



VOL 1, N1 (2025)

**SOHALARARO
ELEKTRON ILMIY
JURNAL**

2025

MUNDARIJA

| | |
|---|-----------|
| МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ФРАГМЕНТАЦИИ N,N'-ГЕКСАМЕТИЛЕН БИС-[(ОРТО-КРЕЗОЛИЛО)-КАРБАМАТА]..... | 2 |
| Махсумов Абдухамид Гафурович ,Менглиев Шерзод Шоимович, Азаматов Уткирбек Рашидович, Машаев Элдор Эргашвой угли | |
| ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НЕФТЯНЫХ ОТХОДОВ..... | 14 |
| Хурмаматов Абдугаффор Мирзабдуллаевич, Юсупова Надира Кайпбаевна, Бердимбетов Саламат Бахытбаевич | |
| OKSIELTILIDENDIFOSFON KISLOTA ASOSIDAGI KORROZIYA INGIBITORLARINI OLİSH..... | 21 |
| Obidov Shoyunus Botir o'g'li, Qodirov Hasan Irgashevich, Rahimov Xusniddin Nurboboevich, Mashaev Eldor Ergashvoy o'g'li | |
| BETTA-PROPARGILOKSINAFTALINNI 2-BROM-4-NITROFENILAZID BILAN HALQALANISH REAKSIYASINI O'RGANISH..... | 33 |
| Shomurodov Anvar Irkinovich, Ismailov Boburbek Maxmudjanovich, Maxsumov Abdulhamid Gofurovich, Obidov Shoyunus Botir o'g'li | |
| Zn-НТФ+ОЭДФ СИНТЕЗИ ВА УЛАР АСОСИДАГИ САМАРАЛИ КОРРОЗИЯ ИНГИБИТОРЛАРИ КОМПОЗИЦИЯЛАРИ..... | 41 |
| Обидов Шоюнус Ботир ўғли, Қодиров Ҳасан Иргашевич, Эргашев Жасурбек Раҳимжон ўғли, Омонов Шерзод Абдураим ўғли, Абдувохидов Икболжон Курбоналиевич | |
| ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ АЛКОГОЛИЗА ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ АЛКОГОЛИЗА ВТОРИЧНОГО ПОЛИКАРБОНАТА..... | 47 |
| Юсупова Маликахон Косимовна, Мамаджонова Махфора Абдулхокимовна, Эгамбердиев Сохибжон Абдулкасимович, Абдувохидов Икболжон Курбоналиевич | |

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ АЛКОГОЛИЗА ВТОРИЧНОГО ПОЛИКАРБОНАТА

Юсупова Маликахон Косимовна

ТAsпирант. Наманганский институт инженерных технологий
E-mail: malikakhonyusupova@gmail.com

Мамаджонова Махфора Абдулхокимовна

к.б.н., доцент. Наманганский институт инженерных технологий
E-mail: mamadjanova.mahfora@gmail.com

Эгамбердиев Сохибжон Абдулкасимович

Ассистент. Наманганский институт инженерных технологий
E-mail: egamberdiyevs027@gmail.com

Абдувохидов Икболжон Курбоналиевич

PhD, старший преподаватель. Андижанский государственный медицинский институт
E-mail: iqbalabduvohidov91@mail.com

Аннотация. В данной статье представлены результаты процесса алкаголиза вторичного поликарбоната (использованные автомобильные фары, диски, полимерные крышки и т.д.) диэтиленгликолем (ДЭГ) с использованием катализатора гидроксида натрия (NaOH). Количество катализатора принималось равным 1% по отношению к вторичному поликарбонату (ВПК). Основное внимание уделялось определению основных оптимальных условий разложения вторичного поликарбоната (ВПК) до мономера бисфенола А (БФА) и образования бисфенола А (БФА). При этом изучалось влияние продолжительности алкаголиза, количества катализатора гидроксида натрия (NaOH) и диэтиленгликоля (ДЭГ) на образование мономера. Данный процесс проводился в соотношении вторичный поликарбонат (ВПК): диэтиленгликоль (ДЭГ) = 1:3 моль/ед. Продолжительность алкаголиза составляла в основном 6-10 часов, а температура 170-190 °С. Представлены основные физико-химические показатели полученного продукта.

Ключевые слова: Вторичный поликарбонат, диэтиленгликоль, гидроксид натрия, продукт алкоголиза, физико-химические параметры, ИК-спектр.

