

СИНТЕЗ БИС{2-[3(4)-(2,5-ДИГИДРО-2,5-ДИОКСО-1H-ПИРРОЛ-1-ИЛ)ФЕНИЛКАРБОНИЛОКСИ]ЭТИЛ}ГЕКСАН-1,6-ДИИЛДИКАРБАМАТОВ

© 2024 г. О. А. Колямшин^{a,*}, Ю. Н. Митрасов^b, В. А. Данилов^a

^a ФГБОУ ВО “Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова”,
Россия, 428015 Чебоксары, Московский просп., 15

^b ФГБОУ ВО “Чувашский государственный педагогический
университет им. И.Я. Яковлева”,
Россия, 428000 Чебоксары, ул. К. Маркса, 38

*e-mail: kolyamshin.oleg@yandex.ru

Поступила в редакцию 22.04.2024 г.

После доработки 10.05.2024 г.

Принята к публикации 12.05.2024 г.

Взаимодействием бис(2-хлорэтил)гексан-1,6-диилдикарбамата с калиевыми солями *m*- и *n*-аминобензойных кислот получены новые бис{2-[3(4)-аминофенилкарбонилокси]этил}гексан-1,6-диилдикарбаматы. Установлено, что они реагируют с малеиновым ангидридом в мольном соотношении 1 : 2 с образованием соответствующих бисмалеимидов, циклизацией которых в кислой среде получены бис[2-(3(4)-(2,5-дигидро-2,5-диоксо-1H-пиррол-1-ил)фенилкарбонилокси)этил]гексан-1,6-диилдикарбаматы. Изучены физические и спектральные свойства синтезированных бисмалеинимидов.

Ключевые слова: *m*- и *n*-аминобензойные кислоты, диамины, бисмалеинимиды, уретаны, масс-спектрометрия, ИК и ЯМР ¹H спектроскопия

DOI: 10.31857/S0514749224120059 EDN: AQJQEV

ВВЕДЕНИЕ

Производные 1H-пиррол-2,5-дионов (малеинимидов) являются ценными синтонами органического синтеза. Благодаря наличию высокоактивной двойной связи для них удастся осуществить присоединение как электрофильных, так и нуклеофильных реагентов, провести реакции Дильса–Альдера, полимеризации и сополимеризации с различными непредельными мономерами [1, 2]. На практике наибольшее значение имеют малеинимидные связующие [1, 3, 4], которые предназначены для изготовления изделий конструкционного, электроизоляционного, триботехнического назначения и т.п., длительно работающих при высоких температурах (220–250°C). Отверждение малеинимидных связующих не сопровождается выделением летучих продуктов, поэтому их используют для изготовления крупногабаритных авиакосмических конструкций. Значительный интерес для получения термостойких

полимеров и сополимеров представляют моно- и бисмалеинимиды на основе *m*- или *n*-аминобензойных кислот [5, 6], их сложных эфиров [7–9] и амидов [10–12].

В настоящее время на основе малеинимидов и фурановых мономеров с использованием реакции Дильса–Альдера разработаны полимерные материалы, способные к самовосстановлению индуцированным ближним инфракрасным или тепловым воздействием [13–16].

Кроме того, ряд малеинимидов обладает флуоресцентными свойствами, что позволяет использовать их в различных областях, включая фотопамять, датчики флуоресценции, оптоэлектронные устройства, органические лазеры, высокочувствительные сенсоры для селективного обнаружения различных химических и биологических соединений, включая биотиолы [17–19].

