilan politetrafluoretilen(PTFE) va TFE ning GFP li sopolimerlarining unumi ko'payadi. PTFE va TFE ning GFP li sopolimerlari qaynash temperaturasidagi dimetilformamid, dimetilsulfoksid va boshqa shu kabi organik suyuqliklar ta'siriga chidamlidir. Rentgenografik tadqiqotlar sopolimerlar tarkibida GFP miqdorining ortishi bilan ularning kristallik darajasi kamayishini ko'rsatdi. Ta'kidlash lozimki, sopolimer tarkibiga GFP bo'laklarining kiritilishi uning issiqlikka bardoshini biroz susaytiradi.

Аннотация

Исследовано влияние на кинетику полимеризации и сополимеризации тетрафторэтилена(ТФЭ) с гексафторпропиленом(ГФП) температуры, концентрации низкотемпературного инициатора – диизопропилпероксидикарбоната, продолжительности реакции, соотношения мономеров в исходной смеси, а также наличие в системе органических жидкостей.

Установлено, что с увеличением температуры, концентрации инициатора и продолжительности реакции выход политетрафторэтилена(ПТФЭ) и сополимеров ТФЭ с ГФП повышаются.

Показано, что ПТФЭ и сополимеры ТФЭ с ГФП являются стойкими к действию таких органических жидкостей, как диметилформамид, диметилсульфоксид и др. при температуре их кипения.

На основе рентгенографических исследований установлено, что с увеличением содержания ГФП степень кристалличности сополимеров ТФЭ с ГФП уменьшается. Следует отметить, что введение ГФП звеньев в состав сополимера приводит к незначительному снижению его термостойкости

Abstract

The research influence on the kinetics of polymerization and copolymerization of tetrafluoroethylene(TFE) with hexafluoropropylene(HFP) of temperature, the concentration of a low-temperature initiator - diisopropylperoxydicarbonate, the reaction time, the ratio of monomers in the initial mixture, and the presence of organic liquids in the system has been studied. It has been established that with an increase in temperature, initiator concentration and reaction time, the yield of polytetrafluoroethylene (PTFE) and TFE copolymers with HFP increase.

It has been shown that PTFE and copolymers of TFE with HFP are resistant to the action of such organic liquids as dimethylformamide, dimethylsulfoxide and etc. at their boiling point.

Based on X-ray studies, it was found that with an increase in the content of HFP, the degree of crystallinity of TFE copolymers with HFP decreases. It should be noted that the introduction of HFP units into the composition of the copolymer leads to a slight decrease in its thermal stability.

Kalit so'zlar: Tetrafluoretilen, geksaftorpropilen, monomer, polimerizatsiya, sopolimerizatsiya, initsiator, konsentratsiya, skorost polimerizatsii, kriticheskaya temperatura, rekombinatsiya, svobodnye radikaly, sopolimer, politetrafluoretilen, fluoropolimer, stepen kristallichnosti va termostoykost.

Ключевые слова: Тетрафторэтилен, гексафторпропилен, мономер, полимеризация, сополимеризация, инициатор, концентрация, скорость полимеризации, критическая температура,

рекомбинация, свободные радикалы, сополимер, политетрафторэтилен, фторполимер, степень кристалличности и термостойкость.

Key words: Tetrafluoroethylene, hexafluoropropylene, monomer, polymerization, copolymerization, initiator, concentration, polymerization rate, critical temperature, recombination, free radicals, copolymer, polytetrafluoroethylene, fluoropolymer, degree of crystallinity and heat resistance

ВВЕДЕНИЕ

Превосходные показатели технических характеристик фторполимеров всегда привлекали и продолжают привлекать к себе особое внимание учёных мира и широкой общественности в целом. Современный научно-технический прогресс в развитии таких важнейших отраслей промышленности как ракетной, космической, авиационной и атомной техники, радиотехники и радиоэлектроники, машиностроении и медицины связан с широким применением фторсодержащих полимеров.

