

С. Н. Иванов, Б. В. Личицкий, А. А. Дудинов,  
А. Ю. Мартынкин, М. М. Краюшкин

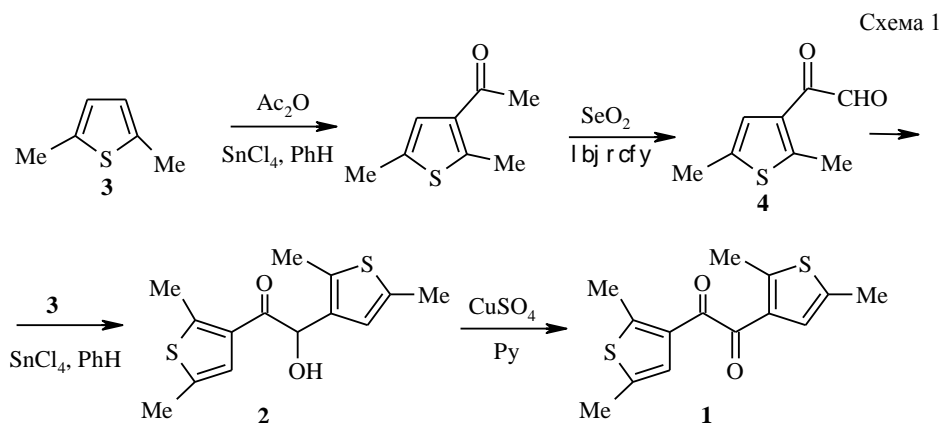
**СИНТЕЗ ЗАМЕЩЕННЫХ 1,2,4-ТРИАЗИНОВ  
НА ОСНОВЕ 1,2-БИС(2,5-ДИМЕТИЛ-3-ТИЕНИЛ)ЭТАНДИОНА**

Разработан новый удобный метод синтеза 1,2-бис(2,5-диметил-3-тиенил)этандиона, на основе которого получены 5,6-бис(2,5-диметил-3-тиенил)-1,2,4-триазины – аналоги фотохромных 1,2-диарилэтенов. Исследована принципиальная возможность использования полученных 1,2,4-триазинов в качестве фотохромных агентов.

**Ключевые слова:** 1,2-диарилэтены,  $\alpha$ -дикетон, 1,2-дитиенилэтены, 1,2,4-триазины, фотохромы.

1,2,4-Триазины сравнительно мало исследованы, но тем не менее они весьма перспективны в отношении поиска новых биологически активных веществ, поскольку среди их производных известны высокоэффективные пестициды (метрибузин, метамитрон и др.) и фармацевтические препараты [1].

Один из классических методов синтеза 1,2,4-триазинов основан на использовании  $\alpha$ -дикетонов [1] и позволяет получать 1,2,4-триазины, содержащие различные заместители в положениях 5 и 6, предварительно введенные на стадии синтеза  $\alpha$ -дикетона. Целью настоящей работы является синтез не описанных в литературе разнообразных 3-замещенных 5,6-ди(2,5-диметил-3-тиенил)-1,2,4-триазинов на основе 1,2-бис(2,5-диметил-3-тиенил)этандиона (**1**) [2]. Последний получен нами по схеме 1:

