

СИНТЕЗ 4'-ГИДРОКСИ-4-БИФЕНИЛКАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ**С.Г. Кошель, Н.В. Лебедева, Е.С. Соболева, А.В. Павлов**

Сергей Георгиевич Кошель*

Кафедра охраны труда и природы, Ярославский государственный технический университет, Московский пр., 88, Ярославль, Российская Федерация, 150023

E-mail: koshel_sergei_62@mail.ru*

Нина Валентиновна Лебедева

Кафедра общей и физической химии, Ярославский государственный технический университет, Московский пр., 88, Ярославль, Российская Федерация, 150023

E-mail: lebedevanv@ystu.ru

Елена Савватъевна Соболева, Александр Владиславович Павлов

Кафедра химической технологии органических покрытий, Ярославский государственный технический университет, Московский пр., 88, Ярославль, Российская Федерация, 150023

E-mail.: sobolevae@ystu.ru, pavlovav@ystu.ru

4'-Гидрокси-4-бифенилкарбонвая кислота и ее производные используются в синтезе полупродуктов для жидкокристаллических композиций, мономеров для термостойких полимеров, люминофоров, гербицидов. Известные методы синтеза гидроксибифенилкарбонных кислот характеризуются существенными недостатками: использованием дефицитного сырья, высокими энергозатратами. Нами предложен способ получения 4'-гидрокси-4-бифенилкарбонной кислоты, в основе которого лежит гидролиз бромпроизводного 4-бифенилкарбонной кислоты 5 - 15% раствором едкого натра в присутствии солей одновалентной меди. Определены условия осуществления данной реакции (соотношение 4'-бром-4-бифенилкарбонная кислота : гидроксид натрия : хлорид меди (I), температура, продолжительность реакции), позволяющие получать гидроксибифенилкарбонную кислоту с выходом 97 – 98%. Разработаны два способа получения 4'-бром-4-бифенилкарбонной кислоты. Первый способ предполагает бромирование 4-метилбифенила с последующим окислением метильной группы бромметилбифенила до карбоксильной. Второй способ заключается в окислении 4-метилбифенила до 4-бифенилкарбонной кислоты с последующим ее бромированием. Бромирование 4-метилбифенила и 4-бифенилкарбонной кислоты осуществляли бромом при соотношении реагентов 1 : 1.2, температуре 10 - 15 °С в течение 8 – 10 ч. Окисление метильной группы в 4-метилбифениле и 4'-бром-4-метилбифениле до карбоксильной проводили кислородом воздуха в растворе уксусной кислоты в присутствии металлбромидного катализатора. Все синтезированные соединения были идентифицированы с помощью методов газожидкостной хроматографии, ЯМР-спектроскопии, потенциометрического титрования, элементного анализа. Из 4'-гидрокси-4-бифенилкарбонной кислоты были синтезированы терефталоил-бис-4'-гидроксибифенил-4-карбонной кислоты и ее дихлорангидрид - сложные мономеры для жидкокристаллических полиэфиров. Установлено, что для некоторых составов таких полиэфиров температура плавления находится в интервале 240 - 320 °С, что обеспечивает возможность их переработки из расплавов без термической деструкции.

Ключевые слова: 4'-гидрокси-4-бифенилкарбонная кислота, бромирование, жидкофазное каталитическое окисление, щелочной гидролиз, высокотемпературная поликонденсация, жидкокристаллические полиэферы

Для цитирования:

Кошель С.Г., Лебедева Н.В., Соболева Е.С., Павлов А.В. Синтез 4'-гидрокси-4-бифенилкарбонной кислоты. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2021. Т. 64. Вып. 10. С. 40–45

For citation:

Kochel S.G., Soboleva E.S., Lebedeva N.V., Pavlov A.V. Synthesis of 4'-hydroxy-4-biphenyldicarboxylic acid. *Chem-ChemTech [Изв. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2021. V. 64. N 10. P. 40–45

SYNTHESIS OF 4'-HYDROXY-4-BIPHENYLDICARBOXYLIC ACID

S.G. Kochel, E.S. Soboleva, N.V. Lebedeva, A.V. Pavlov

Sergei G. Kochel*

Department of Labor and Nature Protection, Yaroslavl State Technical University, Moskovsky ave., 88, Yaroslavl, 150023, Russia

E-mail: koshel_sergei_62@mail.ru*

Nina V. Lebedeva

Department of General and Physical Chemistry, Yaroslavl State Technical University, Moskovsky ave., 88, Yaroslavl, 150023, Russia

