

М. В. Вовк*, О. В. Кушнир^а, Н. В. Мельниченко, И. Ф. Цымбал

СИНТЕЗ АЛКИЛЬНЫХ ЭФИРОВ ГЕКСАГИДРОПИРАЗИНО[1,2-*c*]-ПИРИМИДИН-9-КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Циклоконденсацией 3-алкоксикарбонилметилиденпиперазин-2-онов с α -хлорбензилизотиоцианатами синтезированы алкильные эфиры 8-арил-1,6-диоксо-1,3,4,6,7,8-гексагидро-2*H*-пиразино[1,2-*c*]пиримидин-9-карбонической кислоты. Использование в аналогичной циклизации 1-арил-2,2,2-трифторэтилизотиоцианатов приводит к эфирам 6-арил-1,8-диоксо-6-трифторметил-1,3,4,6,7,8-гексагидро-2*H*-пиразино[1,2-*c*]пиримидин-9-карбонической кислоты.

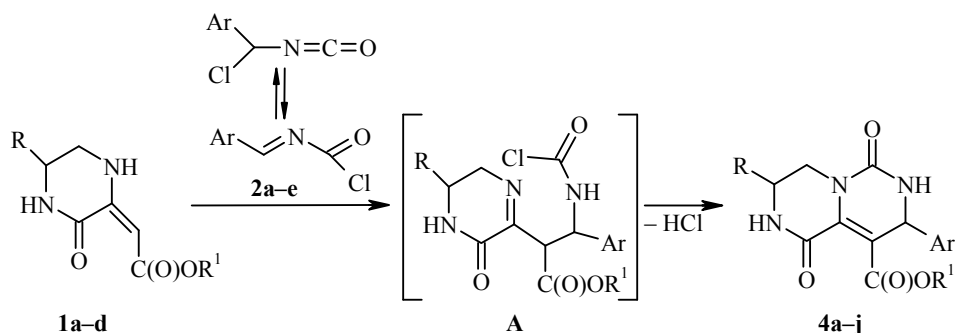
Ключевые слова: 3-алкоксикарбонилметилиденпиперазин-2-оны, 1-арил-2,2,2-трифторэтилизотиоцианаты, α -хлорбензилизотиоцианаты, эфиры пиразино[1,2-*c*]пиримидин-9-карбонической кислоты, циклоконденсация.

Гетероциклическая система пиразино[1,2-*c*]пиримидина характеризуется выраженными фармакологическими свойствами. В частности, 2-метил-7-этилоктагидро-6*H*-пиразино[1,2-*c*]пиримидин-6-он является активным веществом известного антифиляриального препарата Центперазина (Centperazine) [1, 2]. Кроме этого, среди замещенных октагидропиразино[1,2-*c*]пиримидинов найдены соединения с высокой анальгетической, противовоспалительной и противоанорексической активностью [3]. Недавно [4] ряд 1,6,8-триоксопергидропиразинопиримидинов был предложен в качестве новых высокофункционализированных исходных для пептидомиметиков. Следует отметить, что описанные в литературе [1, 2, 5–7] методы получения производных пиразино[1,2-*c*]пиримидина являются трудоёмкими, многостадийными и, как правило, приводят к целевым продуктам с невысокими выходами.

С целью разработать эффективный метод синтеза полифункциональных пиразино[1,2-*c*]пиримидинов как важных исходных для рационального поиска биоактивных соединений нами предложен удобный подход синтеза новых производных пиразино[1,2-*c*]пиримидин-9-карбонической кислоты. Подход основан на ранее [8–10] апробированном принципе формирования пиримидинового цикла конденсаций [–C=C–N–]-бинуклеофильных и [–C–N=C–]-бизлектрофильных реагентов по приведенной ниже схеме. В качестве первых для данной цели были выбраны препаративно доступные [11–13] 3-алкоксикарбонилметилиденпиперазин-2-оны **1a–d**, а вторых – α -хлоралкилизотиоцианаты **2a–e**, **3a–c**.