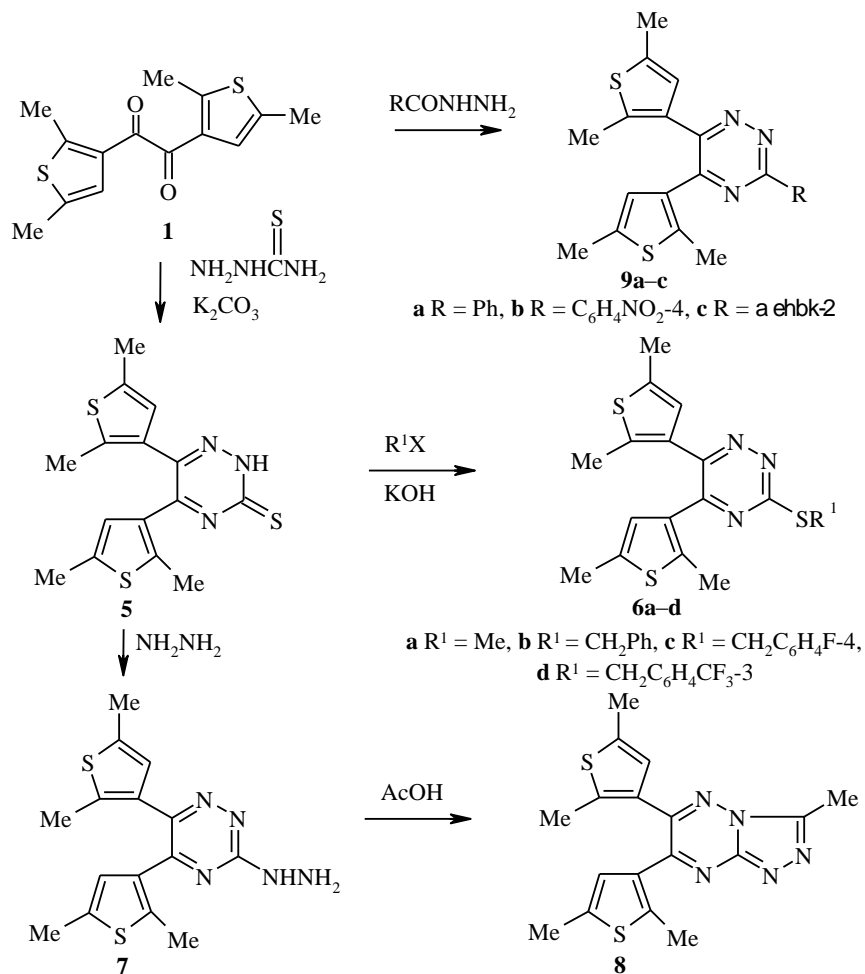


Синтез промежуточного ацилоина **2** осуществлен по описанной в литературе принципиальной схеме [3]. При этом для получения исходного 2,5-диметилтиофена (**3**) нами была разработана оригинальная методика. В отличие от хорошо известного в литературе получения

2,5-диметилтиофена взаимодействием гександиона-2,5 с пентасульфидом фосфора в достаточно жестких условиях и без растворителя [4] мы проводили реакцию этих компонентов в тетрахлориде углерода, что существенно облегчает выделение целевого продукта. Соединение **4** выделено в виде гидрата и использовалось для дальнейших превращений без дополнительной очистки. Образование ацилоина **2** и его окисление действием  $\text{CuSO}_4$  в пиридине в целевой дикетон **1** протекает с количественным выходом.

Соединение **1** было использовано для синтеза различных производных 5,6-дитиенил-1,2,4-триазина согласно схеме 2.

