

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
ПИИИ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 9.035  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

### International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2021 Issue: 09 Volume: 101

Published: 30.09.2021 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



#### Latif Ergash ugli Jumanov

Tashkent Chemical Technological Institute  
Free researcher,  
100011, Tashkent, Navoi str, 32 building  
[murodjon.toxirov93@mail.ru](mailto:murodjon.toxirov93@mail.ru)

#### Botsaid Usmonovich Sayitov

Tashkent Chemical Technological Institute  
Free researcher,  
100011, Tashkent, Navoi str, 32 building

#### Murodjon Ikhtiyor ugli Tohirov

Tashkent Chemical Technological Institute  
PhD student,  
100011, Tashkent, Navoi str, 32 building

#### Muzaffar Ganievich Alimukhamedov

Tashkent Chemical Technological Institute  
Professor, Doctor of Technical Sciences,  
100011, Tashkent, Navoi str, 32 building

## PROPERTIES OF SECONDARY POLYETHYLENE TEREPHTHALATE ALCOHOLYSIS PRODUCT

**Abstract:** In the process of alcoholysis of secondary polyethylene terephthalate with diethylene glycol, the conditions for the synthesis of aromatic hydroxyl-containing polyether polyols with known molecular weight and functionality were studied. The conditions of polycondensation were studied at various ratios of adipic acid and aliphatic diglycol (DEG, EG, BD). The technological parameters for the synthesis of aliphatic hydroxyl-containing polyether polyols with known molecular weight and functionality have been determined.

**Key words:** hydroxyl-containing polyether polyol, molecular weight, functionality, secondary polyethylene terephthalate, adipic acid, diethylene glycol, ethylene glycol, butanediol.

**Language:** Russian

**Citation:** Jumanov, L. E., Sayitov, B. U., Tohirov, M. I., & Alimukhamedov, M. G. (2021). Properties of secondary polyethylene terephthalate alcoholysis product. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 09 (101), 683-688.

**Soi:** <http://s-o-i.org/1.1/TAS-09-101-92> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2021.09.101.92>

**Scopus ASCC:** 1501.

### СВОЙСТВА ПРОДУКТА АЛКОГОЛИЗА ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

**Аннотация:** В процессе алкоголиза вторичного полиэтилентерефталата диэтиленгликолем были изучены условия синтеза ароматических гидроксилсодержащих полиэфирполиолов с известной молекулярной массой и функциональностью. Изучены условия поликонденсации при различных соотношениях адипиновой кислоты и алифатического дигликоля (ДЭГ, ЭГ, БД). Определены технологические параметры синтеза алифатических гидроксилсодержащих полиэфирполиолов с известной молекулярной массой и функциональностью.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 9.035  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

**Ключевые слова:** гидроксилсодержащий полиэфирполиол, молекулярная масса, функциональность, вторичный полиэтилентерефталат, адипиновая кислота, диэтиленгликоль, этиленгликоль, бутандиол.

### Введение

Гидроксилсодержащие полиэфирполиолы (ГСП) играют важную роль в полимерной промышленности. Из них производят полиуретан, лакокрасочные материалы [1], различные композиционные полимерные материалы и другие изделия [2-3]. Рассмотрим работы мировых ученых по синтезу, свойствам и свойствам гидроксилсодержащего полиэфирполиола (ГСП):

Был синтезирован поликонденсированный разветвленный полиэфир в присутствии дибутилоксида глицерина и адипиновой кислоты, и его увеличение молекулярной массы (ядерный магнитный резонанс) было доказано методом ЯМР [4, 5]. В последующих исследованиях его молекулярная масса, теплопроводность, температура стекла и реологические свойства были подробно изучены при взаимодействии с различными дикарбоновыми кислотами и диолами [6-10].

Это определяется молекулярной массой и функциональностью ГСП. Поэтому изучение закономерностей образования ГСП с известной молекулярной массой и функциональностью имеет большое теоретическое и практическое значение.

На сегодняшний день разработка полимерных композиционных материалов с заданными свойствами является перспективным направлением. Одним из способов создания таких полимерных композиций является синтез ГСП с определенной молекулярной массой. На этой основе можно производить различные композиционные полимерные материалы, улучшающие их физико-механические свойства.

Следовательно, можно синтезировать ГСП с определенной молекулярной массой, выбрав дикарбоновые кислоты и гликоли и изменив их молярные соотношения [11, 12].

В нашем исследовании термореактивные олигомеры включают блоки разной длины, которые снижают активность реакционноспособных активных групп при синтезе олигомеров, и поэтому синтезируют термореактивные олигомеры с молекулярной массой, в несколько раз превышающей текущую молекулярную массу.

