

ТРЕХКОМПОНЕНТНЫЙ СИНТЕЗ АЛКИЛЗАМЕЩЕННЫХ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ 4Н-ТИОПИРАНОВ, 1,2- И 1,4-ДИГИДРОПИРИДИНОВ, 2-АЛКИЛСУЛЬФАНИЛПИРИДИНОВ, ТИЕНО[2,3-*b*]ПИРИДИНОВ И ЦИКЛОГЕКСА-1,3-ДИЕНА

© И. В. Дяченко, Е. Н. Карпов, В. Д. Дяченко*

Луганский национальный университет имени Т. Шевченко
Украина, 91011, Луганск, ул. Оборонная, 2; e-mail: dyachvd@mail.ru

*Трехкомпонентной конденсацией алифатических альдегидов с СН-кислотами синтезированы алкилзамещенные функционализированные 4Н-тиопираны, 1,2- и 1,4-дигидропиридины, 2-алкилсульфанилпиридины, тиено[2,3-*b*]пиридины и циклогекса-1,3-диен.*

Ключевые слова: алифатические альдегиды, СН-кислоты, 4Н-тиопираны, 1,4-дигидропиридины, тиено[2,3-*b*]пиридины, циклогекса-1,3-диен.

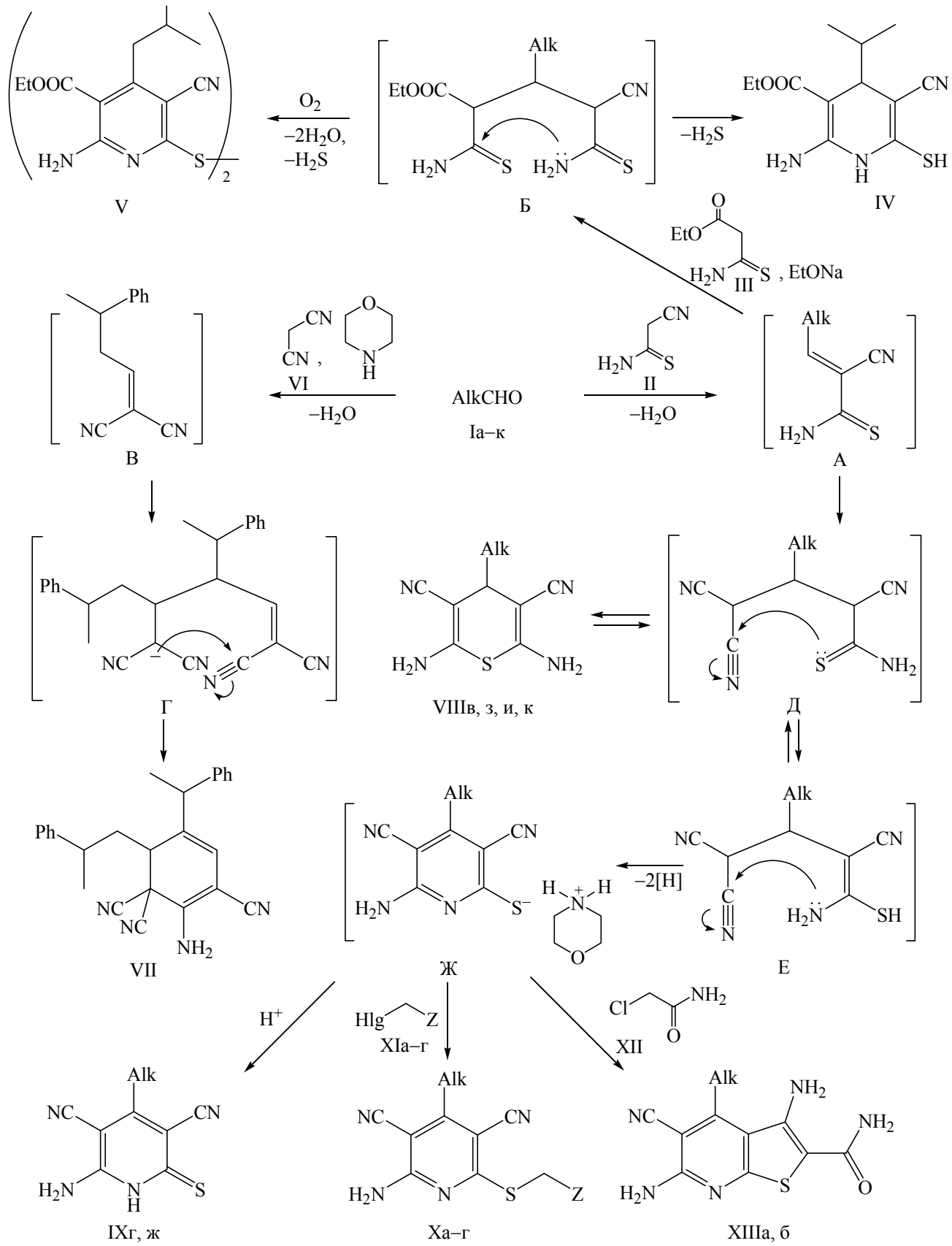
Многокомпонентный синтез гетероциклических соединений в настоящее время приобретает все большую практическую значимость [1–3]. Особенно эта методология актуальна для получения малоизученных алкилзамещенных карбо- и гетероциклических соединений из алифатических альдегидов, так как последние, в отличие от их ароматических аналогов, характеризуются высокой токсичностью, легкой воспламеняемостью и способностью изомеризоваться и димеризоваться [4].

