

Н. А. Кейко, Е. А. Фунтикова, Л. Г. Степанова, Ю. А. Чувашев,  
Л. И. Ларина

**ПРИСОЕДИНЕНИЕ 1,2- и 1,3-ДИТИОЛОВ  
К 2-АЛКОКСИПРОПЕНАЛЯМ – НОВЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ  
ЗАМЕЩЕННЫХ ДИТИАЦИКЛОАЛКАНОВ\***

Изучено взаимодействие в разных условиях 2-алкоксипропеналей с этан-1,2- и пропан-1,3-дитиолами методами ЯМР  $^1\text{H}$  и хромато-масс-спектрометрии. В кинетически контролируемых условиях при 20 °С в отсутствие катализатора присоединение дитиолов происходит по правилу Марковникова. Первичные аддукты неустойчивы и быстро превращаются в соответствующие замещенные 1,4-дитиацicloгептан, либо в 1,4-дитиан. Последний, в свою очередь, в условиях реакции или при высокой температуре может превращаться в производное тиолана. Взаимодействие 2-этоксипропенала с двукратным избытком этан-1,2-дитиола при 60 °С в присутствии *p*-TsOH приводит к 2-метил-2,2'-би(дитиолану).

**Ключевые слова:** 2-алкоксипропеналей, 1,3- и 1,4-дитиан, 1,3-дитиолан, 1,2- и 1,3-дитиолы.

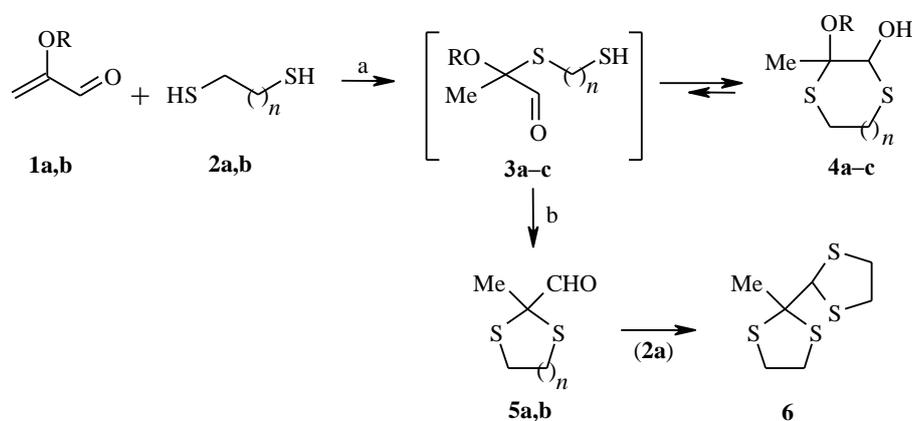
Синтез 1,3-дитиацicloалканов является перспективным направлением органической химии [1–6]. Интерес к указанным соединениям связан с тем, что в этих циклических дитиоацеталах атом углерода бывшей альдегидной группы при металлизировании становится нуклеофильным ("umprölung" – "обращение поляризации"). Вследствие этого генерируемые из 1,3-дитиацicloалканов карбанионы широко используются как эквиваленты ацильных групп при построении новых связей C–C [7–9]. Кроме того, дитиолановая или дитиановая защиты карбонильной группы более устойчивы, чем ацетальная, и позволяют применить для дитиоацетализации иные методы [1]. Например, 2-формил-1,3-дитианы обладают большими синтетическими возможностями благодаря многочисленным реакциям альдегидной группы, при этом дитиановая защита вицинальной кетогруппы в продуктах реакции легко снимается в конце многоступенчатого синтеза [10].

Задача настоящей работы заключалась в изучении возможностей образования различных 2-замещенных дитиацicloалканов на основе 2-алкоксипропеналей.

В общем случае 1,3-дитиоланы и 1,3-дитианы получают конденсацией карбонильных соединений с алкан-1,2- [1, 11, 12] и -1,3-дитиолами [13] соответственно. Именно карбонильная группа участвует во взаимодействии  $\alpha,\beta$ -непредельных альдегидов с дитиолами [14–16].

\* Посвящается 80-летию со дня рождения академика РАН Михаила Григорьевича Воронкова.

