

СИНТЕЗ 2-(3,5-ДИАЛЛИЛ-2,4,6-ТРИОКСО-1,3,5-ТРИАЗИНАН-1-ИЛ)ЭТИЛМОЧЕВИН И -КАРБАМАТОВ

© 2023 г. О. А. Колямшин^а, *, Ю. Н. Митрасов^б, В. А. Данилов^а,
М. В. Кузьмин^а, К. Ю. Иванова^а

^а ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»,
Россия, 428015 Чебоксары, Московский просп., 15

^б 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 15.05.2022 г.

После доработки 21.05.2022 г.

Принята к публикации 24.05.2022 г.

Взаимодействием 1-(2-аминоэтил)-3,5-диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазина с фенилизоцианатом и 1,6-гексаметилендиизоцианатом получены новые 3,5-диаллил- и 3,3',5,5'-тетрааллилзамещенные изоцианураты, содержащие в своем составе 1 и 2 карбамидные группы. Реакцией 1-(2-гидроксиэтил)-3,5-диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазина с фенилизоцианатом синтезирован 2-(3,5-диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазинан-1-ил)этил-N-фенилкарбамат, а алкилированием натриевой соли 3,5-диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазина бис(2-хлорэтил)гексан-1,6-диилдикарбаматом получен бис[2-(3,5-диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазинан-1-ил)этил]гексан-1,6-диилдикарбамат. Изучены физические и спектральные свойства полученных 3,5-ди- и 3,3',5,5'-тетрааллилизизоциануратов.

Ключевые слова: 3,5-диаллилизизоцианураты, 3,3',5,5'-тетрааллилизизоцианураты, мочевины, уретаны, масс-спектрометрия, ИК и ЯМР ¹H спектроскопия

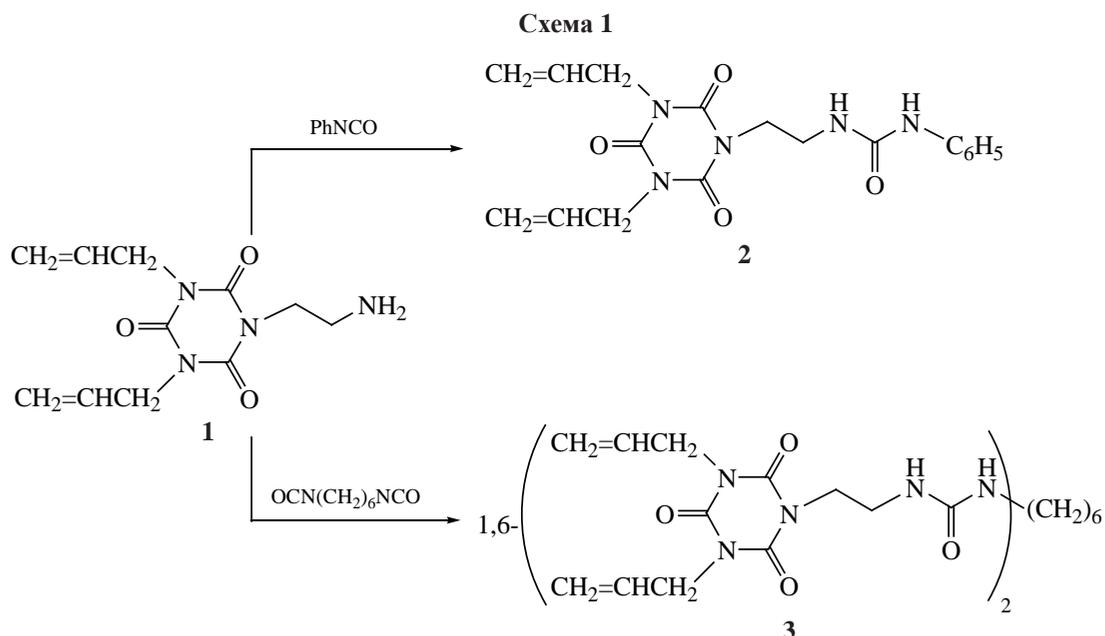
DOI: 10.31857/S0514749223040079, **EDN:** ASHTEY