Уникальные свойства фторполимеров как высокая термо-, хемо-, светостойкость, негорючесть, физиологическая нейтральность, высокие диэлектрические свойства и др. являются мощным стимулом для развития исследований в этой отрасли химии полимеров.

Политетрафторэтилен (ПТФЭ) является одним из основных промышленных фторполимеров, который характеризуется наибольшей термостойкостью среди всех карбоцепных полимеров, а по своей стойкости к растворителям и агрессивным реагентам превосходит даже такие "благородные" металлы как золото, платина, вольфрам и др.[1, 2].

Однако, ещё большее расширение производства и применения ПТФЭ сдерживается его такими недостатками как трудная перерабатываемость, связанная высокой вязкостью расплава, нерастворимостью в известных растворителях, хладотекучестью, низкой механической прочностью при высоких температурах, обусловленные слабыми межмолекулярными взаимодействиями и жёсткостью его макромолекул.

Известные методы модификации свойств ПТФЭ не позволяют устранить вышеуказанные недостатки при сохранении его исключительно важных свойств. В настоящее время наиболее распространённым методом модификации свойств ПТФЭ является метод сополимеризации тетрафторэтилена(ТФЭ) с различными мономерами[3-7].

Целью данной работы являлось исследование кинетических закономерностей гомополимеризации ТФЭ и его сополимеризации с гексафторпропиленом(ГФП) в присутствии низкотемпературного инициатора – диизопропилпероксидикарбоната (ДИПДК), а также сравнительное изучение физико-химических свойств синтезированных полимеров и сополиметров.

МЕТОДЫ И ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

ТФЭ и ГФП в обычных условиях представляют собой газообразные мономеры и характеризуются физико-химическими свойствами, представленными в табл.1.

Таблица 1

Физико-химические константы использованных фторсодержащих мономеров

Наименование физико-химических констант	ТФЭ [8,9]	ГФП [10]
Молекулярная масса	100,02	150,03
Температура плавления, °С	-142,5	-156,2
Температура кипения, °С	-76,3	-29,4
Плотность, г/см ³	1,519 (-76,3°С)	1,583 (-40°С)
Критическая температура, °С	33,3	105,0
Критическое давление, МПа	4,071	3,254
Критическая плотность, г/см ³	0,58	0,6

ТФЭ синтезировался из дибромида тетрафторэтана - Ф-114-Br₂[11]. Для этого в круглодонную колбу, снабжённую обратным холодильником, капельной воронкой и мешалкой, насыпали 25 г. цинкового порошка, приливали на него 35 мл изопропилового спирта и при перемешивании прикапывали из капельной воронки смесь 70 г дибромида тетрафторэтана с 35 мл изопропилового спирта. Выделяющийся ТФЭ пропускали через ряд

KIMYO

ловушек, охлаждаемых смесью ацетона с жидким азотом. Чистый ТФЭ конденсируется в ловушке, охлаждаемой жидким азотом.

ГФП представлял собой промышленный продукт, который с целью дополнительной очистки подвергался низкотемпературной ректификации и отбиралась фракция с температурой кипения -29°C . Чистота мономеров оценивалась с помощью хроматографа "Вырухром-А-1". Содержание примесей в них не превышало $1 \cdot 10^{-4}$ масс. %.

Полимеризация и сополимеризация ТФЭ с ГФП проводились в ампулах из молибденового стекла. Для этого тщательно очищенные мономеры обезгаживались на вакуумно-дозировочной установке путем многократного замораживания их жидким азотом и откачкой до остаточного давления $1 \cdot 10^{-2}$ мм.рт.ст(тор), с последующим размораживанием. Обезгаженные мономеры хранились в форбаллонах, из которых они дозировались в ампулы. Количество дозируемого мономера определялось по изменению давления в форбаллонах при помощи ртутного манометра.

Точное количество отдозированного мономера определялось по разности массы ампулы, которые взвешивались на аналитических весах с точностью до плюс-минус 0,0002 г.

