

УДК 678.664:678.479 + 539.2

## Полиуретаны на основе дигидроксипентилфталата меди

*Л.П. Робота*

Институт химии высокомолекулярных соединений НАН Украины  
48, Харьковское шоссе, Киев, 02160, Украина

*Получены полиуретаны на основе дигидроксипентилфталата меди (ДГПФС), 1,5-пентандиола и их эквимолекулярной смеси в качестве удлинителей диизоцианатных прекурсоров полиуретан с эквимолекулярной смесью удлинителей обладает повышенными прочностными свойствами. Исследовано влияние ДГПФС на межмолекулярные взаимодействия, прочностные и физические свойства пленочных полиуретанов. Модельное исследование влияния метаболитов плесневых грибов свидетельствует об их структурирующем воздействии.*

**Ключевые слова:** полиуретаны, свойства, межмолекулярные взаимодействия, грибоустойкость.

Расширение областей использования полиуретанов не только как эластиков и пластиков, но и как конструкционных материалов обусловлено высоким уровнем эксплуатационных свойств и легкостью их варьирования, что обеспечивается составом и надмолекулярной структурой, реализуемой посредством полярных фрагментов макромолекулы. Усилению межмолекулярного взаимодействия способствует также наличие в составе макромолекулы ионных связей, которые являются дополнительным фактором направленного регулирования свойств полиуретанов.

Известно, что повышение прочностных и адгезионных свойств полиуретанов, стойкости к термоокислительной деструкции, износоустойчивости, а также огнестойкости и электропроводности может быть достигнуто путем введения в их состав металлосодержащих составляющих [1]. Кроме того, присутствие катионов металлов является одним из факторов, обеспечивающих биологическую активность соединений. Наличие в составе полиуретанов ионов металла обуславливает их использование как загустителей, пропиточных составов, антистатических материалов, адгезивов и катализаторов [2]. Кроме того, полиуретаны, характеризующиеся биосовместимостью, могут широко использоваться в биомедицине [3].

Ранее путем физического и структурно-химического модифицирования полиуретанов (ПУ) были получены устойчивые к микробиологической коррозии металлосодержащие материалы [4–6].

Физическое модифицирование ПУ неорганическими солями сопровождалось координированием ионами металлов макромолекулярных цепей, а при структурно-химическом модифицировании координационными металлосодержащими соединениями взаимодействие модификаторов с макромолекулами осуществлялось посредством водородных связей. Путем структурно-химического модифицирования

были синтезированы и исследованы полиамидоуретаны на основе растворимых комплексов переходных металлов (ацетилацетонатов), используемых в качестве удлинителей полиуретановых прекурсоров.

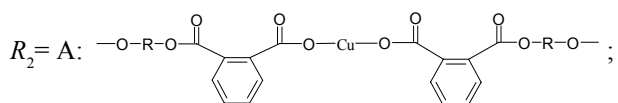
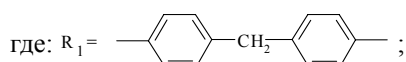
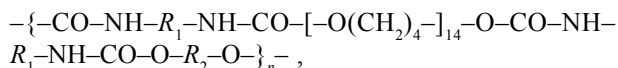
При модифицировании указанными способами присутствие ионов металлов в макромолекуле обеспечивает микробиологическую активность полиуретана, а связь ионов металлов с полимерной цепью препятствует их диффузии из объема полимера на его поверхность, что исключает токсическое воздействие металлосодержащей составляющей на организм человека.

Включение в состав макромолекул ПУ атомов металлов может быть достигнуто также при использовании в качестве удлинителей диизоцианатных прекурсоров металлосодержащих диолов [2], что является предпосылкой создания стойких к биокоррозии ПУ, которая часто провоцируется плесневыми грибами – наиболее активными и опасными биодеструкторами.