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что производные *симм*-триазина обладают широким комплексом ценных, а порой уникальных свойств. Они проявляют разноплановую биологическую активность, их можно применять в качестве модификаторов, антиоксидантов, термостабилизаторов, антипиренов, отбеливателей, красителей и т.п. [1–4]. Большой интерес для химии высокомолекулярных соединений представляют производные *симм*-триазина, содержащие непредельные углеводородные радикалы. В частности, ди- и триаллилзамещенные производные 2,4,6-триоксо-1,3,5-триазина (изоциануровой кислоты) имеют как самостоятельное значение в качестве мономеров при получении полимеров, обладающих уникальными свойствами, так и

вспомогательное – в качестве высокоэффективных модифицирующих добавок для промышленных термо- и реактопластов [1, 5, 6]. 1-Замещенные 3,5-диаллилизизоцианураты, могут быть использованы [7] как структурные блоки для синтеза серо-содержащих макроциклических соединений с возможной биологической активностью.

В свете изложенного выше весьма актуальными представляются работы как по расширению ассортимента производных *симм*-триазина и полимеров на их основе для получения новых материалов с комплексом заданных ценных свойств, так и по изысканию новых областей применения уже известных соединений триазинового ряда. В связи с этим целью настоящей работы явилась разработка методов синтеза новых 3,5-ди- и 3,3',5,5'-тетраал-



лизиоциануратов, содержащих в своем составе карбамидную и уретановую группы, которые могут быть использованы в качестве эффективных модификаторов полимерных систем.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для синтеза замещенных *симм*-триазинов используют превращения различных их функциональных производных. Например, алкилированием [8] 1-(ω -бромалкил)-3,5-диаллилизотиоциануратов ипритом и этаноламином синтезированы различные 1,3-диаллилизотиоцианураты. Нами в качестве исходных соединений для синтеза новых 3,5-диаллилизотиоциануратов с мочевиными и уретановыми группами в своем составе были использованы легкодоступные 1-(2-аминоэтил)- и 1-(2-гидроксиэтил)-3,5-диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазины **1**, **4**, которые подвергали взаимодействию с фенилизотиоцианатом и 1,6-гексаметилендиизоцианатом.

В случае триазина **1** синтез проводили в среде абсолютного 1,4-диоксана при температуре 40–55°C. Контроль над окончанием реакции осуществ-

ляли с помощью ТСХ. Образующиеся продукты выпадали в виде обильных кристаллических осадков, которые отфильтровывали и очищали перекристаллизацией из 1,4-диоксана. Оказалось, что при использовании фенилизотиоцианата в результате реакции образуется 1-[2-(3,5-диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазиан-1-ил)этил]-3-фенилмочевина (**2**). Реакцию 1,6-гексаметилендиизоцианата с триазином **1** проводили при мольном соотношении реагентов 1:2, что позволило получить 1,1'-(гексан-1,6-диил)бис{3-[2-(3,5-диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазиан-1-ил)этил]мочевину} (**3**) (схема 1).

Взаимодействие триазина **4** с фенилизотиоцианатом проводили в более жестких условиях (85–95°C) в среде абсолютного толуола и в присутствии дибутилдилаурината олова (ДЛДБО) в качестве катализатора. В результате реакции с выходом 89% был синтезирован 2-(3,5-диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазиан-1-ил)этил-*N*-фенилкарбамат (**5**) (схема 2).

