

## ЖИДКОФАЗНОЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ 3,5 - КСИЛЕНОЛА

Н.В. Лебедева, С.Г. Кошель, Г.Н. Кошель

Нина Валентиновна Лебедева, Георгий Николаевич Кошель

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

E-mail: lebedevanv@ystu.ru, koshelgn@ystu.ru

Сергей Георгиевич Кошель\*

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

E-mail: koshel\_sergei\_62@mail.ru

*5-Оксиизофталевая кислота представляет практический интерес в синтезе полимеров, лекарственных препаратов, косметических средств. Описанные в литературе способы ее получения характеризуются рядом существенных недостатков, что сдерживает использование данного соединения в разработке новых материалов с ценными потребительскими свойствами. В связи с этим, разработан метод синтеза 5-оксиизофталевой кислоты окислением 3,5-ксиленола. Установлено, что гидроксильная группа ингибирует окисление метильных групп, поэтому для осуществления окислительных превращений гидроксильная группа была заменена ацетильной, для этого 3,5-ксиленол был ацилирован уксусным ангидридом в присутствии серной кислоты. Полученный 3,5-диметилфенилацетат окислен кислородом воздуха в среде уксусной кислоты в присутствии каталитической системы, содержащей ацетаты кобальта, марганца и бромид ионы до 5-ацетоксиизофталевой кислоты. Изучено влияние на реакцию температуры и определена энергия активации, которая составила  $50 \pm 5$  кДж/моль, что соответствует значению энергии активации окисления алкилароматических углеводородов. Исследована зависимость скорости протекания процесса и выхода целевого продукта от концентраций исходного соединения и компонентов каталитической системы. Установлено, что проведение процесса окисления 3,5-диметилфенилацетата при его начальной концентрации 0,75 моль/л, температуре 110 °С и концентрации ацетата кобальта (II) 0,1 моль/л, бромида натрия 0,05 моль/л, ацетата марганца (II) 0,003 моль/л обеспечивает протекание реакции с высокой скоростью и выходом 5-ацетоксиизофталевой кислоты 70-75%. В этих условиях был осуществлен балансированный опыт. 5-Ацетоксиизофталевая кислота представляет практический интерес в качестве мономера для термостойких полимеров. Для получения 5-оксиизофталевой кислоты 5-ацетоксиизофталевою кислоту подвергают щелочному гидролизу.*

**Ключевые слова:** 5-ацетоксиизофталевая кислота, ацилирование, гидролиз, 3,5-диметилфенилацетат, 3,5-ксиленол, 5-оксиизофталевая кислота

### Для цитирования:

Лебедева Н.В., Кошель С.Г., Кошель Г.Н. Жидкофазное каталитическое окисление 3,5 - ксиленола. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2020. Т. 63. Вып. 3. С. 4–9

### For citation:

Lebedeva N.V., Koshel S.G., Koshel G.N. Liquid phase catalytic oxidation 3,5 – xylenol. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* [Russ. J. Chem. & Chem. Tech.]. 2020. V. 63. N 3. P. 4–9

