

В. И. Келарев, М. А. Силин, Н. А. Григорьева, В. Н. Кошелев

СИНТЕЗ 2,5-ДИЗАМЕЩЕННЫХ 1,3,4-ОКСАДИАЗОЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ БЕНЗОТИАЗОЛИЛТИОЛЬНУЮ ГРУППИРОВКУ

Синтезирован ряд 2,5-дизамещенных 1,3,4-оксадиазолов, содержащих бензотиазолил-2-тиометильную группировку, конденсацией производных (бензотиазолил-2-тио)уксусной кислоты с гидрохлоридами иминоэфиров и гидразидами карбоновых кислот, циклодегидратацией *N*-ацил-*N'*-(бензотиазолил-2-тиоацетил)гидразинов под действием POCl_3 , а также взаимодействием 2-меркаптобензотиазола с 2-хлорметил-1,3,4-оксадиазолами в присутствии метилата натрия.

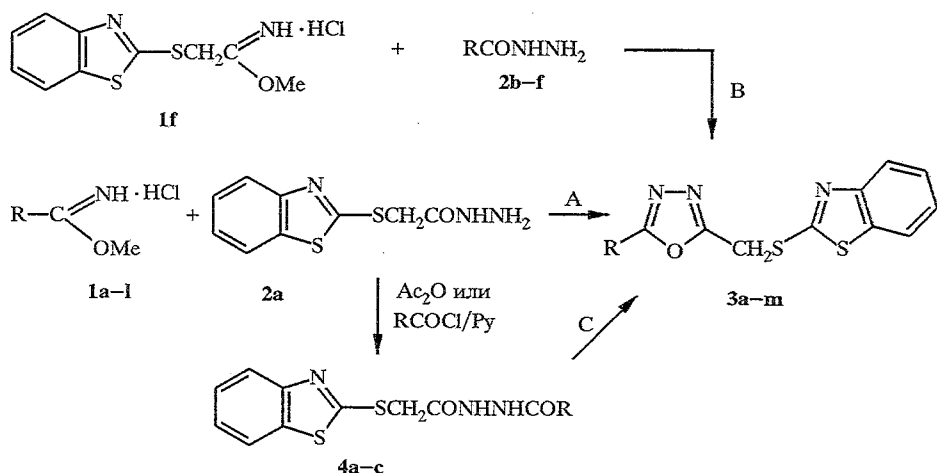
Ключевые слова: бензотиазол, гидразиды карбоновых кислот, гидрохлориды иминоэфиров карбоновых кислот, 2-меркаптобензотиазол, 1,3,4-оксадиазол, конденсация.

N-Замещенные 2-амино- и 2-алкилтио-1,3,4-оксадиазолы, содержащие в положении 5 бензотиазольные фрагменты, обладают широким спектром биологической активности, в том числе противовоспалительной [1, 2], противомикробной [3], антибактериальной [2] и гипотензивной [4]. Относительно 2-алкил(арил)-5-замещенных 1,3,4-оксадиазолов с фрагментами бензотиазола в литературе приводятся крайне ограниченные сведения [5, 6].

В продолжение наших исследований по синтезу гетерилзамещенных 1,3,4-оксадиазолов [7–9] в настоящей работе приводятся данные о получении 2,5-дизамещенных 1,3,4-оксадиазолов, содержащих бензотиазолил-2-тиометильную группировку. Соединения такого типа могут представлять интерес в качестве потенциальных биологически активных веществ, а также как стабилизаторы и добавки к полимерным материалам, углеводородным топливам и смазочным маслам [10].

В синтезе 1,3,4-оксадиазолов удобными синтонами могут служить гидрохлориды иминоэфиров карбоновых кислот [7, 10, 11]. В данной работе в качестве исходных соединений были использованы гидрохлориды метиловых иминоэфиров масляной (**1a**), замещенных уксусных (**1b–f**), бензойной (**1g**), 4-нитро- (**1h**) и 4-гидрокси-3,5-ди(*трет*-бутил)бензойной (**1i**), β -[4-гидрокси-3,5-ди(*трет*-бутил)фенил]пропионовой (**1j**), 5-нитро-2-фуранкарбоновой (**1k**) и 3-индолкарбоновой (**1l**) кислот. В результате конденсации гидрохлоридов иминоэфиров **1a–l** с гидразидом (бензотиазолил-2-тио)уксусной кислоты (**2a**) образуются 2-алкил(арил, гетерил)-5-(бензотиазолил-2-тиометил)-1,3,4-оксадиазолы (**3a–m**) (метод А).