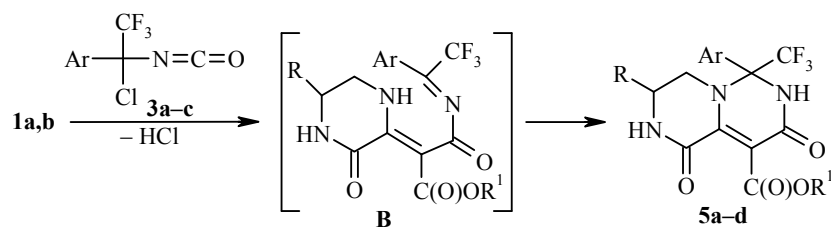
Найдено, что кипячение метилидензамещенных пиперазин-2-онов **1a–d** с α -хлорбензилизотиоцианатами **2a–e** в хлористом метиле сопровождается образованием алкильных эфиров 8-арил-1,6-диоксо-1,3,4,6,7,8-гексагидро-2*H*-пиразино[1,2-*c*]пиримидин-9-карбонической кислоты **4a–j** с хорошими выходами (табл. 1). Наиболее вероятно, что данная реакция протекает путём первоначального присоединения нуклеофильного углеродного атома экзоциклической алкоксикарбонилметилденной группы соединений

1a–d к C=N связи *N*-хлорформилиминной формы [14] изоцианатов **2a–e** по диаздиеновому механизму [15] с образованием интермедиатов **A**, которые затем циклизируются в целевые соединения **4a–j**.



1a, 4a–e R = H, R¹ = Me; **1b, 4f–h** R = H, R¹ = Et; **1c, 4i** R = R¹ = Me; **1d, 4j** R = Me, R¹ = Et;
2a, 4a,i Ar = Ph; **2b, 4b,f** Ar = 2-FC₆H₄; **2c, 4c,g,j** Ar = 3-BrC₆H₄; **2d, 4d** Ar = 4-NO₂C₆H₄;
2e, 4e,h Ar = 3,4-Cl₂C₆H₃

При исследовании взаимодействия пиперазин-2-онов **1a,b** с 1-арил-2,2,2-трифторэтилизоцианатами **3a–c** был получен качественно иной результат. Так, кипячение реагентов в толуоле приводит к эфирам 6-арил-1,8-диоксо-6-трифторметил-1,3,4,6,7,8-гексагидро-2*H*-пиразино[1,2-*c*]пиримидин-9-карбоновой кислоты **5a–d**. С учетом ранее [16] выявленных закономерностей взаимодействия изоцианатов типа **3a–c** с *N*-замещенными аминокротонатами можно достоверно предположить, что в данном случае происходит *S*-карбамоилирование енаминного фрагмента соединений **1a,b** с образованием промежуточных продуктов *N*-алкилиденкарбамоильного строения **B**, склонных при повышенной температуре к циклизации в продукты **5a–d**. Такая схема подтверждается существенным снижением выходов соединений **5b** (Ar = 4-MeC₆H₄) и **5c** (Ar = Ph), что обусловлено уменьшением электрофильности азометиновой связи в интермедиатах **B**, за счет влияния указанных донорных арильных заместителей.



5a,b R = H, R¹ = Me; **5c,d** R = H, R¹ = Et;
3a, 5c Ar = Ph; **3b, 5a,d** Ar = 4-FC₆H₄; **3c, 5b** Ar = 4-MeC₆H₄

Состав и структура синтезированных соединений подтверждены данными элементного анализа, хромато-масс-спектров, ИК, ЯМР ¹H и ¹³C спектров. В случае соединений **4a–j** образование частично гидрированного пиридинового цикла проявляется наличием в спектрах ЯМР ¹H дублетов протонов Н-7 и Н-8 в диапазонах 7.82–8.09 и 5.07–5.33 м. д. с КССВ 2.0–2.2 Гц, а в спектрах ЯМР ¹³C – сигналов атомов С-8 в диапазоне 50–56 м. д. (табл. 2).

