

АМИНОМЕТИЛИРОВАНИЕ СИММЕТРИЧНЫХ ДИАЛКИЛТИОМОЧЕВИН ФОРМАЛЬДЕГИДОМ И АМИНОКИСЛОТАМИ

© 2020 г. У. А. Маммери^а, Ф. Хамуд^а, А. А. Собина^а, С. М. Рамш^{а,*}, В. С. Фундаменский^а, В. В. Гуржий^б, Е. С. Храброва^а

^а Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),
Московский пр. 26, Санкт-Петербург, 190013 Россия

^б Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, 199034 Россия
*e-mail: sramsh@technolog.edu.ru

Поступило в Редакцию 16 июля 2020 г.
После доработки 16 июля 2020 г.
Принято к печати 29 июля 2020 г.

При конденсации 1,3-диалкилтиомочевина, формальдегида и терминальной аминокислоты C₂, C₃ или C₄, взятых в мольном соотношении 1:2:1, образуются терминально замещенные (3,5-диалкил-4-тиоксо-1,3,5-триазиан-1-ил)карбоновые кислоты.

Ключевые слова: аминометилирование, 1,3-диалкилтиомочевина, формальдегид, ω-аминокислоты, терминально замещенные (3,5-диалкил-4-тиоксо-1,3,5-триазиан-1-ил)карбоновые кислоты

DOI: 10.31857/S0044460X20110049

Аминометилирование незамещенной тиомочевина формальдегидом и терминальными аминокислотами C₂–C₄ хорошо изучено, в результате этой реакции получают циклические тиомочевина – терминально замещенные (4-тиоксо-1,3,5-триазиан-1-ил)карбоновые кислоты [1, 2]. Из незамещенной мочевины и тех же аминометилирующих агентов подобные соединения не образуются, возможно, из-за более быстрой поликонденсации мочевины с формальдегидом, катализируемой аминокислотами, в то время как симметричные диалкилмочевина легко вступают в указанную реакцию аминометилирования с образованием соответствующих терминально замещенных (3,5-диалкил-4-оксо-1,3,5-триазиан-1-ил)карбоновых кислот [3].

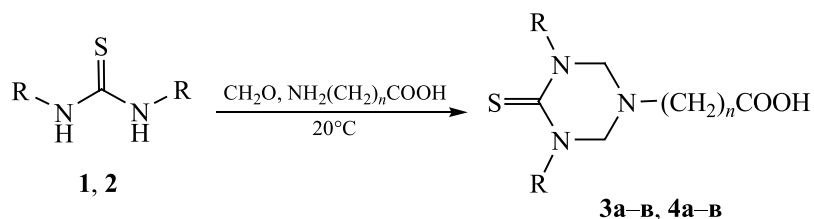
Цель данной работы – получение тио-аналогов этих соединений, а именно (3,5-диалкил-4-тиоксо-1,3,5-триазиан-1-ил)карбоновых кислот, путем конденсации симметричных диалкилтиомочевина с формальдегидом и терминальными аминокислотами C₂–C₄. Эта реакция представляет практический интерес в плане получения проле-

карственных форм [4] активных фармацевтических ингредиентов с тиоуреидным фрагментом –HNC(=S)NH–.

Оказалось, что, как и в случае незамещенной тиомочевина, 1,3-диметилтиомочевина **1** и 1,3-диэтилтиомочевина **2** в водном формальдегиде легко вступают в реакцию с простейшими аминокислотами – глицином, β-аланином и γ-аминомасляной кислотой, образуя хорошо кристаллизующиеся терминально замещенные (3,5-диалкил-4-тиоксо-1,3,5-триазиан-1-ил)карбоновые кислоты **3а–в** и **4а–в** с выходом 76–93% (схема 1).

Структура полученных соединений подтверждена методами ИК и ЯМР спектроскопии и масс-спектрометрии. В спектрах ЯМР ¹H соединений **3** и **4** присутствует синглет циклических CH₂-протонов в области 4.24–4.31 м. д., и сигналы протонов аминокислотных фрагментов и N-алкильных групп соответствующей интенсивности (табл. 1). Сигналы карбоксильных протонов не проявляются, вероятно, из-за быстрого обмена с протонами остаточной воды растворителя. В спектрах ЯМР ¹³C присутствуют сигналы

Схема 1.