Поэтому с целью повышения физико-механических свойств ПУ путем регулирования уровня межмолекулярных взаимодействий и получения микробиологически устойчивых материалов синтезированы ПУ на основе дигидроксипентилфталата меди.

### Экспериментальная часть.

Объектами исследования служили ПУ, состав элементарного звена которых может быть представлен схемой:



Для ПУ-1:  $R_2=A$  – дигидроксипентилфталат меди (ДГПФСу).

Для ПУ-2:  $R_2=A:B=1:1$  (моль).

Для ПУ-3:  $R_2=B$  – 1,5-пентандиол (ПД).

ДГПФСу синтезировали путем взаимодействия 1,5-пентандиола (ПД) с фталевым ангидридом (ФА) с последующим взаимодействием *in situ* – моноалкилового эфира фталевой кислоты – с ацетатом меди ( $CuAc_2$ ).

Исходными реагентами для синтеза ДГПФСу (а также ПУ-2 – ПУ-3) служили:

1,5-пентандиол (ПД) [Merck] с целью обезвоживания перед синтезом выдерживали над молекулярными ситами 4А при температуре 40 °С.

Фталевый ангидрид (ФА) перед синтезом очищали возгонкой, использовали продукт с температурой плавления 131,5–132,5 °С.

Ацетат меди ( $CuAc_2$ ) х.ч. без дополнительной очистки.

Триэтиламин (ТЭА) перегоняли перед синтезом.

Синтез ДГПФСу проводили в реакторе без доступа влаги при перемешивании и нагревании реакционной массы. К 41,65 г (0,4 моля) ПД с каталитическим количеством ТЭА небольшими порциями в течение 30 мин. добавляли 13,08 г (0,1 моля) ФА. Содержимое реактора перемешивали при температуре 70–75 °С 30 мин. Далее к реакционной массе в течение 30 мин. добавляли 9,98 г  $CuAc_2$  (0,05 моля) с последующим перемешиванием при температуре 80–85 °С 3 ч. Выпавший осадок обрабатывали последовательно ацетоном, этанолом и высушивали в вакууме.

Температура плавления ДГПФСу 183–185 °С.

Реагенты для ПУ-1 – ПУ-3.

Олигоокситетраметиленгликоль (ПФ ММ1000) высушивали при температуре 80 °С в вакууме при остаточном давлении 1–3 мм рт. ст. непосредственно перед синтезом.

4,4'-дифенилметандиизоцианат (ДФМДИ) [Aldrich] использовали без дополнительной очистки.

Растворителем при получении ПУ-1 – ПУ-3 служил диметилформамид (ДМФА), очищенный перегонкой с бензолом и водой [7].

ПУ-1 – ПУ-3 получены по двустадийной методике. На первой стадии синтезировали диизоцианатный прекурсор (ДИП) на основе ПФ и 4,4'-ДФМДИ при соотношении  $NCO/OH=2$  по стандартной методике нагреванием в массе при температуре 80–85 °С без доступа влаги до достижения содержания изоцианатных групп 5,45% (определенных методом обратного титрования избыточного диэтиламина 0,1N водным раствором соляной кислоты). Удлинение ДИП, растворенных в ДМФА, проводили растворами удлинителей путем их добавления небольшими порциями в присутствии каталитического количе-

ства дибутилдилаурената олова (БДЛО) при перемешивании с постепенным нагреванием и выдерживанием массы при температуре 75–80 °С в течение 4 ч.

Получены 30 %-ные диметилформамидные растворы ПУ: ПУ-1, ПУ-2 и ПУ-3 соответственно.

Окончание процесса полиуретанообразования контролировали по ИК-спектрам высушенного в вакууме полимера на стеклах NaCl (исчезновение полосы поглощения  $\nu_{NCO} - 2280 \text{ см}^{-1}$ ).

Полученный полимер высаждали в смесь: вода : этиловый спирт : ДМФА = 20 % : 40 % : 40 %, отфильтровывали и высушивали в сушильном шкафу, а далее в вакуумном шкафу до постоянной массы.