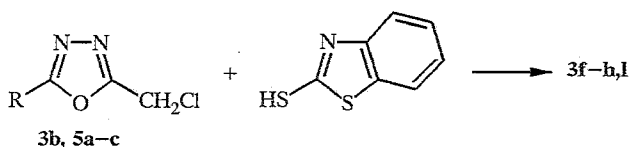
Нами лучшие выходы соединений **3a–l** (табл. 1) достигнуты при кипячении реагентов в этаноле или диоксане при молярном соотношении **1**:**2a** 1.2:1. Продолжительность процесса зависит от реакционной способности исходных гидрохлоридов иминоэфиров **1a–l**. Например, образование соединений **3a–h, j, k** завершается после 4–5 ч кипячения реагентов в этаноле. При получении 1,3,4-оксадиазолов **3i, l** из гидрохлоридов иминоэфиров **1i, l**, имеющих пониженную реакционную способность вследствие влияния связанных с иминоэфирной группой электронодонорных оксипарильного или индольного заместителей [11], необходимо кипячение в диоксане в течение 10–12 ч.



1a, 3a R=Pr; 1b, 3b R=ClCH₂; 1c, 3c R=EtOOCCH₂; 1d, 3d R=PhCH₂; 1e, 3e R=4-NO₂C₆H₄CH₂;
 1f, 3f R=бензотиазолил-2-тиометил; 1g, 2b, 3g, 4b R=Ph; 1h, 2b, 3h, 4c R=4-NO₂C₆H₄;
 1i, 3i R=4-HO-3,5-(*t*-Bu)₂C₆H₂; 1j, 2d, 3j R=4-HO-3,5-(*t*-Bu)₂C₆H₂CH₂CH₂;
 1k, 2e, 3k R=5-нитрофурил-2; 1l, 2f, 3l R=индолил-3; 3m, 4a R=Me

В синтезе 1,3,4-оксадиазолов **3g,h,j-1** мы использовали также конденсацию дигидрохлорида иминоэфира (бензотиазолил-2-тио)уксусной кислоты (**1f**) с гидразидами различных карбоновых кислот (**2b-f**) (метод В). Реакции проводили при кипячении реагентов (мольное соотношение **1f**:**2** 1.25:1) в этаноле в течение нескольких часов; при этом соответствующие продукты **3g,h,j-1** образуются с выходами 65–76 %. Кроме того, соединения **3g,h** и 2-метил-1,3,4-оксадиазол **3i** были получены циклодегидратацией под действием оксихлорида фосфора (метод С) [7, 9, 12] соответствующих N-ацил-N'-(бензотиазолил-2-тиоацетил)гидразинов (**4a-c**). Последние получены ацилированием гидразида **2a** уксусным ангидридом в инертном растворителе при комнатной температуре или хлорангидридами кислот в пиридине с выходом 78–85%. Однако даже непродолжительное нагревание их с оксихлоридом фосфора приводит к сильному осмолению реакционных смесей, из которых целевые продукты **3g,h,i** были выделены с выходами 38–47%. При кипячении N,N'-диацилгидразинов **4a-c** в избытке уксусного ангидрида в течение нескольких часов циклодегидратация в соответствующие 1,3,4-оксадиазолы не происходит.

2-Арилтиометил-5-R-1,3,4-оксадиазолы могут быть получены взаимодействием 2-хлорметил-5-R-1,3,4-оксадиазолов с арилмеркаптанами [13]. В данной работе мы использовали этот способ для синтеза соединений **3f-h,i**. В результате конденсации 2-хлорметил-5-R-1,3,4-оксадиазолов **3b, 5a-c** с 2-меркаптобензотиазолом в присутствии эквимолекулярных количеств метилата натрия при 0–10°C (0.5 ч) соответствующие 1,3,4-оксадиазолы **3f-h,i** образуются с выходами 78–87 % (метод D).