## LIQUID PHASE CATALYTIC OXIDATION 3,5 – XYLENOL

N.V. Lebedeva, S.G. Koshel, G.N. Koshel

Nina V. Lebedeva, George N. Koshel

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

E-mail: lebedevanv@ystu.ru \*, koshelgn@ystu.ru

Sergei G. Koshel\*

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

E-mail: koshel\_sergei\_62@mail.ru

*5-Hydroxyisophthalic acid is of practical interest in the synthesis of polymers, drugs, cosmetics. The methods for its preparation described in the literature are characterized by a number of significant drawbacks, which hinders the use of this compound in the development of new materials with valuable consumer properties. In this regard, a method for the synthesis of 5-hydroxyisophthalic acid by the oxidation of 3, 5-xyleneol has been developed. It has been established that the hydroxyl group inhibits the oxidation of methyl groups; therefore, to carry out oxidative transformations, the hydroxyl group was replaced by acetyl. For this, 3,5-xyleneol was acylated with acetic anhydride in the presence of sulfuric acid. The resulting 3, 5-dimethylphenylacetate is oxidized by atmospheric oxygen in an acetic acid medium in the presence of a catalytic system containing cobalt acetals manganese and bromide ions up to 5-acetoxyisophthalic acid. The effect of temperature on the reaction was studied and the activation energy was determined. It was  $50 \pm 5$  kJ/mol that corresponds to the activation energy of oxidation of alkylaromatic hydrocarbons. The dependence of the rate of the process and the yield of the target product on the concentrations of the starting compound and the components of the catalytic system is investigated. It has been established that carrying out the oxidation process of 3,5-dimethylphenylacetate at its initial concentration of 0.75 mol/l, temperature 110 °C and cobalt (II) acetate concentration 0.1 mol/l, sodium bromide 0.05 mol/l, manganese (II) acetate 0.003 mol/l provides the reaction with high rate and the yield of 5-acetoxyisophthalic acid 70-75%. In these conditions, the balance experiment was carried out. 5-Acetoxyisophthalic acid is of practical interest as a monomer for heat-resistant polymers. To obtain 5-hydroxyisophthalic acid, 5-acetoxyisophthalic acid is subjected to alkaline hydrolysis.*

**Key words:** 5-acetoxyisophthalic acid, acylation, hydrolysis, 3,5-dimethylphenylacetate, 3,5-xyleneol, 5-hydroxyisophthalic acid

### ВВЕДЕНИЕ

Оксикарбоновые кислоты используются для изготовления высококачественных полиэфирных волокон, пленок и покрытий пищевого и технического назначения, изополиэфирных смол, волокнистых пластиков, синтетической кожи, полимербетонов [1-6], фармацевтических препаратов [7-13], биологически активных веществ [14-15], гербицидов [16]. Так, на основе 5-оксиизофталевой кислоты (I) получены полимерные материалы, обладающие высокой термостойкостью и фотолюминесцентными свойствами, соединения, ускоряющие отверждение эпоксидных смол [17]. Однако кислота (I) ни у нас в стране, ни за рубежом не производится, а все известные методы ее синтеза характеризуются дефицитностью исходного сырья и низким выходом [18-20].

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Анализ продукта ацилирования 3,5-ксиленола осуществляли 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 см<sup>3</sup>/мин.

Анализ продуктов окисления 3,5-диметилфенилацетата осуществляли ЖХ на жидкостном хроматографе «Shimadzu» на колонке LC-20AD, длиной 18 см с привитой фазой C18, элюент – ацетонитрил (70 %-ный), расход 0,4 см<sup>3</sup>/мин, 40 °C, диапазон 210-254 нм.

ИК-спектры записывали на спектрофотометре «Specord 75 JR». Анализ проводили в жидкой пленке.

Анализ оксидата на содержание альдегидов проводился на полярографе LP-7 с ртутным капельным электродом относительно насыщенного каломельного. Концентрацию альдегида определяли по калибровочному графику. В качестве стандарта использовали бензальдегид.

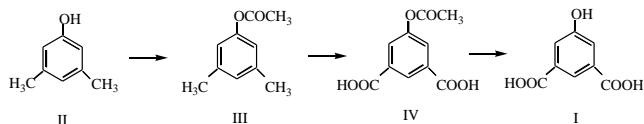
**Ацилирование 3,5-ксиленола (II).** Смесь 10 г (0,082 моль) 3,5-ксиленола, 16,7 г (0,164 моль) уксусного ангидрида и 0,8 г (0,0082 моль) серной кислоты нагрели до 60 °С и выдержали при этой температуре 30 мин. Затем реакционную массу вылили в 100 мл холодной дистиллированной воды. 3,5-Диметилфенилацетат (III) отделили с помощью делительной воронки, отмыли до нейтральной среды и высушили хлористым кальцием. Выход соединения (III) 12,9 г (96 %) – бесцветная жидкость.