Затем ПУ растворяли в ДМФА, выливали на стеклянную подложку для формирования пленки и высушивали в сушильном шкафу при температуре 60–65 °С до постоянной массы.

#### Методы исследования.

Для изучения структуры ПУ в объеме получали тонкие пленки полимеров на иртрране (высушивали вначале при температуре 20–50 °С, затем в вакууме, перед регистрацией спектров иртран с нанесенным полимером выдерживали в эксикаторе с  $CaCl_2$ ) и регистрировали ИК-спектры пропускания на ИК-спектрометре TENSOR37 (Tensor FTIR, Bruker) с разрешением 4  $\text{см}^{-1}$  в области 600–4000  $\text{см}^{-1}$  при температуре  $18 \pm 1$  °С.

Характеристическую вязкость  $[\eta]$  определяли в ДМФА при температуре  $25 \pm 1$  °С.

Плотность предварительно дегазированных пленочных образцов ПУ определяли методом гидростатического взвешивания в изооктане при температуре 14–17 °С в соответствии с [8].

Прочность при растяжении в момент разрыва и относительное удлинение пленочных ПУ определяли в соответствии с ГОСТ 14236 на разрывной машине РМ-30-1 при скорости растяжения 100 мм/мин при температуре 20–22 °С.

Паропроницаемость в изотермических условиях ( $28 \pm 1$  °С) и влагопоглощение определены по ГОСТ 22900.

Уровень биодegradации ПУ-1 – ПУ-3 оценивали посредством коэффициентов сохранения механических свойств ( $K_\sigma$  и  $K_\epsilon$ ) после выдерживания образцов в водном растворе лимонной кислоты с концентрацией  $10^{-2}$  моль/л, моделирующего воздействие метаболитов плесневых грибов [9].

#### Результаты исследования и их обсуждение.

ДГПФСу получен в среде ПД, который служил также и реагентом.

ДГПФСу образуется при взаимодействии промежуточного продукта реакции – кислого эфира фталевой кислоты с ацетатом меди.

Общая схема реакции может быть представлена следующим образом:

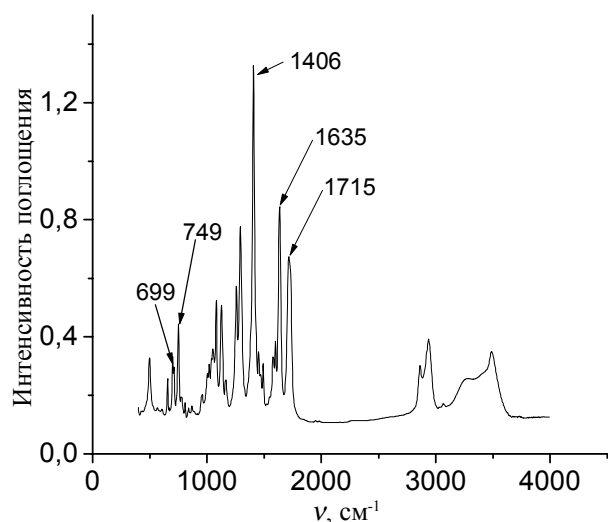
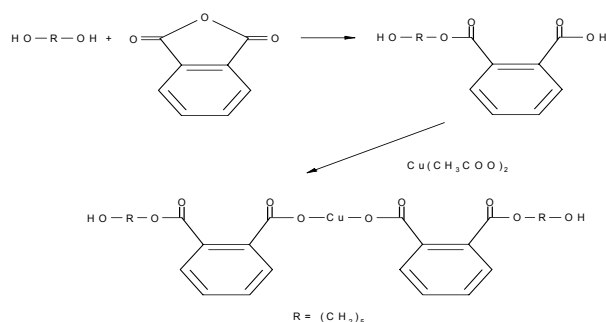


Рис. 1. ИК-спектр дигидроксипентилфталата меди



Выход ДГПФСу составил 51,5 %, что объясняется образованием побочных продуктов реакции.