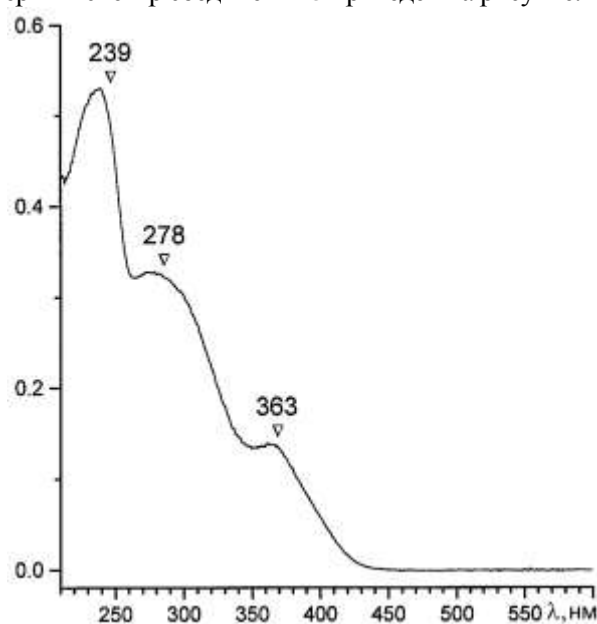
Схема 2



Так, конденсацией  $\alpha$ -дикетона **1** с тиосемикарбазидом в присутствии карбоната калия без выделения промежуточно образующегося тиосемикарбазона с высоким выходом был получен 1,2,4-триазин-3-тион (**5**). Действие на последний различных алкилирующих агентов в щелочной среде приводит к образованию соответствующих 3-алкилтио-1,2,4-триазинов **6a-d**. Условия проведения реакции существенно зависят от природы алкилирующего агента (см. также [5]). Алкилирование иодистым метилом протекает в воде; с бромистым бензилом, его 4-F и 3-CF<sub>3</sub>-замещенными реакция проводилась в ДМФА. Тиоксогруппа в положении 3 триазинового кольца легко замещается на гидразиновую функцию при

кипячении раствора тиона **5** в спирте с избытком гидразингидрата, что наблюдалось и ранее на других примерах [6]. Образовавшийся гидразин **7** в свою очередь, по аналогии с данными работы [7], при действии избытка уксусной кислоты циклизуется с образованием замещенного триазоло-триазина **8**. Конденсация  $\alpha$ -дикетона **1** с гидразидами ароматических карбоновых кислот в уксусной кислоте в присутствии ацетата аммония приводит к 3-арил-1,2,4-триазинам **9** с выходами 51–60%.

Вследствие структурной близости синтезированных 5,6-бис(2,5-диметил-3-тиенил)-1,2,4-триазинов с фотохромными дигетарилэтенами [8] нами было проведено фотохимическое исследование растворов соединений **5–9** в ацетонитриле. Характерный спектр соединения **5** приведен на рисунке.



Спектр поглощения 5,6-бис(2,5-диметил-3-тиенил)-2,3-дигидро-1,2,4-триазин-3-тиона (**5**) в ацетонитриле

В спектре поглощения описанного в литературе 3,5,6-трифенил-1,2,4-триазина присутствуют три полосы поглощения: 227, 261 и 386 нм. Полосы первых двух групп, по-видимому, обусловлены  $\pi$ - $\pi^*$ -переходами, а менее интенсивные полосы третьей группы –  $n$ - $\pi^*$ -переходами [1]. В спектрах поглощения синтезированных нами триазинов **5–9** также можно выделить три группы полос: 220–250, 260–290 и 340–380 нм (таблица).

Полосы спектров поглощения замещенных 5,6-бис(2,5-диметил-3-тиенил)-1,2,4-триазинов **5–9**

Соединение	Полосы спектра поглощения, нм		
	1-я группа	2-я группа	3-я группа
<b>5</b>	239	278	263
<b>6</b>	225, 250	270	365
<b>7</b>	238	272	359
<b>8</b>	229	270	370
<b>9a</b>	219, 250	270	345 плечо
<b>9b</b>	227	284	350 плечо
<b>9c</b>	230		300

В целом можно отметить, что различия в строении триазиновых соединений **5–9** заметно влияют на положение полос в спектрах поглощения, однако не искажают эти спектры, что, видимо, свидетельствует об однотипности характера сопряжения триазинового и тиофенового циклов.

Под действием УФ излучения изменение структуры 1,2,4-триазинов **5–9** не происходит, т. е. они не являются фотохромами, тогда как бистиенилазолы – фотохромные аналоги диарилэтенов [9] – проявляют фотохромные свойства [10].

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  зарегистрированы на приборах Bruker AM-300 и Bruker WM-250 в  $\text{DMSO-d}_6$  и  $\text{CDCl}_3$ . Температуры плавления измерены на нагревательном столике Boetius и не корректировались. Анализ реакционных смесей и контроль чистоты выделенных продуктов проведены методом ТСХ на пластинках Silufol UV-254, элюент  $\text{EtOAc}$ –гексан. Облучение образцов осуществляли ртутной лампой ДРШ-500 с использованием светофильтров для выделения линий ртутного спектра (313 и 365 нм). Интенсивность излучения ртутной лампы определяли с помощью фотоэлемента Ф4, прокалиброванного по ферриоксалатному актинометру [11]. Спектры поглощения регистрировали на спектрофотометре Shimadzu UV-2101PC. Для определения квантового выхода раствор вещества в ацетонитриле облучали светом ( $\lambda = 313$  или 365 нм).

