

СИНТЕЗ 4,6-ДИМЕТИЛ-2-ТИОКСО-1,2-ДИГИДРОПИРИДИН-3-КАРБОНИТРИЛА КОНДЕНСАЦИЕЙ ЦИАНОТИОАЦЕТАМИДА С АЦЕТАЛЬДЕГИДОМ И 1-(ПРОП-1-ЕН-2-ИЛ)ПИПЕРИДИНОМ

© И.В.Дяченко, В.Д.Дяченко[@]

Луганский университет им. Тараса Шевченко
91011, Луганск, ул. Оборонная, 2; e-mail: dyachvd@mail.ru

Поступила 21 марта 2015 г.

*Конденсацией цианотиоацетамида с ацетальдегидом и 1-(проп-1-ен-2-ил)пиперидином синтезирован 4,6-диметил-2-тиоксо-1,2-дигидропиридин-3-карбонитрил, при алкилировании которого алкилгалогенидами получены замещенные 2-алкилсульфанил-4,6-диметилпиридин-3-карбонитрилы, (3-амино-4,6-диметилтиено[2,3-*b*]пиридин-2-ил)(4-циклогексилфенил)метанон и 2,2'-[этан-1,2-диилбис(сульфандиил)]бис(4,6-диметилпиридин-3-карбонитрил).*

Алкилзамещенные 2-оксо(тиоксо)-1,2-дигидропиридины известны в качестве биологически активных соединений, обладающих противоопухолевым [1, 2], анти-ВИЧ [3–5] и антидиабетическим [6] действием. Пригодны они и для лечения болезней Паркинсона [7] и Альцгеймера [8]. Всё это стимулирует разработку новых методов синтеза указанного выше класса органических соединений и изучение их химико-биологических свойств.

В продолжение исследований по разработке методов синтеза алкилзамещенных пиридинхалькогенонов исходя из алифатических альдегидов [9–12] мы изучили трехкомпонентную конденсацию цианотиоацетамида **1**, ацетальдегида **2** и 1-(проп-1-ен-2-ил)пиперидина **3** в абсолютном этаноле при 20°C. Продуктом данной реакции является 4,6-диметил-2-тиоксо-1,2-дигидропиридин-3-карбонитрил **4**, полученный ранее конденсацией ацетилацетона с цианотиоацетамидом [13], а также по реакции Михаэля, протекающей по типу обмена метиленовыми компонентами, – из 2-циано-2-циклогексил-идентиоацетамида и ацетилацетона [14].

Логично предположить образование в качестве интермедиата в данной конденсации алкена Кнёвенагеля **A**, алкилирующего енамин **3** по Сторку [15] до соответствующего аддукта **B**. Последний в условиях реакции претерпевает внутримолекулярное переаминирование [16], в результате чего формируется тетрагидропиридиновый цикл **B**, дегидрирующийся, вероятно, кислородом воздуха до замещенного 1,2-дигидропиридина **4**.

Химические превращения подтверждают строе-

ние соединения **4**. Его алкилирование алкилгалогенидами **5a–n** в ДМФА в присутствии водного раствора КОН приводит к образованию тиоэфиров **6a–n**, что соответствует общим закономерностям химии 2-тиоксо-3-цианопиридинов [17–19].