В свете изложенного весьма актуальными представляются работы как по расширению ассортимента новых производных малеинимидов и полимеров на их основе для получения новых материалов с комплексом заданных ценных свойств, так и по изысканию новых областей применения уже известных соединений с различными функциональными группами в своем составе. В связи с этим целью настоящей работы явилась разработка методов синтеза новых бисмалеинимидов, содержащих в своей структуре сложноэфирную и уретановую группы, для дальнейшего использования в качестве различных, в том числе самовосстанавливающихся полимерных материалов с высокими эксплуатационными характеристиками.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что для синтеза функционально замещенных моно- и бисмалеимидоаренкарбоновых кислот используются 2 подхода. Один из них заключается в применении реакций хлорангидридов малеимидосодержащих кислот с нуклеофильными реагентами (спирты и амины) [20, 21], а второй — в алкилировании калиевых солей малеимидобензойных кислот соответствующими моно- и дигалогенидами [21, 22]. К недостаткам этих методов можно отнести труднодоступность исходных малеимидосодержащих кислот. В данном сообщении с целью упрощения процесса получения новых рядов бисмалеинимидов, содержащих в своем составе сложноэфирные и уретановые группы, в качестве исходного галогенида предложено использовать легкодоступный бис(2-хлорэтил)гексан-1,6-диилдикарбамат (**1**), который является продуктом реакции гексаметилендиизоцианата с 2-хлорэтанолом [23]. На основе этого дихлорида взаимодействием с калиевыми солями *m*- и *n*-аминобензойных кислот были синтезированы бис{2-[3(4)-аминофенилкарбонилокси]этил}гексан-1,6-диилдикарбаматы **2a,b**. Процесс проводили в среде диметилформамида (ДМФА) при температуре 130–140°C в присутствии катализатора — триэтилбензиламмония

хлорида (ТЭБАХ). Контроль за ходом реакции и чистотой образующихся соединений осуществляли методом ТСХ. Образующиеся соединения в виде светло-коричневых кристаллов выделяли с высоким выходом (92–97%) осаждением десятикратным количеством воды (схема 1).

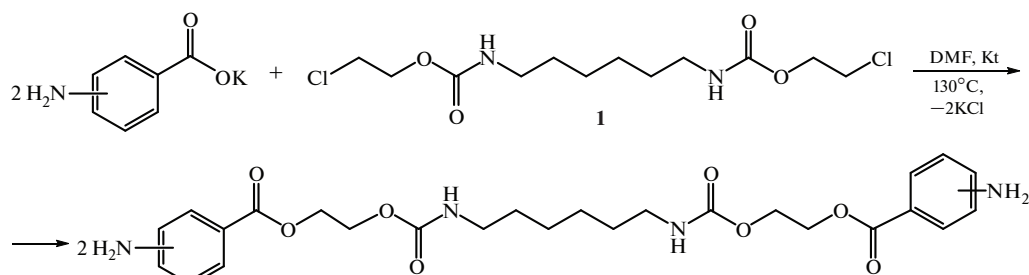
Строение соединений **2a,b** подтверждали методами масс-спектрометрии, ИК и ЯМР ¹H спектроскопии, а состав — данными элементного анализа. В ИК спектрах содержатся полосы поглощения, характерные для amino-, уретановых и сложноэфирных групп в области 3218–3479 см⁻¹ (ν_{N-H}), 1713, 1691–1683 см⁻¹ (ν_{C=O}), 1260–1257 см⁻¹ (ν_{C-O}). В спектрах ЯМР ¹H наблюдаются синглеты протонов аминогруппы с δ 5.35–5.95 м.д. и триплеты для протонов уретановых групп NHC(O)O при 7.21–7.19 м.д., ³J_{HH} 5.5 Гц. Ароматические протоны карбамата **2a** проявляются в виде мультиплета в области 6.80–7.19 м.д., а соединения **2b** — в виде 2 дублетов с δ 6.56 и 7.63 м.д., ³J_{HH} 8.7 Гц. В масс-спектрах дикарбаматов **2a,b** имеются пики молекулярного иона с *m/z* 530 (1.6%) и продуктов его фрагментации.