**Окисление 3,5-диметилфенилацетата (III).** В раствор 0,615 г (3,75 ммоль) соединения (III) в 3,75 мл уксусной кислоты и 1,25 мл уксусного ангидрида в присутствии 88,5 мг ацетата кобальта (II), 25,7 мг бромида натрия и 17,3 мг ацетата марганца (II) при 110 °С подавали кислород при атмосферном давлении и непрерывном перемешивании. За ходом реакции следили по количеству поглощенного кислорода. Содержание исходного соединения (III), промежуточных соединений и конечного продукта реакции (IV) в реакционной массе определяли методом ЖХ. Продолжительность реакции 1-3 ч. По окончании процесса смесь охладили, образовавшийся осадок кислоты (IV) отфильтровали, промыли водой и высушили на воздухе при комнатной температуре. Выход кислоты (IV) 0,63 г (75%) – кристаллическое вещество белого цвета с температурой плавления 343-344 °С. ИК-спектр – характеристические полосы, см<sup>-1</sup>: 1697,04 (>C=O в сложноэфирной группе), 1772,96 (>C=O в карбоксильной группе).

**Гидролиз 5-ацетоксиизофталевой кислоты (IV).** Смесь 4,14 г (18,5 ммоль) соединения (IV) и 30 мл 10 % раствора гидроксида натрия нагрели до кипения и выдержали при этой температуре 30 мин. Затем реакционную массу охладили и добавили концентрированный раствор соляной кислоты до значения pH среды ~ 3. Осадок 5-оксиизофталевой кислоты (I) отфильтровали, промыли водой и высушили. Выход кислоты (I) 3,23 г (96%) – кристаллическое вещество белого цвета с температурой плавления 377-378 °С. ИК-спектр – характеристические полосы, см<sup>-1</sup>: 3351,07 (–OH группа), 1772,96 (>C=O в карбоксильной группе).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Нами разработан способ получения кислоты (I) жидкофазным каталитическим окислением 3,5-ксиленола (II).



Наличие гидроксильной группы не позволяет напрямую окислять алкилфенолы до соответствующих ароматических оксикарбоновых кислот, поэтому, с целью уменьшения ингибирующего воздействия –ОН группы, предварительно провели ацилирование ксиленола (II) уксусным ангидридом в присутствии серной кислоты при температуре 60-65 °С. Полученный 3,5-диметилфенилацетат (III) окислили кислородом воздуха при атмосферном давлении в среде уксусной кислоты в присутствии каталитической системы ацетат кобальта (II) – бромид натрия – ацетат марганца (II) до 5-ацетоксиизофталевой кислоты (IV), которая была выделена из оксидата и идентифицирована. Установлено, что осуществление процесса возможно только при использовании в качестве растворителя смеси уксусной кислоты и уксусного ангидрида в соотношении 1:3. Реакция протекает, как последовательное окисление метильных групп, сначала до монокарбоновой и затем до дикарбоновой кислоты (IV) через промежуточное образование соответствующих альдегидов, наличие которых в реакционной среде было доказано с использованием метода полярографии (рис. 1).

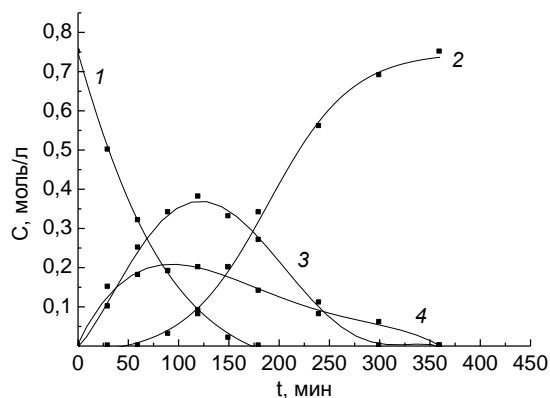


Рис. 1. Кинетические кривые расходования исходного соединения и накопления продуктов окисления 3,5-диметилфенилацетата (II). 1 – 3,5-диметилфенилацетат (II), 2 – промежуточное соединение (монокрбоновая кислота), 3 – сумма промежуточных соединений (альдегиды), 4 – 5-ацетоксиизофталевая кислота (IV)