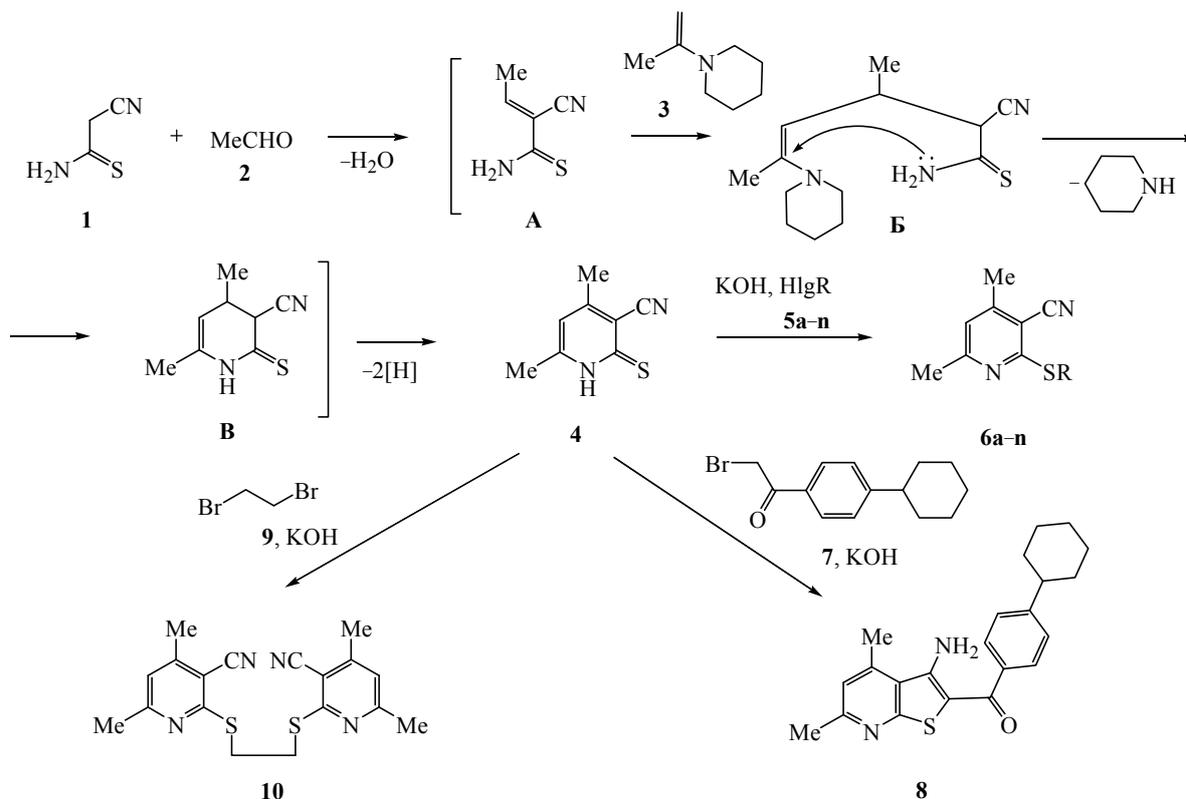
Использование в качестве алкилирующего средства α -бромкетона **7** привело к образованию 4,6-диметил-2-(4-циклогексилбензоил)тиено[2,3-*b*]пиридин-3-амин **8** вследствие легкой внутримолекулярной циклизации интермедиата **6**, что характерно для замещенных пиридинов с вицинальным расположением алкилсульфанильной и нитрильной групп [20–22]. На основе тиенопиридина **8** возможно создание препаратов с антистрессовой [23] и антибактериальной [24] активностью.

Применение в качестве алкилирующего средства двукратного недостатка 1,2-дибромэтана **9** позволяет синтезировать 2,2'-[этан-1,2-диилбис(сульфандиил)]-бис(4,6-диметилпиридин-3-карбонитрил) **10**.

Спектральными методами подтверждено строение соединений **6a–n**, **8**, **10**. В спектрах ЯМР ¹H присутствуют сигналы протонов метильных групп в виде синглетов в характерной области δ (см. экспериментальную часть), а также сигнал протона H⁵ пиридинового ядра при δ 6.81–7.12 м.д. В спектрах ЯМР ¹H тиоэфиров **6a–n** сигналы протонов фрагмента SCH₂ проявляются в виде синглета при δ 4.01–4.76 м.д., который отсутствует в спектре соединения **8**. Вместо него присутствует сигнал протонов аминогруппы в виде уширенного синглета при δ 7.99 м.д., что характерно для таких систем [25–27]. В ИК спектрах соединений, кроме тиенопиридина **8**, на-

блюдается характеристическая полоса поглощения валентных колебаний сопряженной цианогруппы

при $2214\text{--}2225\text{ см}^{-1}$, а также группы $\text{C}=\text{O}$ при $1695\text{--}1714\text{ см}^{-1}$.