R = CH₃ (1, 3), C₂H₅ (2, 4); n = 1 (3а, 4а), 2 (3б, 4б), 3 (3в, 4в).

всех углеродных атомов: циклических при 66.2–68.8 м. д., карбоксильных при 171.5–174.8 м. д., а также аминокислотных фрагментов и N-алкильных групп (табл. 1). В ИК спектрах присутствуют характерные сигналы тиоуреидного фрагмента в диапазоне 1512–1530 см⁻¹ и карбоксильной группы в диапазоне 1691–1738 см⁻¹. Определенные масс-спектрометрическим методом молекулярные массы соединений **3** и **4** соответствуют вычисленным значениям.

Строение соединений **3а** и **4а-в** подтверждено методом рентгеноструктурного анализа (табл. 2). В триазиановом цикле соединений **3а**, **4а-в**, как и в случае их оксо-аналогов [1], пять из шести атомов цикла лежат в одной плоскости, и лишь атом азота аминокислотного фрагмента выходит из этой плоскости. У всех этильных производных **4а-в** этильные фрагменты и аминокислотная ветвь обращены в одну сторону относительно триазианового цикла. В отличие от этого, у оксо-аналога соединения **4а** этильные ветви и аминокислотная ветвь отклоняются в разные стороны [1].

В независимой части ячейки соединения **4а** находятся две не связанные элементами симметрии молекулы. Молекулы каждого типа связаны в бесконечные цепи за счет межмолекулярных водородных связей карбоксильной группы и серы

тиокарбамидного фрагмента O^{13A}–H^{13A}...S^{1A} и O¹³–H¹³...S¹ (рис. 1). Каждая из цепей уложена в спиральную колонку. Таким образом, кристаллическая структура состоит из двух типов спиральных колонок. Обе спирали закручены в одну сторону, причем их оси направлены вдоль оси *b*. Между спиральными колонками реализуются ван-дер-ваальсовы контакты S^{1A}...H^{5A}, S^{1A}...H^{11A} и S¹...H^{3A}, S¹...H^{5B}.

В аналогичные бесконечные цепи связаны и молекулы оксо-аналога этого соединения, а также оксо-аналога метильного производного **3а** за счет межмолекулярных водородных связей карбоксильной группы и кислорода карбамидного фрагмента [1].

В молекулах соединений **4б** и **4в** карбоксильный водород разупорядочен 50:50 между двумя карбоксильными кислородами (рис. 2). Другой особенностью строения соединений **4б** и **4в** является образование в кристалле димеров за счет межмолекулярных водородных связей (рис. 2, табл. 3). Димерные структуры реализуются и в кристалле соединения **3а**. Стоит также отметить, что в структуре соединения **3а** плоскости карбоксильных групп в димерах ориентированы параллельно друг другу и примерно параллельно плоскости (131), тогда как в структуре соединения **4в** плоскости имеют две системы ориентировки,

Таблица 1. Химические сдвиги (м. д.) сигналов аминокислотного фрагмента и алкильных групп в спектрах ЯМР ¹H и ¹³C соединений **3а-в** и **4а-в** в ДМСО-*d*₆

Соединение	Аминокислотный фрагмент						N-Алкильные группы			
	α-CH ₂		β-CH ₂		γ-CH ₂		CH ₂		CH ₃	
	¹ H	¹³ C	¹ H	¹³ C	¹ H	¹³ C	¹ H	¹³ C	¹ H	¹³ C
3а	3.44	52.31	—	—	—	—	—	—	3.14	39.66
3б	2.47	33.53	2.84	47.19	—	—	—	—	3.15	39.64
3в	2.26	31.70	1.70	23.25	2.60	50.38	—	—	3.14	39.66
4а	3.35	51.71	—	—	—	—	3.68	45.55	1.05	12.54
4б	2.47	33.49	2.75	46.82	—	—	3.70	45.62	1.07	12.71
4в	2.27	31.69	1.71	23.21	2.53	49.98	3.68	45.59	1.06	12.70