Fig. 1. Kinetic curves of consumption of the starting compound and accumulation of the oxidation products of 3, 5-dimethylphenylacetate (II). 1 - 3,5-dimethylphenylacetate (II), 2 - intermediate compound (monocarboxylic acid), 3 - sum of intermediate compounds (aldehydes), 4 - 5-acetoxyisophthalic acid (IV)

Методом однофакторного эксперимента были проведены серии опытов по изучению влияния температуры в пределах 60-110 °С и начальных

концентраций исходного соединения (III) в интервале 0,2-0,75, ацетата кобальта (II) 0,01-0,1, ацетата марганца (II) 0-0,007, бромида натрия 0,01-0,1 моль/л на скорость окисления соединения (III). О скорости реакции судили по поглощению кислорода. Кинетические кривые окисления соединения (III) в интервале 60-110 °С представлены на рис. 2. Установлено, что с ростом температуры в данном интервале скорость реакции возрастает в 10 раз. На основании экспериментальных данных графически была найдена кажущаяся энергия активации процесса, которая составила  $50 \pm 5$  кДж/моль, что соответствует значению энергии активации окисления алкилароматических углеводородов.

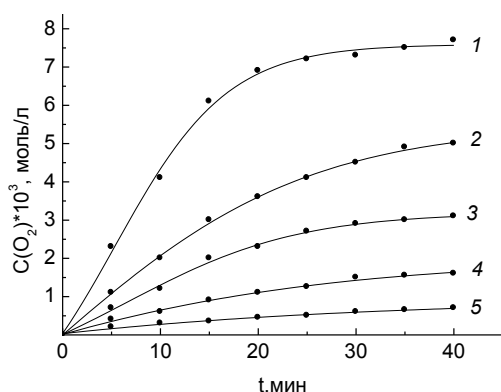


Рис. 2. Кинетические кривые поглощения кислорода в ходе жидкофазного каталитического окисления 3,5-ксиленола при различных температурах: 1 -  $T=110$  °С, 2 -  $T=100$  °С, 3 -  $T=90$  °С, 4 -  $T=70$  °С, 5 -  $T=60$  °С.

Fig. 2. Kinetic curves of oxygen absorption during liquid-phase catalytic oxidation of 3,5-xyleneol at different temperatures: 1 -  $T=110$  °С, 2 -  $T=100$  °С, 3 -  $T=90$  °С, 4 -  $T=70$  °С, 5 -  $T=60$  °С

Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют о том, что скорость процесса и выход кислоты (IV) зависят от начальных концентраций исходного соединения (III) и компонентов каталитической системы. Установлено, что при высокой начальной концентрации соединения (III) (0,75 моль/л) и высоком относительном содержании в каталитической системе промотора – бромида натрия скорость реакции снижается (рис. 3) и преимущественно происходит окисление лишь одной метильной группы. Продукт окисления, выделенный из реакционной массы в большей степени, содержит монокарбоновую кислоту, о чем свидетельствуют данные ЖХ, потенциометрического титрования и ИК спектроскопии.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что проведение процесса окисления соединения (III) при его начальной концентрации 0,75 моль/л, температуре 110 °С и концентрации ацетата кобальта (II) 0,1 моль/л, бромида натрия 0,05 моль/л, ацетата марганца (II) 0,003 моль/л обеспечивает протекание реакции с высокой скоростью и высоким выходом кислоты (IV). В этих

условиях был осуществлен балансовый опыт, результаты которого представлены в таблице.