В продолжение исследований в области синтеза алкилзамещенных карбо- и гетероциклических соединений методом многокомпонентной конденсации [5–7] мы изучили новые варианты трехкомпонентного взаимодействия алифатических альдегидов (Ia–к) с различными СН-кислотами и органическими основаниями в условиях реакции Кнёвенагеля. Обнаружено, что при конденсации алифатических альдегидов (Ia, б) с цианотиоацетамидом (II) и этил-3-амино-3-тиоксопропаноатом (III) в абсолютном этаноле при 20°C в присутствии этилата натрия образуются этил-2-амино-4-изопропил-6-меркапто-5-циано-3-карбоксилат (IV) и диэтил-6,6'-дисульфандиилбис(2-амино-4-изобутил-5-цианоникотинат) (V). По-видимому, первоначально образуется алкен (А), к которому затем присоединяется СН-кислота (III). Образованный таким образом аддукт (Б) внутримолекулярно хемоселективно циклизуется с эмилинированием сероводорода при Alk = (Me)₂CH в замещенный 1,4-ди-

гидропиридин (IV). При Alk = (Me)₂CHCH₂ реакция не останавливается на стадии образования соответствующего 1,4-дигидропиридина (IV) в результате легкого окисления, по-видимому, кислородом воздуха меркаптогруппы до органического дисульфида (V). Кроме того, в условиях реакции осуществляется и ароматизация дигидропиридинового ядра.

При введении в конденсацию Кнёвенагеля 2-фенилпропионового альдегида (Iв) и малонитрила (VI) в присутствии морфолина в качестве катализатора образуется алкен (В), способный в условиях реакции к димеризации по типу реакции Михаэля. Аддукт (Г) затем внутримолекулярно циклизуется в замещенный 1,3-циклогексадиен (VII).

Трехкомпонентная конденсация алифатических альдегидов (I) с цианотиоацетамидом (II) и малонитрилом (VI) в присутствии морфолина в абсолютном этаноле при 20°C заканчивается образованием 4-алкил-2,6-диамино-3,5-дициано-4Н-тиопиранов (VIIIв, з, и, к). В то же время, проведение данной реакции в кипящем этаноле позволяет синтезировать 4-алкилзамещенные 6-амино-2-тиоксо-3,5-дициано-1,2-дигидропиридины (IXг, ж), что характерно для подобных конденсаций с участием ароматических альдегидов [8–10]. Тиопираны (VIII) – продукты кинетического контроля – рециклируются через вероятные интермедиаты (Д, Е) в замещенные пиридин-2-тиолаты морфолиния (Ж), подверженные термодинамическому контролю. В



I, VIII, IX, XIII, Alk = (Me)₂CH (а), (Me)₂CHCH₂ (б), Me(Ph)CH (в), Me(Ph)CHCH₂ (г), циклогекс-2-енил (д), Me(CH₂)₁₀ (е), Ph(CH₂)₂ (ж), Me(CH₂)₆ (з), PhCH₂ (и), Me(CH₂)₅ (к); X, XI, Hlg = Cl, Z = Ph, Alk = циклогекс-2-енил (а); Hlg = Br, Z = 4-ClC₆H₄CO, Alk = Me(CH₂)₁₀ (б); Hlg = Br, Z = 4-NO₂C₆H₄CO, Alk = PhCH₂ (в); Hlg = I, Z = H, Alk = CH₂Ph (г).