Исходя из вышеизложенного, термореактивные олигомеры могут быть важным шагом в решении фундаментальной проблемы высокомолекулярных соединений, регулируя их молекулярный вес и тем самым увеличивая их молекулярный вес, создавая до сих пор нерешенную проблему - термореактивные олигомеры с высоким молекулярным весом. Положительное решение этой проблемы создаст

научную основу для получения высокомолекулярных термореактивных олигомеров.

Следовательно, прикрепление сомономеров разной природы и длины между цепями, формирующих термореактивность, поскольку мономеры абсорбируются между слоями, позволяет регулировать длину цепи линейных олигомеров. В связи с этим были проведены научные исследования по увеличению молекулярной массы фурановых олигомеров на основе алифатических ГСП [13, 14]. Также этим методом можно получить высокомолекулярные фенолформальдегидные олигомеры. Мы проводим исследования по синтезу высокомолекулярных термореактивных олигомеров в результате взаимодействия фенольных спиртов (полупродуктов термореактивной цепи) с алифатическими ГСП. В этом случае синтезированные термореактивные олигомеры обладают способностью изменять механические и теплофизические свойства конечных решетчатых полимеров в широком диапазоне, изменяя природу и длину блоков полиэфирного полистирола между термореактивными цепями.

### Методы и материалы.

В исследованиях использовались следующие вещества: диэтиленгликоль (ХЧ) ГОСТ (10136-77), плотность при 20 °С - 1,118 г / см<sup>3</sup>, показатель преломления - 1,4475, температура кипения - 244,8 °С. Его перегоняли под вакуумом при давлении 101,325 кПа и температуре 244-249°С. Этиленгликоль (ГХ) (ГОСТ 9710-2019), плотность при 20 °С - 1,113 г / см<sup>3</sup>, показатель преломления -1,4315, температура кипения - 197,3 °С. Бутандиол (ХЧ) (ГОСТ 30333-2007), плотность при 20 С-1,017 г / см<sup>3</sup>, температура кипения - 235 С. Адипиновая кислота (ХЧ) (ГОСТ 10558-80), точка плавления - 152 °С, температура кипения - 265 °С (100 мм / рт. Ст.).

Процесс синтеза ГСП проводили в четырехгорловой колбе, снабженной мешалкой, холодильником, термометром и капилляром (для инертного газа). Сначала в колбу добавляли 1,1 моль гликоля, затем 0,18% от общей реакционной массы добавляли ацетата цинка Zn (СН<sub>3</sub>СОО) 2 и температуру повышали до 80 °С. После полного растворения ацетата цинка в гликоле в колбу добавляли 1 моль адипиновой кислоты. Реакцию проводили при 190 в среде инертного газа (азота) в течение 6 ч. По окончании реакции оставшуюся воду в реакционной массе удалили в вакууме.

Целью данного исследования является синтез гидроксилсодержащих сложных

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 9.035  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

полиэфирполиолов полиолов с определенной молекулярной массой и функциональностью. Поэтому мы разделили результаты эксперимента на две части.

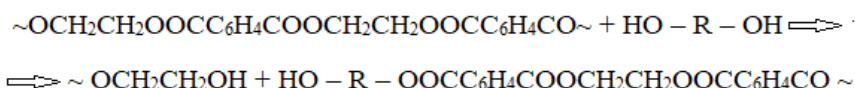
### Результаты и обсуждение.

Алкоголиз вторичного полиэтилентерефталата (ВПЭТФ) и изучение молекулярной массы ароматических полиэфирполиолов.

На основании научных исследований [15, 16] мы выбрали вторичный полиэтилентерефталат

(ВПЭТФ) в качестве исходного материала. для синтеза ароматических полиэфирполиолов. Выбор ВПЭТФ для синтеза ароматических полиэфирполиолов имеет два очевидных преимущества. Во-первых, это увеличивает сырьевую базу полимеров. Во-вторых, есть хорошее решение проблемы утилизации мусора.

В результате алкоголизации ВПЭТФ дигликолами ароматические ГСП образуются по следующему реакционному механизму [17].