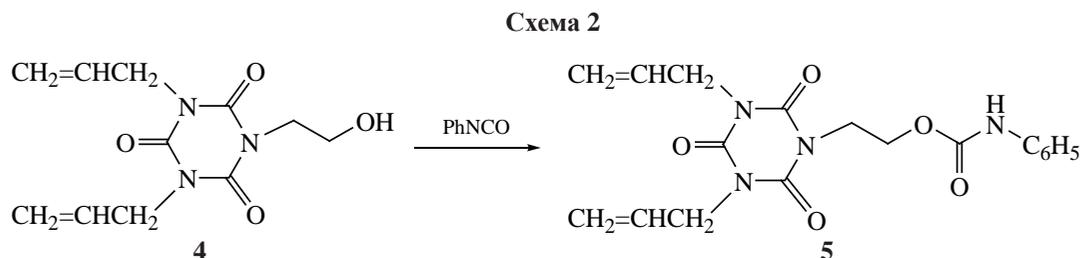
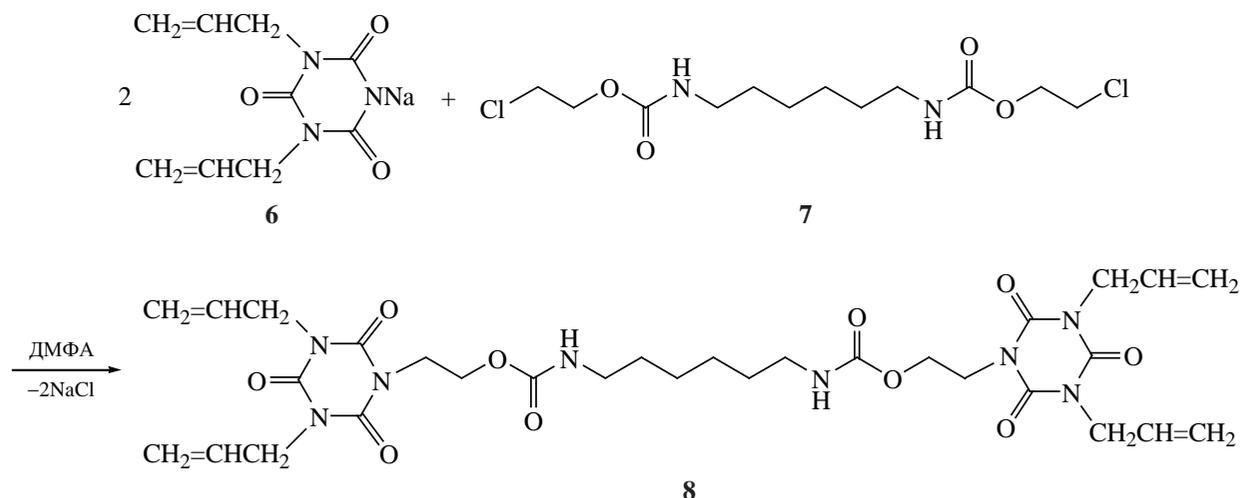


Схема 3



Весьма перспективным для решения поставленной задачи является использование реакции алкилирования натриевой соли 3,5-диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазинана (**6**). Как показали наши исследования, при нагревании соли **6** с бис(2-хлорэтил)гексан-1,6-диилдикарбаматом (**7**) среде ДМФА и мольном соотношении 2:1 при температуре 120–130°C в присутствии триэтилбензиламмоний хлорида (ТЭБАХ) в качестве катализатора происходит нуклеофильное замещение атомов галогена, которое завершается образованием бис[2-(3,5-диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазинан-1-ил)этил]гексан-1,6-диилдикарбамата (**8**) (схема 3).

Функционализированные триазины **2**, **3**, **5**, **8** представляют собой бесцветные кристаллические соединения, строение которых было однозначно подтверждено данными масс-спектрометрии, ИК и ЯМР ^1H спектроскопии. В ИК спектрах карбамидная группа характеризуется полосами поглощения в области 3377–3293 ($\nu_{\text{N-H}}$), 1650–1698 ($\nu_{\text{C=O}}$) и 1515–1586 ($\delta_{\text{N-H}}$) cm^{-1} . В спектрах ЯМР ^1H протоны аллильных групп изоциануратного цикла проявляются в виде 3 групп сигналов с δ 4.32–4.34 ($\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$, $^3J_{\text{HH}}$ 4.7–5.1 Гц), 5.00–5.11 [$\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$, $^2J_{\text{HH}}$ 1.4, $^3J_{\text{HH}}$ 10.4–11.5 Гц (*цис*)] и 5.03–5.20 [$\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$, $^2J_{\text{HH}}$ 1.4, $^3J_{\text{HH}}$ 17.2–17.3 Гц (*транс*)] м.д., а также мультиплета с δ

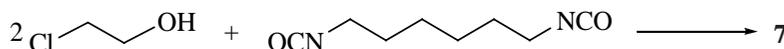
5.72–5.87 м.д. ($\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$). Протоны карбамидной группы соединения **2** проявляются в виде триплета с δ 6.18 [$\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NHC(O)NHC}_6\text{H}_5$, $^3J_{\text{HH}}$ 6.2 Гц] и синглета с δ 8.44 [$\text{NHC(O)C}_6\text{H}_5$] м.д., а соединения **3** – мультиплетом в области 5.75–5.87 [NHC(O)NH] м.д. Протоны уретановой группы соединения **5** проявляются в виде синглета при 9.60 [$\text{NHC(O)C}_6\text{H}_5$] м.д., а соединения **8** – в виде триплета при 7.06 [NHC(O)O , $^3J_{\text{HH}}$ 5.6 Гц] м.д. В масс-спектрах соединений имеются пики молекулярных ионов и продуктов их фрагментации.