Введение. Поликарбонат – это универсальный и прочный материал, который может использоваться в широком спектре применений: от автомобилестроения до электроники и медицинских приборов. Поликарбонат – это термопластичный полимер, известный своей соединительной прочностью, жесткостью и оптической прозрачностью. Он также легкий и устойчив к ударам и высоким температурам, что делает его идеальным выбором для широкого спектра применений. В автомобильной промышленности производители поликарбоната работают над заменой традиционных стеклянных окон на более легкие, ударопрочные окна из поликарбоната. Это поможет повысить топливную экономичность и безопасность транспортных средств, а также сократить производственные затраты и отходы. В настоящее время производство поликарбоната оценивается в 7,85 млн тонн в год (по состоянию на 2023 год). Основными странами-производителями являются Китай, США, Южная Корея, Таиланд и Германия.

Анализ литературы. Поликарбонат (ПК) – это высокопроизводительный конструкционный пластик, широко используемый в производстве компакт-дисков, стекольной промышленности, автомобильной промышленности, медицинском оборудовании, упаковке пищевых продуктов и т. д. [1]. С быстрым ростом производства и продаж поликарбоната образуется все больше компьютерных отходов. Хотя эти компьютерные отходы нетоксичны, они натуральны и безвредны. Они могут вызывать серьезное загрязнение окружающей среды и трату ресурсов. С точки зрения сохранения ресурсов и устойчивого развития химическая переработка выброшенных персональных компьютеров по-прежнему остается важной проблемой и привлекает широкое внимание [2,3]. Было изучено несколько химических методов, включая термический пиролиз, [4-6] гликолиз, [7,8] гидролиз [9-11] и аминолиз [12,13]. Были достигнуты некоторые хорошие результаты с высокой конверсией и высоким выходом, но есть много недостатков, таких как низкая чистота бисфенола (БФА), медленная скорость реакции, неперерабатываемый катализатор и жесткие условия реакции, которые приводят к высокой стоимости и высокому потреблению энергии. По сравнению с этими методами, алкоголиз, особенно метанолиз, является более важным подходом для переработки ПК из-за его мягких условий реакции и относительно легкого извлечения сырых мономеров. Различные катализаторы, включая концентрированные основания или супероснования (NaOH, [14,15] DBU [16] и TBD [17], наночастицы ZnO-NP/NBu₄Cl, [18] Твердые катализаторы легко отделяются, [18,20] низкая температура (60, 70 °C) и короткое время реакции. [14] Однако есть и недостатки, такие как коррозия оборудования, [14,15] трудоемкая эксплуатация, большое количество сточных вод и т. д. Процесс синтеза

толуола, или катализатора ТГФ и ионных жидкостей очень сложен, дорог, ионы металлов загрязняют продукт и не могут быть биоразлагаемыми. В результате, поскольку вышеупомянутые методы не являются зелеными, поиск нового простого, экологически чистого и недорогого синтетического процесса все еще остается нерешенной проблемой в этой области.

Объект и методы исследования. В исследовании использовались следующие вещества: диэтиленгликоль (ГОСТ 10136-77, произведено в Российской Федерации) содержание основного вещества – 99,5%, плотность 1,12 г/см³; вторичный поликарбонат кусковой, натр едкий ГОСТ 4328-77.

Реакцию алкоголиза проводили в инертной атмосфере азота в четырёх горловой колбе, снабжённой механической мешалкой, термометром и обратным холодильником. В колбу помещали 69,15 г промытого и высушенного (размер частиц 0,3–0,5 мм) вторичного поликарбоната (например, автомобильных фар, дисков, полимерных покрытий и т.д.) и 80,84 г диэтиленгликоля (ДЭГ) (мольное соотношение ПК : ДЭГ = 1 : 3). В качестве катализатора использовали гидроксид натрия (NaOH).

Реакционную смесь непрерывно перемешивали и создавали инертные условия барботированием азота. Плавление смеси началось при 116 °С с медленным повышением температуры. Затем реакционную массу нагревали до 190 °С и выдерживали в течение 6 часов. В результате реакции был получен продукт оранжево-оранжево-коричневого цвета (рисунок 1).

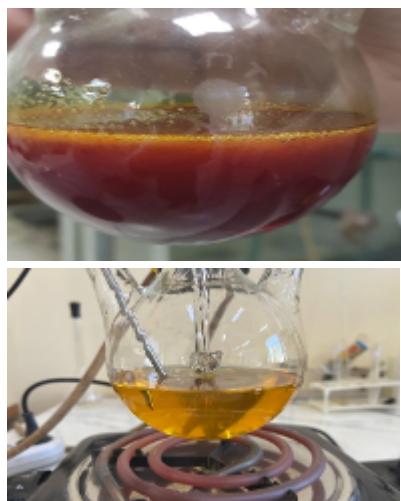


Рисунок 1. Продукт алкоголиза, синтезированный при 190 °С в течение 6 часов. Затем, при продолжении процесса и увеличении продолжительности до 10 часов, был получен продукт насыщенного оранжевого цвета, имеющий цвет продукта алкоголиза (рисунок 2).