Таблица 2. Основные кристаллографические параметры соединений **3а**, **4а–в**

Параметр	3а	4а	4б	4в
CCDC	1992488	1966734	1966741	1966744
Брутто-формула	C ₇ H ₁₃ N ₃ O ₂ S	C ₉ H ₁₇ N ₃ O ₂ S	C ₁₀ H ₁₉ N ₃ O ₂ S	C ₁₁ H ₂₁ N ₃ O ₂ S
Сингония	Триклинная	Моноклинная	Моноклинная	Моноклинная
Пространственная группа	<i>P</i> -1	<i>P</i> 2 ₁ / <i>n</i>	<i>P</i> 2 ₁ / <i>c</i>	<i>P</i> 2 ₁ / <i>c</i>
Температура, К	100	130	130	130
<i>a</i> , Å	7.14196(11)	16.65752(16)	12.8937(3)	11.55799(17)
<i>b</i> , Å	8.36169(14)	8.38419(8)	8.29026(17)	8.40325(12)
<i>c</i> , Å	8.41726(14)	17.30894 (16)	11.7536 (2)	14.1073 (2)
α , град	96.0650(14)			
β , град	105.2343(14)	107.6224(11)	104.077(2)	91.9265(13)
γ , град	104.1754 (14)			
<i>V</i> , Å ³	462.41(1)	2303.92(4)	1218.63(4)	1369.39(3)
<i>Z</i>	2	8	4	4
Излучение	CuK α			
μ , мм ⁻¹	2.91	2.40	2.30	2.07
Размер кристалла, мм	0.24 × 0.18 × 0.14	0.22 × 0.18 × 0.13	0.25 × 0.17 × 0.02	0.17 × 0.12 × 0.09
<i>T</i> _{min} , <i>T</i> _{max}	0.825, 1.000	0.823, 1.000	0.497, 1.000	0.956, 1.000
Измеренные, независимые и наблюдаемые [<i>I</i> > 2 σ (<i>I</i>)] рефлексy	6194, 1708, 1696	11431, 4292, 3874	5374, 2236, 1985	6329, 2548, 2286
<i>R</i> _{int}	0.018	0.029	0.030	0.025
θ _{min} , θ _{max} , град)	5.5, 70.0	3.2, 70.0	6.4, 70.0	3.8, 69.9
Количество рефлексов	1708	4292	2236	2548
Уточняемые параметры	122	277	155	164
$\Delta\rho_{\max}/\Delta\rho_{\min}$, e/Å ³	0.30/–0.24	0.53/–0.32	0.26/–0.23	0.19/–0.22

приблизительно параллельно плоскостям (212) и (2-12), расположенные под углом ~51.8(1)° друг к другу, что, вероятно, может быть связано с большей длиной аминокислотной ветви.

Таким образом, симметричные диалкилтиомочевины, подобно их оксо-аналогам и самой тиомочевине, легко вступают в реакцию аминометилирования формальдегидом и терминальными аминокислотами C_{2–4} с образованием терминальнозамещенных (3,5-диалкил-4-тиоксо-1,3,5-триазинан-1-ил)карбоновых кислот. Изученная реакция может рассматриваться в качестве модельной при разработке пролекарственных форм лекарственных молекул с тиюреидным фрагментом –HNC(=S)NH–.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры зарегистрированы на спектрометре Shimadzu FTIR-8400S в таблетках KBr. Спектры ЯМР ¹H и ¹³C зарегистрированы на спектрометре Bruker Avance III-400 (400 и 100 МГц) в ДМСО-*d*₆, в качестве внутреннего стандарта ис-

пользованы сигналы остаточных протонов и ядер ¹³C ДМСО-*d*₆. Масс-спектры получены в Ресурсном центре Санкт-Петербургского государственного университета «Методы анализа состава вещества» на хромато-масс-спектрометре MaXis 62 (Bruker Daltonik GmbH), оснащенный источником электроспрей-ионизации (4.5 эВ) и квадруполь-времяпролетным масс-анализатором (ESI-