кислой среде они стабилизируются в виде пиридинтионов (IX). Подтверждением образования солей (Ж) в ходе данной реакции служит образование тиоэфиров (X) при внесении в реакционную среду алкилгалогенидов (XIа–г), что соответствует общим закономерностям химии пиридинтионов [11–13]. Отметим перспективность соединений (Ха–г) для создания препаратов для лечения воспалительных процессов [14] и сердечнососудистых заболеваний [15].

Внесение в реакционную смесь в качестве алкилирующего агента α -хлорацетамида (XII) и эквивалентного количества 10%-ного водного раствора KOH приводит к образованию новых 4-алкилзамещенных тиено[2,3-*b*]пиридинов (XIIIа, б) – потенциальных препаратов для лечения вирусных [16, 17] и опухолевых [18, 19] заболеваний. По-видимому, интермедиатами в процессе синтеза являются соответствующие тиоэфиры типа (X), внутримолекулярно циклизующиеся в щелочной среде в соединения (XIII). Именно 2-алкилтио-3-цианопиридины являются удобными исходными

реагентами для получения тиено[2,3-*b*]пиридинов [20].

Спектральные и физико-химические характеристики синтезированных соединений приведены в табл. 1, 2). Так, в ИК спектрах полученных соединений присутствуют характеристические полосы поглощения валентных колебаний функциональных групп NH₂, C≡N и C=O при 3099–3450, 1706–1724, 2172–2252 см⁻¹ соответственно. Хромато-масс-спектры характеризуются присутствием пика молекулярного иона [M + 1]⁺. Отметим, что в масс-спектре соединения (IXж), помимо пика молекулярного иона и пиков других фрагментов молекулы, присутствует также пик иона [M + 2]⁺, подтверждающий наличие одного атома серы в молекуле [21]. Спектры ЯМР ¹H содержат сигналы всех атомов водорода в характерных областях с типичным расщеплением. В спектрах соединений (Ха–г) наблюдается сигнал протонов группы SCH₂, отсутствующий в спектрах тиенопиридинов (XIIIа, б). Вместо него появляется сигнал протонов группы C³NH₂ (табл. 2).

Таблица 1

Выходы, температуры плавления и данные элементного анализа соединений (IV, V, VII, VIIIв, з, и, к, IXг, ж, Ха–г, XIIIа, б)

№	Выход, %	Т. пл., °С	Найдено, %			Формула	Вычислено, %		
			С	Н	N		С	Н	N
IV	65	197–199 (EtOH)	53.84	6.29	15.65	C ₁₂ H ₁₇ N ₃ O ₂ S	53.91	6.41	15.72
V	69	263–265 (AcOH)	55.98	5.63	14.92	C ₂₆ H ₃₂ N ₆ O ₄ S ₂	56.10	5.79	15.10
VII	72	218–220 (PrOH)	79.44	6.02	14.15	C ₂₆ H ₂₄ N ₄	79.48	6.22	14.30
VIIIв	80	206–208 (EtOH)	63.72	4.89	19.76	C ₁₅ H ₁₄ N ₄ S	63.81	5.00	19.84
VIIIз	75	165–167 (EtOH)	60.70	7.15	20.12	C ₁₄ H ₂₀ N ₄ S	60.84	7.29	20.27
VIIIи	77	183–185 (EtOH)	62.58	4.43	20.76	C ₁₄ H ₁₂ N ₄ S	62.66	4.51	20.88
VIIIк	70	159–161 (PrOH)	57.84	6.60	20.71	C ₁₃ H ₁₈ N ₄ S	57.97	6.74	20.80
IXг	66	233–235 (EtOH)	65.19	4.68	18.95	C ₁₆ H ₁₄ N ₄ S	65.28	4.79	19.03
IXж	68	118–120 (MeOH)	64.18	4.21	19.86	C ₁₅ H ₁₂ N ₄ S	64.26	4.32	19.98
Ха ^а	71	162–163 (AcOH)	69.28	5.18	16.02	C ₂₀ H ₁₈ N ₄ S	69.34	5.24	16.17
Хб	89	188–190 (AcOH)	64.58	6.32	11.49	C ₂₆ H ₃₁ ClN ₄ OS	64.65	6.47	11.60
Хв	73	203–205 (BuOH)	61.48	3.46	16.22	C ₂₂ H ₁₅ N ₅ O ₃ S	61.53	3.52	16.31
Хг	82	241–243 (AcOH)	64.11	4.22	19.86	C ₁₅ H ₁₂ N ₄ S	64.26	4.31	19.98
XIIIа ^б	78	281–282 (AcOH)	52.26	4.68	25.30	C ₁₂ H ₁₃ N ₅ OS	52.35	4.76	25.44
XIIIб ^а	65	289–290 (BuOH)	53.86	5.15	24.03	C ₁₃ H ₁₅ N ₅ OS	53.96	5.23	24.20