Диамины **2a,b** при комнатной температуре в среде ацетона легко реагируют с малеиновым ангидридом. В результате реакции с высоким выходом (94–96%) были получены бис{2-[3(4)-(3-карбокси-2-оксопропен-2-иламино)фенилкарбонилокси]этил}гексан-1,6-диилдикарбаматы **3a,b** (схема 2).

В ИК спектрах бисмалеимидов **3a,b** имеются полосы поглощения валентных колебаний N–H (3317–3327 см⁻¹), C=O (1717–1718, 1685–1687 см⁻¹), C–O (1253–1266 см⁻¹) и C=C-связей (1629–1626 см⁻¹).

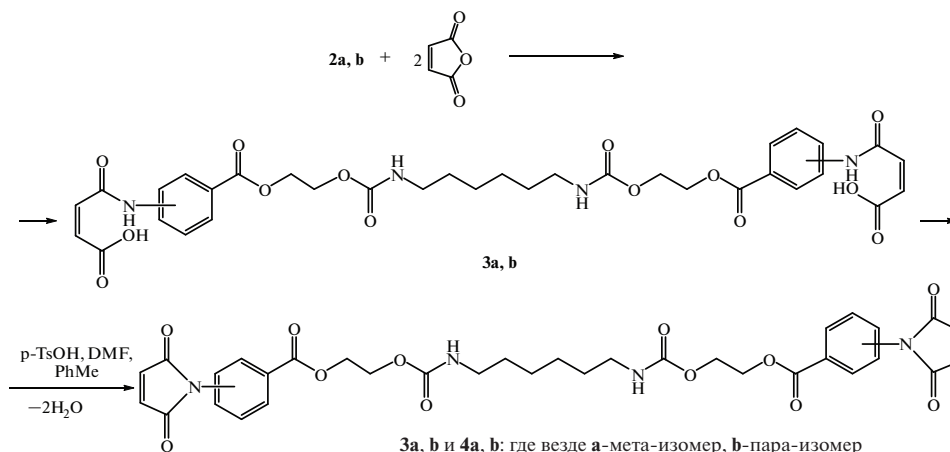
В спектрах ЯМР ¹H протоны двойной связи амидов **3a,b** проявляются в виде 2 дублетов при 6.33 и 6.47–6.49 м.д. Величина ³J_{HH} 12.0 Гц указывает на *цис*-положение протонов при двойной связи. Протоны уретановой группы NHC(O)O дают триплеты в области 7.19–7.22 м.д. с ³J_{HH} 5.6 Гц, а протоны

Схема 1



2a, b: где везде **a**-*мета*-изомер, **b**-*пара*-изомер

Схема 2



амидных и карбоксильных групп проявляются в виде синглетов при 10.55–10.62 и 12.90–12.85 м.д. соответственно.

Диамиды **3a,b** легко подвергаются внутримолекулярной циклизации при нагревании в присутствии каталитических количеств *n*-толуолсульфокислоты в среде растворителя, состоящего из смеси ДМФА и толуола, с одновременной азеотропной отгонкой выделяющейся воды. В результате реакции с выходами 91–97% синтезированы бис[2-(3(4)-(2,5-дигидро-2,5-диоксо-1*H*-пиррол-1-ил)фенилкарбонилокси)этил]гексан-1,6-диилдикарбаматы **4a,b** (схема 2).

Строение бисмалеинимидов **4a,b** подтверждено данными ИК и ЯМР ^1H спектров. Так, в ИК спектрах имеются полосы поглощения валентных колебаний N–H (3308–3325 см^{-1}), C=O (1712–1714, 1680–1690 см^{-1}) и C–O (1257–1263 см^{-1}) связей. В спектрах ЯМР ^1H протоны малеинимидного кольца проявляются в виде характерного синглета с δ 7.22 м.д., на который накладываются сигналы протонов уретановой группы NHС(О)О при 7.19–7.22 м.д. Для фениленовых протонов характерны мультиплет при 7.65–7.94 м.д. (имид **4a**) и дублеты с δ 7.54 и 8.06 м.д. с $^3J_{\text{HH}}$ 8.6 Гц (имид **4b**).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры получены на ИК-Фурье спектрофотометре “ФСМ 1202” (Россия) в вазелиновом масле, спектры ЯМР ^1H – на спектрометре Bruker DRX500 (500.13 МГц) (Bruker Corporation, Германия) в $\text{DMSO}-d_6$, внутренний стандарт – тетраметилсилан, масс-спектры – на приборе Finnigan MAT INCOS-50 (энергия ионизирующих электронов 70 эВ, США). Анализ методом ТСХ проводили на пластинах Sorbfil ПТСХ-П-В, подвижная