Дихлорид **7**, необходимый для синтеза карбамата **8**, был получен с выходом 82% кипячением 2-хлорэтанола с 1,6-гексаметилендиизоцианатом в среде бензола в присутствии катализатора ДЛДБО (схема 4).

Дихлорид **7** представляет собой бесцветное кристаллическое вещество, строение которого подтверждено данными масс-, ИК и ЯМР ^1H спектров. Карбамидная группа характеризуется в ИК-спектре полосами поглощения 3327 (N–H), 1698 (C=O), 1545 (NH), а в спектре ЯМР ^1H – триплетом с δ 7.26 м.д. ($^3J_{\text{HH}}$ 5.6 Гц).

Таким образом, в результате проведенных исследований синтезированы и охарактеризованы новые 3,5-ди- и 3,3',5,5'-тетрааллилизотиоцианураты с функциональными карбамидной и уретановой

Схема 4



группами в своем составе. Структура полученных соединений изучена методами масс-спектрометрии, ИК, ЯМР спектроскопии.

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 $\text{DMCO-}d_6$, 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, проявитель – пары иода. Элементный анализ осуществляли на анализаторе фирмы Parkin Elmer 2400 CHN (Perkin Elmer Instruments, США). Температуру плавления определяли капиллярным методом. Использовали коммерческие продукты, растворители очищали перегонкой.

Исходные реагенты: толуол (ООО «Лукойл-Пермьнефтеоргсинтез», Россия), фенилизоцианат (Acros organics, Германия), гексаметилендиизоцианат (Covestro, Германия), 2-хлорэтанол (Экос-1, Россия), ТЭБАХ (Вектон, Россия), 1,4-диоксан (Экос-1, Россия), ДМФА (Экос-1, Россия).

1-(2-Аминоэтил)-3,5-диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазин (1) синтезировали с выходом 58% по методике [9]. **1-(2-Гидроксиэтил)-3,5-диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазин (4)** получали по методике [10], выход 97%.

1-[2-(3,5-Диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазинан-1-ил)этил]-3-фенилмочевина (2). К раствору 0.9 г (3.57 ммоль) триазина (1) в 2 мл безводного 1,4-диоксана при комнатной температуре постепенно прибавляли раствор 0.425 г (3.57 ммоль) фенилизоцианата в 1 мл 1,4-диоксана. При этом наблюдалось разогревание реакционной массы до 50–55°C и из раствора выделялся обильный кристаллический осадок. Осадок отфильтровывали, промывали 3 раза по 0.5 мл 1,4-диоксана, сушили на воздухе. Выход 0.75 г (56%), бесцветный кристаллический порошок, т.пл. 168–170°C (1,4-диоксан). R_f 0.62. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3377, 3293, 1515 (N–H), 1707, 1650 (C=O), 3041, 1603, 1405, 991, 905 ($\text{CH}_2=\text{CH}$), 3092, 1568, 760, 675 (C_6H_5). Спектр

ЯМР ^1H , δ , м.д.: 3.35 м [2H, $\text{CH}_2\text{NHC(O)NH}$], 3.88 т [2H, $\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NHC(O)NH}$, $^3J_{\text{HH}}$ 5.7 Гц], 4.32 д.т (4H, $2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$, $^2J_{\text{HH}}$ 1.4, $^3J_{\text{HH}}$ 5.1 Гц), 5.00 д.д [2H, $2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$, $^2J_{\text{HH}}$ 1.4, $^3J_{\text{HH}}$ 10.4 Гц (*цис*)] и 5.17 д.д [2H, $2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$, $^2J_{\text{HH}}$ 1.4, $^3J_{\text{HH}}$ 17.3 Гц (*транс*)], 5.72–5.80 м (2H, $2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$), 6.18 т [1H, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NHC(O)NH}$, $^3J_{\text{HH}}$ 6.2 Гц], 6.86–7.34 м (C_6H_5), 8.45 с [1H, $\text{NHC(O)C}_6\text{H}_5$]. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 371 (3.2) $[M]^+$. Найдено, %: С 58.45; Н 6.39; N 18.56. $\text{C}_{18}\text{H}_{21}\text{N}_5\text{O}_4$. Вычислено, %: С 58.21; Н 6.59; N 18.86.