Рисунок 2. Продукт, полученный и результат процесса алкоголиза при 190 °С и течении 10 часов

С целью изучения состава и структуры продуктов, полученных в процессе алкоголиза диэтиленгликоля и вторичного поликарбоната, были изучены свойства целевых продуктов, синтезированных в различных соотношениях (табл. 1).

Изучены физико-химические свойства полученных продуктов.

Таблица 1.
Влияние времени на процесс алкаголиза

| МПК:ДЭГ, соотношение моль эл.зв./моль 1:3 | Количество о кислотных групп мгКОН/г | Гидроксильно е число мгКОН/г |
|---|--|---------------------------------|
| 6 часов | 567.6 | 897.64 |
| 10 часов | 356.8 | 623.36 |

Результаты, представленные в таблице, показывают, что при увеличении продолжительности алкаголиза с 6 до 10 часов количество кислот и гидроксильных чисел в продукте синтеза уменьшалось. Установлено, что с увеличением продолжительности увеличивался выход разложения вторичного поликарбоната до мономера.

После этого был получен ИК-спектр для анализа полученного продукта рисунок 3.

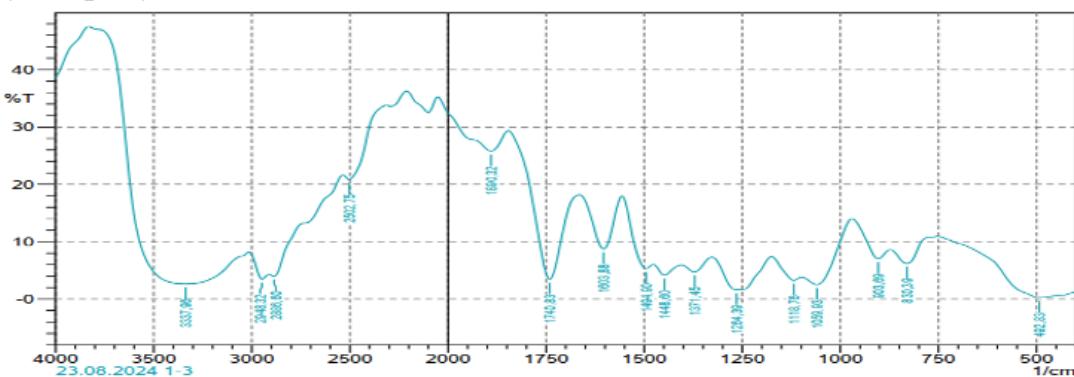


Рисунок 3. ИК-спектр продукта, полученного при 190 °C в течение 10 часов.

ИК-спектральный анализ показал, что полученный продукт содержит полосы этиленкарбоната ($1890,3\text{ см}^{-1}$) и линейного карбоната ($1740,83\text{ см}^{-1}$).

Обсуждение полученных результатов

Как видно из таблицы 1, установлено, что при алкаголиза вторичного поликарбоната диэтиленгликолем количество гидроксильных и кислотных групп в конечном продукте уменьшается с увеличением времени. Таким способом, было изучено влияние условий алкаголиза вторичного поликарбоната диэтиленгликолем в различных мольных соотношениях. Дальнейшие исследования мы сосредоточим на извлечении и производстве бисфенола-А из полученного продукта.

Литература:

1. К. Рагаерт, Л. Дельва и К. Ван Геем, Механическая и химическая переработка твердых пластиковых отходов, *Waste Manage*, 2017, 69, 24–58, DOI: 10.1016/j.wasman.2017.07.044.
2. Х. Дальбо, В. Полякова, В. Мюллари, О. Сахимаа и Р. Андерсон, Потенциал переработки отходов пластиковой упаковки после потребления в Финляндии, *Waste Manage*, 2018, 71, 52–61, DOI: 10.1016/j.wasman.2017.10.033.
3. Т. Ёсиока, К. Сугавара, Т. Мизогучи и А. Окуваки, Химическая переработка поликарбоната в сырье путем термического разложения с гидроксидом кальция/паром, *Chem. Lett.*, 2015, 34, 282–283, DOI: 10.1246/cl.2005.282.
4. G. Grause, K. Sugawara, T. Mizoguchi и T. Yoshioka, Пиролитический гидролиз поликарбоната в присутствии оксидов и гидроксидов щелочноземельных металлов, *Polym. Degrad. Stab.*, 2009, 94, 1119–1124, DOI: 10.1016/j.polymdegradstab.2009.03.014.
5. MN Siddiqui, HH Redhwi, EV Antonakou и D. S. Achilias, Механизм пиролиза и кинетика термической деградации полимеров на основе поли(бисфенол А карбоната), образующихся в отходах электрического и электронного оборудования, *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 2018, 132, 123–133, DOI: 10.1016/j.jaap.2018.03.008.
6. MMA Никье, Гликолиз отходов поликарбоната с помощью микроволнового облучения, *Polimery*, 2011, 56, 381–384, DOI: 10.14314/polimery.2011.381.
7. Д. Ким, Б. К. Ким, И. Чо, М. Хан и Б. С. Ким, Кинетика гликолиза поликарбоната в этиленгликоле, *Ind. Most. Chem. Res.*, 2009, 48, 685–691, DOI: 10.1021/ie8010947.
8. Г. П. Цинцу, Э. В. Антонаку и Д. С. Ахилиас, Экологически чистая химическая переработка поли(бисфенол-А карбоната) посредством щелочного гидролиза, катализируемого фазовым переносом, под воздействием микроволнового излучения, *J. Hazard. Mater.*, 2012, 241, 137–145, DOI: 10.1016/j.zhazmat.2012.09.027.
9. Г. П. Цинцу и Д. С. Ахилиас, Химическая переработка отходов на основе поликарбоната с использованием щелочного гидролиза под воздействием микроволнового излучения, *Waste Biomass Valorization*, 2013, 4, 3–7, DOI: 10.1007/s12649-012-9125-7.
10. М. Тагути, Ю. Исиока, С. Катаока, Т. Нака и Т. Фунадзукури, Нанокатализаторы CeO₂ для химической переработки поликарбоната, *Катал. Коммун.*, 2016, 84, 93–97, DOI: 10.1016/j.catcom.2016.06.009.
11. C. Zimmerer, J. Nagel, G. Steiner и G. Heinrich, Неразрушающая молекулярная характеристика композитов поликарбонат-поливиниламин