5a R=Ph, 5b R=4-NO₂C₆H₄, 5c R=индолил-3

Характеристики синтезированных соединений

Соединение	Брутто-формула	Найдено, % Вычислено, %				Т. пл., °С*	R _f (система растворителей)	Спектр ЯМР ¹ H, δ, м. д. *2	Выход, % (метод)
		C	H	N	S				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3a	C ₁₃ H ₁₃ N ₃ OS ₂	<u>53.47</u> 53.61	<u>4.56</u> 4.47	<u>14.87</u> 14.73	<u>21.81</u> 21.99	134–136	0.57 (а)	1.10 (с, 3H, CH ₃); 1.33–1.44 (м, 2H, CH ₂); 2.24 (т, 2H, CH ₂ CH ₂ CH ₃); 3.94 (с, 2H, CH ₂ S); 7.38–7.97 (м, 4H, H _{Ar})	78 (A)
3b	C ₁₁ H ₈ ClN ₃ OS ₂	<u>44.51</u> 44.37	<u>2.77</u> 2.69	<u>14.01</u> 14.12	<u>21.35</u> 21.51	110–113	0.74 (б)	2.87 (с, 2H, CH ₂ Cl); 4.12 (с, 2H, CH ₂ S); 7.52–8.04 (м, 4H, H _{Ar})	72 (A)
3c	C ₁₄ H ₁₃ N ₃ O ₃ S ₂	<u>50.03</u> 50.15	<u>3.97</u> 3.88	<u>12.66</u> 12.54	<u>18.91</u> 19.10	Масло	0.43 (а)	1.37 (т, 3H, J = 6 Гц, CH ₃); 3.18 (с, 2H, CH ₂); 3.84 (к, 2H, J = 6 Гц, CH ₂ O); 4.22 (с, 2H, CH ₂ S); 7.14–7.55 (м, 4H, H _{Ar})	67 (A)
3d	C ₁₇ H ₁₃ N ₃ OS ₂	<u>60.06</u> 60.18	<u>3.94</u> 3.83	<u>12.56</u> 12.39	<u>18.72</u> 18.88	82–84	0.45 (в)	3.34 (с, 2H, PhCH ₂); 4.07 (с, 2H, CH ₂ S); 6.85–7.30 (м, 9H, H _{Ar})	84 (A)
3e	C ₁₇ H ₁₂ N ₄ O ₃ S ₂	<u>53.25</u> 53.12	<u>3.04</u> 3.12	<u>14.71</u> 14.58	<u>16.49</u> 16.67	195–197	0.52 (б)	3.50 (с, 2H, ArCH ₂); 4.21 (с, 2H, CH ₂ S); 7.04–7.59 (м, 8H, H _{Ar})	77 (A)
3f	C ₁₈ H ₁₂ N ₄ OS ₄	<u>50.32</u> 50.47	<u>2.92</u> 2.80	<u>12.84</u> 13.08	<u>30.14</u> 29.91	176–178	0.62 (в)	4.24 (с, 4H, CH ₂ S); 7.59–8.08 (м, 8H, H _{Ar})	81 (A) 78 (D)
3g	C ₁₆ H ₁₁ N ₃ OS ₂	<u>58.92</u> 59.08	<u>3.47</u> 3.38	<u>13.11</u> 12.92	<u>19.47</u> 19.69	95–97	0.62 (б)	4.12 (с, 2H, CH ₂ S); 6.92–7.37 (м, 9H, H _{Ar})	87 (A), 76 (B), 42 (C), 83 (D)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3h	C ₁₆ H ₁₀ N ₄ O ₃ S ₂	<u>52.04</u> 51.89	<u>2.83</u> 2.70	<u>15.01</u> 15.13	<u>17.14</u> 17.30	157–158.5	0.53 (а)	4.20 (с, 2H, CH ₂ S); 7.05–7.48 (м, 8H, H _{Ar})	83 (A), 72 (B), 47 (C), 87 (D)
3i	C ₂₄ H ₂₇ N ₃ O ₂ S ₂	<u>63.69</u> 63.58	<u>6.11</u> 5.96	<u>9.05</u> 9.27	<u>14.25</u> 14.13	145–146	0.75 (а)	1.52 (уш. с, 18H, <i>t</i> -Bu); 3.94 (с, 2H, CH ₂ S); 5.18 (с, 1H, OH); 7.12 (с, 2H, 2-, 6-H _{Ar}); 7.55–8.14 (м, 4H, H _{Ar})	64 (A)
3j	C ₂₆ H ₃₁ N ₃ O ₂ S ₂	<u>65.07</u> 64.86	<u>6.30</u> 6.44	<u>8.95</u> 8.73	<u>13.16</u> 13.30	Масло (<i>n</i> _D ²⁰ 1.5818)	0.66 (в)	1.60 (уш. с, 18H, <i>t</i> -Bu); 3.72–4.04 (м, 4H, CH ₂ CH ₂); 4.27 (с, 2H, CH ₂ S); 5.26 (с, 1H, OH); 6.84 (с, 2H, 2-, 6-H _{Ar}); 7.28–7.62 (м, 4H, H _{Ar})	73 (A), 70 (B)
3k	C ₁₄ H ₈ N ₄ O ₄ S ₂	<u>46.53</u> 46.67	<u>2.10</u> 2.22	<u>15.77</u> 15.55	<u>17.61</u> 17.78	204–206	0.43 (а)	4.02 (с, H, CH ₂ S); 6.58 (д, 1H, <i>J</i> = 3,7 Гц, 3-Н фурана); 6.92 (д, 1H, 4-Н фурана); 7.38–7.84 (м, 4H, H _{Ar})	82 (A), 74 (B)
3l	C ₁₈ H ₁₂ N ₄ OS ₂	<u>59.21</u> 59.34	<u>3.38</u> 3.30	<u>15.61</u> 15.38	<u>17.33</u> 17.58	195–196	0.53 (б)	4.15 (с, 2H, CH ₂ S); 7.22–7.78 (м, 9H, H _{Ar}); 8.14 (ш. с, 1H, NH)	76(A), 65 (B), 80 (D)
3n	C ₁₁ H ₉ N ₃ OS ₂	<u>49.96</u> 50.19	<u>3.50</u> 3.42	<u>16.15</u> 15.97	<u>24.47</u> 24.33	79–81	0.58 (в)	2.64 (с, 3H, CH ₃); 4.04 (с, 2H, CH ₂ S); 7.48–7.96 (м, 4H, H _{Ar})	38 (C)