E-mail: lebedevanv@ystu.ru

Elena S. Soboleva, Alexander V. Pavlov

Department of Chemical Technology of Organic Coatings, Yaroslavl State Technical University, Moskovsky ave., 88, Yaroslavl, 150023, Russia

E-mail: sobolevaes@ystu.ru, pavlovav@ystu.ru

4' - Hydroxy-4-biphenylcarboxylic acid and its derivatives are used in the synthesis of intermediates for liquid crystal compositions, monomers for heat-resistant polymers, phosphors, herbicides. Known methods of obtaining this hydroxybiphenylcarboxylic acid are characterized by significant disadvantages: the use of scarce raw materials, high energy costs. We have proposed a method of producing 4'-hydroxy-4-biphenylcarboxylic acid, which is based on hydrolysis of bromine derivative of 4-biphenylcarboxylic acid by 5 - 15% solution of caustic soda in the presence of univalent copper salts. The conditions for the implementation of this reaction (the ratio of 4'-bromo-4-biphenylcarboxylic acid : sodium hydroxide : copper (I) chloride, temperature, reaction duration), allowing to obtain hydroxybiphenylcarboxylic acid with a yield of 97-98%, were determined. Two methods of producing 4'-bromic-4-biphenylcarboxylic acid have been developed. The first method implies bromination of 4-methylbiphenyl with subsequent oxidation of methyl group of bromomethylbiphenyl to carboxylic one. The second method consists in oxidation of 4-methylbiphenyl to 4-biphenylcarboxylic acid with its subsequent bromination. The bromination of 4-methylbiphenyl and 4-biphenyl carboxylic acid was performed with bromine at the ratio of reagents 1 : 1.2, temperature 10 - 15 °C during 8 - 10 h. The oxidation of methyl group in 4'-methylbiphenyl and 4'-bromine-4-methylbiphenyl to carboxylic one was carried out with air oxygen in acetic acid solution in the presence of metal-bromide catalyst. The synthesized compounds were identified by elemental analysis and gas-liquid chromatography, NMR spectroscopy, and potentiometric titration methods. From 4'-hydroxy-4-biphenylcarboxylic acid were synthesized terephthalic acid-bis-4'-hydroxybiphenyl-4-carboxylic acid and its dichloroanhydride - complex monomers for liquid crystal polyesters. It was found that for some compositions of such polyesters the melting point is in the range of 240 - 320 °C, which provides the possibility of their processing from melts without thermal degradation.

Key words: 4'-hydroxy-4-biphenylcarboxylic acid, alkaline hydrolysis, bromination, liquid phase catalytic oxidation, high-temperature polycondensation, liquid crystal polyesters

ВВЕДЕНИЕ

Ароматические гидроксикарбоновые кислоты широко используются для изготовления синтетических материалов, полиэфирных волокон, покрытий [1-8], фармацевтических препаратов [9-12], биологически-активных веществ [13, 14], гербицидов [15]. Среди них 4'-гидрокси-4-бифенилкарбоновая кислота и ее различные производные пред-

ставляют практический интерес в синтезе полупродуктов для жидкокристаллических композиций [16-19], сокристаллов для фунгицидных композиций (включая агрохимические композиции), люминофоров [20]. Однако данная кислота в Российской Федерации и за рубежом в промышленном масштабе не производится, а известные методы ее получения [21] носят в основном патентный характер и имеют существенные недостатки. Так, известен

способ получения 4'-гидрокси-4-бифенилкарбоновой кислоты взаимодействием карбоксициклогексана с фенолом в присутствии кислотного катализатора с последующей обработкой полученной 4,4-бис (4-гидроксифенил) циклогексановой кислоты щелочью при температуре 400 °С. Также запатентован метод получения данной гидроксибифенилкарбоновой кислоты взаимодействием дигалогендифенила с окисью углерода в присутствии оснований с последующим гидролизом эфира галогендифенилкарбоновой кислоты. Известен синтез 4'-гидрокси-4-бифенилкарбоновой кислоты путем сульфирования бифенилкарбоновой кислоты концентрированной серной кислотой с последующим щелочным плавлением продукта сульфирования при температуре 340-370 °С. В основе описанных методов заложено использование дорогостоящего сырья и применение высоких температур на стадии щелочного плавления.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Элементный анализ выполняли с помощью анализатора NSX/O-2100 Series II.