фаза – 1,4-диоксан (для диамидов **3a,b** – ДМФА – этанол в объемном соотношении 1 : 4), проявитель – пары иода. Элементный анализ осуществляли на анализаторе фирмы Perkin Elmer 2400 CHN (Perkin Elmer Instruments, США). Температуры плавления определяли капиллярным методом. Использовали коммерческие продукты, растворители очищали перегонкой.

Исходные реагенты: толуол (ООО “Лукойл-Пермнефтеоргсинтез”, Россия), *m*-аминобензойная кислота, *n*-аминобензойная кислота, малеиновый ангидрид, гексаметилендиизоцианат (Covestro, Германия), 2-хлорэтанол (Экос-1, Россия), ТЭБАХ (Вектон, Россия), 1,4-диоксан (Экос-1, Россия), ДМФА (Экос-1, Россия).

Бис(2-хлорэтил)гексан-1,6-диилдикарбамат (1) получали согласно [23] с теми же количествами исходных веществ. Выход 80.98 г (82%), бесцветный кристаллический порошок, т.пл. 110–111°C (перекристаллизовывали дважды из бензола).

Бис[2-(3-аминофенилкарбонилокси)этил]гексан-1,6-диилдикарбамат (2a). Смесь 17.5 г (0.1 моль) 3-аминобензоата калия, 16.46 г (0.05 моль) бис(2-хлорэтил)гексан-1,6-диилдикарбамата (**1**), 0.2 г ТЭБАХ и 50 мл ДМФА перемешивали при температуре 125–135°C в течение 3 ч. После охлаждения до комнатной температуры реакционную массу перемешивали с 500 мл воды, выделившийся осадок отфильтровывали, промывали 10 раз по 10 мл воды, сушили на воздухе. Выход 24.21 г (92%), бежевый порошок, т.пл. 94–96°C (перекристаллизовывали дважды из изопропилового спирта (ИПС)). R_f 0.58. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3429, 3338, 3218 (N–H), 1713, 1691 (C=O), 1260 (C–O–C), 751, 679 (C_6H_4). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 1.20 уш.с (4H,

2CH₂), 1.33 с (4H, 2CH₂, ³J_{HH} 5.82 Гц), 2.94 к (4H, 2CH₂N, ³J_{HH} 6.47 Гц), 4.25 м [4H, 2CH₂OC(O)NH], 4.37 м [4H, 2CH₂OC(O)], 5.35 с (4H, 2NH₂), 6.80 д (2H, 2H_{ар}, ³J_{HH} 7.88 Гц), 7.10 м и 7.18 с (6H_{ар}), 7.21 т (2H, 2NHCO, ³J_{HH} 5.5 Гц). Найдено, %: С 58.95; Н 6.60; N 10.36. C₂₆H₃₄N₄O₈. Вычислено, %: С 58.86; Н 6.46; N 10.56.