Сополимеризация ТФЭ, инициированная низкотемпературным инициатором - ДИПДК, осуществлялись следующим образом: определенное количество инициатора в капилляре вводилось в ампулу и обезгаживалось в вакуумно-дозировочной установке двухкратным замораживанием с последующей откачкой до остаточного давления $1 \cdot 10^{-2}$ тор.

Замораживание ампулы проводилось для предотвращения распада и потери инициатора, после чего дозировали мономер - ТФЭ или в случае сополимеризации последовательно мономеры - ТФЭ и ГФП в ампулу. Ампула отпаивалась, размораживалась и помещалась в термостат.

После проведения реакции ампула вскрывалась и ее содержимое полностью очищалось от непрореагировавшего инициатора. Выход полимера и сополимера определялся гравиметрически по формуле:

$$W = \frac{G_2 \cdot 100}{G_1}$$

где, W-выход сополимера, %;

G_1 - масса исходного мономера или смеси мономеров, г;

G_2 - масса полученного сополимера, г.

ИК спектры снимались на двухлучевом инфракрасном спектрофотометре UR-20 в области $3500-400 \text{ см}^{-1}$. Интерпретация новых полос поглощения в спектрах сополимеров проводилась путем сравнения их с ИК спектрами ПТФЭ[12].

Рентгеновские дифрактограммы полимеров получены на дифрактометре УРС-50 ИМ с использованием монохроматизированного $\text{Cu K}\alpha$ - излучения при ускоряющем напряжении 35 кВ и силе тока 10 мА при скорости $4^{\circ}/\text{мин}$ и 1000 имп/сек.

Образцы сополимеров готовили прессованием в виде пластин с толщиной 1,2 мм на специальной прессформе под давлением 5000 кг/см^2

Степень кристалличности K рассчитывалась по формуле[13-15]:

$$K = \frac{I_K}{I_K + k \cdot I_A}$$

где, K - степень кристалличности образца, %;

I_K -интенсивность кристаллического пика на дифрактограмме($2\theta = 17^{\circ}80'$);

I_A -интенсивность аморфного гала($2\theta=16^{\circ}20'$);

k- поправочный коэффициент, равный 0,556.

Дериватографическое исследование полимеров и сополимеров проводили на дериватографе системы Ф.Паулик, Я.Паулик и А. Эрдей в интервале температур $200-1000^{\circ}\text{C}$ при скорости нагрева $5^{\circ}/\text{мин}$ и чувствительности ДТА 1/5 и ДТГ 1/10. В качестве инертного эталона применяли Al_2O_3 .

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Нами исслeдoвaнo влияниe нa кинeтикy пoлимeризaции и coпoлимeризaции ТФЭ тeмпeрaтyры, кoнцeнтрaции инициaтoрa, прoдoлжитeльнocти рeaкции, cooтнoшeния мoнoмeрoв, a тaкжe нaличия в cистeмe oргaничecкиx жидкocтeй. Пoлимeризaция ТФЭ изучaлacь при кoнцeнтрaцияx ДИПДК $[I_{ин}]$ $1,02 \cdot 10^{-2}$, $2,05 \cdot 10^{-2}$ и $3,07 \cdot 10^{-2}$ мoль/л. и прoдoлжитeльнocти рeaкции $[t]$ oт 15 дo 360 мин.

Уcтaнoвлeнo, чтo c пoвышeниeм тeмпeрaтyры cкoрocть пoлимeризaции пoвышaeтcя и дocтигaeт мaксимaльнoй вeличинy при 30°C (тaбл.2). Увeличeниe выхoдa ПТФЭ c пoвышeниeм тeмпeрaтyры oбуслoвлeнo вoзрaстaниeм числa cвoбoдныx рaдикaлoв, cпocoбcтвующих увeличeнию cкoрocти инициирoвaния. Учитывaя критичecкyю тeмпeрaтyрy ТФЭ ($33,3^{\circ}\text{C}$), пoлимeризaция вышe 30°C нaми нe прoвoдилacь.