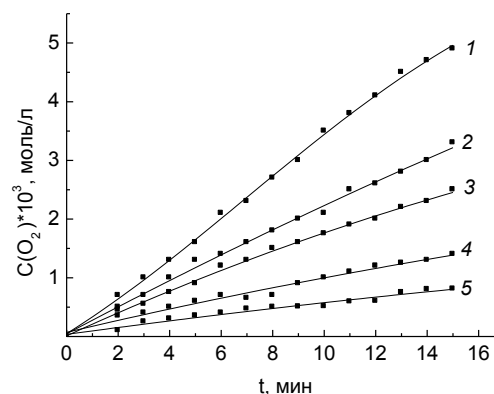


Рис. 3. Кинетические кривые поглощения кислорода в ходе жидкофазного каталитического окисления 3,5-ксиленола при разных концентрациях бромида натрия. 1 - 0,05 моль/л; 2 - 0,07 моль/л; 3 - 0,02 моль/л; 4 - 0,1 моль/л; 5 - 0,01 моль/л

Fig. 3. Kinetic curves of oxygen absorption during liquid-phase catalytic oxidation of 3,5-xyleneol at different concentrations of sodium bromide. 1 - 0.05 mol/l; 2 - 0.07 mol/l; 3 - 0.02 mol/l; 4 - 0.1 mol/l; 5 - 0.01 mol/l

Из полученных данных следует, что основным продуктом окисления соединения (III) является кислота (IV), 90% которой выпадает при кристаллизации из оксидата, при этом конверсия соединения (III) составляет 100%. Суммарный выход дикарбоновой кислоты (IV) (в осадке и фильтрате) составляет 75%.

Таблица 1

Материальный баланс процесса окисления 3,5-диметилфенилацетата (110 °С, 0,1 моль/л ацетата кобальта, 0,003 моль/л ацетата марганца, 0,05 моль/л бромида натрия, время реакции 5 ч)

Table 1. Material balance of the oxidation process of 3,5-dimethylphenyl acetate (110 °С, 0.1 mol/l of cobalt acetate, 0.003 mol/l of manganese acetate, 0.05 mol/l of sodium bromide, reaction time is 5 h)

Соединение	Загружено		Получено			
	г	ммоль	осадок		фильтрат	
			г	ммоль	г	ммоль
3,5-диметилфенилацетат (III)	6,15	37,5				
Растворитель:	52,87	709,74			52,87	709,74
Уксусная кислота	39,37	656,15				
Уксусный ангидрид	13,5	132,35				
Катализатор:	1,17				1,17	
5-ацетоксиизофталевая кислота (IV)			5,67	25,31	0,63	2,82
Итого	60,19	826,1	5,67	25,31	49,38	712,56

Ацетоксикарбоновая кислота (IV) сама по себе представляет практический интерес, как перспективный мономер в синтезе термостойких полимеров. Для получения оксикарбоновой кислоты (I) кислоту (IV) подвергают гидролизу.