Температуру плавления определяли с помощью малогабаритного нагревательного стола «Voetinus» с наблюдательным устройством РНМК 05.

Анализ продуктов бромирования 4-метилбифенила, 4-бифенилкарбоновой кислоты и окисления 4-метилбифенила, 4'-бром-4-метилбифенила осуществляли методом ГЖХ на хроматографе «Хром-4» с пламенно-ионизационным детектором со стальной колонкой длиной 2.5 м, заполненной СКТФТ-50Х (10%), нанесенным на хроматон N-AW-DMCS. Газ-носитель – азот, расход 30 см³/мин. Бифенилкарбоновые кислоты предварительно этерифицировали диазометаном.

Содержание ароматических гидроксикарбоновых кислот в выделенных осадках определяли методом обратного потенциометрического титрования на ионометре ЭВ-74 со стеклянным ЭСЛ-41-05 и хлорсеребряным электродами. Растворитель – смесь изопропанола с ацетоном. Титрант – спиртовой раствор гидроксида калия с концентрацией 0,1 моль/дм³.

Спектры ЯМР регистрировали на спектрометре Tesla BS-467. Образцы исследовались в виде растворов в дейтерированном ацетоне (массовая доля образца – 10%). В качестве внутреннего эталона использовался гексаметилендисилоксан. Спектры ¹³C ЯМР записывались на спектрометре Tesla BS-576A при рабочей частоте 25,142 МГц в режиме Фурье-преобразования при широкополосной шумовой развязке от ядер ¹H (ширина полосы 900 Гц);

ширина импульса 8 мкс, время прослушивания отклика 1,069 с, время задержки между импульсами 100 с, число проходов 160-2200; стабилизацию проводили на ядрах D ДМСО-d₆ (99% обогащения дейтерием); внутренний стандарт – тетраметилсилан.

Бромирование 4-метилбифенила. 16,8 г (0,1 моль) 4-метилбифенила помещали в эксикатор с 6 см³ (0,12 моль) брома. Эксикатор закрывали, оставляя отверстие для выхода бромистого водорода. 4-Метилбифенил находился в соприкосновении с парами брома в течение 8-10 ч. После кристаллизации из этанола получали 22,2 г бромметилбифенила.

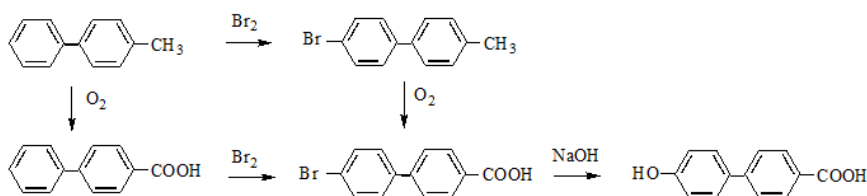
Бромирование 4-бифенилкарбоновой кислоты. 19,8 г (0,10 моль) 4-бифенилкарбоновой кислоты помещали в эксикатор с 6 см³ (0,12 моль) брома. Эксикатор закрывали, оставляя отверстие для выхода бромистого водорода. Время реакции 8-10 ч. Неочищенную бромбифенилкарбоновую кислоту кристаллизовали из этанола и получали 23,5 г.

Окисление 4'-бром-4-метилбифенила (метилбифенила). В четырехгорлую колбу вместимостью 250 см³, снабженную механической мешалкой, термометром, обратным холодильником и капилляром для подачи кислорода, загружали 1,5 г (0,006 моль) ацетата кобальта, 0,16 г (0,00065 моль) ацетата марганца, 0,66 г (0,0064 моль) натрия бромистого, 17 г (0,0688 моль) бромметилбифенила (11,56 г (0,0688 моль) метилбифенила) и 180 см³ уксусной кислоты. Реакционную массу при перемешивании нагревали до 100 °С и начинали пропускать кислород. Скорость подачи кислорода составляла 3,2 дм³/час. Время реакции 3 ч. По окончании процесса оксидат охлаждали до комнатной температуры, выпавшую бромбифенилкарбоновую кислоту (бифенилкарбоновую кислоту) отфильтровывали, промывали уксусной кислотой и сушили на воздухе при комнатной температуре. Получали 16,2 г 4'-бромбифенил-4-карбоновой кислоты (11,4 г 4-бифенилкарбоновой кислоты).