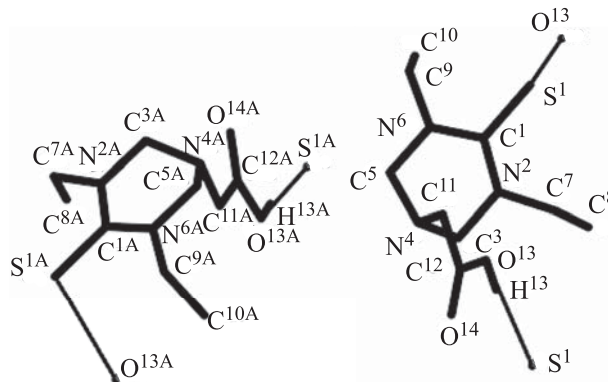


Рис. 1. Межмолекулярные водородные связи в бесконечных цепях структуры **4а**.

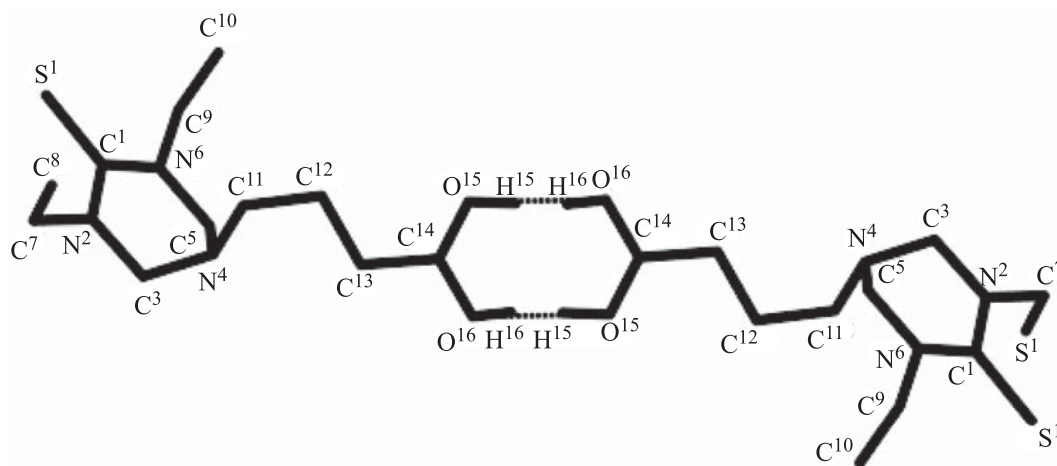


Рис. 2. Межмолекулярные водородные связи в димерной структуре **4в**.

QTOF) в режиме детектирования положительных ионов, растворитель – метанол.

Основные кристаллографические параметры структур **3а**, **4а–в**, а также условия съемки приведены в табл. 2. Структуры решены прямым методом и уточнены в анизотропном приближении для неводородных атомов полноматричным методом наименьших квадратов с помощью программного комплекса SHELXL 2018 [5]. Рентгеноструктурные исследования выполнены в Ресурсном центре Санкт-Петербургского государственного университета «Рентгенодифракционные методы исследования».

2-(3,5-Диметил-4-тиоксо-1,3,5-триазиinan-1-ил)уксусная кислота (3а). К раствору 2.08 г (0.02 моль) диметилтиомочевины (**1**) в 3.36 г (0.04 моль) 36%-ного формалина одномоментно добавляли 1.50 г (0.02 моль) глицина и перемешивали до его полного растворения. Реакционную

смесь оставляли на ночь, затем отфильтровывали и сушили образовавшиеся прозрачные ромбические кристаллы. Выход 3.27 г (80.5 %), т. пл. 170°C (C₂H₅OH). ИК спектр, ν , см⁻¹: 1525 с (C=S + C–N), 1711 с (C=O), 2880, 2932 сл (CH₂), 2400–3200 ш (OH). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д.: 3.14 с (6H, NCH₃), 3.44 (2H, NCH₂COOH), 4.31 (4H, CH₂цикл), 12.57 с (1H, OH). Спектр ЯМР ¹³C{¹H}, δ , м. д.: 39.66 (CH₃), 52.31 (NCH₂COO), 68.76 (NCH₂N), 178.85 (C=S), 171.58 (COOH). Масс-спектр, m/z : 204.0801 [$M + H$]⁺ (вычислено для C₇H₁₃N₃O₂S: 204.0801), 226.0624 [$M + Na$]⁺ (вычислено для C₇H₁₃N₃NaO₂S: 226.0621).