Характеристики соединений 4a–j, 5a–d

Соединение	Брутто-формула	Найдено, % Вычислено, %			[M + H] ⁺	Т. пл., °С	Выход, %
		C	H	N			
4a	C ₁₅ H ₁₅ N ₃ O ₄	<u>59.44</u>	<u>5.16</u>	<u>14.09</u>	302	290–292	72
		59.80	5.02	13.95			
4b	C ₁₅ H ₁₄ FN ₃ O ₄	<u>56.21</u>	<u>4.48</u>	<u>12.94</u>	320	268–270	80
		56.43	4.42	13.16			
4c	C ₁₅ H ₁₄ BrN ₃ O ₄	<u>47.72</u>	<u>3.58</u>	<u>11.26</u>	381	263–265	78
		47.39	3.71	11.05			
4d	C ₁₅ H ₁₄ N ₄ O ₆	<u>52.29</u>	<u>3.96</u>	<u>16.30</u>	347	280–282	73
		52.03	4.07	16.18			
4e	C ₁₅ H ₁₃ Cl ₂ N ₃ O ₄	<u>48.91</u>	<u>3.67</u>	<u>11.52</u>	370	288–290	70
		48.67	3.54	11.35			
4f	C ₁₆ H ₁₆ FN ₃ O ₄	<u>57.84</u>	<u>4.78</u>	<u>12.77</u>	334	263–265	71
		57.66	4.84	12.61			
4g	C ₁₆ H ₁₆ BrN ₃ O ₄	<u>48.51</u>	<u>3.96</u>	<u>10.86</u>	395	273–275	65
		48.75	4.09	10.66			
4h	C ₁₆ H ₁₅ Cl ₂ N ₃ O ₄	<u>50.31</u>	<u>4.05</u>	<u>11.11</u>	384	260–262	63
		50.02	3.94	10.94			
4i	C ₁₆ H ₁₇ N ₃ O ₄	<u>61.17</u>	<u>5.36</u>	<u>13.09</u>	316	> 300	65
		60.94	5.43	13.33			
4j	C ₁₇ H ₁₈ BrN ₃ O ₄	<u>49.81</u>	<u>4.53</u>	<u>10.16</u>	409	282–284	69
		50.02	4.44	10.29			
5a	C ₁₆ H ₁₃ F ₄ N ₃ O ₄	<u>49.38</u>	<u>3.54</u>	<u>11.01</u>	388	> 300	56
		49.62	3.38	10.85			
5b	C ₁₇ H ₁₆ F ₃ N ₃ O ₄	<u>53.09</u>	<u>4.35</u>	<u>10.83</u>	384	280–282	39
		53.27	4.21	10.96			
5c	C ₁₇ H ₁₆ F ₃ N ₃ O ₄	<u>53.48</u>	<u>4.14</u>	<u>11.05</u>	384	285–287	45
		53.27	4.21	10.96			
5d	C ₁₇ H ₁₅ F ₄ N ₃ O ₄	<u>50.61</u>	<u>3.64</u>	<u>10.61</u>	402	288–290	62
		50.88	3.77	10.47			

В свою очередь, в спектрах ЯМР ¹N соединений **4i,j** с двумя асимметрическими углеродными центрами (атомы C-3 и C-8) наблюдается раздвоение сигналов протонов практически всех заместителей, что свидетельствует об их существовании в виде смеси двух диастереомеров в примерно одинаковом соотношении.

В ИК спектрах соединений **4a–j** в твердом состоянии (таблетки KBr) в области поглощения групп C=O имеется три набора полос: группы C(O)OR¹, NHC(O) и NC(O)NH (табл. 3). Две последние полосы сильно перекрываются друг с другом, и низкочастотная проявляется в виде плеча на высокочастотной. Область поглощения групп NH характеризуется двумя наборами полос. В растворе CH₂Cl₂ в области поглощения групп C=O наблюдается исчезновение низкочастотной полосы, в то время как средне- и высокочастотные полосы остаются неизменными. В области поглощения групп NH исчезают полосы, характерные для твердого состояния и появляется новая полоса в интервале 3410–3415 см⁻¹. С большой долей вероятности это позволяет предположить, что в твердом состоянии исследуемые соединения существуют в виде ассоциатов,