Температура плавления ДГПФСу 183–185 °С. Его состав подтвержден элементным анализом. Найдено: С – 56,11; Н – 5,43; вычислено: С – 56,13; Н – 5,34.

ДГПФСу исследовали с помощью ИК-спектроскопии (рис. 1).

Валентные колебания свободной ОН-группы в области 3487 см<sup>-1</sup> могут быть обусловлены присутствием кристаллизационной воды, а ассоциированные спиртовые ОН-группы проявляются широкой полосой 3400–3300 см<sup>-1</sup>. Полоса поглощения при 1050 см<sup>-1</sup> свидетельствует о присутствии в структуре ДГПФСу фрагментов С–О – связи алкильного фрагмента со спиртовой группой О–Н – ν(С–ОН). Асимметричные и симметричные валентные колебания СН<sub>2</sub>-групп алкильных спиртовых фрагментов соответствуют полосам при 2937 и 2863 см<sup>-1</sup>, а δ<sub>асим</sub> колебания этих групп проявляются слабыми полосами при 1490 и 1450 см<sup>-1</sup>. Наличие сложноэфирного карбонила Ar–C(O)O–Alk в полученном продукте подтверждается сильной полосой валентных колебаний при 1715 см<sup>-1</sup>, а эфирная составляющая С–О–С фталатного фрагмента проявляется полосами валентных колебаний при 1126 и 1081 см<sup>-1</sup>. Об 1,2- замещении бензола свидетельствуют также слабые полосы в

области 772–710 см<sup>-1</sup> и ее наиболее выраженная острая полоса при 749 см<sup>-1</sup>. Полоса поглощения при 699 см<sup>-1</sup> может быть отнесена к связи Cu–O.

Известно, что карбоксилан-ионы карбоновых кислот имеют характеристические частоты в области 1510–1650 см<sup>-1</sup> (ν<sub>асим</sub> колебания) и в области 1280–1400 см<sup>-1</sup> (ν<sub>сим</sub> колебания).

В соответствии с [10] мерой ковалентности связи –COO–Me (металл)– служит степень смещения частоты симметричных валентных колебаний относительно ее асимметричных колебаний: для ионной связи Δν составляет 150 см<sup>-1</sup> (в ацетате натрия), а при Δν > 225 см<sup>-1</sup> связь имеет ковалентный характер.

Наличие –COO– в ИК-спектре ДГПФСу подтверждается полосами ν<sub>асим</sub> колебаний: сильной полосой при 1635 см<sup>-1</sup> и слабыми полосами при 1598 и 1576 см<sup>-1</sup>, а его ν<sub>сим</sub> колебания проявляются интенсивной полосой при 1406 см<sup>-1</sup>. Смещение интенсивной полосы поглощения ν<sub>сим</sub> колебаний –COO–фрагмента ДГПФСу относительно его сильной полосы ν<sub>асим</sub> колебаний составляет Δ229 см<sup>-1</sup>, что может свидетельствовать о поляризованной ковалентной связи в –COO–Cu–фрагменте, как и во многих солях низших и высших жирных кислот с тяжелыми металлами, нерастворимых в полярных растворителях (в т. ч. и в воде), в отличие от растворимых в воде, но нерастворимых в неполярных растворителях солей щелочных металлов, где связь чисто ионная [11, 12].

ДГПФСу растворим в высокополярных растворителях: ДМФА и диметилацетамиде, а также диметилсульфоксиде (ограничено).

В ИК-спектрах синтезированных ПУ (рис. 2) присутствуют все характеристические полосы составляющих их компонентов [13], отражающие влияние химического состава жестких блоков и водородных связей на их надмолекулярную структуру.