Бис[2-(4-аминофенилкарбонилокси)этил]гексан-1,6-диилдикарбамат (2b) получали аналогично вышеописанному с теми же загрузками исходных веществ. Выход 25.73 г (97%), светло-коричневый порошок, т.пл. 119–121°C (перекристаллизовывали дважды из ИПС). *R*_f 0.65. ИК спектр, ν, см⁻¹: 3479, 3362, 3218 (N–H), 1683 (C=O), 1257 (C–O–C), 1600, 843 (C₆H₄). Спектр ЯМР ¹H, δ, м.д.: 1.20 уш.с (4H, 2CH₂), 1.35 т (4H, 2CH₂, ³J_{HH} 5.82 Гц), 2.94 к (4H, 2CH₂N, ³J_{HH} 6.44 Гц), 4.23 м [4H, 2CH₂OC(O)NH], 4.29 м [4H, 2CH₂OC(O)], 5.95 с (4H, 2NH₂), 6.56 д (4H, C₆H₄, ³J_{HH} 8.7 Гц), 7.19 т (2H, 2NHCO, ³J_{HH} 5.5 Гц), 7.63 д (4H, C₆H₄, ³J_{HH} 8.7 Гц). Масс-спектр, *m/z* (*I*_{отн}, %): 530 (1.60) [*M*]⁺. Найдено, %: С 58.73; Н 6.54; N 10.45. C₂₆H₃₄N₄O₈. Вычислено, %: С 58.86; Н 6.46; N 10.56.

Бис[2-[3-(3-карбокси-2-оксопропен-2-иламино)фенилкарбонилокси]этил]гексан-1,6-диилдикарбамат (3a). К суспензии 13.26 г (0.025 моль) диамина **2a** в 40 мл ацетона прибавляли раствор 4.9 г (0.05 моль) малеинового ангидрида в 10 мл ацетона. Выдерживали при комнатной температуре в течение 3 ч, осадок отфильтровывали, промывали 4 раза по 4 мл ацетона, сушили на воздухе. Выход 17.1 г (94%), светло-коричневый порошок, т.пл. 150–152 °С (ацетон). *R*_f 0.82. ИК спектр, ν, см⁻¹: 3317 (N–H), 1718, 1685 (C=O), 1626 (CH=CH), 1266 (C–O–C), 3050, 754 (C₆H₄). Спектр ЯМР ¹H, δ, м.д.: 1.19 с (4H, 2CH₂), 1.34 с (4H, 2CH₂), 2.93 к (4H, 2CH₂N, ³J_{HH} 6.44 Гц), 4.28 м [4H, 2CH₂OC(O)NH], 4.44 м [4H, 2CH₂OC(O)], 6.33 д и 6.47 д (4H, 2CH=CH, ³J_{HH} 12.0 Гц), 7.22 т (2H, 2NHCO, ³J_{HH} 5.6 Гц), 7.48 т (2H_{ар}, ³J_{HH} 7.94 Гц), 7.67 д (2H_{ар}, ³J_{HH} 8.18 Гц), 7.89 д (2H_{ар}, ³J_{HH} 5.6 Гц), 8.26 с (2H, 2H_{ар}), 10.55 с (2H, 2NHCO), 12.90 с (2H, 2COOH). Найдено, %: С 56.15; Н 5.40; N 7.56. C₃₄H₃₈N₄O₁₄. Вычислено, %: С 56.20; Н 5.27; N 7.71.

Бис[2-[4-(3-карбокси-2-оксопропен-2-иламино)фенилкарбонилокси]этил]гексан-1,6-диилдикарбамат (3b). Получали аналогично вышеописанному с теми же загрузками исходных веществ. Выход 17.44 г (96%), светлый желтовато-коричневый порошок, т.пл. 170–172°C. *R*_f 0.79. ИК спектр, ν, см⁻¹: 3327 (N–H), 1717, 1687 (C=O), 1629 (CH=CH), 1253 (C–O–C), 3040, 848 (C₆H₄). Спектр ЯМР ¹H,