Спектры ЯМР ^1H соединений **4a–j**, **5a–d***

Соединение	Химические сдвиги, δ , м. д. (J , Гц)
4a	3.36–3.48 (3H, м, CH ₂ , CH); 3.50 (3H, с, CH ₃); 3.76–3.83 (1H, м, CH); 5.07 (1H, д, $J = 2.1$, H-8); 7.24–7.35 (5H, м, H Ar); 7.82 (1H, д, $J = 2.1$, H-7); 8.49 (1H, с, H-2)
4b	3.34–3.44 (3H, м, CH ₂ , CH); 3.47 (3H, с, CH ₃); 3.78–3.84 (1H, м, CH); 5.33 (1H, д, $J = 2.2$, H-8); 7.08–7.32 (4H, м, H Ar); 7.76 (1H, д, $J = 2.2$, H-7); 8.49 (1H, с, H-2)
4c	3.32–3.44 (3H, м, CH ₂ , CH); 3.50 (3H, с, CH ₃); 3.75–3.81 (1H, м, CH); 5.11 (1H, д, $J = 2.1$, H-8); 7.22–7.48 (4H, м, H Ar); 7.90 (1H, д, $J = 2.1$, H-7); 8.54 (1H, с, H-2)
4d	3.36–3.47 (3H, м, CH ₂ , CH); 3.49 (3H, с, CH ₃); 3.79–3.86 (1H, м, CH); 5.25 (1H, д, $J = 2.2$, H-8); 7.54 (2H, д, $J = 9.0$, H Ar); 8.09 (1H, д, $J = 2.2$, H-7); 8.20 (2H, д, $J = 9.0$, H Ar); 8.55 (1H, с, H-2)
4e	3.34–3.49 (3H, м, CH ₂ , CH); 3.50 (3H, с, CH ₃); 3.76–3.82 (1H, м, CH); 5.12 (1H, д, $J = 2.1$, H-8); 7.24–7.28 (1H, м, H Ar); 7.45 (1H, д, $J = 2.4$, H Ar); 7.55 (1H, д, $J = 7.6$, H Ar); 7.91 (1H, д, $J = 2.1$, H-7); 8.54 (1H, с, H-2)
4f	0.99 (3H, т, $J = 7.0$, CH ₃); 3.33–3.48 (3H, м) и 3.81–3.97 (3H, м, 3CH ₂); 5.36 (1H, д, $J = 2.0$, H-8); 7.21–7.37 (4H, м, H Ar); 7.83 (1H, д, $J = 2.0$ Гц, H-7); 8.54 (1H, с, H-2)
4g	1.05 (3H, т, $J = 7.5$, CH ₃); 3.26–3.32 (3H, м, CH ₂ , CH); 3.76–3.96 (3H, м, CH ₂ O, CH); 5.09 (1H, д, $J = 2.1$, H-8); 7.28–7.47 (4H, м, H Ar); 7.86 (1H, д, $J = 2.1$, H-7); 8.51 (1H, с, H-2)
4h	1.02 (3H, т, $J = 7.0$, CH ₃); 3.37–3.47 (3H, м, CH ₂ , CH); 3.75–3.98 (3H, м, CH ₂ O, CH); 5.19 (1H, д, $J = 2.1$, H-8); 7.30 (1H, д, $J = 8.0$, H Ar); 7.52 (1H, с, H Ar); 7.64 (1H, д, $J = 8.0$, H Ar); 7.95 (1H, д, $J = 2.1$, H-7); 8.57 (1H, с, H-2)
4i	1.11–1.18 (3H, м, CH ₃); 2.78–2.98 (1H, м, CH); 3.57 и 3.60 (3H, два с, CH ₃ O); 3.62–3.85 (2H, м, CH ₂); 5.07 и 5.12 (1H, два д, $J = 2.0$, H-8); 7.24–7.37 (5H, м, H Ar); 7.82 и 7.86 (1H, два д, $J = 2.0$, H-7); 8.55 (1H, с, H-2)
4j	1.02–1.08 (3H, м, CH ₃); 1.16–1.19 (3H, м, CH ₃); 2.86–3.01 (1H, м) и 3.59–3.92 (4H, м, CH, CH ₂ , CH ₂ O); 5.05 и 5.11 (1H, два д, $J = 2.0$, H-8); 7.28–7.45 (4H, м, H Ar); 7.87 и 7.90 (1H, два д, $J = 2.0$, H-7); 8.56 (1H, с, H-2)
5a	2.86–3.34 (4H, м, CH ₂); 3.59 (3H, с, CH ₃ O); 7.34–4.41 (2H, м, H Ar); 7.70–7.75 (2H, м, H Ar); 8.80 (1H, с, NH); 8.99 (1H, с, NH)
5b	2.37 (3H, с, CH ₃); 2.84–3.28 (4H, м, CH ₂); 3.60 (3H, с, CH ₃ O); 7.30 (2H, д, $J = 7.2$, H Ar); 7.52 (2H, д, $J = 7.2$, H Ar); 8.70 (1H, с, NH); 8.83 (1H, с, NH)
5c	1.24 (3H, т, $J = 6.5$, CH ₃); 2.84–3.32 (4H, м, CH ₂); 4.08 (2H, к, $J = 6.5$, CH ₂ O); 7.36–7.42 (2H, м, H Ar); 7.64–7.70 (3H, м, H Ar); 8.72 (1H, с, NH); 8.90 (1H, с, NH)
5d	1.25 (3H, т, $J = 6.5$, CH ₃); 2.88–3.35 (4H, м, CH ₂); 4.10 (2H, к, $J = 6.5$, CH ₂ O); 7.29–7.35 (2H, м, H Ar); 7.71–7.74 (2H, м, H Ar); 8.70 (1H, с, NH); 8.90 (1H, с, NH)