Результаты нашей работы показали, что, в отличие от реакции с акролеином или кротоновым альдегидом [14–16], взаимодействие  $\alpha$ -алкоксиакролеинов (**1a,b**) с этан-1,2- и пропан-1,3-дителиолами (**2a,b** соответственно) начинается с электрофильного присоединения одной из сульфгидрильных групп к двойной связи субстрата (по правилу Марковникова). Реакция происходит при комнатной температуре в отсутствие катализатора. Образующиеся 2-(2'-меркаптоалкилтио)-2-алкоксипропанами **3** неустойчивы. Они легко стабилизируются путем внутримолекулярного присоединения оставшейся сульфгидрильной группы к альдегидной группе, превращаясь в 2-алкокси-3-гидрокси-2-метил-1,4-дителиацклоалканы **4**. Продолжительность реакции до полной конверсии исходных соединений при их эквимолярном соотношении составляет 5–9 сут (оп. 1–2). Данные отдельных опытов представлены в таблице.



**1a** R = Et; **b** R = Me; **2, 5 a**  $n = 1$ ; **b**  $n = 2$ ; **3, 4 a** R = Et,  $n = 1$ ; **b** R = Me,  $n = 1$ ; **c** R = Me,  $n = 2$

При проведении реакции 2-этоксипропеналя **1a** с этан-1,2-дителиолом **2a** без растворителя (оп. 1) образующийся 3-гидрокси-2-метил-2-этокси-1,4-дителиан (**4a**) кристаллизуется при стоянии. Высокий выход (90%) и кристаллическая форма, позволяющая легко его выделить, демонстрируют достаточно высокую устойчивость этого кинетически контролируемого циклического полутиоацетала. Его состав и строение подтверждаются данными элементного анализа, ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ , а также ИК спектра. Однако, являясь полутиоацеталем, соединение **4a** частично разрушается в испарителе хромато-масс-спектрометра (200 °C) или при перегонке, превращаясь в 2-метил-2-формил-1,3-дителиолан (**5a**) и в монотиокеталь **3a**, что следует из результатов хромато-масс-спектрометрии (ХМС) реакционной смеси.

Для доказательства такой изомеризации чистый полутиоацеталь **4a** выдерживали в растворе ДМСО- $d_6$  в присутствии *p*-TsOH (10 мол%) в ампуле спектрометра ЯМР при 70, 100 и 150 °C. При каждой температуре образец находился в течение 5 мин. В снятых через указанные промежутки времени спектрах ЯМР  $^1\text{H}$  реакционной смеси происходило постепенное нарастание интегральной интенсивности сигналов дителиолана **5a** и снижение интенсивности сигналов исходного дителиана **4a** до полной его

конверсии через 15 мин. Возможно, механизм реакции включает раскрытие дитианового кольца соединения **4a** по полутиоацетальному центру с образованием интермедиата **3a** и последующее внутримолекулярное нуклеофильное замещение группы EtO группой RS.

Реакция 2-метоксипропеналя **1b** с этан-1,2-дитиолом **2a** при 20 °С (оп. 2) приводит к образованию аддукта **4b** с выходом 70% уже через 5 сут при полном расходе реагентов. При перегонке реакционной смеси получена фракция, содержащая аддукты **4b** и **5a** в соотношении 5:2.

Пропан-1,3-дитиол **2b** при взаимодействии с 2-этоксипропеналем **1a** в отсутствие растворителя и катализатора (оп. 3) не образует кинетически контролируемого полутиоацетала **4b**. Через 24 ч образуется 2-метил-2-формил-1,3-дитиан (**5b**) с количественным выходом (ЯМР  $^1\text{H}$ ).

В отличие от 2-этоксипропеналя **1a**, 2-метоксипропеналь **1b** взаимодействует с пропан-1,3-дитиолом **2b** в отсутствие растворителя и катализатора (оп. 4) заметно медленнее и через неделю в реакционной смеси присутствует до 50% исходных соединений. Среди продуктов реакции кроме дитиана **5b** (25 мол%) наблюдается 1,4-дитиациклогептан (**4c**) (25 мол%). Еще медленнее протекает реакция в бензоле (оп. 5). В этом случае методом ЯМР  $^1\text{H}$  удалось зарегистрировать образование интермедиата **4c** с выходом 50 мол%. По данным хромато-масс-спектрологии, в спектре реакционной смеси наблюдаются два близко расположенных пика (время удерживания 10.98 и 11.33 мин) соединений в соотношении 3:1. Их суммарное массовое содержание в смеси через 20 сут достигает ~60% (ХМС). Минорный продукт с молекулярной массой 194, согласно хромато-масс-спектру, идентичен циклическому полуацеталу **4c**. Мажорный продукт, судя по легкости фрагментации с отщеплением группы СНО, (в хромато-масс-спектре нет  $\text{M}^+$  194, а есть пик 165  $[\text{M}-\text{CHO}]^+$ ), по-видимому, является неустойчивым изомером **3c**. Кроме того, методом ХМС регистрируется появление дитиана **5b**, содержание которого составляет 5%.