1,1'-(Гексан-1,6-диил)бис{3-[2-(3,5-диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазинан-1-ил)этил]мочевина} (3). К раствору 0.866 г (3.43 ммоль) триазина (1) в 2 мл безводного 1,4-диоксана при 25°C постепенно прибавляли раствор 0.289 г (1.7 ммоль) 1,6-гексаметилендиизоцианата в 2 мл 1,4-диоксана. При этом происходило разогревание реакционной массы до 35–40°C, и выпадал обильный кристаллический осадок. Через 3 ч осадок отфильтровывали, промывали трижды по 1 мл 1,4-диоксана, сушили на воздухе. Выход 0.72 г (61%), бесцветный кристаллический порошок, т.пл. 153–155°C (1,4-диоксан). ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3342, 1586 (N–H), 1693 (C=O), 3080, 1626, 993 ($\text{CH}_2=\text{CH}$). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 1.20–1.30 м (8H, 4CH_2), 2.89 к [4H, $2\text{NHC}_2\text{H}_4(\text{CH}_2)_4$, $^3J_{\text{HH}}$ 6.4 Гц], 3.22 к [4H, $2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NHC(O)NH}$, $^3J_{\text{HH}}$ 5.7 Гц], 3.79 т [4H, $2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NHC(O)NH}$, $^3J_{\text{HH}}$ 5.7 Гц], 4.34 д (8H, $4\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$, $^3J_{\text{HH}}$ 4.7 Гц), 5.11 д [2H, $2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$, $^3J_{\text{HH}}$ 10.4 Гц (*цис*)], 5.20 д [2H, $2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$, $^3J_{\text{HH}}$ 17.3 Гц (*транс*)], 5.75–5.87 м [8H, $4\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2 + 2\text{NHC(O)NH}$]. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 673 (0.2) $[M]^+$. Найдено, %: С 53.75; Н 6.39; N 20.56. $\text{C}_{30}\text{H}_{44}\text{N}_{10}\text{O}_8$. Вычислено, %: С 53.56; Н 6.59; N 20.82.

2-(3,5-Диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазинан-1-ил)этил-N-фенилкарбамат (5). К раствору 3.80 г (15 ммоль) триазина 4 в 10 мл абсолютного толуола при 25°C прибавляли раствор 1.79 г (15 ммоль) фенилизоцианата в 5 мл толуола. К полученному раствору прибавляли 1 каплю дибутилдилаурината олова и смесь нагревали при 85–95°C в течение 12 ч. От светло-красного раствора отгоняли толуол при 20 мм рт.ст. Выход 4.98 г (89%), густое масло, которое постепенно закристаллизовалось. Бесцветные кристаллы, т.пл.

73–74°C (гексан). R_f 0.45. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3360, 1536 (N–H), 1744, 1683 (C=O), 3080, 1599, 1507, 759, 693 (C_6H_5). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 4.07 т (2H, $\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{O}$, $^3J_{\text{HH}}$ 5.3 Гц), 4.31 т (2H, $\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{O}$, $^3J_{\text{HH}}$ 5.3 Гц), 4.34 д (4H, $2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$, $^3J_{\text{HH}}$ 5.0 Гц), 5.03 д [2H, $2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$, $^3J_{\text{HH}}$ 10.4 Гц (*цис*)] и 5.16 д [2H, $2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$, $^3J_{\text{HH}}$ 17.2 Гц (*транс*)], 5.73–5.81 м (2H, $2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$), 6.98–7.41 м (5H, C_6H_5), 9.60 с [1H, $\text{NHС}(\text{O})\text{C}_6\text{H}_5$]. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 372 (14.73) [M] $^+$. Найдено, %: С 58.15; Н 5.39; N 15.16. $\text{C}_{18}\text{H}_{20}\text{N}_4\text{O}_5$. Вычислено, %: С 58.06; Н 5.41; N 15.05.