* Соединения перекристаллизованы: **3a,m** – из смеси толуол–петролейный эфир, 1:3; **3g–f,h,l** – диоксан–вода, 1:1.5; **3g** –ацетон–вода, 1:2.5; **3i** – гептан–диоксан, 3:1; **3k** – из водного ДМФА.

*² Спектры соединений **3a,d–i,k,l** записаны в ДМСО-d₆; соединений **3b,c,j** – в CDCl₃.

Характеристики синтезированных дизаменных 1,3,4-оксадиазолов **3a–m** приведены в табл. 1. Состав и структура этих соединений подтверждены данными элементного анализа, ИК и ЯМР ^1H спектроскопии. Так, в ИК спектрах наблюдаются интенсивные максимумы поглощения в интервалах 1615–1600, 1585–1570 и 1490–1460 см^{-1} , характерные для валентных колебаний оксадиазольного цикла [14, 15]. Наличие последнего подтверждается полосами поглощения при 1250–1225 и 1050–1020 см^{-1} , относящимися к валентным колебаниям фрагмента $=\text{C}-\text{O}-\text{C}=\text{N}$ в 1,3,4-оксадиазолах [16], и максимумами поглощения около 950 см^{-1} , связанными с дышащими колебаниями оксадиазольного цикла [14, 15]. Для всех рассматриваемых соединений наблюдается также поглощение, обусловленное бензотиазольным фрагментом [14]: 1530–1520, 1445–1430 (валентные колебания кольца), 1085–1060 и 740–735 см^{-1} .

Таблица 2

ИК спектры синтезированных соединений **3a, b; 4, v**, см^{-1}

Соединение	Растворитель	C=O	C=C	$\text{O}=\overset{+}{\text{C}}=\overset{-}{\text{N}}$ (C=N)	C=O сл. эф.	NH
3a	Вазелин	1770	1655	1580, 1550	1740	3270–2600
	CH_2Cl_2	1795	1665	1590	1747	3290–2650
3b	Вазелин	1788	1660	1590, 1551	1730	3290–2610
	CH_2Cl_2	1780	1657	1575	1742	3300–2670
4	Вазелин	1740	1650	(1575)	1740	3320–2610
	CHCl_3	1745	1640	(1590)	1740	3260–2860