#### ВЫВОДЫ

Разработан эффективный метод получения 5-оксизофталевой кислоты жидкофазным каталитическим окислением 3,5-ксиленола.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Хасбулатова З.С.** Сложные полиэфиры на основе производных п-оксибензойной кислоты. *Пласт. массы*. 2010. №3. С. 31-36.
2. **Асуева Л.А., Микитаев А.К., Насурова М.А., Хасбулатова З.С., Шустов Г.Б.** Полиэфиры п-оксибензойной кислоты. *Хим. пром-ть сегодня*. 2009. № 1. С. 26-30.
3. **Веролайн Н.В., Егорова И.Ю.** Сложные эфиры п-гидроксibenзойной кислоты. *Междун. журн. приклад. и фундаментал. исслед.* 2011. № 6. С. 67.
4. **Борукаев Т., Хараев А., Шаов А.** Мономеры для поликонденсации. *Palmarium Acad. Publ.* 2014. 92 с.
5. **Шibaев В.П.** Жидкокристаллические полимеры - прошлое, настоящее и будущее. *Высокомол. соед.* 2009. Т. 51. № 11. С. 1863-1929.
6. **Платэ Н.А., Сливинский Е.В.** Основы химии и технологии мономеров. М.: Наука: МАИК «Наука/Интерпериодика». 2002. 696 с.
7. **Брель А.К., Жогло Е.Н.** Синтез производных гидроксibenзойных кислот с п-аминобензойной кислотой. *Междун. журн. приклад. и фундаментал. исслед.* 2016. № 8. Ч. 3. С. 370-373.
8. **Княшев 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.
9. **Хлытин Н.В., Устинов И.И., Блохин И.В., Шахкельдян И.В., Атрошенко Ю.М., Кобраков К.И.** Синтез новых пиразинсодержащих производных п-гидроксibenзойной кислоты. *Бутлеров. сообщ.* 2014. Т. 38. № 6. С. 69-72.
10. **Брель А.К., Лисина С.В., Саломатина Ю.Н.** Азотсодержащие производные оксibenзойных кислот. *Бутлеров. сообщ.* 2012. Т. 32. № 10. С. 81-86.
11. **Брель А.К., Лисина С.В., Будаева Ю.Н., Родина Н.В.** Синтез и психотропная активность солей N-(4-гидроксibenзоил)глицина и N-(4-ацетоксibenзоил)глицина. *Фундаментал. исслед.* 2013. № 10. Ч. 9. С. 1963-1967.
12. **Солдатенко А.Т., Колядина Н.М., Шендрик И.В.** Основы органической химии лекарственных веществ. М.: Мир. Бином. Лаборатория знаний. 2009. 190 с.
13. **Вартанян Р.С.** Синтез основных лекарственных средств. М.: Мед. информ. агентство. 2004. 845 с.
14. **Протопопов А.В., Коншин В.В., Чемерис М.М.** Ацилирование лигноцеллюлозного материала 5-аминосалициловой кислоты в присутствии трифторуксусной кислоты. *Журн. приклад. химии*. 2002. Т. 75. Вып. 9. С. 1542-1544.

Показано, что окисление 3,5-ксиленола возможно в случае защиты гидроксильной группы.

Установлено, что проведение процесса окисления при температуре 110 °С, концентрации исходного соединения 0,75 моль/л, ацетата кобальта 0,1 моль/л, ацетата марганца 0,003 моль/л, бромида натрия 0,05 моль/л обеспечивает высокую скорость протекания процесса и высокий выход целевого продукта 70-75%.

Структура синтезированных соединений была подтверждена методом ИК спектроскопии, потенциометрическим титрованием.

#### REFERENCES

1. **Khasbulatova Z.S.** Polyesters based on p-hydroxybenzoic acid derivatives. *Plast. Massy*. 2010. N 3. P. 31-36 (in Russian).
2. **Asueva L.A., Mikitaev A.K., Nasurova M.A., Khasbulatova Z.S., Shustov G.B.** Polyethers of p-hydroxybenzoic acid. *Khim. Prom. Segodnya*. 2009. N 1. P. 26-30 (in Russian).
3. **Verolaynen N.V., Egorova I.Yu.** Esters of p-hydroxybenzoic acid. *Mezhd. Zhurn. Prikl. Fund. Issled.* 2011. N 6. P. 67 (in Russian).
4. **Borukaev T., Kharaev A., Shaov A.** Monomers for Polycondensation. *Palmarium Acad. Publ.* 2014. 92 p. (in Russian).
5. **Shibaev V.P.** Liquid crystal polymers - the past, present and future. *Vysokomol. Soed.* 2009. V. 51. N 11. P. 1863-1929 (in Russian).
6. **Plate N.A., Slivinsky E.V.** Fundamentals of chemistry and technology of monomers. M.: Nauka: MAIK "Nauka/Interperiodika". 2002. 696 p. (in Russian).
7. **Brel A. K., Zhoglo E.N.** Synthesis of hydroxybenzoic acid derivatives with p-aminobenzoic acid. *Mezhdun. Zhurn. Prikl. Fund. Issled.* 2016. N 8. Pt. 3. P. 370-373 (in Russian).
8. **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).
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. **Brel A.K., Lisina S.V., Salomatina Yu.N.** Nitrogen-containing derivatives of hydroxybenzoic acids. *Butlerov. Soobshch.* 2012. V. 32. N 10. P. 81- 86 (in Russian).
11. **Brel A.K., Lisina S.V., Budaeva Yu.N., Rodina N.V.** Synthesis and psychotropic activity of N-(4-hydroxybenzoyl) glycine and N-(4- acetoxyben-zoyl) glycine salts. *Fund. Issled.* 2013. N 10. Pt. 9. P. 1963-1967 (in Russian).
12. **Soldatenko A.T., Kolyadina N.M., Shendrik I.V.** Fundamentals of organic chemistry of medicinal substances. M.: Mir. Binom. Laboratoriya znaniy. 2009. 190 p. (in Russian).
13. **Vartanyan R.S.** Synthesis of essential drugs. M.: Med. informats. agentstvo. 2004. 845 p. (in Russian).
14. **Protopopov A.V., Konshin V.V., Chemeris M.M.** Acylation of lignocellulosic material 5-aminosalicylic acid in the presence of trifluoroacetic acid. *Zhurn. Prikl. Khim.* 2002. V. 75. N 9. P. 1542-1544 (in Russian).