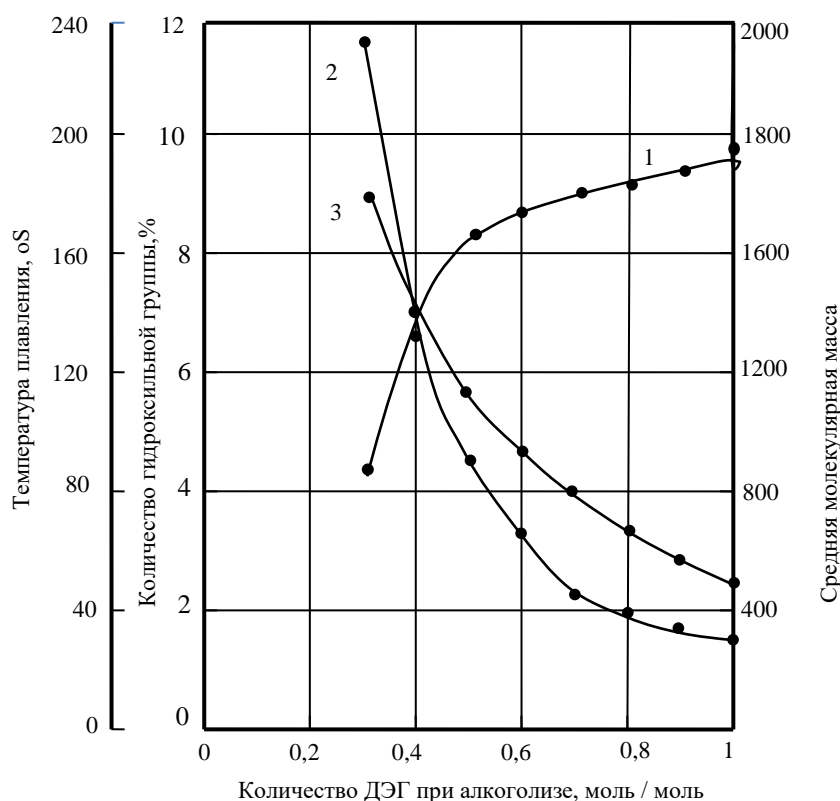
Результаты исследования показывают, что олигомеры с разными молекулярными массами могут быть получены путем изменения молярного соотношения ДЭГ, полученного для синтеза. Исходя из этого, мы синтезировали ароматические ГСП с разной молекулярной массой. Молекулярная масса и функциональность синтезированных ГСП были определены экспериментально по известным методикам. Когда молярное соотношение ДЭГ на моль ВПЭТФ изменяется от 0,3 до 1 моль, средняя молекулярная масса (кривая 2 на рисунке 1) уменьшается с 1950 до 380. Также видно, что температура плавления (рис. 1, кривая 3) снижается от 180 до 50 °С. Однако мы можем

видеть, что функциональность ГСП увеличивается, когда количество ДЭГ изменяется с 0,3 до 1 моль по сравнению с 1 моль ВПЭТФ. В то же время количество гидроксильной группы в ГСП увеличилось с 4,5 до 9,9% соответственно (рис. 1, кривая 1).

Основываясь на результатах вышеуказанного эксперимента, следует отметить, что при изменении молярного соотношения ДЭГ, полученного для ВПЭТФ При алкоголизе можно синтезировать ГСП с различной функциональностью и молекулярной массой. Также возможно синтезировать ароматические ГСП с различными функциями путем алкоголизации ВПЭТФ другими дигликолами.

## Impact Factor:

ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	ПИИЦ (Russia)	= 3.939	PIF (India)	= 1.940
GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 9.035	IBI (India)	= 4.260
JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350



**Рисунок 1. Влияние количество ДЭГ на физико-химические свойства алкогольной продукции алкоголиза ВПЭТФ**

1- количество гидроксильной группы, %; 2-я средняя молекулярная масса;  
3- температура плавления, °C

Использование сложных олигоэфиров с различной молекулярной массой в производстве ненасыщенных полиэфиров позволяет изменять твердость и пластичность получаемых продуктов, контролируя время отверждения ненасыщенные полиэферы. Это достигается вставкой алифатических гибких цепей разной длины между цепями олигомеров, которые имеют разные функциональные группы и имеют тенденцию сшиваться [18].

В этом исследовании мы синтезировали ГСП на основе адипиновой кислоты (АДК) и этиленгликоля (ЭГ), диэтиленгликоля (ДЭГ), бутандиола (БД) и изучили некоторые из его свойств.

Известно, что одним из важных факторов, определяющих молекулярную массу олигомеров, образующихся при поликонденсации двух типов мономеров, является соотношение этих функциональных групп. Если молярное количество одного мономера меньше или больше молярного количества другого мономера,

превышение молярного количества одного из мономеров приведет к уменьшению молекулярной массы образованного олигомера. В результате были синтезированы ГСП в различных соотношениях АДК и дигликолей [19].