С целью изучения регионаправленности реакции в термодинамически контролируемых условиях было изучено взаимодействие 2-этоксипропеналя **1a** с этан-1,2-дитиолом **2a** при 60 °С (оп. 6), а также в присутствии кислот (оп. 7–10). При температуре 60 °С (3 ч, в бензоле) происходит быстрая и полная конверсия исходных пропеналя **1a** и дитиола **2a**, но при этом присоединение протекает неселективно и образуются также соединения с большими молекулярными массами (ХМС). В тех же условиях в присутствии каталитических количеств  $\text{CF}_3\text{COOH}$  (1 мол%) (оп. 7) с выходом 96% образуется полутиоацеталь **4a** (ЯМР  $^1\text{H}$ ). Согласно хромато-масс-спектру, продукт реакции состоит из двух изомеров с молекулярной массой 194 в соотношении 5:1. Возможно, это соединения **3a** и **4a**, так как при прохождении через испаритель допустимо представить раскрытие цикла полутиоацетала **4a**.

В присутствии *p*-TsOH (5 мол%) из эквимольных количеств реагентов **1a** и **2a** уже при 20 °С через 2 сут (оп. 8) образуется смесь соединения **5a** и 2-метил-2,2'-би(1,3-дитиолана) (**6**) в соотношении 5:3 (по данным ЯМР  $^1\text{H}$ ), не содержащая исходных соединений. Результат подтверждается данными ХМС.

Условия и результаты взаимодействия 2-алкоксипропеналей **1a,b** с дитиолами **2a,b**

Опыт	Исходные соединения	Растворитель	Катализатор	Т, °С	Продолжительность	Продукты реакции и их содержание в реакционной смеси (мол%) по данным ЯМР <sup>1</sup> H		
						4	5	6
1	<b>1a + 2a</b>	–	–	20	9 сут	<b>4a</b> , 90		
2	<b>1b + 2a</b>	–	–	20	5 сут	<b>4b</b> , 69		
3	<b>1a + 2b</b>	–	–	20	24 ч		<b>5b</b> , ~100	
4*	<b>1b + 2b</b>	–	–	20	7 сут	<b>4c</b> , 25	<b>5b</b> , 25	
5	<b>1b + 2b</b>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	–	20	20 сут	<b>4c</b> , 50**		
6	<b>1a + 2a</b>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	–	60	3 ч	<b>4a</b> , 56	<b>5a</b> , 5	
7	<b>1a + 2a</b>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	CF <sub>3</sub> COOH (1 мол%)	60	3 ч	<b>4a</b> , 96		
8	<b>1a + 2a</b>	Et <sub>2</sub> O	<i>p</i> -TsOH (5 мол%)	20	2 сут		<b>5a</b> , 60	<b>6</b> , 35
9	<b>1a + 2a</b>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	CF <sub>3</sub> COOH (5 мол%)	20	5 сут	<b>4a</b> , 50	<b>5a</b> , 25	<b>6</b> , 25
10***	<b>1a + 2a</b>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	<i>p</i> -TsOH (5 мол%)	60	2 ч			<b>6</b> , 80

\* Реакционная смесь содержит 50% исходного соединения **2b**.

\*\* По данным ХМС кроме **4c** наблюдается дитиан **5b** (массовая доля 5%).

\*\*\* Соотношение **1a–2a** 1 : 2.

Образование бидитиолана **6** с выходом 35%, даже при значительном стехиометрическом недостатке для его образования этан-1,2-дитиола свидетельствует, что в присутствии катализатора скорость конденсации по карбонильной группе становится соизмеримой со скоростью присоединения сульфгидрильной группы по связи С=C с последующим замещением (стадии **a**, **b**).

Несколько мягче, с образованием большего количества аддуктов моноприсоединения, ускоряет эту реакцию CF<sub>3</sub>COOH (5 мол%), при этом через 5 сут (оп. 9) образуются соединения **4a**, **5a** и **6** в соотношении 2:1:1 при полной конверсии реагентов.