δ, м.д.: 1.20 с (4H, 2CH₂), 1.32 с (4H, 2CH₂), 2.94 к (4H, 2CH₂N, ³J_{HH} 6.12 Гц), 4.27 м [4H, 2CH₂OC(O)NH], 4.40 м [4H, 2CH₂OC(O)], 6.33 д, 6.49 д (4H, 2CH=CH, ³J_{HH} 12.0 Гц), 7.19 м (2H, 2NHCO), 7.76 д (4H, C₆H₄, ³J_{HH} 8.6 Гц), 7.93 д (4H, C₆H₄, ³J_{HH} 8.66 Гц), 10.62 с (2H, 2NHCO), 12.85 с (2H, 2COOH). Найдено, %: С 56.12; Н 5.20; N 7.52. C₃₄H₃₈N₄O₁₄. Вычислено, %: С 56.20; Н 5.27; N 7.71.

Бис[2-[3-(2,5-дигидро-2,5-диоксо-1*H*-пиррол-1-ил)фенилкарбонилокси]этил]гексан-1,6-диилдикарбамат (4a). Смесь 14.52 г (0.02 моль) диамида **3a**, 0.3 г *п*-толуолсульфонокислоты, 30 мл ДМФА и 60 мл толуола кипятили с насадкой Дина–Старка до прекращения отделения воды в течение 3 ч. Растворители отгоняли на водяной бане в вакууме водоструйного насоса. Остаток перемешивали с 300 мл воды, осадок отфильтровывали, промывали 10 раз по 10 мл воды, сушили на воздухе. Выход 12.6 г (91%), коричневый порошок, т.пл. 105–108°C. *R*_f 0.46. ИК спектр, ν, см⁻¹: 3325 (N–H), 1712, 1690 (C=O), 1263 (C–O–C), 3086, 753, 698 (C₆H₄). Спектр ЯМР ¹H, δ, м.д.: 1.18 уш.с (4H, 2CH₂), 1.32 уш.с (4H, 2CH₂), 2.92 к (4H, 2CH₂N, ³J_{HH} 6.05 Гц), 4.28 с [4H, 2CH₂OC(O)NH], 4.45 м [4H, 2CH₂OC(O)], ³J_{HH} 4.19 Гц], 7.22 с (6H, 2CH=CH, 2NHCO), 7.65 д и 7.94 м (8H, 2C₆H₄). Найдено, %: С 59.15; Н 4.70; N 8.36. C₃₄H₃₄N₄O₁₂. Вычислено, %: С 59.13; Н 4.96; N 8.11.

Бис[2-[4-(2,5-дигидро-2,5-диоксо-1*H*-пиррол-1-ил)фенилкарбонилокси]этил]гексан-1,6-диилдикарбамат (4b) получали аналогично с теми же загрузками исходных веществ. Выход 13.40 г (97%), светлый желто-коричневый порошок, т.пл. 118–120°C (перекристаллизовывали дважды из этилового спирта). *R*_f 0.49.

ИК спектр, ν, см⁻¹: 3308 (N–H), 1714, 1680 (C=O), 1257 (C–O), 1592, 826 (C₆H₄). Спектр ЯМР ¹H, δ, м.д.: 1.19 уш.с (4H, 2CH₂), 1.34 с (4H, 2CH₂), 2.93 к (4H, 2CH₂N, ³J_{HH} 6.01 Гц), 4.29 с [4H, 2CH₂OC(O)NH], 4.45 уш.с [4H, 2CH₂OC(O)], 7.19 уш.с (6H, 2CH=CH, 2NHCO), 7.22 с (4H, 2CH=CH), 7.54 д и 8.06 д (8H, C₆H₄, ³J_{HH} 8.6 Гц). Найдено, %: С 59.35; Н 5.01; N 8.23. C₃₄H₃₄N₄O₁₂. Вычислено, %: С 59.13; Н 4.96; N 8.11.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований разработан метод синтеза неизвестных ранее бис[2-(3(4)-(2,5-дигидро-2,5-диоксо-1*H*-пиррол-1-ил)фенилкарбонилокси)этил]гексан-1,6-диилдикарбаматов с 2 сложноэфирными и 2 уретано-