*Спектры ЯМР ^{19}F , δ , м. д.: **5a** –111.49 (1F, с, 4-FC₆H₄), –75.49 (3F, с, CF₃); **5b** –74.50 (3F, с, CF₃); **5c** –74.99 (3F, с, CF₃); **5d** –111.07 (1F, с, 4-FC₆H₄), –75.02 (3F, с, CF₃).

в которых участвуют обе группы NHC(O). Причем карбамоильная группа пиазинового цикла связана в ассоциате с карбамоильной группой другой молекулы, а группа NHC(O) уреидного фрагмента пиазинового цикла – также с уреидным фрагментом другой молекулы.

Образование производных 1,8-диоксипиазино[1,2-с]пиаимидин-9-карбоновой кислоты **5a–d** согласуется с данными спектров ЯМР ^{19}F , в которых наличие сигналов атомов фтора группы CF₃ указывает на ее находке-

ние в аминальном фрагменте N–C(CF₃)Ar–NH [16, 17]. В спектрах ЯМР ¹³C сигналы атомов C-6 фиксируются кваттетом, что подтверждает их тетракоординированный характер[18].

Таким образом, региоселективные циклоконденсации 3-алкоксикарбонилметилиденпиперазин-2-онов с хлорбензилизотиоцианатами представляют собой удобный метод синтеза структурно родственных эфиров 1,6-диоксо- и 1,8-диоксопиразино[1,2-с]пиримидин-9-карбоновых кислот – перспективных объектов для дальнейших химических и биологических исследований.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры записаны на приборе UR-20 в таблетках KBr и CH₂Cl₂. Спектры ЯМР ¹H и ¹³C – на спектрометре Bruker Avance DRX-500 (500 и 125 МГц соответственно), в растворе DMSO-d₆, внутренний стандарт – ТМС. Спектры ЯМР ¹⁹F получены на спектрометре Varian Gemini-2000 (188 МГц), в растворе DMSO-d₆, внутренний стандарт CCl₃F. Хромато-масс-спектры получены на приборе Agilent 1100 Series, оборудованном масс-селективным детектором Agilent LC\MSDSL. Колонка Zorbax SB-C18, 1.8 μm, 4.6×15 мм. Метод ионизации – химическая ионизация при атмосферном давлении.

3-Алкоксикарбонилметилиденпиперазин-2-оны **1a–d** синтезированы по методу [11]. α-Хлорбензилизотиоцианаты **2a–e** и 1-арил-2,2,2-трифтор-1-хлорэтилизотиоцианаты **3a–c** получены по методикам [9] и [19], соответственно.