В спектрах ЯМР ^1H синтезированных соединений сигналы протонов тиометильной группировки проявляются в виде синглетов в интервале 3.94–4.27 м. д. Протонам бензотиазольных фрагментов отвечают мультиплетные сигналы в области 7.14–8.14 м. д.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры сняты на приборе Bruker IFS-48 в таблетках KBr, суспензии в вазелиновом масле или в тонком слое. Спектры ЯМР ^1H записаны на спектрометре Bruker WP-250, внутренний стандарт ТМС. Контроль за ходом реакций и чистотой полученных соединений вели с помощью ТСХ на Al_2O_3 III степени активности по Брокману в системах растворителей бензол–этанол, 20:1 (а); бензол–этанол, 10:1 (б) и CCl_4 –ацетон, 20:1 (в); проявление парами вода.

Исходные гидрохлориды метиловых иминоэфиров масляной (**1a**) [18], фенилуксусной (**1d**) [19], 4-нитрофенилуксусной (**1e**) [19], бензойной (**1g**) [17], 4-нитробензойной (**1h**) [19], 4-гидрокси-3,5-ди(*мет*-бутил)бензойной (**1i**) [20], β -[4-гидрокси-3,5-ди(*мет*-бутил)фенил]пропионовой (**1j**) [20], 5-нитро-2-фуранкарбоновой (**1k**) [21] и 3-индолкарбоновой (**1l**) [22] кислот; гидразиды (бензотиазолил-2-тио)уксусной (**2a**) [2], β -[4-гидрокси-3,5-ди(*мет*-бутил)фенил]пропионовой (**2d**) [23] и 3-индолкарбоновой (**2f**) [7] кислот, а также 2-хлорметил-1,3,4-оксадиазолы **5a** [24], **5b** [24] и **5c** [25] получены по известным методикам (ссылки приведены выше при каждом соединении).

Дигидрохлорид метилового иминоэфира (бензотиазолил-2-тио)уксусной кислоты (**1f**). В перемешиваемый раствор 8.24 г (0.04 моль) (бензотиазолил-2-тио)ацетонитрила и 3.2 г (0.1 моль) абсолютного метанола в 150 мл безводного глима при 0–5°C в течение 2.5 ч пропускают ток сухого газообразного HCl. Реакционную смесь выдерживают 24 ч при 20°C, прибавляют к ней 150 мл безводного эфира и охлаждают до -5°C. Выделившийся осадок отфильтровывают, промывают на фильтре безводным эфиром до нейтральной реакции и высушивают в вакууме над

КОН. Получают 9.44 г (86%) дигидрохлорида иминоэфира **1f**. Т.пл. 173—175°C (с разл.). Найдено, %: Сl 23.04; N 9.31. $C_{10}H_{10}N_2OS_2 \cdot 2HCl$. Вычислено, %: Сl 22.82; N 9.00. ИК спектр, cm^{-1} : 740, 3120, 1675, 1525, 1420, 1030.

2,5-Дизамещенные 1,3,4-оксадиазолы (3a—l). А. Смесь 12.0 ммоль гидрохлорида иминоэфира **1a—l** и 2.39 г (10.0 ммоль) гидразидов **2a** в 45 мл абсолютного этанола кипятят при перемешивании 5 ч (при получении соединений **3i, l** смесь кипятят 12 ч в 45 мл безводного диоксана). Реакционную смесь упаривают досуха при пониженном давлении; в случае соединений **1a, e—i, k, l** остаток кристаллизуют из подходящего растворителя (см. табл. 2), а при получении соединений **3b—d, j** его хроматографируют на колонке с Al_2O_3 ($h=80$ см, $d=4.5$ см), элюируя смесью бензол—метанол, 15:1. После удаления растворителей 1,3,4-оксадиазолы **3c, j** получают в виде вязких темно-желтых некристаллизующихся масел.

2-Фенил-5-(бензотиазоллил-2-тиометил)-1,3,4-оксадиазол (3g). В. Смесь 3.87 г (12.5 ммоль) дигидрохлорида иминоэфира **1f** и 1.48 г (10.0 ммоль) гидразидов **2b** в 40 мл абсолютного этанола кипятят при перемешивании 4—5 ч до исчезновения в реакционной смеси исходного гидразидов **2b** (контроль ТСХ). Растворитель удаляют при пониженном давлении, остаток кристаллизуют из смеси ацетон—вода, 1:1.25, и получают 1,3,4-оксадиазолы **3g**.