Действие двукратного избытка этан-1,2-дитиола **2a** на 2-этоксипропеналь **1a** при 60 °С (2 ч) в присутствии *p*-TsOH (5 мол%) (оп. 10) приводит к би(дитиолану) **6** с выходом 80% (ЯМР <sup>1</sup>H).

Высокие выходы новых дитиациклоалканов **4–6** (см. таблицу) позволяют использовать предложенные методики для их препаративного получения.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Спектры ЯМР <sup>1</sup>H и <sup>13</sup>C зарегистрированы с помощью спектрометра DPX-400 фирмы Bruker на резонансной частоте 400 и 100.61 МГц в ДМСО-d<sub>6</sub> и CDCl<sub>3</sub>, внутренний стандарт ГМДС. Отнесение сигналов CH<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub> и CH, C<sub>четв</sub> в спектрах ЯМР <sup>13</sup>C получено при использовании стандартной программы J<sub>mod</sub>. ИК спектры получены на ИК спектрометре Specord IR-75. Хромато-масс-спектрометрический анализ проводили на хромато-масс-

спектрометре Hewlett-Packard HP 5971A (ЭУ 70 эВ, масс-селективный детектор), хроматограф HP-5890, колонка Ultra-2 (5% фенилметилсиликона), температура испарителя 250 °С, температура термостата колонки 70–280 °С, скорость подъема температуры 20 град/мин<sup>-1</sup>.

**Общая методика проведения опытов 1–10.** Эквимольную смесь соединений **1** и **2** выдерживают при температуре (см. табл.) в течение определенного времени (см. табл.). В опытах с использованием растворителя указанную смесь растворяют в растворителе (2–3 мл на 4.85 ммоль **1**), который по окончании опыта упаривают. В опытах с использованием катализатора, для очистки от последнего реакцию смесь фильтруют через слой поташа. После окончания опыта реакционную массу анализируют с помощью ЯМР <sup>1</sup>H и ХМС.

Ниже приведены подробности выделения продуктов в некоторых опытах и их характеристики.

**Опыт 1.** Получают 0.37 г реакционной массы, которая постепенно кристаллизуется, отфильтровывают 0.34 г соединения **4a**. Т. пл. 74 °С. ИК спектр (KBr),  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 860 (C–S–C), 1100 (C–O–C), 3420 (OH). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (DMCO-d<sub>6</sub>),  $\delta$ , м. д.,  $J$  (Гц): 1.15 (3H, т, CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>); 1.32 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 2.90 (2H, д. д. д,  $J_{a-a} = 13.6$ ,  $J_{a-e} = 12.1$ ,  $J_{e-e} = 2.0$ , SCH<sub>2</sub>); 3.06 (2H, д. д. д,  $J_{a-a} = 13.6$ ,  $J_{a-e} = 12.1$ ,  $J_{e-e} = 2.0$ , SCH<sub>2</sub>); 3.45 (1H, д. к,  $^3J = 7.0$ ,  $^2J = 9.2$ , OCH<sub>2</sub>); 3.75 (1H, д. к,  $^3J = 7.0$ ,  $^2J = 9.2$ , OCH<sub>2</sub>); 4.31 (1H, д,  $J = 6.0$ , СНОН); 6.10 (1H, д,  $J = 6.0$ , СНОН). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д.: 15.47 (CH<sub>3</sub> в Et), 22.46 и 26.70 (SCH<sub>2</sub>), 23.81 (CH<sub>3</sub>), 57.95 (OCH<sub>2</sub>), 75.48 (SCHO), 84.21 (SCO). Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 177 [M–OH]<sup>+</sup> (11), 149 [M–OEt]<sup>+</sup> (9), 132 [M–OH–OEt]<sup>+</sup> (2), 119 (39), 103 (100), 75 (71), 59 (51), 47 (92). Найдено, %: С 43.45; Н 6.67; S 33.09. C<sub>7</sub>H<sub>14</sub>O<sub>2</sub>S<sub>2</sub>. Вычислено, %: С 43.27; Н 7.26; S 33.00.