3-(3,5-Диметил-4-тиоксо-1,3,5-триазиinan-1-ил)пропановая кислота (3б). К раствору 2.08 г (0.02 моль) диметилтиомочевины (**1**) в 3.36 г (0.04 моль) 36%-ного формалина одномоментно добавляли 1.78 г (0.02 моль) β -аланина и перемешивали до его полного растворения. Через

Таблица 3. Параметры водородных связей в кристаллической ячейке соединений **3а**, **4а–в**^a

Соединение	D–H...A	$d(D...A)$, Å	$d(D-H)$, Å	$d(H...A)$, Å	D–H...A, град
3а	O ¹⁰ ...O ¹¹ (i)	2.651	0.82	1.83	178
4а	O ¹³ ...S ¹ (ii)	3.137	0.82	2.33	171
	O ^{13A} ...S ^{1A} (iii)	3.168	0.82	2.35	173
4б	O ¹⁵ ...O ¹⁴ (iv)	2.633	0.91	1.74	164
	O ¹⁴ ...O ¹⁵ (iv)	2.633	0.75	1.89	172
4в	O ¹⁵ ...O ¹⁶ (v)	2.648	0.91	1.74	176
	O ¹⁶ ...O ¹⁵ (v)	2.648	0.74	1.91	173

^a Операторы симметрии: (i) $-x+2, -y, -z+1$; (ii) $-x+3/2, y+1/2, -z+3/2$; (iii) $-x+3/2, y-1/2, -z+1/2$; (iv) $-x+1, -y, -z+2$; (v) $-x+1, -y+1, -z-1$.

20 мин наблюдалось образование белого кристаллического осадка. Смесь оставляли на 2 сут, осадок отфильтровывали, промывали этанолом и сушили в вакуум-эксикаторе. Выход 3.78 г (87.1%), т. пл. 169°C (C₂H₅OH). ИК спектр, ν , см⁻¹: 1519 с (C=S + C-N), 1711 с (C=O), 2868, 2932 сл (CH₂), 2560–3360 ш (ОН). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д.: 2.47 т (2H, NCH₂CH₂COOH, J = 7.0 Гц), 2.84 т (2H, NCH₂CH₂COOH, J = 7.0 Гц), 3.15 с (6H, NCH₃), 4.27 с (4H, CH₂_{цикл}). Спектр ЯМР ¹³C{¹H}, δ _C, м. д.: 39.64 (CH₃), 33.53 (NCH₂CH₂COOH), 47.19 (NCH₂CH₂COOH), 68.49 (NCH₂N), 178.68 (C=S), 173.73 (COOH). Масс-спектр, m/z : 218.0956 [M + H]⁺ (вычислено для C₈H₁₅N₃O₂S: 218.0957), 240.0773 [M + Na]⁺ (вычислено для C₈H₁₅N₃NaO₂S: 240.0777).