выми (карбаматными) группами в своем составе. Молекулярное строение и химическая структура полученных соединений доказаны с использованием комплекса современных физико-химических методов анализа, включающих масс-спектрометрию, ИК и ЯМР ^1H спектроскопию, элементный анализ. Полученные бисмалеинимиды с сложноэфирными и уретановыми группами в своем составе могут найти применение в качестве высокоэффективных компонентов широкого спектра полимерных материалов, в том числе обладающих функцией самовосстановления.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Колямшин Олег Актарьевич,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3473-1827>

Митрасов Юрий Никитич,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4083-7863>

Данилов Владимир Александрович,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9140-1747>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлин Ю.А. *Термостойчивые полимеры и полимерные материалы*. СПб.: Профессия, **2006**.
2. Митрасов Ю.Н., Колямшин О.А., Данилов В.А. *Малеинимиды: синтез, свойства и полимеры на их основе*. Чебоксары: Чуваш. гос. пед. у-т, **2017**.
3. Iredale R.J., Ward C., Hamerton I. *Progress Polymer Sci.* **2017**, *69*, 1–21. doi 10.1016/j.progpolymsci.2016.12.002
4. Zhang L., Chen P., Gao M., Na L., Xiong X. and Fan Sh. *Desig. Monomers Polymers.* **2014**, *17* (7), 637–646. doi 10.1080/15685551.2014.907618
5. Liu Y., He M., Zhang D., Zhao Q., Li Y., Qin Sh., Yu J., *Materials.* **2018**, *11*, 2330. doi 10.3390/ma11112330
6. Zhao Q., Zhan Y.-K., Liu Y.-F., He M., Gong Y.-J. *Polymer Sci. Ser. B.* **2020**, *62* (4), 368–374. doi 10.1134/S1560090420040119
7. Jeemol P.A., Mathew S., Nair C.P. Reghunadhan. *J. Polymer Res.* **2020**, *27*, 300. doi 10.1007/s10965-020-02197-z
8. Park J. O., Yoon B.-J., Srinivasarao M. *J. Non-Newtonian Fluid Mechanics.* **2011**, *166*, 925–931. doi 10.1016/j.jnnfm.2011.04.015
9. Gaina V., Gaina C. *Designed Monomers Polymers* (Taylor and Francis Ltd Publ.) **2007**, *10* (1), 91–104.
10. Sava M. *Designed Monomers Polymers.* **2013**, *16* (1), 14–24. doi 10.1080/15685551.2012.705485
11. Fache B., Meouche W., Pham Q.T., Milano J.C. *J. Adhesion Adhesives.* **2013**, *42*, 51–59. doi 10.1016/j.ijadhadh.2012.12.002
12. Froidevaux V., Decostanzi M., Manseri A., Caillol S., Boutevin B., Auvergne R. *Front. Chem. Sci. Eng.* **2021**, *15*, 330–339. doi 10.1007/s11705-020-1929-6
13. Yang Sh., Du X., Deng Sh., Qiu J., Du Z., Cheng X., Wang H. *Chem. Engineer. J.* **2020**, *398*, 125654. doi 10.1016/j.cej.2020.125654
14. Yang Sh., Wang Sh., Du X., Du Z., Cheng X., Wang H. *Chem. Engineer. J.* **2020**, *391*, 23544. doi 10.1016/j.cej.2019.123544
15. Aizpurua J., Martin L., Formoso E., González A., Irusta L. *Progress in Org. Coatings.* **2019**, *130*, 31–43. doi 10.1016/j.porgcoat.2019.01.008
16. Lindenmeyer K.M., Johnson R.D., Miller K.M. *Polym. Chem.* **2020**, *11*, 5321. doi 10.1039/d0py00016g
17. Zhu J., Hu X., Yang B., Liu B. *Sensors Actuators: B. Chem.* **2019**, *282*, 743–749. doi 10.1016/j.snb.2018.11.136
18. Liu T., Huo F., Yin C., Li J., Chao J., Zhang Y. *Dyes Pigments.* **2016**, *128*, 209–214. doi 10.1016/j.dyepig.2015.12.031
19. Song L., Sun X.-D., Ge Y., Yao Y.-H., Shen J., Zhang W.-B., Qian J.-H. *Chinese Chem. Lett.* **2016**, *27*, 1776–1780. doi 10.1016/j.cclet.2016.05.007
20. Колямшин О.А., Кузьмин М.В., Игнатьев В.А., Рогожина Л.Г., Кольцов Н.И. *ЖОХ.* **2015**, *51*, 917–918. [Kolyamshin O.A., Kuz'min M.V., Ignat'ev V.A., Rogozhina L.G., Kol'tsov N.I. *Russ. J. Org. Chem.* **2015**, *51*, 901–902]. doi 10.1134/S1070428015060159
21. Колямшин О.А., Данилов В.А., Игнатьев В.А., Кузьмин М.В. *ЖОХ.* **2019**, *55*, 1717–1721. [Kolyamshin O.A., Danilov V.A., Ignat'ev V.A., Kuzmin M.V. *Russ. J. Org. Chem.* **2019**, *55*, 1686–1689]. doi 10.1134/S1070428019110071
22. Колямшин О.А., Митрасов Ю.Н., Данилов В.А., Авруйская А.А. *ЖОХ.* **2019**, *9*, 1321–1326. [Kolyamshin O.A., Mitrasov Yu.N., Danilov V.A., Avruiskay A.A. *Russ. J. General Chem.* **2019**, *89*, 1740–1743]. doi 10.1134/S1070363219090020
23. Колямшин О.А., Митрасов Ю.Н., Данилов В.А., Кузьмин М.В., Иванова К.Ю. *ЖОХ.* **2023**, *59*, 486–491. [Kolyamshin O.A., Mitrasov Yu.N., Danilov V.A., Kuz'min M.V., Ivanova K.Yu. *Russ. J. Org. Chem.* **2023**, *59*, 606–610]. doi 10.1134/S1070428023040073