Спектры ПУ-1–ПУ-3 идентичны, однако, в

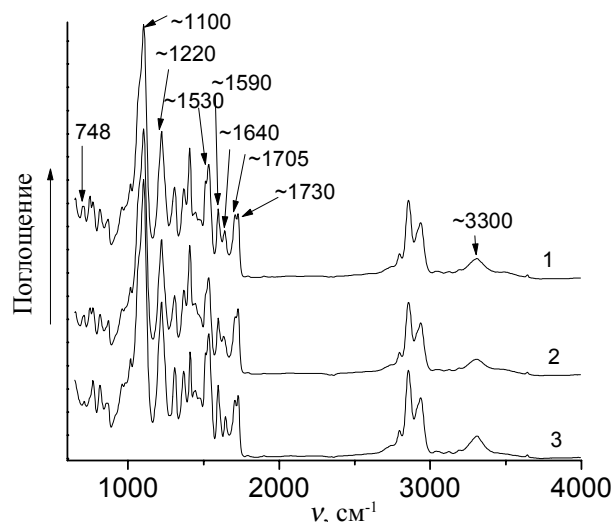


Рис. 2. ИК-спектры: 1 – ПУ-1; 2 – ПУ-2 и 3 – ПУ-3

Таблица . Свойства ПУ-1–ПУ-3

ПУ	Исходные ПУ						ПУ после воздействия модельной среды			
	$\sigma$ , МПа	$\epsilon$ , %	$P_{is}$ , %	$B$ , %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$[\eta]$ , дл/г	$\sigma$ , МПа	$\epsilon$ , %	$K\sigma$	$K\epsilon$
ПУ-1	16,0	150	0,63	0,24	1,11	0,40	16,32	200	102,0	133,0
ПУ-2	45,0	500	1,21	0,58	1,11	0,54	46,61	508	103,6	101,6
ПУ-3	23,8	200	1,27	0,08	1,10	0,57	28,32	167	118,9	83,5

областях характеристических полос “амид I” – 1650–1800 см<sup>-1</sup>, “амид II” – 1513–1596 см<sup>-1</sup> и ~ 3300 см<sup>-1</sup>, а также “амид III” – 1445–1405 см<sup>-1</sup> происходит перераспределение полос по их интенсивности, ширине и частично по частотной области поглощения. Спектры образцов в области выше 3500 см<sup>-1</sup> имеют три полосы поглощения при ~2855, ~2936 и уширенную полосу 3309 см<sup>-1</sup>, которые свидетельствуют о  $\nu_s(\text{CH}_2)$ ,  $\nu_{as}(\text{CH}_2)$  и  $\nu(\text{NH})_{\text{ассоц}}$  соответственно.

Сравнение интенсивности полос поглощения области «амид I»: неассоциированных и ассоциированных уретановых карбониллов 1728 и 1707 см<sup>-1</sup> в ПУ-1 и ПУ-3 свидетельствует о большей доле неассоциированных карбониллов в ПУ-3, тогда как в ПУ-1 соотношение карбониллов в самоассоциатах жестких сегментов и свободных от водородных связей карбониллов практически равно. При этом полоса 1707 см<sup>-1</sup> в ПУ-3 уширена по сравнению с ПУ-1, что может свидетельствовать о водородных связях разной интенсивности. Более интенсивные полосы поглощения «амид I» в ПУ-1 обусловлены составом ДГПФСц, который в отличие от ПУ-3 содержит сложноэфирные группы. Валентные ассоциированные колебания СО-групп (“амид I”) в ПУ-3 проявляются менее интенсивным пиком при 1646 см<sup>-1</sup>, тогда как эта полоса в ПУ-1 более интенсивна и смещена в низкочастотную область (1640 см<sup>-1</sup>), что свидетельствует об образовании более сильных ассоциатов. Полосы 1596 и 1534–1513 см<sup>-1</sup> для ПУ-1 – ПУ-3 имеют одинаковые частоты. Первая узкая полоса средней интенсивности может быть отнесена к  $\delta(\text{N-H})$  ассоциированным, а также  $\nu(\text{C=C})$  колебаниям ароматических колец.