15. 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.
16. Лукманова А.Л., Хлебникова Т.Д., Тюрин А.А., Тюрин 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.
17. Huang Y., Yan B., Shao M. A new series of 2D lanthanide 5-hydroxyisophthalate coordination polymers. *J. Mol. Struct.* 2008. V. 876. N 1. P. 211-217. DOI: 10.1016/j.molstruc.2007.06.025.
18. Никольский Б.П. Справочник химика. 21. 1968. 494 с. Хуснутдинов Р.И., Байгузина А.Р., Тарисова Л.И. Синтез гидроксibenзойных кислот и их эфиров взаимодействием фенолов с  $CCl_4$  и спиртами в присутствии железосодержащих катализаторов. *Журн. общей химии.* 2018. Т. 88. Вып. 2. С. 228-235.
19. Суербаев Х.А. Синтез карбоновых кислот карбоксилированием органических соединений диоксидом углерода и его производными. *Вестн. Нац. акад. наук Респ. Казахстан.* 2015. Т. 3. № 355. С. 11-37.
15. Suerbaev Kh.A., Shalmagambetov K.M., Abyzbekova G.M., Zhaksylykova G.Zh. Synthesis of biologically active substances based on carbon oxides. *Vestn. KazNU. Khim. ser.* 2012. N 1 (65). P.393- 395 (in Russian).
16. 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 hetero-xyloxy carboxylic acids and their derivatives. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2002. V. 45. N 6. P. 58-63 (in Russian).
17. Huang Y., Yan B., Shao M. A new series of 2D lanthanide 5-hydroxyisophthalate coordination polymers. *J. Mol. Struct.* 2008. V. 876. N 1. P. 211-217. DOI: 10.1016/j.molstruc.2007.06.025.
18. Nikolsky B. P. Chemist's Handbook 21. 1968. 494 p. (in Russian).
19. Khysnyndinov R.I., Baygzyzina A.R., Tarisova L.I. Synthesis of hydroxybenzoic acids and their esters by the interaction of phenols with  $CCl_4$ , and alcohols in the presence of iron-containing catalysts. *Zhurn. Obshch. Khim.* 2018. V. 88. N 2. P. 228-235 (in Russian).
20. Syerbaev Kh.A. Synthesis of carboxylic acids by carboxylation of organic compounds with carbon dioxide and its derivatives. *Vestn. NAN Resp. Kazakhstan.* 2015. V. 3. N 355. P. 11-37 (in Russian).

Поступила в редакцию 19.06.2019

Принята к опубликованию 23.01.2020

Received 19.06.2019

Accepted 23.01.2020