Synthesis of Bis{2-[3(4)-(2,5-dihydro-2,5-dioxo-1H-pyrrol-1-ethyl}hexane-1,6-carbonyloxy]dihydrocarbamates

O. A. Kolyamshin^{a,*}, Yu. N. Mitrasov^b, and V. A. Danilov^a

^aFGBOU VO "Chuvashskij gosudarstvennyj universitet imeni I.N. Ul'yanova",
Moskovskij pr., 15, Cheboksary, 428015 Russia

^bFGBOU VO "Chuvashskij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet im. I.Ya. Yakovleva",
ul. K. Marksa, 38, Cheboksary, 428000 Russia

*e-mail: kolyamshin.oleg@yandex.ru

Received April 22, 2024; revised May 10, 2024; accepted May 12, 2024

By the interaction of bis-(2-chloroethyl)hexane-1,6-diylidicarbamate with potassium salts of *m*- and *p*-aminobenzoic acids, new bis{2-[3(4)-aminophenylcarbonyloxy]ethyl} were obtained hexane-1,6-diylidicarbamates. It was found that they react with maleic anhydride in a molar ratio of 1 : 2 to form the corresponding bis-maleamides, by cyclization of which bis were obtained in an acidic medium-[2-(3(4)-(2,5-dihydro-2,5-dioxo-1H-pyrrol-1-yl)phenylcarbonyloxy)ethyl]hexane-1,6-diylidicarbamates. The physical and spectral properties of synthesized bismaleinimides have been studied.

Keywords: *m*- and *p*-aminobenzoic acids, diamines, bismaleinimides, urethanes, mass spectrometry, IR and NMR ¹H spectroscopy