Бис(2-хлорэтил)гексан-1,6-диилдикарбамат (7). Смесь 48.31 г (0.6 моль) 2-хлорэтанола, 50.46 г (0.3 моль) 1,6-гексаметилендиизоцианата в 200 мл бензола в присутствии 6 капель дилауринатдибутилолова кипятили с обратным холодильником в течение 3 ч. На следующий день выделившийся осадок отфильтровывали, промывали 4 раза по 5 мл бензола и сушили на воздухе. Выход 80.5 г (82%), бесцветный кристаллический порошок, т.пл. 110–111°C (дважды из бензола). R_f 0.61. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3331, 1532 (N–H), 1681 (C=O), 1265 (C–O–C). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 1.20–1.40 м (8H, 4CH_2), 2.95 к (4H, $2\text{CH}_2\text{NH}$, $^3J_{\text{HH}}$ 6.4 Гц), 3.76 т (4H, $2\text{CH}_2\text{Cl}$, $^3J_{\text{HH}}$ 5.5 Гц), 4.18 т (4H, $2\text{CH}_2\text{O}$, $^3J_{\text{HH}}$ 5.5 Гц), 7.26 т [2H, $2\text{NHС}(\text{O})\text{O}$, $^3J_{\text{HH}}$ 5.6 Гц]. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 328 (19.72) [M] $^+$, 330 (13.21) [$M + 2$] $^+$. Найдено, %: С 43.65; Н 6.59; Cl 21.34; N 8.59. $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{Cl}_2\text{N}_2\text{O}_4$. Вычислено, %: С 43.78; Н 6.74; Cl 21.54; N 8.51.

Бис[2-(3,5-диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазинан-1-ил)этил]гексан-1,6-диилдикарбамат (8). Смесь 0.99 г (4.3 ммоль) соли **6**, 0.705 г (2.14 ммоль) дихлорида **7** и 0.02 г ТЭБАХ в 4 мл ДМФА нагревали при 120–130°C в течение 4 ч. Выделившийся осадок отфильтровывали, промывали 10 раз по 2 мл воды, сушили на воздухе. Выход 1.1 г (72%), бесцветный порошок, т.пл. 99–101°C (дважды из толуола). R_f 0.63. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3327, 1545 (N–H), 1698 (C=O). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 1.19–1.33 м (8H, 4CH_2), 2.89 к (4H, 2NHСH_2 , $^3J_{\text{HH}}$ 6.4 Гц), 3.97 т (4H, $2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{O}$, $^3J_{\text{HH}}$ 5.5 Гц), 4.13 т (4H, $2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{O}$, $^3J_{\text{HH}}$ 5.5 Гц), 4.35 д (8H, $4\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$, $^3J_{\text{HH}}$ 5.1 Гц), 5.12 д [4H, $2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$, $^3J_{\text{HH}}$ 11.5 Гц (*цис*)], 5.19 д [4H, $2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$, $^3J_{\text{HH}}$ 17.3 Гц (*транс*)], 5.77–

5.85 м (4H, $4\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$), 7.06 т [2H, $2\text{NHС}(\text{O})\text{O}$, $^3J_{\text{HH}}$ 5.6 Гц]. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 675 (1.7) [M] $^+$. Найдено, %: С 53.65; Н 6.39; N 16.56. $\text{C}_{28}\text{H}_{42}\text{N}_8\text{O}_{10}$. Вычислено, %: С 53.40; Н 6.27; N 16.61.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Взаимодействием 1-(2-аминоэтил- или 2-гидроксиэтил)-3,5-диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазинов с фенилизоцианатом и 1,6-гексаметилендиизоцианатом синтезированы новые 2-(3,5-диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазинан-1-ил)этилмочевины и -карбаматы. Реакцией натриевой соли 3,5-диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазина с бис(2-хлорэтил)гексан-1,6-диилдикарбаматом при соотношении реагентов 2:1 выделен бис[2-(3,5-диаллил-2,4,6-триоксо-1,3,5-триазинан-1-ил)этил]гексан-1,6-диилдикарбамат. Молекулярное строение и химическая структура полученных соединений доказаны с использованием комплекса современных физико-химических методов анализа, включающих ЯМР ^1H , элементный анализ и масс-спектроскопию. Полученные полиаллилизотиоцианураты с мочевиными и уретановыми группами в своем составе могут найти применение в качестве высокоэффективных модификаторов широкого спектра полимерных композиций.