5, 6, Hlg = Br, R = BuOCOCH₂ (a), 2-(кумарин-3-ил)-2-оксоэтил (b), 3,4-(ОН)₂С₆Н₃СОСН₂ (c), 4-FC₆Н₄СОСН₂ (d), (2-оксо-2-тиофен-2-ил)этил (e), PhCOCH₂ (f), PhC(O)CHNMe₂ (g), 2-МеС₆Н₄СН₂ (h), НС≡ССН₂ (i), 2-ClC₆Н₄СН₂ (j); Hlg = Cl, (Me)₂CHOCOCH₂ (k), PrOCOCH₂ (l), PhCH₂ (m), PhCHC(O)NH₂ (n).

Экспериментальная часть

ИК спектры получали на спектрометре ИКС-40 в вазелиновом масле. Спектры ЯМР ¹H регистрировали на приборе Varian Mercury-400 (400.397 МГц) в ДМСО-*d*₆, ТМС – внутренний стандарт. Хромато-масс-спектры записывали на приборе Agilent 1100 Series с селективным детектором Agilent LS/MSDSL, образец вводили в матрице CF₃COOH, ионизация электронным ударом (70 эВ). Элементный анализ проводили на приборе Perkin Elmer CHN-analyser. Температуры плавления определяли на блоке Кофлера. Ход реакций и чистоту полученных соединений контролировали методом ТСХ на пластинках Silufol UV-254 в системе ацетон–гексан, 3:5, проявители – пары иода и УФ облучение.

4,6-Диметил-2-тиоксо-1,2-дигидропиридин-3-карбонитрил (4). Смесь 0.6 мл (10 ммоль) свежеперегнанного ацетальдегида **2**, 1.0 г (10 ммоль) цианотиоацетамида **1** и 1 капли *N*-метилморфолина в 20 мл абсолютного этанола при 20°C перемешивали 20 мин, прибавляли 1.3 г (10 ммоль) енамина **3**, пе-

ремешивали 1 ч и оставляли на 24 ч. Затем смесь разбавляли 10%-ной соляной кислотой до pH 5. Образовавшийся через 5 ч осадок отфильтровывали, промывали этанолом и гексаном. Выход 1.1 г (70%), желтые кристаллы, т.пл. 263–265°C (EtOH), 264°C [13].

Алкилирование соединения (4). **Общая методика.** К смеси 1.64 г (10 ммоль) соединения **4** и 15 мл ДМФА последовательно при перемешивании прибавляли 5.6 мл (10 ммоль) 10%-ного водного раствора KOH и 10 ммоль алкилирующего агента **5a–n**, **7**, перемешивали 4 ч и разбавляли равным объемом воды. Осадок соединений **6a–n**, **8** отфильтровывали, промывали водой, этанолом и гексаном.

Бутил 2-(4,6-диметил-3-цианопиридин-2-илсульфанил)ацетат (6a). Выход 2.2 г (79%), т.пл. 56°C (MeOH). ИК спектр, ν , см⁻¹: 2225 (C≡N), 1695 (C=O). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 0.84 т (3H, Me, *J* 6.2 Гц), 1.09–1.68 м (4H, 2CH₂), 2.42 с (6H, 2Me), 4.01 с (2H, SCH₂), 4.07 т (2H, OCH₂, *J* 6.6 Гц), 7.12 с (1H, H⁵ пиридина). Масс-спектр, *m/z* (*I*_{отн.}, %): 279 (100) [*M* + 1]⁺. Найдено, %: C 60.28; H 6.41; N 9.95. C₁₄H₁₈N₂O₂S. Вычислено, %: C 60.41; H 6.52; N 10.06. *M* 278.375.

4,6-Диметил-2-[[2-оксо-2-(2-оксо-3,4-дигидро-2H-1-бензопиран-3-ил)этил]сульфанил]пиридин-3-карбонитрил (6b). Выход 2.5 г (72%), т.пл. 212–214°C (AcOH). ИК спектр, ν , см^{-1} : 2219, 1703, 1699 (C=O). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 2.27 с (3H, Me), 2.38 с (3H, Me), 4.76 с (2H, CH_2), 7.05 с (1H, H^5 пиридина), 7.31–7.58 м (2H, $\text{H}_{\text{аром.}}$), 7.78 д (1H $_{\text{аром.}}$, J 7.5 Гц), 7.98 д (1H $_{\text{аром.}}$, J 8.0 Гц), 8.72 с (1H, H^4 кумарина). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$, %): 351 (100) [$M + 1$] $^+$. Найдено, %: C 65.02; H 3.89; N 7.88. $\text{C}_{19}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_3\text{S}$. Вычислено, %: C 65.13; H 4.03; N 8.00. M 350.399.