Результаты исследования показывают, что молярном соотношении 1 моль АДК и 1,05 1.1; 1,2 моль ДЭГ; был синтезирован ГСП, последовательно видно, что количество гидроксильной группы синтезированного ГСП увеличилось на 1,2-2,2-2,7% соответственно (рис. 2. Кривая 1). При тех же соотношениях АДК и ДЭГ количество кислот уменьшилось на 13,5-8,5-4 соответственно (рис. 2, кривая 2). Видно, что молекулярные массы ГСП, синтезированных при молярном соотношении 1 моль АДК и ДЭГ; 1,05 1.1; 1,2; 1,3; 1,4, уменьшились соответственно до 1600–1100–800–700–600 (рис. 2, кривая 3). На основе описанных выше экспериментов нам удалось синтезировать ГСП с молекулярными массами от 600 до 1600 с различной вязкостью.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 9.035  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

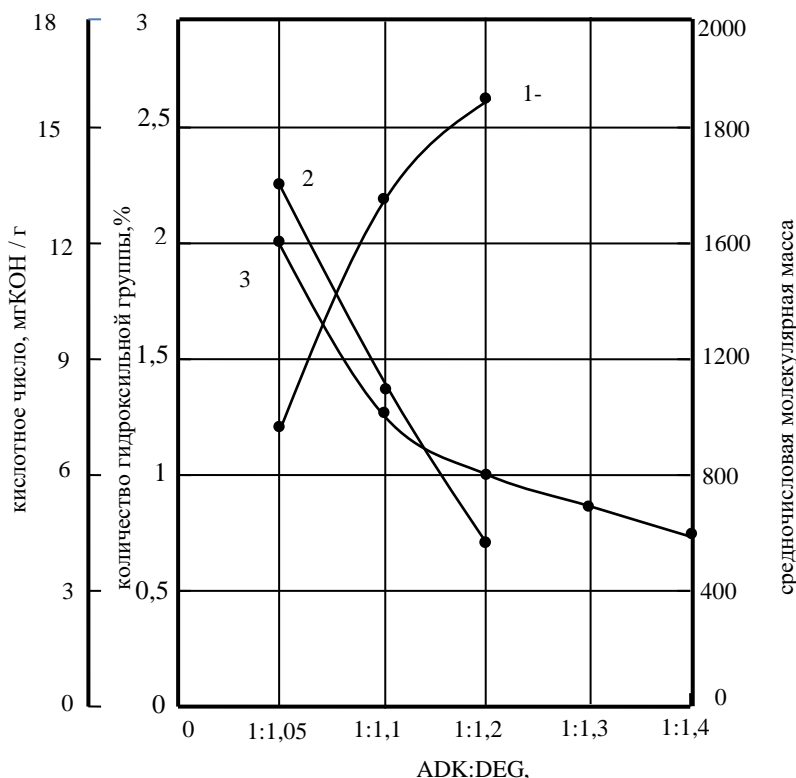


Рисунок 2. График зависимости физико-химических свойств олигомеров от соотношений АДК и ДЭГ, полученных для синтеза

1- количество гидроксильной группы,%; 2-среднечисловая молекулярная масса; 3-кислотное число, мгКОН / г

### Выводы

Изучены условия синтеза вторичного полиэтилентерефталата с диэтиленгликолем, то есть условия синтеза ароматических гидроксилсодержащих полиэфирполиолов с определенной молекулярной массой и функциональностью.

Изучены условия поликонденсации при различных соотношениях адипиновой кислоты и алифатического дигликоля (ДЭГ, ЭГ, БД) и определены технологические параметры синтеза алифатических гидроксилсодержащих полиэфирполиолов с определенной молекулярной массой и функциональностью.

### References:

1. Ionescu, M. (2005). *Chemistry and technology of polyols for polyurethanes*. iSmithers Rapra Publishing.
2. Tersac, G. (2007). *Chemistry and technology of polyols for polyurethanes*. Mihail Ionescu. Rapra Technology, Shrewsbury, UK. *Polymer International*, 56(6), 820-820.
3. Kryzhanovskii, V. K., Lavrov, N. A., & Kiemov, S. N. (2018). The effect of disperse fillers on the thermomechanical characteristics of epoxy polymers. *Polymer Science, Series D*, 11(2), 230-232.
4. Kijomov, Sh. N., & Dzhililov, A. T. (2020). Uretanovyy oligomer OU-400. *Universum: tehnichekie nauki*, 7-2 (76).
5. Zhang, T., Howell, B. A., Dumitrascu, A., Martin, S. J., & Smith, P. B. (2014). Synthesis and characterization of glycerol-adipic acid hyperbranched polyesters. *Polymer*, 55(20), 5065-5072.