Алкильные эфиры **8-арил-1,6-диоксо-1,3,4,6,7,8-гексагидро-2H-пиразино[1,2-с]пиримидин-9-карбоновой кислоты 4a–j**. К раствору 2.0 ммоль соответствующего пиперазина **1** в 20 мл CH₂Cl₂ прибавляют 2.0 ммоль изоцианата **2** в 5 мл CH₂Cl₂ и кипятят 1.5 ч. Реакционную смесь охлаждают, осадок отфильтровывают, сушат и кристаллизуют из этанола.

Таблица 3

ИК спектры соединений **4a–j**, **5a–d**

Соединение	ν, см ⁻¹				
	NHC(O)	NHC(O)	C(O)OR ¹	N–H	
	KBr			KBr	CH ₂ Cl ₂
4a	1677	1689	1725	3080, 3210	3410
4b	1677	1689	1729	3079, 3205	3412
4c	1685	1695	1730	3085, 3210	3414
4d	1677	1687	1722	3080, 3210	3412
4e	1675	1687	1725	3070, 3200	3415
4f	1679	1690	1726	3080, 3210	3412
4g	1686	1693	1730	3085, 3210	3414
4h	1677	1688	1723	3080, 3215	3415
4i	1680	1690	1725	3080, 3210	3410
4j	1685	1695	1728	3080, 3210	3412
5a	1645	1680	1720	3130, 3220	
5b	1640	1670	1720	3115, 3220	
5c	1645	1675	1720	3120, 3230	
5d	1640	1675	1725	3125, 3220	

Спектры ЯМР ^{13}C соединений 4a–h, 5a–d

Соединение	Химические сдвиги, δ , м. д. (J , Гц)										
	CH_3	C-3,4	CH_2O	C-8	C-9	CF_3	C_{Ar}	C-9a	C-6	C(O)O	C-1
4a	52.3	38.6; 40.6	–	55.8	112.5	–	127.1; 128.6; 129.2; 131.0	142.1	151.9	159.2	167.7
4b	52.3	38.6; 41.0	–	50.4	111.0	–	116.0; 125.4; 129.0; 129.1; 130.7; 159.7 (д, $J_{\text{C-F}} = 244.5$)	151.8	159.1	160.9	167.3
4c	52.4	38.6; 40.8	–	55.1	111.6	–	122.3; 126.3; 128.0; 130.0; 131.0; 131.4	144.7	151.7	159.0	167.5
4d	54.5	38.1; 41.1	–	51.9	110.6	–	123.8; 128.0; 131.2; 147.2	148.6	151.1	158.4	166.8
4e	54.6	38.6; 40.8	–	52.4	111.2	–	127.6; 129.4; 131.2; 131.4; 131.5; 131.6	143.1	151.6	158.9	167.4
4f	13.47	38.2; 41.1	60.3	50.0	111.0	–	115.4; 124.8; 128.6; 130.0; 130.1; 159.4 (д, $J_{\text{C-F}} = 246.5$)	130.2	151.3	158.5	166.7
4g	14.04	38.6; 41.1	60.8	55.4	112.2	–	122.2; 126.3; 130.0; 130.7; 131.3; 131.4	144.6	151.7	158.9	166.9
4h	13.48	37.8; 40.7	60.3	54.3	111.1	–	127.2; 128.9; 130.4; 130.6; 130.8; 131.0	142.5	151.1	158.3	166.2
5a	51.6	38.2; 43.5	–	157.9	102.8	124.6 (к, $J = 296.8$)	115.8 (л, $J_{\text{C-F}} = 22.6$); 130.3; 130.8; 62.6 (д, $J_{\text{C-F}} = 251.2$)	142.0	78.2 (к, $J = 29.2$)	160.1	165.2
5b	51.1	38.2; 43.4	–	157.7	102.8	124.3 (к, $J = 298.1$)	127.8; 129.1; 131.6; 139.5	141.6	78.2 (к, $J = 29.6$)	159.9	164.9
5c	13.41	38.2; 43.4	59.9	157.7	103.2	124.8 (к, $J = 298.1$)	127.3; 128.5; 129.9; 134.6	141.4	78.4 (к, $J = 30.2$)	159.9	164.4
5d	13.47	38.2; 43.4	59.9	157.7	103.8	124.8 (к, $J = 296.8$)	115.7 (л, $J_{\text{C-F}} = 21.4$); 130.2; 130.8; 62.6 (д, $J_{\text{C-F}} = 249.0$)	141.5	77.9 (к, $J = 30.2$)	160.0	164.4