2-[[2-(3,4-Дигидроксибензил)-2-оксоэтил]сульфанил]-4,6-диметилпиридин-3-карбонитрил (6c). Выход 2.5 г (80%), т.пл. 109–111°C (EtOH). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3460, 3424 (OH), 2222 (C \equiv N), 1701 (C=O). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 2.32 с (3H, Me), 2.41 с (3H, Me), 4.66 с (2H, CH_2), 6.81 д (1H $_{\text{аром.}}$, J 7.9 Гц), 6.99 с (1H, H^5 пиридина), 7.40 с (1H $_{\text{аром.}}$), 7.49 д (1H $_{\text{аром.}}$, J 7.9 Гц), 9.09 уш.с (1H, OH), 9.61 уш.с (1H, OH). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$, %): 315 (100) [$M + 1$] $^+$. Найдено, %: C 60.98; H 3.33; N 8.80. $\text{C}_{16}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_3\text{S}$. Вычислено, %: C 61.13; H 4.49; N 8.91. M 314.363.

4,6-Диметил-2-[[2-оксо-2-(4-фторфенил)этил]сульфанил]пиридин-3-карбонитрил (6d). Выход 2.2 г (72%), т.пл. 113–115°C (AcOH). ИК спектр, ν , см^{-1} : 2221 (C \equiv N), 1699 (C=O). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 2.23 с (3H, Me), 2.41 с (3H, Me), 4.72 с (2H, CH_2), 6.99 с (1H, H^5 пиридина), 7.22–7.43 м (2H $_{\text{аром.}}$), 8.09–8.21 м (2H $_{\text{аром.}}$). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$, %): 301 (100) [$M + 1$] $^+$. Найдено, %: C 63.87; H 4.21; N 9.16. $\text{C}_{16}\text{H}_{13}\text{FN}_2\text{OS}$. Вычислено, %: C 63.98; H 4.36; N 9.33. M 300.354.

4,6-Диметил-2-[[2-оксо-2-(тиофен-2-ил)этил]сульфанил]пиридин-3-карбонитрил (6e). Выход 2.4 г (84%), т.пл. 115–116°C (AcOH). ИК спектр, ν , см^{-1} : 2214 (C \equiv N), 1700 (C=O). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 2.15 с (3H, Me), 2.38 с (3H, Me), 4.74 с (2H, CH_2), 7.03 с (1H, H^5 пиридина), 7.29 д.д (1H, H^4 тиофена, J 5.2 Гц), 8.04 д (1H, H^3 тиофена, J 4.6 Гц), 8.18 д (1H, H^5 тиофена, J 3.7 Гц). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$, %): 289 (100) [$M + 1$] $^+$. Найдено, %: C 58.22; H 4.06; N 9.67. $\text{C}_{14}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{OS}_2$. Вычислено, %: C 58.31; H 4.19; N 9.71. M 288.392.

4,6-Диметил-2-[[2-оксо-2-фенилэтил]сульфанил]пиридин-3-карбонитрил (6f). Выход 2.2 г (78%), т.пл. 118–120°C (AcOH). ИК спектр, ν , см^{-1} : 2218 (C \equiv N), 1705 (C=O). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 1.19 с (3H, Me), 1.33 с (3H, Me), 4.62 с (2H, CH_2), 6.81 с (1H, H^5 пиридина), 7.41 т (2H, Ph, J 7.0 Гц), 7.52 т (1H, Ph, J 7.0 Гц), 7.91 д (2H, Ph, J 7.03 Гц). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$, %): 283 (100) [$M + 1$] $^+$. Най-

дено, %: C 67.94; H 4.88; N 9.80. $\text{C}_{16}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{OS}$. Вычислено, %: C 68.06; H 5.00; N 9.92. M 282.364.