после термически индуцированного аминолиза, *Macromol. Mater. Eng.*, 2016, 301, 648–652, DOI: 10.1002/mame.201500419.

12. CH Wu, LY Chen, RJ Jeng и SA Dai, 100% атомная экономичность переработки поликарбоната в универсальные промежуточные продукты, *ACS Sustainable Chem. Eng.*, 2018, 6, 8964–8975, DOI: 10.1021/acssuschemeng.8b01326.

13. LC Hu, A. Oku и E. Yamada, Щелочно-катализируемый метанолиз поликарбоната. Исследование переработки бисфенола А и диметилкарбоната, *Polymer*, 1998, 39, 3841–3845.

14. A. Оку, С. Танака и С. Хата, Химическое превращение поликарбоната в бис(гидроксиэтил)эфир бисфенола А. Подход к химической переработке пластиковых отходов в качестве мономеров, *Полимер*, 2000, 41, 6749–6753, DOI: 10.1016/S0032-3861(00)00014-8.

15. E. Quaranta, D. Sgherza и G. Tartaro, Деполимеризация поликарбоната бисфенола А) в мягких условиях путем алкоголиза без растворителя, катализируемого 1,8-диазабицикло[5.4.0]ундец-7-еном в качестве перерабатываемого органического катализатора: путь к химической переработке отходов поликарбоната, *Green Chem.*, 2017, 19, 5422–5434, DOI: 10.1039/C7GC02063E.

16. T. Do, ER Baral и JG Kim, Химическая переработка поли(бисфенола А карбоната): 1,5,7-триазабицикло[4.4.0]-дец-5-енкатализируемый алкоголиз для высокоэффективного восстановления бисфенола А и органического карбоната, *Polymer*, 2018, 143, 106–114, DOI: 10.1016/j.polymer.2018.04.015.

17. Ф. Янноне, М. Касиелло, А. Монополи, П. Котуньо, М. К. Спортелли, Р. А. Пикка и А. Наччи, Ионные жидкости/ZnOnanoparticles как перерабатываемый катализатор для деполимеризации поликарбоната, *J. Mol. Catal. A: Хим.*, 2017, 426, 107–116, DOI: 10.1016/j.molcata.2016.11.006.

18. YJ Zhao, X. Zhang, XY Song и FS Liu, Высокоактивные и пригодные для вторичной переработки мезопористые молекулярные сита CaO(SrO,BaO)/SBA-15 с основными центрами в качестве гетерогенных катализаторов для метанолиза поликарбоната, *Catal. Lett.*, 2017, 147, 2940–2949, DOI: 10.1007/s10562-017-2193-3.

19. YC Yang, CY Wang, FS Liu, XX Sun, GH Qin, YT Liu и J. Gao, Мезопористые электроотрицательные нанокомпозиты SBA-15 с CaO-CeO₂ для деполимеризации поликарбоната, *J. Mater. Sci.*, 2019, 54, 9442–9455, DOI: 10.1007/s10853-019-03560-2.

20. FS Liu, Z. Li, ST Yu, X. Cui и XP Ge, Экологически безопасный метанолиз поликарбоната для восстановления бисфенола А и

диметилкарбоната в ионных жидкостях, J. Hazard. Mater., 2010, 174, 872–875, DOI: 10.1016/j.jhazmat.2009.09.007.