**2,5-Диметилтиофен (3)**. К раствору 47.08 г (0.41 моль) ацетонилацетона в 70 мл  $\text{CCl}_4$  добавляют 36.25 г (0.16 моль) пентасульфида фосфора и полученную смесь кипятят 4 ч при интенсивном перемешивании. Затем реакционную массу охлаждают, осадок отфильтровывают, фильтрат перегоняют, собирая фракцию с т. кип. 133–135 °С. Получают 35.21 г (76%) продукта **3**,  $n_D^{20} = 1.5127$ , лит.  $n_D^{20} = 1.5120$  [4].

**2-(2,5-Диметил-3-тиенил)-2-оксоацетальдегид (4)**. К раствору 5.89 г (0.053 моль) диоксида селена в 45 мл диоксана и 2 мл воды при 60 °С добавляют 8.18 г (0.053 моль) 2,5-диметил-3-ацетилтиофена, синтезированного по методике [12]. Полученную смесь кипятят при перемешивании 3 ч, затем фильтруют, фильтрат упаривают в вакууме. Остаток кристаллизуют из воды и получают 6.11 г (62%) кристаллогидрата кетоальдегида **4**, т. пл. 135–137 °С.

**1,2-Бис(2,5-диметил-3-тиенил)-2-гидрокси-1-этанон (2)**. К раствору 1.89 г (0.01 моль) гидрата глиоксаля **4** и 1.23 г (0.011 моль) 2,5-диметилтиофена **3** в 50 мл бензола при перемешивании добавляют по каплям раствор 2.61 г (0.01 моль)  $\text{SnCl}_4$  в 20 мл бензола. Полученную смесь выдерживают при комнатной температуре 3 ч, затем осторожно выливают в 50–60 мл воды и экстрагируют эфиром (3 × 20 мл). Экстракт промывают водой, раствором соды, водой, сушат  $\text{MgSO}_4$  и упаривают. Остаток кристаллизуют из уксусной кислоты. Получают 2.5 г (95 %) ацилоина **2**, т. пл. 135–137 °С. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ , м. д.,  $J$  (Гц): 2.31 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.32 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.50 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.73 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 4.43 (1H, д,  $J = 5.9$ , OH); 5.52 (1H, д,  $J = 5.9$ , OCH); 6.32 (1H, с,  $\text{H}_{\text{Het}}$ ); 6.68 (1H, с,  $\text{H}_{\text{Het}}$ ). Найдено, %: С 59.81; Н 5.70; S 22.69.  $\text{C}_{14}\text{H}_{16}\text{O}_2\text{S}_2$ . Вычислено, %: С 59.97; Н 5.75; S 22.87.

**1,2-Бис(2,5-диметил-3-тиенил)этандион (1)**. К раствору 26 г (0.104 моль) пентагидрата сульфата меди(II) в 26 мл пиридина и 20 мл воды добавляют раствор 3.41 г (0.012 моль) бензоина **2** в 10 мл пиридина. Смесь перемешивают 2 ч при 70–80 °С (водяная баня). Продукт экстрагируют эфиром (3 × 15 мл), экстракт промывают 10 % раствором  $\text{HCl}$ , водой, сушат  $\text{MgSO}_4$ , упаривают. Остаток кристаллизуют из уксусной кислоты. Получают 3.14 г (93 %) дикетона **1**, т. пл. 64–65 °С, лит. т. пл. 64.5–65.5 °С [2].