Гидролиз 4'-бром-4-бифенилкарбоновой кислоты. 23,5 г (0,085 моль) 4,4-бромбифенилкарбоновой кислоты, 1,5 г (0,0147 моль) однохлористой меди, 34 г (0,80 моль) гидроксида натрия и 200 см³ дистиллированной воды загружали в автоклав и выдерживали при температуре 260 °С в течение 3 ч. По окончании реакции реакционную смесь отфильтровывали от катализатора и подкисляли 50 см³ концентрированной соляной кислоты. Осадок отфильтровывали и промывали водой. После перекристаллизации из 70% уксусной кислоты получали 19,3 г 4'-гидрокси-4-бифенилкарбоновой кислоты.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Нами разработан метод получения 4'-гидрокси-4-бифенилкарбоновой кислоты путем щелочного гидролиза 4'-бром-4-бифенилкарбоновой кислоты, которую в свою очередь предложено синтезировать из 4-метилбифенила в две стадии: бромированием в ароматическое кольцо и окислением метильной группы до карбоксильной, причем, последовательность стадий может быть любой.



Процесс бромирования 4-метилбифенила и 4-бифенилкарбоновой кислоты осуществляли бромом при соотношении реагентов 1:1,2 соответственно, температуре 10-25 °С в течение 8-10 ч. Было показано, что выбранные условия позволяют получать 4'-бром-4-метилбифенил и 4'-бромбифенил-4-карбоновую кислоту с выходом 85-90%. Физико-химические константы полученных соединений приведены в таблице.

Структура молекул продуктов бромирования была установлена с помощью метода ¹H ЯМР спектроскопии. Наличие в спектрах синглетов в области 7,52 м.д. для 4-бром-4-метилбифенила и 7,87 м.д. для 4-бром-4-бифенилкарбоновой кислоты свидетельствует о пара-замещении в ароматических ядрах исследуемых соединений.

Реакцию окисления 4-метилбифенила и 4'-бром-4-метилбифенила до соответствующих карбоновых кислот проводили молекулярным кислородом в растворе уксусной кислоты в присутствии кобальт-марганец-бромидного катализатора. Было установлено, что осуществление процесса при температуре 95-110 °С, начальной концентрации исходного метилдифенила или бромметилдифенила 0,35-0,38 моль/дм³, концентрации ацетата кобальта (II) 3,3·10⁻² моль/дм³, бромида натрия 3,6·10⁻² моль/дм³, ацетата марганца (II) 3,6·10⁻³ моль/дм³ обеспечивает получение 4-бифенилкарбоновой или 4'-бром-4-бифенилкарбоновой кислоты с выходом 80-85%. Чистота полученной бифенилкарбоновой кислоты доказана методами газожидкостной хроматографии и потенциометрического титрования. Содержание основного вещества 99,5%.

Показано, что последовательность проведения процессов бромирования и окисления в синтезе 4'-бром-4-бифенилкарбоновой кислоты не влияет на суммарный выход целевого продукта.

Гидролиз 4'-бром-4-бифенилкарбоновой кислоты в соответствующую гидроксифенилкарбоновую кислоту осуществляли 5-15% раствором едкого натра. Установлено, что применение в качестве катализаторов солей одновалентной меди значительно ускоряет реакцию. Определены условия, обеспечивающие выход 4'-гидрокси-4-бифенилкарбоновой кислоты 97-98%: соотношение 4'-бром-4-бифенилкарбоновая кислота : едкий натр : хлорид меди (I) 1:5:1, температура 220-230 °С и продолжительности реакции 2-2,5 ч. Применение более высокой концентрации щелочи, а также увеличение температуры приводит к снижению выхода гидроксипроизводного за счет осмоления исходных реагентов и продуктов реакции.

Полученная 4'-гидрокси-4-бифенилкарбоновая кислота была испытана в институте Высокомолекулярных соединений АН РФ г. Санкт-Петербург, где на ее основе были синтезированы сложные мономеры для жидкокристаллических полиэфиров: терефталоил-бис-4'-гидроксифенил-4-карбоновой кислоты и ее дихлорангидрид.