Крoмe тeмпeрaтyры, cущecтвeннoe влияниe нa выхoд пoлимeрa oкaзывaeт врeмя пoлимeризaции и кoнцeнтрaция инициaтoрa. В cвязи c этим нaми былa пoдрoбнo изучeнa пoлимeризaция ТФЭ при рaзличныx кoнцeнтрaцияx ДИПДК и врeмeни пoлимeризaции. Уcтaнoвлeнo, чтo при пocтoяннoй кoнцeнтрaции инициaтoрa c увeличeниeм врeмeни пoлимeризaции выхoд ПТФЭ вoзрacтaeт. Нaпримeр, при кoнцeнтрaции ДИПДК $1,02 \cdot 10^{-2}$ мoль/л. и врeмeни пoлимeризaции 30, 60 и 120 мин. выхoд ПТФЭ cocтaвляeт cooтвeтcтвeннo 2,8, 10,2 и 44,2%.

Таблица 2

Данные по полимеризации ТФЭ в присутствии
ДИПДК при 30°C

Время полимеризации, мин.	Выход полимера, %	Ср. скорость полимеризации, %/мин.
Концентрация инициатора $1,02 \cdot 10^{-2}$ моль/л		
15	0,9	0,06
30	2,8	0,09
60	10,2	0,17
120	44,2	0,37
240	80,5	0,34
360	91,7	0,26
Концентрация инициатора $2,05 \cdot 10^{-2}$ моль/л		
15	1,5	0,10
30	4,6	0,15
60	18,1	0,30
120	68,9	0,57
240	90,4	0,33
360	97,2	0,27
Концентрация инициатора $3,07 \cdot 10^{-2}$ моль/л		
15	2,9	0,19
30	10,1	0,34
60	46,3	0,77
120	87,6	0,73
240	97,3	0,41
360	97,7	0,27

Пoвышeниe выхoдa ПТФЭ c увeличeниeм врeмeни пoлимeризaции oбуслoвлeнo нeпрeрывным прoтeкaниeм пoлимeризaции вo врeмeни.

В идeнтичныx ycлoвияx пoлимeризaции увeличeниe кoнцeнтрaции инициaтoрa cпocoбcтвует пoвышeнию ee cкoрocти. Нaпримeр, при врeмeни пoлимeризaции 60 мин. и кoнцeнтрaцияx ДИПДК $1,02 \cdot 10^{-2}$, $2,05 \cdot 10^{-2}$ и $3,07 \cdot 10^{-2}$ мoль/л. cкoрocть пoлимeризaции ТФЭ cocтaвляeт cooтвeтcтвeннo 0,17, 0,30 и 0,77 %/мин.

KIMYO

Увеличение скорости полимеризации с повышением концентрации инициатора обусловлено с ростом концентрации свободных радикалов, образующихся при распаде инициатора, что приводит к повышению скорости иницирования ТФЭ.

Дальнейшее увеличение концентрации инициатора более $3,07 \cdot 10^{-2}$ моль/л. не приводит к существенному возрастанию скорости полимеризации за счет снижения эффективности иницирования, что обусловлено образованием низкомолекулярных соединений при рекомбинации избытка свободных радикалов, не участвующих в дальнейшем процессе иницирования. Логарифмическая зависимость начальной скорости полимеризации

ТФЭ от концентрации инициатора выражается прямой линией. Вычисленное значение n - тангенса угла наклона прямой к оси абсцисс равно 0,7. Наблюдаемое отклонение порядка реакции от обычного 0,5 обусловлено затруднением бимолекулярного обрыва растущих цепей ПТФЭ, т.к. он не растворим в собственном мономере.

С целью изучения влияния органических растворителей на скорость полимеризации ТФЭ реакция проводилась в присутствии различных количеств СС₁₄.

Из данных, представленных в таблице 3 видно, что с увеличением концентрации ТФЭ в СС₁₄ возрастает скорость полимеризации.

Уменьшение концентрации ТФЭ в единичном объеме является причиной снижения скорости полимеризации ТФЭ в присутствии СС₁₄.