4,6-Диметил-2-[[3-метил-1-оксо-1-фенилбутан-2-ил]сульфанил]пиридин-3-карбонитрил (6g). Выход 2.5 г (77%), т.пл. 113–115°C (AcOH). ИК спектр, ν , см^{-1} : 2217 (C \equiv N), 1714 (C=O). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 1.01 д (3H, Me, J 6.4 Гц), 1.05 д (3H, Me, J 6.4 Гц), 2.07 с (3H, Me), 2.25–2.31 м (1H, CHMe_2), 2.35 с (3H, Me), 3.69 д (1H, SCH, J 6.0 Гц), 7.00 с (1H, H^5 пиридина), 7.55 т (2H, Ph, J 7.6 Гц), 7.66 т (1H, Ph, J 7.6 Гц), 8.10 д (2H, Ph, J 7.6 Гц). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$, %): 325 (100) [$M + 1$] $^+$. Найдено, %: C 70.19; H 6.02; N 8.48. $\text{C}_{19}\text{H}_{20}\text{N}_2\text{OS}$. Вычислено, %: C 70.34; H 6.21; N 8.63. M 324.447.

4,6-Диметил-2-[[2-метилфенил]метил]сульфанил]пиридин-3-карбонитрил (6h). Выход 1.8 г (68%), т.пл. 82–84°C (EtOH). ИК спектр, ν , см^{-1} : 2217 (C \equiv N). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 2.38 с (3H, Me), 2.55 с (3H, Me), 4.53 с (2H, CH_2), 7.06 с (1H, H^5 пиридина), 7.12–7.23 м (2H $_{\text{аром.}}$), 7.40 т (2H $_{\text{аром.}}$, J 7.3 Гц). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$, %): 269 (100) [$M + 1$] $^+$. Найдено, %: C 71.52; H 5.94; N 10.30. $\text{C}_{16}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{S}$. Вычислено, %: C 71.61; H 6.01; N 10.44. M 268.381.

4,6-Диметил-2-[[пропаргилсульфанил]пиридин-3-карбонитрил (6i). Выход 2.4 г (70%), т.пл. 87–89°C (AcOH). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3310 ($\equiv\text{C-H}$), 2222 (C \equiv N), 2240 (C \equiv C). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 2.43 с (3H, Me), 2.51 с (3H, Me), 2.77 с (1H, $\equiv\text{CH}$), 4.05 с (2H, CH_2), 7.08 с (1H, H^5 пиридина). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$, %): 203 (100) [$M + 1$] $^+$. Найдено, %: C 65.21; H 4.80; N 13.69. $\text{C}_{11}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{S}$. Вычислено, %: C 65.32; H 4.98; N 13.85. M 202.28.

4,6-Диметил-2-[[4-хлорбензил]сульфанил]пиридин-3-карбонитрил (6j). Выход 2.1 г (74%), т.пл. 129–131°C (EtOH). ИК спектр, ν , см^{-1} : 2221 (C \equiv N). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 2.38 с (3H, Me), 2.53 с (3H, Me), 4.50 с (2H, CH_2), 7.11 с (1H, H^5 пиридина), 7.32 д (2H, $\text{H}_{\text{аром.}}$, J 7.9 Гц), 7.49 д (2H, $\text{H}_{\text{аром.}}$, J 7.9 Гц). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$, %): 289 (100) [$M + 1$] $^+$. Найдено, %: C 62.19; H 4.39; N 9.62. $\text{C}_{15}\text{H}_{13}\text{ClN}_2\text{S}$. Вычислено, %: C 62.38; H 4.54; N 9.70. M 288.801.

Изопропил 2-(4,6-диметил-3-цианопиридин-2-ил)сульфанил)ацетат (6k). Выход 2.4 г (90%), т.пл. 80–82°C (*i*-PrOH). ИК спектр, ν , см^{-1} : 2223 (C \equiv N), 1714 (C=O). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 1.19 д (6H, 2Me, J 5.1 Гц), 2.41 с (3H, Me), 2.43 с (3H, Me), 4.03 с (2H, CH_2), 4.73–5.08 м (1H, CHMe_2), 7.10 с (1H, H^5 пиридина). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$, %): 265 (100) [$M + 1$] $^+$. Найдено, %: C 58.97; H 5.95; N 10.49. $\text{C}_{13}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$. Вычислено, %: C 59.07; H 6.10; N 10.60. M 264.349.