Таблица

Физико-химические константы синтезированных соединений

Table. Physicochemical constants of the synthesized compounds

Соединение	T _{пл.} , °С	Кислотное число, мг КОН/ г		Элементный состав, %			
		эксп.	расч.	С		Н	
				эксп.	расч.	эксп.	расч.
4'-бром-4-метил-бифенил	95-98	-	-	63,10	63,15	4,51	4,45
4'-бром-4-бифенил-карбоновая кислота	300-301	201	203	56,21	56,31	3,21	3,25
4'-гидрокси-4-бифенил-карбоновая кислота	295-297	260	262	72,87	72,89	4,63	4,67

При высокотемпературной поликонденсации дихлорангидрида с оксиалифатическими дио-

лами был получен ряд алкиленароматических полиэфиров с различными температурами фазовых переходов и интервалами существования мезофазы. Было показано, что введение в мезогенную группу 4',4'-бифениленового звена стабилизирует полимерную мезофазу.

Синтезирована серия сополиарилатов различного состава на основе терефталоил-бис-4'-гидроксибифенил-4-карбонилхлорида, терефталоилхлорида и фенилгидрохинона, имеющих значения характеристической вязкости от 2,0 до 4,5 дл/г. Было установлено, что для некоторых составов таких полиэфиров температура плавления находится

в интервале 240-320 °С, что обеспечивает возможность их переработки из расплавов без термической деструкции.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований разработан метод получения 4'-гидрокси-4-бифенилкарбоновой кислоты – перспективного мономера для жидкокристаллических полиэфиров. Предложенный метод основан на использовании доступного сырья и процессов жидкофазного каталитического окисления, бромирования, щелочного гидролиза, протекающих в мягких условиях и с высоким выходом целевых продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов П.А., Филатова М.П., Зуев К.В., Куличихин В.Г. Синтез полностью ароматических сополимеров на основе 4'-гидроксибифенил-3-карбоновой кислоты. Тез. докл. Восьмой Всеросс. Каргинской конф. «Полимеры в стратегии научно-технического развития РФ «Полимеры-2020». М.: Хим. фак-т МГУ им. М.В. Ломоносова. 2020. С. 133.
2. Борукаев Т., Хараев А., Шаов А. Мономеры для поликонденсации. М.: Palmarium Academic Publ. 2014. 92 с.
3. Wang J.W., Xu H.J., Bai X.M., Hong F. Synthesis of Semi-Aromatic Copolyester with High Molecular Weight. *Advanced Materials. Mech. Indust.Eng.* 2014. V. 598. P. 82–85. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.598.82.
4. Jiang Y., Gao Y., Zeng S., Wang J., Zhang B. Synthesis and characterization of novel side-chain chiral liquid crystalline elastomers with long dimer mesogens. *Liq. Cryst.* 2018. V. 45. N 9. P. 1353-1365. DOI: 10.1080/02678292.2018.1441453.
5. Sugantha M.M., Singh R.D. Synthesis and characterization of thermotropic liquid crystalline copolyesters with quasi-rigid cyclohexyl and biphenyl moieties. *Int. J. Chem. Tech. Res.* 2017. V. 10. N 10. P. 216-224.
6. Ganicz T., Stanczyk V. Side-chain liquid crystal polymers: methods and materials. An overview. *Materials (Basel)*. 2009. V. 2. N 1. P. 95–128. DOI: 10.3390/tna2010095.
7. Хасбулатова З.С. Сложные полиэфиры на основе производных п-оксибензойной кислоты. *Пласт. массы*. 2010. № 3. С. 31-36.
8. Веролайнен Н.В., Егорова И.Ю. Сложные эфиры п-гидроксибензойной кислоты. *Международ. журн. приклад. и фундамент. иссл.* 2011. № 6. С. 67.
9. Хлытин Н.В., Устинов И.И., Блохин И.В., Шахкельдян И.В., Атрощенко Ю.М., Кобраков К.И. Синтез новых пирозинсодержащих производных п-гидроксибензойной кислоты. *Бутлеров.сообщ.* 2014. Т. 38. № 6. С. 69-72.
10. Кияшев Д.К., Нокербек Ш., Кияшев М.Д., Пичхадзе Г.М. Композиционная лекарственная форма «Азисал» на основе азитромицина и кислоты салициловой. *Вестн. КазНМУ*. 2013. № 2. С. 185-194. DOI: 10.18321/ectj229.
11. Childs S.L. The salt-cocrystal continuum: the influence of crystal structure on ionization state. *Molec. Pharm.* 2007. V. 4. N 3. P. 323-338. DOI: 10.1021/mp0601345.