4-(3,5-Диметил-4-тиоксо-1,3,5-триазинан-1-ил)бутановая кислота (3в). К раствору 3.43 г (0.033 моль) диметилтиомочевины **1** в 5.55 г (0.066 моль) 36%-ного формалина одномоментно добавляли 3.40 г (0.033 моль) γ -аминомасляной кислоты и перемешивали до ее полного растворения. Реакционную смесь оставляли на ночь, затем переносили в чашку Петри и упаривали под током теплого воздуха. Через 2 ч наблюдалось образование кристаллического осадка, который оставляли на ночь. Прозрачные ромбические кристаллы отфильтровывали и сушили в вакууме. Выход 5.82 г (76.2%), т. пл. 137–139°C (C₂H₅OH). ИК спектр, ν , см⁻¹: 1530 с (C=S + C-N), 1705 с (C=O), 2904, 2935 сл (CH₂), 2500–3280 ш (ОН). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д.: 1.70 м (2H, CH₂CH₂CH₂), 2.26 т (2H, CH₂COOH, J = 7.2 Гц), 2.60 т (2H, NCH₂, J = 7.2 Гц), 3.14 с (6H, CH₃), 4.26 с (4H, CH₂_{цикл}). Спектр ЯМР ¹³C{¹H}, δ _C, м. д.: 23.25 (NCH₂CH₂CH₂COOH), 31.70 (NCH₂CH₂CH₂COOH), 39.66 (CH₃), 50.38 (NCH₂CH₂CH₂COOH), 68.42 (NCH₂N), 178.64 (C=S), 174.80 (COO). Масс-спектр, m/z : 232.1114 [M + H]⁺ (вычислено для C₉H₁₇N₃O₂S: 232.1114), 254.0934 [M + Na]⁺ (вычислено для C₉H₁₇N₃NaO₂S: 254.0934).

2-(3,5-Диэтил-4-тиоксо-1,3,5-триазинан-1-ил)уксусная кислота (4а) получена аналогично из 1.32 г (0.01 моль) диэтилтиомочевины **2**, 1.68 г (0.02 моль) 36%-ного формалина и 0.75 г (0.01 моль) глицина. Выход 2.15 г (93.0%), т. пл. 129–131°C (ацетон). ИК спектр, ν , см⁻¹: 1528 с (C=S + C-N), 1706, 1738 с (C=O), 2937, 2967, 2985 сл

(CH₂), 2480–3360 ш (ОН). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д.: 1.05 т (6H, NCH₂CH₃, J = 7.0 Гц), 3.35 с (2H, NCH₂COOH), 3.68 к (4H, NCH₂CH₃, J = 7.0 Гц), 4.30 с (4H, CH₂_{цикл}). Спектр ЯМР ¹³C{¹H}, δ _C, м. д.: 171.51 (COOH), 176.44 (C=S), 66.45 (NCH₂N), 51.71 (NCH₂COOH), 45.55 (NCH₂CH₃), 12.54 (NCH₂CH₃). Масс-спектр, m/z : 232.1102 [M + H]⁺ (вычислено для C₉H₁₇N₃O₂S: 232.1114), 254.0922 [M + Na]⁺ (вычислено для C₉H₁₇N₃NaO₂S: 254.0934).

3-(3,5-Диэтил-4-тиоксо-1,3,5-триазинан-1-ил)пропановая кислота (4б) получена аналогично из 1.32 г (0.01 моль) диэтилтиомочевины **2**, 1.68 г (0.02 моль) 36%-ного формалина и 0.89 г (0.01 моль) β -аланина. Выход 2.23 г (90.9%), т. пл. 117–119°C (ацетона). ИК спектр, ν , см⁻¹: 1512 с (C=S + C-N), 1691, 1714 с (C=O), 2929, 2958, 2985 сл (CH₂), 2480–3360 ш (ОН). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д.: 1.07 т (6H, NCH₂CH₃, J = 7.0 Гц), 2.47 т (2H, NCH₂CH₂COOH, J = 7.1 Гц), 2.75 т (2H, NCH₂CH₂COOH, J = 7.1 Гц), 3.70 к (4H, NCH₂CH₃, J = 7.0 Гц), 4.25 с (4H, CH₂_{цикл}). Спектр ЯМР ¹³C{¹H}, δ _C, м. д.: 173.65 (COOH), 176.48 (C=S), 66.35 (NCH₂N), 46.82 (NCH₂CH₂COOH), 45.62 (NCH₂CH₃), 33.49 (NCH₂CH₂COOH), 12.71 (NCH₂CH₃). Масс-спектр, m/z : 246.1272 [M + H]⁺ (вычислено для C₁₀H₁₉N₃O₂S: 246.1270), 268.1090 [M + Na]⁺ (вычислено для C₁₀H₁₉N₃NaO₂S: 268.1090).