**Impact Factor:**

**ISRA (India) = 6.317**  
**ISI (Dubai, UAE) = 1.582**  
**GIF (Australia) = 0.564**  
**JIF = 1.500**

**SIS (USA) = 0.912**  
**PIHII (Russia) = 3.939**  
**ESJI (KZ) = 9.035**  
**SJIF (Morocco) = 7.184**

**ICV (Poland) = 6.630**  
**PIF (India) = 1.940**  
**IBI (India) = 4.260**  
**OAJI (USA) = 0.350**

6. Schrock, A. K., Hamilton, H. S., Thompson, B. D., Ulrich, K., del Rosario, C., Saint-Louis, C. J., & Coggio, W. D. (2017). Development of structure–property relationships that allow independent control of glass transition temperature, melting temperature, and rheology in a library of bio-based succinate polyester polyols. *Polymer*, *114*, 103-112.
7. Kijomov, Sh. N., & Dzhililov, A. T. (2019). Tribologija jepoksiuretanovogo polimera. *Universum: tehniicheskie nauki*, *6* (63).
8. Papageorgiou, G. Z., & Bikiaris, D. N. (2007). Synthesis, cocrystallization, and enzymatic degradation of novel poly (butylene-co-propylene succinate) copolymers. *Biomacromolecules*, *8*(8), 2437-2449.
9. Kasmi, N., Majdoub, M., Papageorgiou, G. Z., Achilias, D. S., & Bikiaris, D. N. (2017). Solid-state polymerization of poly (ethylene furanoate) biobased polyester, I: Effect of catalyst type on molecular weight increase. *Polymers*, *9*(11), 607.
10. Jalilov, A. T., Kiyomov, S. N., & Kiyomova, N. N. (2020). Adhesion of epoxyurethane reactoplasts. *Scientific Bulletin of Namangan State University*, *2*(5), 46-51.
11. Karayannidis, G. P., Roupakias, C. P., Bikiaris, D. N., & Achilias, D. S. (2003). Study of various catalysts in the synthesis of poly (propylene terephthalate) and mathematical modeling of the esterification reaction. *Polymer*, *44*(4), 931-942.
12. Kryzhanovskij, V. K., Lavrov, N. A., & Kiemov, Sh. N. (2017). Vlijanie dispersnyh napolnitelej na termomechanicheskie harakteristiki jepoksidnyh polimerov. Vse materialy. *Jenciklopedicheskij spravochnik*, (11), 9-13.
13. Dzhililov, A. T., & Kijomov, Sh. N. (2020). Uretan-jepoksidnye termoreaktivnye polimernye sistemy v kachestve antifrikcionnogo materiala. *Bulatovskie chtenija*, *5*, 76-78.
14. Papageorgiou, G. Z., & Bikiaris, D. N. (2005). Crystallization and melting behavior of three biodegradable poly (alkylene succinates). A comparative study. *Polymer*, *46*(26), 12081-12092.
15. Papageorgiou, G. Z., Tsanaktsis, V., & Bikiaris, D. N. (2014). Synthesis of poly (ethylene furandicarboxylate) polyester using monomers derived from renewable resources: thermal behavior comparison with PET and PEN. *Physical Chemistry Chemical Physics*, *16*(17), 7946-7958.
16. Papageorgiou, G. Z., Tsanaktsis, V., Papageorgiou, D. G., Exarhopoulos, S., Papageorgiou, M., & Bikiaris, D. N. (2014). Evaluation of polyesters from renewable resources as alternatives to the current fossil-based polymers. Phase transitions of poly (butylene 2, 5-furan-dicarboxylate). *Polymer*, *55*(16), 3846-3858.
17. Nizomov, T.A. (1993). *Polireakcionnye furanovye sooligomery furfurilovogo spirta i zhestkie penopoliuretany na ih osnove*. dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniicheskikh nauk. Tashkent.
18. Zhuraev, A.B., Adilov, R.I., Alimuhamedov, M.G., & Magrupov, F.A. (2005). Puti utilizacii bytovyh othodov PJeTF. *Plast.mass.*, №3, pp. 52-57.
19. Zhuraev, A.B., Adilov, R.I., Alimuhamedov, M.G., & Magrupov, F.A. (2004). Issledovanie uslovij himicheskoy destrukcii vtorichnogo polijetilentereftalata. *DAN RUz*, №2, pp.52-57.
20. Soatov, S. U., Ishmuhamedova, M. G., Sottikulov, Je. S., & Karimov, M. U. U. (2021). Sintez i issledovanie oligomera na osnove dimetiltereftalat s pentajeritritom. *Universum: tehniicheskie nauki*, 4-4 (85), 38-41.