Более интенсивная уширенная полоса поглощения в ПУ-1 при 1534 см<sup>-1</sup> с плечом со стороны низких частот (1513 см<sup>-1</sup>, что может свидетельствовать о скелетных колебаниях бензольного ядра) может быть отнесена к деформационным колебаниям свободных от водородных связей N–H-групп (перекрывающимся полосам “амид II” и “амид III”). Эта полоса уширенная и более интенсивная в ПУ-3. Указанные группы могут находиться в жестких сегментах в окружении гибкосегментной матрицы – в переходных областях.

Более острым пиком меньшей интенсивности с максимумом поглощения при 1412 см<sup>-1</sup> проявляется “амид III” ( $\nu(\text{C-N})$ ) в ПУ-3 по сравнению с ПУ-1, где максимум поглощения смещен с низкочастотную

область (1409 см<sup>-1</sup>), что может свидетельствовать о самоассоциации N–H-групп в жестких доменах. В этой же области проявляется и  $\text{CH}_2\text{-CO}$ -связь.

Полосы в области ~ 1370 и 1307 см<sup>-1</sup> могут свидетельствовать о  $\delta(\text{O-H})$  – как конечных фрагментах макроцепи и об аллофанатных фрагментах в структуре полученных полимеров. Сложноэфирный фрагмент и простой эфирный фрагмент соответствуют на спектре полосам поглощения при 1221 ( $\nu(\text{CO-O})$ ) и 1104 см<sup>-1</sup> ( $\nu(\text{C-O-C})$ ).

Характеристическое поглощение при 867 и 815 см<sup>-1</sup> свидетельствует об 1,4-замещении в бензольном кольце (4,4'-дифенилметандиизоцианат), а при 748 см<sup>-1</sup> о присутствии в ПУ-1, ПУ-2 фталатного фрагмента.

ИК-спектр ПУ-2 занимает промежуточное положение ПУ-1 – ПУ-3 по соотношению интенсивности свободных и ассоциированных полос “амид I” с существенным превышением пика 1728 см<sup>-1</sup> относительно такового при 1707 см<sup>-1</sup>. Исходя из соотношения свободных и ассоциированных уретановых карбониллов, исследуемые ПУ располагаются в ряд: ПУ-2 > ПУ-3 > ПУ-1.

Этот вывод согласуется с ранее проведенными исследованиями структуры полученных ПУ [14].

Сравнительные показатели характеристической вязкости, удельной плотности, влагопоглощения, паропроницаемости, физико-механических свойств и результаты биостойкости при воздействия модельной среды на полученные блочные медьсодержащие ПУ приведены в таблице.

Наивысшими показателями характеристической вязкости в исследуемом ряду ПУ характеризуется ПУ-3, где в качестве удлинителя использован ПД.

Известно, что ионная связь в полярных растворителях подвергается диссоциации, что сопровождается падением значений вязкости полимеров при наличии такой связи в их главной цепи при высоких значениях прочностных свойств пленочных материалов [15]. Подтверждением ковалентного характера связи –COO–Cu–OOC– в ПУ-1 и отсутствия процесса диссоциации полиуретановой цепи в ДМФА, как и возможного участия атомов меди в электростатическом взаимодействии, является высокое значение характеристической вязкости ПУ-1 в ДМФА, равное 0,4 дл/г, которое сравнимо по своему значению с таковым для ПУ-3, не содержащего указанного фрагмента, что

подтверждает отсутствие диссоциации медьсодержащего фрагмента полиуретановой цепи в ДМФА.

Плотности ПУ имеют близкое значение.