Примечания. а) Флуоресцирует при УФ облучении. б) Сублимируется при 200°С.

Таблица 2

Параметры ИК и ЯМР ^1H спектров соединений (IV, V, VII, VIIIв, з, и, к, IXг, ж, Ха–г, XIIIа, б)

№	ν , cm^{-1}	δ , м. д. (J , Гц)
IV	3411, 3320, 3312, 3099 (NH, NH ₂), 2172 (C≡N), 1724 (C=O), 1642 [δ (NH ₂)]	0.89 д (6H, 2Me, J 6.6), 1.18 т (3H, CH ₂ CH ₃ , J 7.0), 1.51–1.66 м (1H, CHMe ₂), 3.93 д (1H, C ⁴ H, J 4.3), 4.14 к (2H, OCH ₂ , J 7.0), 6.17 уш. с (2H, NH ₂), 11.71 уш. с (1H, NH); сигнал протона SH не проявляется, по-видимому, вследствие быстрого дейтерообмена
V	3435, 3351, 3221 (NH ₂), 2215 (C≡N), 1706 (C=O), 1632 [δ (NH ₂)]	0.89 д (12H, 4Me, J 6.2), 1.35 т (6H, 2MeCH ₂ , J 6.6), 1.76–1.92 м (2H, 2CHMe ₂), 2.79 д (2H, 2CH ₂ CH, J 6.8), 4.36 к (4H, 2OCH ₂ , J 6.6), 7.20 уш. с (4H, 2NH ₂)
VII	3450, 3340, 3215 (NH ₂), 2252, 2200 (C≡N), 1644 [δ (NH ₂)]	1.19 д (3H, Me, J 6.6), 1.33 д (3H, Me, J 6.5), 1.71–1.83 м (1H, CHMe), 2.18 к (1H, CHMe, J 6.5), 2.87 д (2H, CH ₂ CH, J 6.7), 3.38 т (1H, C ⁶ H, J 6.8), 6.05 с (1H, C ⁴ H), 6.82–6.99 м (2H, Ph), 7.06–7.19 м (3H, Ph), 7.23–7.38 м (3H, Ph), 7.42 т (2H, Ph, J 8.1), 7.55 уш. с (2H, NH ₂)
VIIIв	3444, 3314, 3210 (NH ₂), 2202 (C≡N), 1647 [δ (NH ₂)]	1.28 д (3H, Me, J 6.9), 2.81–3.04 м (1H, CHMe), 3.05 д (1H, C ⁴ H, J 5.8), 6.70 уш. с (2H, NH ₂), 6.85 уш. с (2H, NH ₂), 7.11–7.43 м (5H, Ph)
VIIIз	3440, 3295, 3202 (NH ₂), 2204 (C≡N), 1643 [δ (NH ₂)]	0.86 т (3H, Me, J 7.1), 1.08–1.55 м (10H, 5CH ₂), 2.99 т (1H, C ⁴ H, J 6.9), 6.75 уш. с (4H, 2NH ₂)
VIIIи	3435, 3302, 3215 (NH ₂), 2200 (C≡N), 1642 [δ (NH ₂)]	2.73 д (2H, CH ₂ , J 6.4), 3.38 т (1H, C ⁴ H, J 6.4), 6.75 уш. с (4H, 2NH ₂), 7.02–7.46 м (5H, Ph)
VIIIк	3401, 3333, 3219 (NH ₂), 2199 (C≡N), 1649 [δ (NH ₂)]	1.92 т (3H, Me, J 6.8), 1.18–1.42 м (8H, 4CH ₂), 1.48–1.64 м (2H, CH ₂), 2.93 т (1H, C ⁴ H, J 7.2), 6.53 уш. с (4H, 2NH ₂)
IXг	3418, 3311, 3209 (NH, NH ₂), 2216 (C≡N), 1640 [δ (NH ₂)]	1.31 д (3H, Me, J 7.2), 3.92–3.51 м (1H, CHMe), 3.61–4.01 м (2H, CH ₂), 7.02–7.43 м (5H, Ph), 10.02 уш. с (2H, NH ₂), 11.82 уш. с (1H, NH)