Аналогично из дигидрохлорида иминоэфира **1f** и гидразидов **2c—f** синтезируют 1,3,4-оксадиазолы **3h, j—l** соответственно.

N-Ацетил-N'-(бензтиазолил-2-тиоацетил)гидразин (4a). К перемешиваемой смеси 7.17 г (30.0 ммоль) гидразидов **2a** и 70 мл пропанола-2 при 20°C добавляют в течение 0.5 ч 3.6 г (35 ммоль) уксусного ангидрида. Реакционную смесь перемешивают 2 ч при 20°C, прибавляют по каплям 50 мл ледяной воды, выделившийся осадок отфильтровывают, высушивают и кристаллизуют из этанола. Получают 7.16 г (85 %) гидразина **4a**. Т.пл. 168—170°C. R_f 0.67 (система б). ИК спектр: 3320—3200, 3050, 2910, 1665, 1640, 1530, 1440, 1260, 1240, 1150, 890, 825, 735 cm^{-1} . Спектр ЯМР 1H (ДМСO- d_6): 2.74 (3H, с, Me), 4.18 (с, 2H, CH_2S), 7.37—7.84 (м, 4H, H_{Ar}), 8.18 м. д. (уш.с, 2H, NH). Найдено, %: С 47.14; Н 3.82; N 15.19; S 22.54. $C_{11}H_{11}N_3O_2S_2$. Вычислено, %: С 46.97; Н 3.91; N 14.95; S 22.78.

N-Бензил-N'-(бензтиазолил-2-тиоацетил)гидразин (4b). К перемешиваемому раствору 4.78 г (20.0 ммоль) гидразидов **2a** в 50 мл безводного пиридина добавляют порциями 2.81 г (20.0 ммоль) бензоилхлорида. Реакционную смесь кипятят при перемешивании 2 ч, охлаждают до 20°C и выливают в 200 мл ледяной воды. Выделившийся осадок отфильтровывают, промывают на фильтре водой, сушат и кристаллизуют из бутанола-1. Получают 5.35 г (78 %) гидразина **4b**. Т.пл. 154—156°C. R_f 0.43 (б). Спектр ЯМР 1H (ДМСO- d_6): 4.04 (с, 2H, CH_2), 6.74—7.22 (м, 9H, H_{Ar}), 8.02 м. д. (уш.с, 2H, NH). Найдено, %: С 56.16; Н 3.63; N 12.02; S 18.85. $C_{16}H_{13}N_3O_2S_2$. Вычислено, %: С 55.98; Н 3.79; N 12.24; S 18.66.

N-(4-Нитробензоил)-N'-(бензотиазоллил-2-тиоацетил)гидразин (4b) получают аналогично из 4-нитробензоилхлорида. Выход 81%. Т.пл. 166—168°C (из смеси диоксан—вода, 1:1). R_f 0.62 (система б) Найдено, %: С 49.35; Н 2.90; N 14.61; S 16.62. $C_{16}H_{12}N_4O_4S_2$. Вычислено, %: С 49.48; Н 3.09; N 14.43; S 16.49.

2-Метил-5-(бензтиазолил-2-тиометил)-1,3,4-оксадиазол (3m). С. Смесь 4.20 г (15.0 ммоль) гидразина **4a** и 30 мл $POCl_3$ перемешивают 0.5 ч при 80—85°C. Реакционную смесь охлаждают до 0°C, выливают на 200 г льда и нейтрализуют водным раствором аммиака до pH 7.5. Выделившееся темное масло экстрагируют метилхлоридом (3×20 мл), экстракт промывают водой, высушивают над Na_2SO_4 и упаривают досуха при пониженном давлении. Остаток кристаллизуют из смеси толуол—петролейный эфир, 1:3, и получают 1,3,4-оксадиазол **3m**.

Аналогично из N, N' -диацилгидразинов **4b, c** синтезируют 1,3,4-оксадиазолы **3g, h** соответственно.