Таблица 3

Данные по полимеризации ТФЭ в присутствии
СС₁₄ при 30°C, $[I_{ин}] = 2,05 \cdot 10^{-2}$ моль/л.
и $[t] = 360$ мин

Содержание ТФЭ в растворе,	Выход полимера, %	Ср. скорость полиме- ризации, %/мин.
20	12,1	0,03
40	19,8	0,05
60	45,2	0,12
80	76,0	0,21
100	79,2	0,27

В наших исследованиях для выяснения влияния соотношения исходной смеси на кинетику сополимеризации молярное соотношение ТФЭ:ГФП варьировалось от 0,3:0,7 до 0,7:0,3. Полученные данные приведены в таблице 4.

Таблица 4

Данные по сополимеризации ТФЭ с ГФП под действием ДИПДК при $T = 30^\circ\text{C}$ и $[I_{ин}] = 2,05 \cdot 10^{-2}$ моль/л.

Время сополимеризации, мин.	Выход сополимера, %	Ср. скорость сополимеризации, %/мин.
Молярное соотношение ТФЭ:ГФП=0,3:0,7		
60	3,7	0,06
120	9,2	0,09
240	14,1	0,06
360	16,0	0,04
Молярное соотношение ТФЭ:ГФП=0,5:0,5		
60	12,3	0,16
120	25,0	0,21
240	34,9	0,15
360	37,4	0,10
Молярное соотношение ТФЭ:ГФП=0,7:0,3		

60	15,7	0,26
120	41,1	0,34
240	56,3	0,23
360	59,8	0,17

Как видно из данных таблицы 4, с увеличением содержания ТФЭ в мономерной смеси и времени сополимеризации возрастает как скорость процесса, так и выход сополимера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, нами изучена гомополимеризации ТФЭ и его сополимеризации с ГФП в присутствии низкотемпературного инициатора –ДИПДК.

Установлено, что с увеличением температуры, концентрации инициатора и продолжительности реакции выход ПТФЭ и сополимеров ТФЭ с ГФП повышаются.

Показано, что ПТФЭ и сополимеры ТФЭ с ГФП являются стойкими к действию таких органических жидкостей, как диметилформамид, диметилсульфоксид и др. при температуре их кипения.

На основе рентгенографических исследований установлено, что с увеличением содержания ГФП степень кристалличности сополимеров ТФЭ с ГФП уменьшается.

Данные дериватографических исследований сополимеров указывают на то, что введение ГФП звеньев в состав сополимера приводит к незначительному снижению его термостойкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паншин Ю.А. и др. Фторпласты, Л., Химия, 1978, с. 98.
2. <https://matins.ru/obzor-teflon-ptfe.php>
3. C.G.Kinnear., пат. ФРГ, 2238573, 1973.
4. <https://www.mkt-rti.ru/stati/material-ptfe>
5. М.К. Асамов, И.Ю.Якубов. Материалы межд. научно-техн. конф, “Современные проблемы биоорганической химии”, ФерГУ, 23.11.2021 г., с. 552-557.
6. И.Ю.Якубов. Научно-методич. журнал “Творческий учитель”, №24, Т.,05.12.2022 г., с. 491-495.
7. И.Ю.Якубов. Научно-методич. журнал “Творческий учитель” №29, Т., 05.05.2023 г., с. 377-384.
8. Энциклопедия полимеров, т.1., “Советская энциклопедия”, 1972, с. 235.
9. Краткая химическая энциклопедия, т.5, “Советская энциклопедия”, М., 1967, с. 121.
10. Химическая энциклопедия, т.1, “Советская энциклопедия”, М., 1988, с. 994.
11. Пат. США 240 897,1946.
12. Инфракрасная спектроскопия полимеров, М., Химия, 1976, с. 190.
13. М.А.Мартынов, К.А. Вылегжанина. Рентгенография полимеров, “Химия”, 1972, с. 77.
14. W.M. Peffly, V.R. Honnold, O.Binder, J. Polym. Sci., A-1, 1966, p. 977-980.
15. Е.Л.Гальперин, Б.П.Косминин, В.К.Смирнов. Высоколек. соедин., А-12, 1970, с. 1880-1885.