IXж	3402, 3300, 3196 (NH, NH ₂), 2217 (C≡N), 1647 [δ (NH ₂)]	2.71–3.11 м (4H, 2CH ₂), 7.04–7.48 м (5H, Ph), 7.81 уш. с (2H, NH ₂), 12.71 уш. с (1H, NH)
Ха	3446, 3334, 3216 (NH ₂), 2214 (C≡N), 1624 [δ (NH ₂)]	1.65–1.82 м (1H, C ⁶ H, циклогексен), 2.04–2.33 м (5H, циклогексен), 3.01–3.14 м (1H, C ¹ H, циклогексен), 4.45 с (2H, SCH ₂), 5.66–5.79 м (2H, CH=CH), 7.23 д (1H, Ph, J 6.9), 7.29 т (2H, Ph, J 6.9), 7.47 д (2H, Ph, J 7.1), 7.94 уш. с (2H, NH ₂)
Хб	3435, 3312, 3198 (NH ₂), 2219 (C≡N), 1714 (C=O), 1648 [δ (NH ₂)]	0.87 т (3H, Me, J 7.1), 1.06–1.52 м (16H, 8CH ₂), 1.55–1.78 м (2H, CH ₂), 2.72 т (2H, CH ₂ , J 7.7), 4.83 с (2H, SCH ₂), 7.53 д (2H, Ar, J 8.6), 7.64 уш. с (2H, NH ₂), 8.05 д (2H, Ar, J 8.6)
Хв	3430, 3318, 3206 (NH ₂), 2220 (C≡N), 1706 (C=O), 1641 [δ (NH ₂)]	4.11 с (2H, CH ₂), 4.99 с (2H, SCH ₂), 7.16–7.43 м (5H, Ph), 7.81 уш. с (2H, NH ₂), 8.22 д (2H, C ₆ H ₄ , J 8.4), 8.38 д (2H, C ₆ H ₄ , J 8.4)
Хг	3438, 3302, 3190 (NH ₂), 2222 (C≡N), 1643 [δ (NH ₂)]	2.54 с (3H, Me), 4.07 с (2H, CH ₂), 7.14–7.46 м (5H, Ph), 7.96 уш. с (2H, NH ₂)
XIIIа	3398, 3326, 3174 (NH ₂), 2216 (C≡N), 1662 (CONH), 1634 [δ (NH ₂)]	1.02 д (6H, 2Me, J 5.3), 2.08–2.19 м (1H, CHMe ₂), 6.58 с (2H, NH ₂), 6.66 с (2H, NH ₂), 6.75 с (2H, NH ₂)
XIIIб	3390, 3338, 3206 (NH ₂), 2219 (C≡N), 1670 (CONH), 1641 [δ (NH ₂)]	1.12 д (6H, 2Me, J 5.8), 2.06–2.24 м (1H, CHMe ₂), 2.93 д (2H, CH ₂ , J 6.3), 6.58 с (2H, NH ₂), 6.63 с (2H, NH ₂), 6.76 с (2H, NH ₂)

Экспериментальная часть

ИК спектры снимали на спектрофотометре Perkin Elmer Spectrum One в таблетках KBr. Спектры ЯМР ^1H получали на приборе Bruker Avanse II (400.13 МГц) в растворах ДМСО- d_6 с ТМС в качестве внутреннего стандарта. Масс-спектры регист-

рировали на приборе Chrommass GC/MS (Hewlett Packard) 5890/5972 [колонка HP-5 MS (70 эВ)] в растворе CH₂Cl₂ и Kratos MS-890 (70 эВ) с применением прямого ввода вещества в ионный источник [для соединений (VII, IXб, ж, Хб)]. Температуры плавления определяли на блоке Кофлера. Контроль за ходом реакции и чистотой полученных соедине-

ний осуществляли методом ТСХ на пластинках Silufol UV-254, элюент – ацетон–гексан (3:5), проявление парами иода или УФ облучением.