Наивысший показатель влагопоглощения (0,58 %) имеет ПУ-2, что является следствием как его состава, так и особенностей надмолекулярной структуры. ПУ-1 по этому показателю занимает промежуточное положение с влагопоглощением в 2,4 раза меньшим по сравнению с ПУ-2, несмотря на удвоенное количество в полимере полярных медьфталатных фрагментов, обуславливающих дополнительное координирование в ПУ-1 и ПУ-2, оказывающих конкурирующее влияние на реализацию водородных связей. Закономерно низкое влагопоглощение (0,08 %) имеет ПУ-3, характеризующийся отсутствием полярных медьфталатных фрагментов в его структуре. Результаты исследования влагопоглощения не полностью согласуются с результатами исследования эффективных размеров микрообластей гетерогенности ПУ-1 – ПУ-3 [14], где исследуемые ПУ по указанному параметру располагаются в ряд: ПУ-1 > ПУ-2 > ПУ-3.

Пониженной паропроницаемостью в изотермических условиях  $28 \pm 1$  °С обладает ПУ-1, характеризующийся отсутствием микрогетерогенной структуры [14], что обусловлено статическим распределением жестких и гибких блоков в объеме ПУ-1, тогда как ПУ-2 и ПУ-3, характеризующиеся микрогетерогенностью, имеют близкие показатели паропроницаемости.

Физико-механические показатели полученных пленочных ПУ существенно различаются: прочность в момент разрыва ПУ-2 составляет 45,0 МПа, что превышает показатели ПУ-1 (16,0 МПа) в 2 раза, относительно ПУ-3 (23,8 МПа) – в 1,9 раза; а по относительному удлинению в 3,3 и 2,5 раза соответственно. Указанные результаты согласуются с результатами исследования их микрогетерогенной структуры [14]: увеличение степени микрофазового разделения сопровождается увеличением прочностных свойств ПУ-2 по

сравнению с аналогичными характеристиками ПУ-1 и ПУ-3. Таким образом, наличие ДГПФС<sub>u</sub> в ПУ-2 способствует улучшению его прочностных свойств (таблица).

Известно, что биодegradации полимеров предшествует изменение их структуры, вызванное абиотическими факторами, в первую очередь, в результате воздействия: воды, химических веществ и т. д., что положено в основу экспериментальных работ по оценке биостойкости в модельных растворах. Установлено, что концентрация карбоновых кислот, моделирующих воздействие метаболитов плесневых грибов составляет  $10^{-2}$  моль/л [9].

Результатом воздействия раствора лимонной кислоты в течение 7 сут., согласно ГОСТ 9.049 [16] (таблица), является увеличение прочностных характеристик для всех исследованных полимеров, что может быть следствием структурирующего воздействия посредством водородного ассоциирования трехосновной лимонной кислотой, о чем свидетельствует показатель сохранения прочностных свойств ( $K\sigma$ , равный 102–119 %).

Таким образом, получены полиуретаны с повышенными прочностными свойствами при использовании в качестве удлинителя диизоцианатного прекурсора эквимолекулярной смеси дигидроксипентилфталата меди и 1,5-пентандиола. Факторами реализации прочностных и физических свойств является, кроме водородного ассоциирования, электростатическое (в т. ч. координационное) взаимодействие атомов меди при доминирующей роли последнего при микрогетерогенном структурировании полученных полиуретанов, что подтверждено ИК-спектроскопическими исследованиями их структуры. Модельное исследование воздействия метаболитов плесневых грибов свидетельствует об их структурирующем воздействии, что проявляется улучшением прочностных свойств.