**5,6-Бис(2,5-диметил-3-тиенил)-2,3-дигидро-1,2,4-триазин-3-тион (5)**. Смесь 0.56 г (0.002 моль) дикетона **1** в 5 мл этанола и 0.18 г (0.002 моль) тиосемикарбазида кипятят 30 мин. Затем к реакционной массе добавляют 0.55 г (4 ммоль)  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , смесь кипятят 5 ч, охлаждают, разбавляют водой и подкисляют уксусной кислотой. Выпавший осадок отфильтровывают, промывают на фильтре небольшим количеством этанола. Получают

0.62 г (93 %) триазинтиона **5**, т.пл. 175–177 °С. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (ДМСО- $d_6$ )  $\delta$ , м. д.: 2.00 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.12 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.20 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.35 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 6.20 (1H, с,  $\text{H}_{\text{Het}}$ ); 6.62 (1H, с,  $\text{H}_{\text{Het}}$ ). Найдено, %: С 54.02; Н 4.53; N 12.60; S 28.55.  $\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{S}_3$ . Вычислено, %: С 54.02; Н 4.53; N 12.60; S 28.84.

**5,6-Бис(2,5-диметил-3-тиенил)-3-метилтио-1,2,4-триазин (6а).** К раствору 0.20 г (0.61 ммоль) тиона **5** и 0.08 г (0.002 моль) NaOH в 3 мл воды добавляют 0.10 г (0.65 моль) иодистого метила и реакционную смесь перемешивают при комнатной температуре 3 ч. Выпавший осадок отфильтровывают, промывают на фильтре небольшим количеством этанола. Получают 0.195 г (92 %) продукта **6а**, т. пл. 110–112 °С. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м. д.: 2.15 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.31 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.32 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.40 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.70 (3H, с,  $\text{SCH}_3$ ); 6.42 (1H, с,  $\text{H}_{\text{Het}}$ ); 6.55 (1H, с,  $\text{H}_{\text{Het}}$ ). Найдено, %: С 55.05; Н 4.89; N 12.27; S 27.55.  $\text{C}_{16}\text{H}_{17}\text{N}_3\text{S}_3$ . Вычислено, %: С 55.30; Н 4.93; N 12.09; S 27.68.

**Алкилирование 5,6-бис(2,5-диметил-3-тиенил)-2,3-дигидро-1,2,4-триазин-3-тиона (5) (общая методика).** К раствору 0.6 ммоль триазинтиона **5** в 4 мл ДМФА добавляют раствор 0.07 г KOH в 1 мл воды и 0.6 ммоль алкилирующего агента. Реакционную массу перемешивают 6 ч, затем добавляют воду и отфильтровывают осадок продукта.

**3-Бензилтио-5,6-бис(2,5-диметил-3-тиенил)-1,2,4-триазин (6б).** Получают из тиона **5** и бензилбромида. Выход 72 %, т. пл. 101–103 °С. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м. д.,  $J$  (Гц): 2.08 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.22 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.30 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.38 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 4.55 (2H, с,  $\text{SCH}_2$ ); 6.42 (1H, с,  $\text{H}_{\text{Het}}$ ); 6.60 (1H, с,  $\text{H}_{\text{Het}}$ ); 7.35 (3H, м,  $\text{H}_{\text{Ar}}$ ); 7.50 (2H, д,  $J = 6.7$ ,  $\text{H}_{\text{Ar}}$ ). Найдено, %: С 62.25; Н 5.05; N 9.54; S 22.52.  $\text{C}_{22}\text{H}_{21}\text{N}_3\text{S}_3$ . Вычислено, %: С 62.38; Н 5.00; N 9.25; S 22.71.

**5,6-Бис(2,5-диметил-3-тиенил)-3-(4-фторбензилтио)-1,2,4-триазин (6с).** Получают из тиона **5** и 4-фторбензилбромида. Выход 78 %, т. пл. 105–107 °С. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 2.08 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.22 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.30 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.36 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 4.56 (2H, с,  $\text{SCH}_2$ ); 6.42 (1H, с,  $\text{H}_{\text{Het}}$ ); 6.60 (1H, с,  $\text{H}_{\text{Het}}$ ); 7.17 (2H, м,  $\text{H}_{\text{Ar}}$ ); 7.55 (2H, м,  $\text{H}_{\text{Ar}}$ ). Найдено, %: С 59.66; Н 4.49; N 9.19; S 21.55.  $\text{C}_{22}\text{H}_{20}\text{FN}_3$ . Вычислено, %: С 59.84; Н 4.56; N 9.52; S 21.78.