Этил-2-амино-4-изопропил-6-меркапто-5-циано-1,4-дигидропиридин-3-карбоксилат (IV). К раствору 0.91 мл (10 ммоль) изобутирала (Ia) в 15 мл абсолютного этанола при 20°C прибавляли 1.0 г (10 ммоль) цианотиоацетамида (II) и раствор, приготовленный из 0.23 г (10 ммоль) металлического натрия и 15 мл абсолютного этанола. Реакционную смесь перемешивали 5 мин, после чего прибавляли 1.5 г (10 ммоль) СН-кислоты (III), перемешивали 30 мин и оставляли на 48 ч. Затем при перемешивании смесь разбавляли 10%-ной соляной кислотой до pH 5 и выдерживали при комнатной температуре 48 ч. Образовавшийся осадок отфильтровывали, промывали водой, этанолом и гексаном (табл. 1, 2). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 266 (100) [$M - 1$]⁺.

Диэтил-6,6'-дисульфандилбис(2-амино-4-изобутил-5-цианоникотинат) (V) получали аналогично из 1.1 мл (10 ммоль) изовалерианового альдегида (Iб). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 557 (100) [$M + 1$]⁺.

2-Амино-6-(2-фенилпропил)-5-(1-фенилэтил)-циклогекса-2,4-диен-1,1,3-трикарбонитрил (VII). К раствору 1.5 мл (10 ммоль) 3-фенилбутирала (Iг) и 0.66 г (10 ммоль) малонитрила (VI) в 20 мл абсолютного этанола при 20°C прибавляли 3 капли морфолина. Реакционную смесь перемешивали 1 ч и оставляли на 48 ч. Образовавшийся осадок отфильтровывали и промывали этанолом и гексаном. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 394 (5) [$M + 2$]⁺, 393 (18) [$M + 1$]⁺, 392 (39) [M]⁺, 287 (13) [$M - \text{PhCHMe}$]⁺, 246 (12), 232 (11), 143 (18), 131 (10), 118 (32), 106 (49) [PhCH_2Me]⁺, 105 (100) [PhCHMe]⁺, 91 (54) [PhCH_2]⁺, 79 (47) [C_6H_6+1]⁺, 58 (42).

4-Алкил-2,6-диамино-3,5-дициано-4*H*-тиопираны (VIIIв, з, и, к) (общая методика). К смеси 10 ммоль соответствующего альдегида (I) и 1.0 г (10 ммоль) цианотиоацетамида (II) в 20 мл абсолютного этанола при 20°C прибавляли 3 капли морфолина. Смесь перемешивали 1 ч, затем прибавляли 0.66 г (10 ммоль) малонитрила (VI). Полученную смесь перемешивали 30 мин и оставляли на 24 ч. Образовавшийся осадок отфильтровывали и промывали этанолом и гексаном (табл. 1, 2).

2,6-Диамино-4-(1-фенилэтил)-4*H*-тиопиран-3,5-дикарбонитрил (VIIIв). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 283 (100) [$M + 1$]⁺.

2,6-Диамино-4-гептил-4*H*-тиопиран-3,5-дикарбонитрил (VIIIз). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 277 (100) [$M + 1$]⁺.

2,6-Диамино-4-бензил-4*H*-тиопиран-3,5-дикарбонитрил (VIIIи). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 269 (100) [$M + 1$]⁺.

2,6-Диамино-4-гексил-4*H*-тиопиран-3,5-дикарбонитрил (VIIIк). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 270 (100) [$M + 1$]⁺.

4-Алкил-6-амино-2-тиоксо-3,5-дициано-1,2-дигидропиридины (IXг, ж) (общая методика). К смеси 10 ммоль соответствующего альдегида (I) и 1.0 г (10 ммоль) цианотиоацетамида (II) в 20 мл абсолютного этанола при 20°C прибавляли 0.9 мл (10 ммоль) морфолина. Смесь перемешивали 30 мин, затем прибавляли 0.66 г (10 ммоль) малонитрила (VI) и кипятили 1 ч. После остывания до комнатной температуры смесь разбавляли 10%-ной соляной кислотой до pH 5 и оставляли на 48 ч. Образовавшийся осадок отфильтровывали и промывали этанолом и гексаном (табл. 1, 2).