4-(3,5-Диэтил-4-тиоксо-1,3,5-триазинан-1-ил)бутановая кислота (4в) получена аналогично из 1.32 г (0.01 моль) диэтилтиомочевины **2**, 1.68 г (0.02 моль) 36%-ного формалина и 1.03 г (0.01 моль) γ -аминомасляной кислоты. Выход 2.22 г (85.6%), т. пл. 81–83°C. ИК спектр, ν , см⁻¹: 1517 с (C=S + C-N), 1695, 1710 с (C=O), 2895, 2920, 2980 сл (CH₂), 2590–3370 ш (ОН). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д.: 1.06 т (6H, NCH₂CH₃, J = 7.0 Гц), 1.71 м (2H, NCH₂CH₂CH₂COOH), 2.27 т (2H, NCH₂CH₂CH₂COOH, J = 7.2 Гц), 2.53 т (2H, NCH₂CH₂CH₂COOH, J = 7.1 Гц), 3.68 к (4H, NCH₂CH₃, J = 7.0 Гц), 4.24 с (4H, CH₂_{цикл}). Спектр ЯМР ¹³C{¹H}, δ _C, м. д.: 174.77 (COOH), 176.41 (C=S), 66.21 (NCH₂N), 49.98 (NCH₂CH₂CH₂COOH), 45.59 (NCH₂CH₃), 23.21 (NCH₂CH₂CH₂COOH), 31.69 (NCH₂CH₂CH₂COOH), 12.70 (NCH₂CH₃). Масс-спектр, m/z : 282.1237 [M + Na]⁺ (вычислено для C₁₁H₂₁N₃NaO₂S: 282.1247).

ФОНДОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена в рамках программы Министерства науки и высшего образования РФ 785.00X60.19.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сун Миньянь, Рами С.М., Фундаменский В.С., Соловьева С.Ю., Захаров В.И. // ЖОХ. 2012. Т. 82. Вып. 2. С. 240; Minyan S., Ramsh S.M., Fundamen-

- sky V.S., Solov'eva S.Yu., Zakharov V.I. // Russ. J. Gen. Chem. 2012. Vol. 82. N 2. P. 236. doi 10.1134/S1070363212020132
2. Рами С.М., Хамуд Ф., Храброва Е.С. // Изв. СПбГТИ (ТУ). 2019. № 50 (76). С. 72.
3. Хамуд Ф., Маммери У., Чуйко А.В., Рами С.М., Фундаменский В.С., Гуржий В.В., Храброва Е.С. // Изв. СПбГТИ (ТУ). 2019. № 51 (77). С. 56. doi 10.36807/1998-9849-2019-51-77-56-60
4. Кузнецов С.Г., Чigareва С.М., Рами С.М. // Итоги науки и техники. Сер. Органическая химия. Т. 19. М.: ВИНТИ, 1991. 176 с.
5. Sheldrick G.M. // Acta Crystallogr. (C). 2015. Vol. 71. N 1. P. 3. doi 10.1107/S2053229614024218

Aminomethylation of Symmetric Dialkylthioureas with Formaldehyde and Amino Acids

O. A. Mammeri^a, F. Hamoud^a, A. A. Sobina^a, S. M. Ramsh^{a,*},
V. S. Fundamensky^a, V. V. Gurzhiy^b, and E. S. Khrabrova^a

^a St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University), St. Petersburg, 190013 Russia

^b St. Petersburg State University, St. Petersburg, 199034 Russia

*e-mail: sramsh@technolog.edu.ru

Received July 16, 2020; revised July 16, 2020; accepted July 29, 2020

Condensation of 1,3-dialkylthiourea, formaldehyde and terminal amino acids C₂, C₃ or C₄ taken in a molar ratio of 1:2:1 gives rise to terminally substituted (3,5-dialkyl-4-thioxo-1,3,5-triazinan-1-yl)carboxylic acids.

Keywords: aminomethylation, 1,3-dialkylthioureas, formaldehyde, ω-amino acids, terminally substituted (3,5-dialkyl-4-thioxo-1,3,5-triazinan-1-yl)carboxylic acids