**5,6-Бис(2,5-диметил-3-тиенил)-3-[3-(трифторметил)бензилтио]-1,2,4-триазин (6д).** Получают из тиона **5** и 3-(трифторметил)бензилбромида. Выход 67 %, т. пл. 75–77 °С. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 2.05 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.18 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.28 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.33 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 4.65 (2H, с,  $\text{SCH}_2$ ); 6.45 (1H, с,  $\text{H}_{\text{Het}}$ ); 6.60 (1H, с,  $\text{H}_{\text{Het}}$ ); 7.60 (2H, м,  $\text{H}_{\text{Ar}}$ ); 7.82 (2H, м,  $\text{H}_{\text{Ar}}$ ). Найдено, %: С 56.02; Н 4.14; N 8.22; S 19.33.  $\text{C}_{23}\text{H}_{20}\text{F}_3\text{N}_3\text{S}_3$ . Вычислено, %: С 56.19; Н 4.10; N 8.55; S 19.57.

**5,6-Бис(2,5-диметил-3-тиенил)-3-гидразино-1,2,4-триазин (7).** Раствор 0.46 г (1.3 ммоль) триазинтиона **5** в 4 мл этанола и 0.5 мл (8.2 ммоль) 80 % водного раствора гидразингидрата кипятят 3 ч. Выпавший после охлаждения осадок продукта отфильтровывают. Получают 0.431 г (98 %) гидразина **7**, т. пл. 157–159 °С. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 2.00 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.25 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.30 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.35 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 6.40 (1H, с,  $\text{H}_{\text{Het}}$ ); 6.58 (1H, с,  $\text{H}_{\text{Het}}$ ); 8.80 (1H, с, NH). Найдено, %: С 54.19; Н 5.12; N 21.35; S 19.21.  $\text{C}_{15}\text{H}_{17}\text{N}_5\text{S}_2$ . Вычислено, %: С 54.35; Н 5.17; N 21.13; S 19.35.

**6,7-Бис(2,5-диметил-3-тиенил)-3-метил[1,2,4]триазоло[4,3-*b*][1,2,4]триазин (8).** Раствор 0.25 г (0.75 ммоль) гидразина **7** в 3 мл уксусной кислоты кипятят 4 ч, далее охлаждают и отфильтровывают продукт. Получают 0.23 г (87 %) триазолотриазина **8**, т. пл. 202–204 °С. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 2.20 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.29 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.30 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.33 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.72 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 6.38 (1H, с,  $\text{H}_{\text{Het}}$ ); 6.49 (1H, с,  $\text{H}_{\text{Het}}$ ). Найдено, %: С 57.25; Н 4.75; N 19.55; S 18.23.  $\text{C}_{17}\text{H}_{17}\text{N}_5\text{S}_2$ . Вычислено, %: С 57.44; Н 4.82; N 19.70; S 18.04.

**3-Арил-5,6-бис(2,5-диметил-3-тиенил)-1,2,4-триазин (9а–с) (общая методика).** Смесь 2.4 ммоль дикетона **1**, 5 ммоль гидразида соответствующей ароматической карбоновой кислоты, 3 г ацетата аммония в 5 мл уксусной кислоты и 0.5 мл воды кипятят с обратным холодильником 6 ч. После охлаждения осадок продукта отфильтровывают и кристаллизуют из уксусной кислоты.

**5,6-Бис(2,5-диметил-3-тиенил)-3-фенил-1,2,4-триазин (9а).** Получают из дикетона **1** и гидразида бензойной кислоты. Выход 60 %, т. пл. 113–114 °С. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  (ДМСО- $d_6$ ),  $\delta$ , м. д.: 2.12 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.32 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.39 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 2.41 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 6.52 (1H, с,  $\text{H}_{\text{Het}}$ ); 6.72 (1H, с,  $\text{H}_{\text{Het}}$ ); 7.62 (3H, м,  $\text{H}_{\text{Ar}}$ ); 8.50 (2H, м,  $\text{H}_{\text{Ar}}$ ). Найдено, %: С 66.65; Н 5.00; N 11.25; S 16.82.  $\text{C}_{21}\text{H}_{19}\text{N}_3\text{S}_2$ . Вычислено, %: С 66.81; Н 5.07; N 11.13; S 16.99.