REFERENCES

1. Mikhaylov P.A., Filatova M.P., Zuev K.V., Kulichikhin V.G. Synthesis of fully aromatic copolymers based on 4'-hydroxybiphenyl-3-carboxylic acid. Abstracts of the report of the eighth all-Russian Kargin conference "Polymers in the strategy of scientific and technological development of the Russian Federation" Polymers-2020 ". M.: Khim. Fak-t MGU im. M.V. Lomonosov. 2020. P. 133 (in Russian).
2. Borukaev T., Kharaev A., Shaov A. Monomers for Polycondensation. M.: Palmarium Academic Publishing. 2014. 92 p. (in Russian).
3. Wang J.W., Xu H.J., Bai X.M., Hong F. Synthesis of Semi-Aromatic Copolyester with High Molecular Weight. *Advanced Materials. Mech. Indust.Eng.* 2014. V. 598. P. 82–85. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.598.82.
4. Jiang Y., Gao Y., Zeng S., Wang J., Zhang B. Synthesis and characterization of novel side-chain chiral liquid crystalline elastomers with long dimer mesogens. *Liq. Cryst.* 2018. V. 45. N 9. P. 1353-1365. DOI: 10.1080/02678292.2018.1441453.
5. Sugantha M.M., Singh R.D. Synthesis and characterization of thermotropic liquid crystalline copolyesters with quasi-rigid cyclohexyl and biphenyl moieties. *Int. J. Chem. Tech. Res.* 2017. V. 10. N 10. P. 216-224.
6. Ganicz T., Stanczyk V. Side-chain liquid crystal polymers: methods and materials. An overview. *Materials (Basel)*. 2009. V. 2. N 1. P. 95–128. DOI: 10.3390/tna2010095.
7. Khasbulatova Z.S. Polyesters based on p-hydroxybenzoic acid derivatives. *Plast. Massy*. 2010. N 3. P. 31-36 (in Russian).
8. Verolaynen N.V., Egorova I.Yu. Esters of p-hydroxybenzoic acid. *Mezhd. Zhurn. Prikl. Fund. Issl.* 2011. N 6. P. 67 (in Russian).
9. Khlytin N.V., Ustinov I.I., Blokhin I.V., Shakhkeldyan I.V., Atroshchenko Yu.M., Kobrakov K.I. Synthesis of new pyrazine-containing derivatives of p-hydroxybenzoic acid. *Butlerov. Soobshch.* 2014. V. 38. N 6. P. 69-72 (in Russian).
10. Kiyashev D.K., Nokerbek Sh., Kiyashev M.D., Pichkhadze G.M. Composite dosage form "Azisal" based on azithromycin and salicylic acid. *Vestn. KazNMU*. 2013. N 2. P. 185-194 (in Russian). DOI: 10.18321/ectj229.
11. Childs S.L. The salt-cocrystal continuum: the influence of crystal structure on ionization state. *Molec. Pharm.* 2007. V. 4. N 3. P. 323-338. DOI: 10.1021/mp0601345.