Алкильные эфиры 6-арил-1,8-диоксо-6-трифторметил-1,3,4,6,7,8-гексагидро-2*H*-пиразино[1,2-*c*]пиримидин-9-карбоновой кислоты (5a-d). К раствору 2.0 ммоль соответствующего пиперазина **1** в 15 мл толуола прибавляют 2.0 ммоль соответствующего изоцианата **3** в 5 мл толуола и кипятят 9 ч. Реакционную смесь охлаждают, осадок отфильтровывают, сушат и кристаллизуют из этанола.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. D. P. Sahu, *Indian J. Chem.*, **37B**, 1149 (1998).
2. S. Sengupta, D. P. Sahu, S. K. Chatterjee, *Liebigs Ann. Chem.*, 437 (1993).
3. B. Anders, K. Konrad, K. Bengt, A. Sigvard, A. Lisbeth, S. E. H. Hernestam, Pat. Appl. DE19772837089; *Chem. Abstr.*, **90**, 204134 (1979).
4. S. Herrero, A. Salgado, M. T. Garcia-Lopes, R. Herrant, *Tetrahedron Lett.*, **43**, 4899 (2002).
5. N. Anand, R. K. Chatterjee, R. N. Iyer, R. Sakena, A. B. Sen, Pat. Appl. US19713560503; *Chem. Abstr.*, **74**, 141845 (1979).
6. N. Anand, R. Sakena, R. K. Chatterjee, R. N. Iyer, A. B. Sen, Pat. Appl. GB19721284582; *Chem. Abstr.*, **77**, 152226 (1972).
7. S. Sharma, R. Bindra, R. N. Iyer, N. Anand, *J. Med. Chem.*, **18**, 913 (1975).
8. М. В. Вовк, В. А. Сукач, *ЖОрХ*, **41**, 1261 (2005).
9. V. A. Sukach, A. V. Bol'but, A. D. Sinitsa, M. V. Vovk, *Synlett*, 375 (2006).
10. М. В. Вовк, О. В. Кушнир, В. А. Сукач, И. Ф. Цымбал, *ЖОрХ*, **46**, 716 (2010).
11. V. Y. Iwanami, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **44**, 1311 (1971).
12. J. Toman, J. Klichar, V. Machacek, *Collect. Czech. Chem. Commun.*, **43**, 2179 (1978).
13. M.-J. Fan, G.-Q. Li, Y.-M. Liang, *Tetrahedron*, **62**, 6782 (2006).
14. V. I. Gorbatenko, L. I. Samarai, *Synthesis*, 85 (1980).
15. L. Ambroise, D. Desmaele, J. d'Angelo, *Tetrahedron Lett.*, **35**, 9705 (1994).
16. М. В. Вовк, В. В. Пироженко, *XГС*, 96 (1994) [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **30**, 85 (1994)].
17. М. В. Вовк, П. С. Лебедь, В. А. Сукач, М. Ю. Корнилов, *ЖОрХ*, **39**, 1852 (2003).
18. О. В. Кушнир, В. А. Сукач, М. В. Вовк, *ЖОрХ*, **45**, 768 (2009).
19. В. Н. Фетюхин, А. С. Корецкий, В. И. Горбатенко, Л. И. Самарай, *ЖОрХ*, **13**, 271 (1977).

Институт органической химии НАН Украины,
ул. Мурманская, 5, Киев 02094, Украина
e-mail: mvovk@i.com.ua

Поступило 12.04.2011

^aЧерновицкий национальный
университет им. Ю. Федьковича,
ул. Коцюбинского, 2, Черновцы 58012, Украина
e-mail: oleg_kushn@ukr.net