**5,6-Бис(2,5-диметил-3-тиенил)-3-(4-нитрофенил)-1,2,4-триазин (9b).** Получают из diketone **1** и гидразида 4-нитробензойной кислоты. Выход 56 %, т. пл. 170–172 °С. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (DMSO-d<sub>6</sub>), δ, м. д., J (Гц): 2.15 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 2.33 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 2.39 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 2.41 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 6.55 (1H, с, H<sub>Het</sub>); 6.75 (1H, с, H<sub>Het</sub>); 8.45 (2H, д, J = 8.8, H<sub>Ar</sub>); 8.72 (2H, д, J = 8.8, H<sub>Ar</sub>). Найдено, %: C 59.51; H 4.20; N 13.09; S 15.29. C<sub>21</sub>H<sub>18</sub>N<sub>4</sub>O<sub>2</sub>S<sub>2</sub>. Вычислено, %: C 58.70; H 4.29; N 13.26; S 15.18.

**5,6-Бис(2,5-диметил-3-тиенил)-3-(2-фурил)-1,2,4-триазин (9c).** Получают из diketone **1** и гидразида 2-фуранкарбоновой кислоты. Выход 51 %, т. пл. 105–106 °С. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H (DMSO-d<sub>6</sub>), δ, м. д.: 2.10 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 2.30 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 2.31 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 2.38 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 6.48 (1H, с, H<sub>Het</sub>); 6.65 (1H, с, H<sub>Het</sub>); 6.80 (1H, м, H<sub>Fur</sub>); 7.50 (1H, м, H<sub>Fur</sub>); 8.08 (1H, м, H<sub>Fur</sub>). Найдено, %: C 62.28; H 4.70; N 11.09; S 17.26. C<sub>19</sub>H<sub>17</sub>N<sub>3</sub>OS<sub>2</sub>. Вычислено, %: C 62.10; H 4.66; N 11.43; S 17.45.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Л. М. Миронович, В. К. Промоненков, *1,2,4-Триазины. Итоги науки и техники*, ВИНТИ, Сер. Органическая химия, Москва, 1990.
2. В. З. Ширинян, Н. В. Костерина, А. В. Колотаев, Л. И. Беленький, М. М. Краюшкин, *XTC*, 431 (2000).
3. K. Uchida, G. Masuda, Y. Aoi, K. Nakayama, M. Irea, *Chem. Lett.*, 1071 (1999).
4. G. N. Jean, F. F. Nord, *J. Org. Chem.*, **20**, 1363 (1955).
5. K. Joshi, K. Dudgey, A. Dandia, *J. Indian Chem. Soc.*, **60**, 369 (1983).
6. K. Kalfus, *Collect. Czech. Chem. Commun.*, **33**, 2513 (1968).
7. R. I. Trust, J. D. Albrighat, F. M. Lovell, N. A. Perkinson, *J. Heterocycl. Chem.*, **16**, 1393 (1979).
8. М. М. Краюшкин, В. М. Ужинов, А. Ю. Мартынкин, D. L. Dzhavadov, M. A. Kalik, V. L. Ivanov, F. M. Stoyanovich, L. D. Uzhinova, O. Yu. Zolotarskaya, *Int. J. of Photoenergy*, **1**, 183 (1999).
9. М. М. Краюшкин, *XTC*, в печати.
10. М. М. Краюшкин, С. Н. Иванов, А. Ю. Мартынкин, Б. В. Личицкий, А. А. Дудинов, Б. М. Ужинов, *Изв. РАН, Сер. хим.*, в печати.
11. C. V. Hatchard, C. A. Parker, *Proc. Roy. Soc.*, **A235**, 518 (1956).
12. Я. Л. Гольдфарб, И. С. Корсакова, *Изв. АН СССР, Сер. хим.*, 564 (1954).

Институт органической химии  
им. Н. Д. Зелинского Российской академии  
наук, Москва 117913  
e-mail: mkray@ioc.ac.ru

Поступило в редакцию 16.08.2000