2-(4-Нитрофенил)-5-(бензтиазолил-2-тиометил)-1,3,4-оксадиазол (3h). D. К перемешиваемому раствору метилата натрия, полученного из 0.2 г (14.0 г-ат) натрия, в 65 мл абсолютного метанола добавляют порциями 2.0 г (12.0 ммоль) 2-меркаптобензотиазола. Реакционную смесь перемешивают 0.5 ч при 20°C, охлаждают до 0°C и прибавляют порциями 2.87 г (12.0 ммоль) 2-хлорметил-1,3,4-оксадиазола **5b**. Далее реакционную смесь перемешивают 0.5 ч при 0—10°C, выдерживают 1 ч при 20°C и упаривают досуха при пониженном давлении. Остаток кристаллизуют из смеси диоксан—вода, 1:1.5, и получают 1,3,4-оксадиазол **3h**.

Аналогично из 2-хлорметил-1,3,4-оксадиазолов **3b, 5a, c** синтезируют 1,3,4-оксадиазолы **3f, g, i** соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. S. N. Sawhney, R. K. Tomer, O. Parkash, I. Prakash, S. P. Singh, *Indian J. Chem.*, **19B**, 415 (1980).
2. B. R. Rani, U. T. Bhalerau, M. F. Rahman, *Indian J. Chem.*, **20B**, 995 (1990).
3. K. M. Youssef, S. El-Meligie, *Egypt. J. Pharm. Sci.*, **30**, 455 (1989).
4. S. N. Sawhney, J. Singh, O. P. Bansal, *Indian J. Chem.*, **13**, 804 (1975).

5. S. N. Sawhney, J. Singh, O. P. Bansal, *J. Indian Chem. Soc.*, **51**, 886 (1974).
6. B. H. Trivedi, V. H. Shah, *Indian J. Heterocycl. Chem.*, **1**, 147 (1991).
7. В. И. Келарев, Г. А. Швехгеймер, *ХТС*, № 3, 343 (1982).
8. В. И. Келарев, С. Ш. Гасанов, Р. А. Караханов, Ю. Н. Поливин, *Изв. вузов. Сер. хим. и хим. технол.*, **36**, 49 (1993).
9. Р. А. Караханов, В. И. Келарев, В. Н. Кошелев, Г. В. Морозова, А. Диби, *ХТС*, № 2, 238 (1995).
10. М. А. Силин, В. И. Келарев, В. Абу-Аммар, В. Н. Кошелев, Л. В. Иванова, Н. А. Григорьева, *Науч.-техн. семинар "Актуальные проблемы применения нефтепродуктов"*. Тез. докл., Псков, 1998, 60.
11. В. И. Келарев, В. Н. Кошелев, *Усп. химии*, **64**, 339 (1995).
12. Е. П. Несынов, А. П. Греков, *Усп. химии*, **38**, 1184 (1964).
13. В. И. Келарев, В. Н. Кошелев, М. А. Силин, *ХТС*, № 6, 822 (1997).
14. *Физические методы в химии гетероциклических соединений*, под ред. А. Р. Катрицкого, Мир, М. — Л., 1966.
15. D. H. Christensen, J. T. Nielsen, O. F. Nielsen, *J. Mol. Spectrosc.*, **24**, 225 (1967).
16. J. Imai, *Makromol. Chem.*, **83**, 170 (1965).
17. R. Kupfer, M. Nagel, E. Wurthwein, R. Allman, *Chem. Ber.*, **118**, 3089 (1985).
18. Е. И. Горбатов, *Нефть и газ и их продукты*: Сб. науч. тр., М., 1971, 179.
19. H. Willey, *J. Amer. Chem. Soc.*, **76**, 9935 (1954).
20. В. И. Келарев, Ф. Яхья Лаауад, Р. А. Караханов, А. Ф. Лунин, О. В. Малова, *ХТС*, № 1, 107 (1986).
21. Р. А. Караханов, В. И. Келарев, А. С. Кокосова, В. А. Мальшев, В. И. Завьялов, *ЖОРХ*, **28**, 1750 (1992).
22. В. И. Келарев, Г. А. Швехгеймер, *ХТС*, № 5, 645 (1980).
23. В. В. Ершов, К. Б. Пиотровский, Н. А. Туникина, *Изв. АН СССР. Сер. хим.*, № 5, 1174 (1976).
24. T. R. Vakula, V. R. Srinivasan, *Indian J. Chem.*, **11**, 732 (1973).
25. В. И. Келарев, Г. А. Швехгеймер, *Изв. вузов. Сер. хим. и хим. технол.*, **25**, 1458 (1982).

Российский государственный университет
нефти и газа им. И. М. Губкина,
Москва 117917

Поступила в редакцию 12.01.99