## Литература

1. Savelyev Yu. In book: "Science against microbial pathogens: communitating current research and technological advances" (Editor: Antonio Míndez-Vilas. Publisher: Formatex Research Center (Zurbaran, Spain). – 1, ISBN (13): 978-84-939843-1-1. - 12/2011. - P. 122-134.
2. Jayakumar R., Rajkumar M., Nagendran R. // J. Appl. Polym. Sci.- 2002. - Vol. 85. - P. 1194-1206.
3. Hayashi R., Takano H., Matsuda T., Umezumi M. // J. Biomed. Mater. Res. – 1985. – 19. – P. 179.
4. Робота Л.П., Савельев Ю.В., Руденко А.В., Коваль Э.З. // Полімер. журн. - 2004. - 26, № 4. - С. 267-274.
5. Савельев Ю.В., Робота Л.П., Руденко А.В., Коваль Э.З. // Доп. НАНУ. – 2005. - № 1. - С. 141-146.
6. Робота Л.П., Савельев Ю.В., Кузьмак Н.А., Савельева О.А., Травинская Т.В. // Полімер. журн. - 2005.- №3. – С. 186-194.
7. Свойства органических соединений / Под. ред. А.А. Потехина, справочник. - Л.: Химия, 1984. – 520 с.
8. Торопцева А.М., Белгородская Е.В., Бондаренко В.М. Лабораторный практикум по химии и технологии высокомолекулярных соединений. - Л.: Химия, 1972. – С. 416.
9. Строганов В.Ф., Михальчук В.М., Бобров О.Г., Бичурина Н.А. // Пласт. Массы.- 1985. - №11. - С. 32-34.
10. Шевченко Л.Л. // Успехи химии. - 1963. - 32, вып. 4. - С. 457-469.

11. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии. Т 1. - М: Химия, 1974. - С. 160.
12. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия / Пер. с англ. под ред. И.К. Коробициной. - М: Мир, 1974. - С. 554.
13. Дехант И., Данц Р., Киммер В., Шмольке З. Инфракрасная спектроскопия полимеров. - М.: Мир, 1966. - 471 с.
14. Штомпель В.И., Робота Л.П., Кузьмак Н.А., Чумикова Г.Н., Серов В.Г., Савельев Ю.В. // Полімер. журн. - 2010. - **32**, № 4. - С. 144-148.
15. Шевченко В.В., Клименко Н.С., Лаптий С.В. // Укр. хим. журн. - 1987. - **53**, № 12. - С. 24-29.
16. ГОСТ 9.049 ЕСЗСК. Материалы полимерные и их компоненты Методы испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов.

*Поступила в редакцию 22 марта 2013 г.*

## Поліуретани на основі дигідроксипентилфталату міді

*Л.П. Робота*

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України  
48, Харківське шосе, Київ, 02160, Україна

*Отримано поліуретани на основі дигідроксипентилфталату міді (ДГПФСі), 1,5-пентандіолу та їх еквімолекулярної суміші як подовжувачів діізоціанатних прекурсорів. Виявлено, що підвищені міцнісні властивості має поліуретан з еквімолекулярною сумішшю подовжувачів. Досліджено вплив ДГПФСі на міжмолекулярні взаємодії, міцнісні та фізичні властивості пліткових поліуретанів. Модельне дослідження впливу метаболітів пліснявих грибів свідчить про їх структуруючу дію.*

**Ключові слова:** поліуретани, властивості, міжмолекулярні взаємодії, грибостійкість.

## Polyurethanes based on copper bishydroxypentylphthalate

*L.P. Robota*

Institute of Macromolecular Chemistry NAS of Ukraine  
48, Kharkivske shause, Kyiv, 02160, Ukraine

*Polyurethanes on the basis of copper bishydroxypentylphthalate, 1,5-pentadiol and their equimolecular mixture used as extender of diisocyanate precursor have been synthesized. Polyurethane with equimolecular mixture of extenders was shown to possess the increased strength properties. The influence of copper bis(hydroxypentylphthalate) on the intermolecular interactions, strength and physical properties of polyurethane films has been studied. Model study of the influence of metabolites of mould fungi indicates their structuring effect.*

**Key words:** polyurethanes, properties, intermolecular interactions, funginertness.