Пропил 2-(4,6-диметил-3-цианопиридин-2-ил-

сульфанил)-ацетат (**6l**). Выход 1.8 г (70%), т.пл. 53–54°C (PrOH). ИК спектр, ν , cm^{-1} : 2227 (C≡N), 1709 (C=O). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 0.83 т (3H, Me, J 6.2 Гц), 1.42–1.73 м (2H, CH_2), 2.41 с (3H, Me), 2.42 с (3H, Me), 4.02 т (2H, OCH_2 , J 4.7 Гц), 4.08 с (2H, SCH_2), 7.10 с (1H, H^5 пиридина). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$, %): 265 (100) [$M + 1$] $^+$. Найдено, %: C 58.97; H 5.95; N 10.47. $\text{C}_{13}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$. Вычислено, %: C 59.07; H 6.10; N 10.60. M 264.349.

2-(Бензилсульфанил)-4,6-диметилпиридин-3-карбонитрил (6m). Выход 2.2 г (85%), т.пл. 80–82°C (EtOH). ИК спектр, ν , cm^{-1} : 2215 (C≡N). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 2.37 с (3H, Me), 2.53 с (3H, Me), 4.51 с (2H, SCH_2), 7.09 с (1H, H^5 пиридина), 7.21–7.49 м (5H, Ph). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$, %): 255 (100) [$M + 1$] $^+$. Найдено, %: C 70.70; H 5.42; N 10.86. $\text{C}_{15}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{S}$. Вычислено, %: C 70.83; H 5.55; N 11.01. M 254.356.

2-[(4,6-Диметил-3-цианопиридин-2-ил)сульфанил]-2-фенилацетамид (6n). Выход 2.4 г (81%), т.пл. 174–176°C (BuOH). ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3355, 3290, 3199 (NH_2), 2216 (C≡N), 1669 (CONH). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 2.34 с (3H, Me), 2.47 с (3H, Me), 5.71 с (1H, SCH), 7.04 с (1H, H^5 пиридина), 7.11–7.45 м (3H, Ph и NH), 7.47–7.69 м (3H, Ph), 7.86 уш.с (1H, NH). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$, %): 298 (100) [$M + 1$] $^+$. Найдено, %: C 64.51; H 4.96; N 14.02. $\text{C}_{16}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{OS}$. Вычислено, %: C 64.62; H 5.08; N 14.13. M 297.379.

(3-Амино-4,6-диметилтиено[2,3-*b*]пиридин-2-ил)-(4-циклогексилфенил)метанон (8). Выход 1.8 г (71%), т.пл. 171–173°C (BuOH). ИК спектр, cm^{-1} : 3322, 3290, 3198 [$\nu(\text{NH}_2)$], 1711 [$\nu(\text{C=O})$], 1644 [$\delta(\text{NH}_2)$]. Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 1.11–1.52 м (6H, 3CH_2), 1.64–1.93 м (5H, CH_2CHCH_2), 2.51 с (3H, Me), 2.75 с (3H, Me), 7.08 с (1H, H^5 пиридина), 7.35 д (2H_{аром.}, J 8.0 Гц), 7.70 д (2H_{аром.}, J 8.0 Гц), 7.99 уш.с (2H, NH_2). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$, %): 365 (100) [$M + 1$] $^+$. Найдено, %: C 72.36; H 6.51; N 7.54. $\text{C}_{22}\text{H}_{24}\text{N}_2\text{OS}$. Вычислено, %: C 72.49; H 6.64; N 7.69. M 364.512.

2,2'-[Этан-1,2-диилбис(сульфандил)]бис(4,6-диметилпиридин-3-карбонитрил) (10) получали аналогично соединениям **6**, алкилирующий агент – 1,2-дибромэтан **9** (0.45 мл, 5 ммоль). Выход 1.2 г (66%), т.пл. 193–195°C (BuOH). ИК спектр, ν , cm^{-1} : 2225 (C≡N). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 2.40 с (6H, 2Me), 2.44 с (6H, 2 Me), 3.62 уш.с (4H, 2CH_2), 7.06 с (2H, 2 H^5 пиридина). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$, %): 355 (100) [$M + 1$] $^+$. Найдено, %: C 60.84; H 5.02; N 15.76. $\text{C}_{18}\text{H}_{18}\text{N}_4\text{S}_2$. Вычислено, %: C 60.99; H 5.12; N 15.81. M 354.499.