**Опыт 2.** Получают 0.8 г реакционной смеси, при перегонке которой в вакууме выделяют 0.3 г фракции с т. кип. 109 °С (3 мм рт. ст.),  $n_D^{20}$  1.5582, содержащей по данным ЯМР <sup>1</sup>H полуацеталь **4b** (55 мол%), дитиолан **5a** (22 мол%). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H соединения **4b**, (DMCO-d<sub>6</sub>),  $\delta$ , м. д.: 1.45 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 2.46 (2H, м, SCH<sub>2</sub>); 3.47 (3H, м, OCH<sub>3</sub>); 4.45 (1H, д, СНОН); 5.02 (1H, д, СНОН). Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 163 [M–OH]<sup>+</sup> (9), 119 (27), 105 (9), 75 (100), 59 (41), 31 [OCH<sub>3</sub>]<sup>+</sup> (8). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H соединения **5a**, (DMCO-d<sub>6</sub>),  $\delta$ , м. д.: 1.76 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 3.39 (4H, м, CH<sub>2</sub>S); 9.10 (1H, с, CHO). Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 148 [M]<sup>+</sup> (1), 119 (100), 59 (72).

**Опыт 3.** Перегонкой 1.0 г реакционной смеси выделяют 0.69 г (69%) соединения **5b**, т. кип. 112–113 °С (4 мм рт. ст.),  $n_D^{20}$  1.5432. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д.,  $J$  (Гц): 1.48 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 1.77 (1H, м, CH<sub>2</sub>); 2.1 (1H, м, CH<sub>2</sub>); 2.6 (2H, д. т,  $^2J = 14$ ,  $^3J = 4$ , SCH<sub>2</sub>); 3.05 (2H, м, SCH<sub>2</sub>); 9.04 (1H, с, CHO). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C (DMCO-d<sub>6</sub>),  $\delta$ , м. д.: 21.60 (CH<sub>3</sub>), 23.23 (CH<sub>2</sub>), 26.12 (SCH<sub>2</sub>), 72.00 (C), 189.91 (CHO). Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 162 [M]<sup>+</sup> (4), 133 [M–CHO]<sup>+</sup> (100), 105 (2), 59 (63). Найдено, %: С 44.48; Н 6.40; S 39.70. C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>OS<sub>2</sub>. Вычислено, %: С 44.43; Н 6.16; S 39.53.

**Опыт 4.** В реакционной смеси идентифицируют соединение **5b**, идентичное образцу, полученному в опыте 3 (спектр ЯМР <sup>1</sup>H и масс-спектр), а также соединение **4c**. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (CDCl<sub>3</sub>),  $\delta$ , м. д.: 1.46 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 1.77 (2H, м, CH<sub>2</sub>); 2.50 (4H, м, SCH<sub>2</sub>); 3.50 (3H, м, OCH<sub>3</sub>); 4.62 (1H, с, СНОН). Масс-спектр продукта **4c**,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 194 [M]<sup>+</sup> (5), 165 (20), 133 (17), 108 (100), 88 [M–SCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>S]<sup>+</sup> (42), 73 (72), 57 (79).

**Опыт 5.** По данным ЯМР <sup>1</sup>H, 50% реакционной смеси составляет продукт **4c**, идентичный продукту оп. 4 (ЯМР <sup>1</sup>H и масс-спектр). По данным ХМС, 60% смеси составляют (предположительно) изомерные продукты **3c** и **4c** (**3c**:**4c** 3:1), время удерживания 10.98 и 11.33 мин соответственно. Масс-спектр соединения **3c**,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 165 [M–CHO]<sup>+</sup> (62), 151 [M–CH<sub>3</sub>CO]<sup>+</sup> (1), 133 [M–HSCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>]<sup>+</sup> (8), 106 [SCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>S]<sup>+</sup> (32), 88 [M–SCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>S]<sup>+</sup> (100), 75 [HSCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>]<sup>+</sup> (41), 64 (84). Масс-спектр соединения **4c** описан выше.

**Опыт 6.** Спектр ЯМР <sup>1</sup>H реакционной смеси содержит сигналы продукта **4a** (см. оп. 1) и соединения **5a** (см. оп. 2).

**Опыт 7.** После упаривания реакционной смеси в вакууме получают 0.9 г игольчатых кристаллов соединения **4a**, идентичного образцу, полученному в оп. 1 (т. пл., ЯМР <sup>1</sup>H). По данным ХМС, продукт реакции состоит из двух изомеров **3a** и **4a** с  $M^+$  194 (время удерживания 10.46 и 10.61 мин). Масс-спектр предполагаемого соединения **3a**,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 194 [M]<sup>+</sup> (3), 165 [M–CHO]<sup>+</sup> (2), 119 [CH<sub>3</sub>CSCCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>S]<sup>+</sup> (72), 91 (15), 72 [M–SCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>S–CHO]<sup>+</sup> (54), 61 (100), 45 [CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>O]<sup>+</sup> (33).