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>

Кузьмин Михаил Владимирович, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3880-9510>

Иванова Кристина Юрьевна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5982-0570>

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Погосян Г.М., Панкратов В.А., Заплишный В.Н., Мацюян С.Г. *Политриазины*. Ереван: АН АрмССР. 1987.

- Мельников Н.Н. *Пестициды. Химия, технология и применение*. М.: Химия. **1987**, 639–661.
- Yang S., Wang J., Huo S., Wang M., Wang J. *Polymer Degrad. Stabil.* **2015**, *121*, 398–406. doi 10.1016/j.polymdegradstab.2015.10.006
- Fang L., Zhou J., Wang J., Sun J., Fang Q. *Macromol. Chem. Phys.* **2018**, 1800252. doi 10.1002/macp.201800252
- Matsuda A., Kumano T., Takeda T., Okumura N., Mizobe N. Пат. JP2017019764A (**2017**). Яп.
- Matsuda A., Okumura N., Fujikawa K., Kumano T., Mizobe N. Пат. JP2017052745A (**2017**). Яп.
- Фаттахов С.Г., Шулаева М.М., Сайфина Л.Ф., Ефремов Ю.Я., Ризванов И.Х., Соловьева С.Е., Нафикова А.А., Азанчеев Н.М., Губайдуллин А.Т., Литвинов И.А., Резник В.С. *ЖОХ*. **2004**, *74*, 1368–1376. [Fattakhov S.G., Shulaeva M.M., Saifina L.F., Efremov Yu.Ya., Rizvanov I.Kh., Solov'eva S.E., Nafikova A.A., Azancheev N.M., Gubaidullin A.T., Litvinov I.A., Reznik V.S. *Russ. J. Gen. Chem.* **2004**, *74*, 1267–1276.] doi 10.1007/s11176-005-0150-0
- Резник В.С., Соловьева С.Е., Фаттахов С.Г. *ЖОХ*. **1998**, *68*, 1711–1716.
- Колямшин О.А., Данилов В.А., Дмитриев С.Н., Кольцов Н.И. *ЖОрХ*. **2006**, *42*, 1119–1120. [Kolyamshin O.A., Danilov V.A., Dmitriev S.N., Ko'tsov N.I. *Russ. J. Org. Chem.* **2006**, *42*, 1103–1104.] doi 10.1134/S1070428006070360
- Балицкая Л.Г., Хоменкова К.К., Корнев К.А. *ЖОрХ*. **1966**, *2*, 1421–1423.

Synthesis of 2-(3,5-Diallyl-2,4,6-trioxo-1,3,5-triazinan-1-yl)-ethyl-ureas and -Carbamates

O. A. Kolyamshin^{a,*}, Yu. N. Mitrasov^b, V. A. Danilov^a, M. V. Kuz'min^a, and K. Yu. Ivanova^a

^a Chuvash State University, Moskovskii prosp., 15, Cheboksary, 428015 Russia

^b I. Yakovlev CHSPU, ul. K. Marksa, 38, Cheboksary, 428000 Russia

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

Received May 15, 2022; revised May 21, 2022; accepted May 24, 2022

The interaction of 1-(2-aminoethyl)-3,5-diallyl-2,4,6-trioxo-1,3,5-triazinan with phenylisocyanate and 1,6-hexamethylene diisocyanate gave new 3,5-diallyl- and 3,3',5,5'-tetraallylsubstituted isocyanurates containing one and two carbamide groups in their composition. The reaction of 1-(2-hydroxyethyl)-3,5-diallyl-2,4,6-trioxo-1,3,5-triazinan with phenyl isocyanate synthesized 1,3,5-triazinan-1-yl)ethyl-N-phenylcarbamate, and by alkylation of the sodium salt of 3,5-diallyl-2,4,6-trioxo-1,3,5-triazine bis(2-chloroethyl)hexane-1,6-diyldicarbamate was used to prepare bis-[2-(3,5-diallyl-2,4,6-trioxo-1,3,5-triazinan-1-yl)ethyl]hexane-1,6-diyldicarbamate. The physical and spectral properties of the obtained 3,5-di- and 3,3',5,5'-tetraallyl isocyanurates were studied.

Keywords: 3,5-diallylisocyanurates, 3,3',5,5'-tetraallylisocyanurates, ureas, urethanes, mass spectrometry, IR and ¹H NMR spectroscopy