Список литературы

1. Chung S.-G., Lee S.-H., Lee Y.-H., Kwon H.-S., Kang D.-W., Joo J.-H. Заявка 1424072 (2004). ЕПВ. *РЖХим.* **2005**, 05.06-190.132П.
2. Piazza G., Pamukcu R. Пат. 6479520 (2002). США. *РЖХим.* **2003**, 03.16-190.90П.
3. Libre B., Le V.K., Georges B., Hevesi L., Cauvin C., Boland S., Durant F., Demonte D., Van L.C., Burny A., Bollen A., Javan L.C., Jacouet A., De W.S. Заявка 1516873 (2005). ЕПВ. *РЖХим.* **2006**, 06.01-190.78П.
4. Солдатенков А.Т., Колядина Н.М., Шендрик И.В. Основы органической химии лекарственных веществ. М.: Химия, **2001**, 155.
5. Parreira R.L., Abrahao O., Galembeck J.E., Galembeck S.E. *Tetrahedron.* **2001**, 57, 3243.
6. Peukerts S., Gwessregen S., Hofmeister A., Schreuder H., Schwahn U. Заявка 102004050196 (2006). Германия. *РЖХим.* **2007**, 07.06-190.97П.
7. Mizuta E., Kuno S., Hanada T., Ueno M. Заявка 18759112 (2008). ЕПВ. *РЖХим.* **2009**, 69.14-190.220П.
8. Darvesh S., Magee D., Valenta Z., Martin E. Пат. 6436972 (2002). США. *РЖХим.* **2003**, 03.07-190.87П.
9. Дяченко В.Д., Карпов Е.Н. *ЖОрХ.* **2014**, 50, 1806.
10. Шелякин В.В., Дяченко В.Д., Шаранин Ю.А. *ХГС.* **1995**, 269.
11. Дяченко В.Д. *ЖОХ.* **2005**, 75, 1612.
12. Дяченко В.Д. *ЖОХ.* **2006**, 76, 299.
13. Schmidt U., Kubitzek H. *Chem. Ber.* **1960**, 93, 1559.
14. Дяченко В.Д., Дяченко А.Д., Чернега А.Н. *ЖОрХ.* **2004**, 40, 424.
15. Stork G., Landesman H.K. *J. Am. Chem. Soc.* **1956**, 78, 5128.
16. Марч Дж. Органическая химия. Реакции, механизмы и структура. М.: Мир, **1987**, 3, 25.
17. Litvinov V.P., Rodinovskaya L.A., Sharanin Yu.A., Shestopalov A.M., Senning A. *Sulfur Rep.* **1992**, 13, 1.
18. Литвинов В.П., Кривоколыско С.Г., Дяченко В.Д. *ХГС.* **1999**, 579.
19. Литвинов В.П. *Усп. хим.* **2006**, 75, 645.
20. Дяченко В.Д., Литвинов В.П. *ЖОрХ.* **1998**, 34, 592.
21. Кривоколыско С.Г., Дяченко В.Д., Нестеров В.Н., Шаранин Ю.А., Стручков Ю.Т. *ЖОрХ.* **1999**, 35, 966.
22. Дяченко В.Д., Ткачев Р.П. *ЖОрХ.* **2002**, 38, 768.
23. Кайгородова Е.А., Осипова А.А., Ненько Н.И., Конюшкин Л.Д., Крапивин Г.Д., Исакова Л.И., Стрелков В.Д. Пат. 2231527 (2004). Россия. *РЖХим.* **2004**, 04.21-190.277П.
24. Yassin F.A. *ХГС.* **2009**, 43.
25. Якунин Я.Ю., Дяченко В.Д., Литвинов В.П. *ХГС.* **2001**, 633.
26. Дяченко В.Д., Кривоколыско С.Г., Литвинов В.П. *Изв. АН. Сер. хим.* **1997**, 2013.
27. Дяченко В.Д., Кривоколыско С.Г., Шаранин Ю.А., Литвинов В.П. *ЖОрХ.* **1997**, 33, 1084.