При выдерживании соединения **4a** в растворе ДМСО- $d_6$  в ампуле спектрометра ЯМР в присутствии *p*-TsOH (10 мол%) при 70, 100 и 150 °С (каждый раз по 5 мин) оно на 98% превращается в соединение **5a**, Спектр ЯМР  $^1H$ , которого идентичен спектру соединения, полученного в оп. 6.

*Опыт 9.* Из 0.94 г реакционной смеси выделяют 0.2 г продукта **5a**, т. кип. 105 °С (3 мм рт. ст.),  $n_D^{20}$  1.5540. Соединение **5a** идентично образцу, полученному в оп. 2 (ЯМР  $^1H$  и масс-спектр). Найдено, %: С 40.90; Н 5.55; S 42.96.  $C_5H_8OS_2$ . Вычислено, %: С 40.51; Н 5.44; S 43.26.

*Опыт 10.* При перегонке 1.39 г реакционной смеси в вакууме выделяют 0.43 г 1,3-дитиолана (**6**) с т. кип. 160 °С (3 мм рт. ст.),  $n_D^{20}$  1.6425. Спектр ЯМР  $^1H$  ( $CDCl_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 1.94 (3H, с,  $CH_3$ ); 3.20–3.56 (8H, м,  $SCH_2$ ); 5.17 (1H, с, CH). Спектр ЯМР  $^{13}C$  ( $CDCl_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 28.7 ( $CH_3$ ), 40.06 и 40.75 ( $SCH_2$ ), 68.0 (CH), 96.12 (C). Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{отн}$ , %): 224  $[M]^+$  (21), 119  $[M-CH(SCH_2)_2]^+$  (100), 105  $[M-CH_3C(SCH_2)_2]^+$  (29), 59 (81). Найдено, %: С 38.64; Н 5.45; S 55.59.  $C_7H_{12}S_4$ . Вычислено, %: С 37.46; Н 5.39; S 57.15.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 99-03-33057 и 01-03-33034).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. К. Банердиси, М. С. Лайа, *Успехи химии*, **69**, 1032 (2000).
2. L. F. Tietze, B. Weigand, Ch. Wulff, *Synthesis*, 69 (2000).
3. B. S. Ong, T. H. Chan, *Synth. Commun.*, **7**, 283 (1977).
4. V. Kumar, S. Dev, *Tetrahedron Lett.*, **24**, 1289 (1983).
5. Ch. M. Huwe, H. Künzer, *Tetrahedron Lett.*, **40**, 683 (1999).
6. K. Mlinaric-Majerski, J. Veljković, *Tetrahedron*, **54**, 11381 (1998).
7. E. Dier, A. M. Lopez, C. Parija, E. Martin, R. Fernandez, J. M. Lassaletta, *Tetrahedron Lett.*, **39**, 7955 (1998).
8. M. Lissel, *Lieb. Ann. Chem.*, 1589 (1982).
9. P. C. B. Page, M. B. van Niel, J. C. Prodder, *Tetrahedron*, **45**, 7643 (1989).
10. K. F. Burri, R. A. Cardone, W. Y. Chen, P. Rosen, *J. Am. Chem. Soc.*, **100**, 7069 (1978).
11. D. Seebach, E. J. Corey, *J. Org. Chem.*, **40**, 231 (1975).
12. I. Stahl, R. Manske, J. Gosselck, *Chem. Ber.*, **113**, 800 (1980).
13. R. P. Duffley, G. R. Handrick, D. S. Uliss, G. Lambert, H. C. Dalzell, R. K. Razdan, *Synthesis*, 733 (1980).
14. S. R. Sandler, US Pat 4944853; *Chem. Abstr.*, **113**, 230786 (1990).
15. H. Firouzabadi, N. Iranpoor, B. Karima, *Synthesis*, 58 (1999).
16. P. Kumar, *Tetrahedron Lett.*, **33**, 825 (1992).

Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского  
СО РАН, Иркутск 664033, Россия  
e-mail: keiko@irioc.irk.ru

Поступило в редакцию 11.07.2001  
После доработки 19.09.2001