12. **Ольховик В.К., Матвеев Ю.В., Василевский Д.А., Калечиц Г.В., Желдакова Р.А.** Синтез, антимикробная и фунгицидная активность двойных четвертичных аммонийных солей бифенилов. *Журн. общей химии*. 2013. Т. 83. № 2. С. 275–281. DOI: 10.1134/S1070363213020163.
13. **Суербаев Х.А., Шалмагамбетов К.М., Абызбекова Г.М., Жаксылыкова Г.Ж.** Синтез биологически активных веществ на основе оксидов углерода. *Вестн. КазНУ. Сер. хим.* 2012. №1 (65). С. 393-395. DOI: 10.15328/chemb_2012_1393-395.
14. **Гондолова Г.Г.** Синтез и исследование комплексов Zn с N'-ацилсалицилгидразидами. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2019. Т. 62. Вып. 9. С. 27-32. DOI: 10.6060/ivkkt.20196209.5902.
15. **Лукманова А.Л., Хлебникова Т.Д., Тюрин А.А., Тюринна Л.А., Колбин А.М., Кантор Е.А.** Поиск потенциально гербицидно-активных соединений в ряду арилокси- и гетерилоксикарбоновых кислот и их производных. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2002. Т. 45. Вып. 6. С. 58-63.
16. **Калита А.Г.** Синтез жидкокристаллических сополиэфиров на основе полиэтилентерефталата и 4'-гидроксибифенил-4-карбоновой кислоты. Тез. докл. XXVII междунар. научн. конф. студ., асп. и мол. уч. «Ломоносов-2020», сек. «Химия». М.: Перо. 2020. С. 247.
17. **Адоменас П.В., Василене Е.С.** Синтез 4-алкоксидифенил-4-карбоновой кислоты. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 1987. Т. 30. Вып. 10. С. 115-117.
18. **Koshel G.N., Koshel S.G., Rudkovsky E.K., Poli G., Vitolo S., Magagnini P.** Acommercially viable route to polymerization grade phenilterephthalic acid. *La Chimica e l'Industria*. 1998. P. 183-189.
19. **Ritter O.M.S., da Silveira N.P., Merlo A.A.** Synthesis and mesomorphic properties of side chain liquid-crystalline bichenylenylpolyacrylates. *J. Braz. Chem. Soc.* 2006. V. 17. N 2. P. 348-356. DOI: 10.1590/S0103-50532006000200019.
20. **Красовицкий Б.М., Болотин Б.М.** Органические люминофоры. М.: Химия. 1984. 334 с.
21. **Ritter O.M.S., da Silveira N.P., Merlo A.A.** Synthesis and mesomorphic properties of side chain liquid-crystalline biphenyl-phenyl polyacrylates. *J. Braz. Chem. Soc.* 2006. V. 17. N 2. P. 348-356. DOI: 10.1590/S0103-50532006000200019.
12. **Ol'hovik V.K., Matveenko YU.V., Vasilevskij D.A., Kalechic G.V., Zheldakova R.A.** Synthesis, antimicrobial and fungicidal activity of double quaternary ammonium salts of biphenyls. *Zhurn. Obshch. Khim.* 2013. V. 83. N 2. P. 275–281 (in Russian). DOI: 10.1134/S1070363213020163.
13. **Suerbaev Kh.A., Shalmagambetov K.M., Abyzbekova G.M., Zhaksylykova G.Zh.** Synthesis of biologically active substances based on carbon oxides. *Vestn. KazNU. Ser. Khim.* 2012. N 1 (65). P. 393- 395 (in Russian). DOI: 10.15328/chemb_2012_1393-395.
14. **Gondolova G.H.** Synthesis and study of Zn complexes with N'-acyl-salicylhydrazides. *ChemChemTech. [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]* 2019. V. 62. N 9. P. 27-32 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20196209.5902.
15. **Lukmanova A.L., Khlebnikova T.D., Tyurin A.A., Tyurina L.A., Kolbin A.M., Kantor E.A.** Search for potentially herbicidally active compounds in the series of aryloxy- and heteraryloxy carboxylic acids and their derivatives. *ChemChemTech. [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]* 2002. V. 45. N 6. P. 58-63 (in Russian).
16. **Kalita A.G.** Synthesis of liquid crystal copolyesters based on polyethylene terephthalate and 4'-hydroxybiphenyl-4-carboxylic acid. Abstracts of the report at the XXVII int. scientific. conf. students, graduate students and young scientists "Lomonosov-2020", section «Chemistry». М.: Pero. 2020. P. 247 (in Russian).
17. **Adomenas P.V., Vasilene E.S.** Synthesis of 4-alkoxydiphenyl-4-carboxylic acid. *ChemChemTech. [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]* 1987. V. 30. N 10. P. 115-117 (in Russian).
18. **Koshel G.N., Koshel S.G., Rudkovsky E.K., Poli G., Vitolo S., Magagnini P.** Acommercially viable route to polymerization grade phenilterephthalic acid. *La Chimica e l'Industria*. 1998. P. 183-189.
19. **Ritter O.M.S., da Silveira N.P., Merlo A.A.** Synthesis and mesomorphic properties of side chain liquid-crystalline bichenylenylpolyacrylates. *J. Braz. Chem. Soc.* 2006. V. 17. N 2. P. 348-356. DOI: 10.1590/S0103-50532006000200019.
20. **Krasovickij B.M., Bolotin B.M.** Organic phosphors. М.: Khimiya. 1984. 334 p. (in Russian).
21. **Ritter O.M.S., da Silveira N.P., Merlo A.A.** Synthesis and mesomorphic properties of side chain liquid-crystalline biphenyl-phenyl polyacrylates. *J. Braz. Chem. Soc.* 2006. V. 17. N 2. P. 348-356. DOI: 10.1590/S0103-50532006000200019.

Поступила в редакцию 10.03.2021
Принята к опубликованию 01.09.2021

(Received) 10.03.2021
(Accepted) 01.09.2021