6-Амино-2-тиоксо-4-(2-фенилпропил)-1,2-дигидропиридин-3,5-дикарбонитрил (IXг). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 294 (8) [M]⁺, 234 (11), 178 (9), 105 (100) [$M - \text{PhCHMe}$]⁺, 91 (14) [PhCH_2]⁺, 77 (22) [Ph]⁺, 51 (12), 43 (24).

6-Амино-2-тиоксо-4-(2-фенилэтил)-1,2-дигидропиридин-3,5-дикарбонитрил (IXж). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 282 (4) [$M + 2$]⁺, 281 (6) [$M + 1$]⁺, 280 (29) [M]⁺, 279 (9) [$M - 1$]⁺, 203 (3), 162 (4), 91 (100) [PhCH_2]⁺, 77 (4) [Ph]⁺, 65 (11), 51 (3), 39 (3).

4-Алкил-6-амино-2-алкилсульфанил-3,5-дицианопиридины (Xа-г) получали аналогично с использованием соответствующих алкилгалогенидов (Xа-г) вместо соляной кислоты.

2-Амино-6-бензилсульфанил-4-(циклогекс-3-ен-1-ил)пиридин-3,5-дикарбонитрил (Xа). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 345 (100) [$M - 1$]⁺.

6-Амино-4-ундецил-2-(4-хлорбензоилметилсульфанил)пиридин-3,5-дикарбонитрил (Xб). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 484 (3) [$M + 1$]⁺, 483 (4) [M]⁺, 482 (5) [$M - 1$]⁺, 343 (6), 139 (100), [$4\text{-ClC}_6\text{H}_4\text{CO}$]⁺, 125 (6), 111 (18), 43 (14).

6-Амино-4-бензил-2-(4-нитробензоилметилсульфанил)пиридин-3,5-дикарбонитрил (Xв). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 430 (100) [$M + 1$]⁺.

6-Амино-4-бензил-2-метилсульфанилпиридин-3,5-дикарбонитрил (Xг). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 281 (100) [$M + 1$]⁺.

Замещенные тиено[2,3-*b*]пиридины (XIIIа, б) получали аналогично с использованием 5.6 мл (10 ммоль) 10%-ного водного раствора KOH и 0.94 г (10 ммоль) α-хлорацетамида (XII) вместо соляной кислоты.

3,6-Диамино-4-изопропил-5-цианотиено[2,3-*b*]пиридин-2-карбоксамид (ХIIIа). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 276 (100) [$M + 1$]⁺.

3,6-Диамино-4-изобутил-5-цианотиено[2,3-*b*]пиридин-2-карбоксамид (ХIIIб). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 290 (100) [$M + 1$]⁺.

Список литературы

- [1] Тутце Л., Браше Г., Герике К. Домино-реакции в органическом синтезе. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 671 с.
- [2] Orri R.V.A. Chemistry of Nitrogen Containing Heterocycles CNCH–2012. Kharkiv, 2012. P. L-1.
- [3] Shestopalov A.M., Shestopalov A.A., Rodinovskaya L.A. // Synthesis. 2008. N 1. P. 1.
- [4] Общая органическая химия / Под ред. О.Д. Оллиса. М.: Химия, 1982. 2. С. 488.
- [5] Дяченко В.Д., Чернега А.Н. // ЖОрХ. 2006. Т. 42. Вып. 4. С. 585; Dyachenko V.D., Chernega A.N. // Russ. J. Org. Chem. 2007. Vol. 43. N 4. P. 567. DOI: 10.1134/S1070428006040142.
- [6] Дяченко В.Д. // ЖОХ. 2006. Т. 76. Вып. 2. С. 299; Dyachenko V.D. // Russ. J. Gen. Chem. 2006. Vol. 76. N 2. P. 282. DOI: 10.1134/S1070363206020216.
- [7] Дяченко В.Д., Карпов Е.Н., Феськов И.А. // ЖОХ. 2013. Т. 83. Вып. 9. С. 1496; Dyachenko V.D., Karpov E.N., Feskov I.A. // Russ. J. Gen. Chem. 2013. Vol. 83. N 9. P. 1716. DOI: 10.1134/S1070363213090156.
- [8] Abdel-Latif F.F. // Bull. Chem. Soc. Japan. 1989. Vol. 62. N 11. P. 3768.
- [9] Шаранин Ю.А., Шестопалов А.М., Нестеров В.Н., Меленчук С.Н., Промоненков В.К., Шкловер В.Е., Стручков Ю.Т., Литвинов В.П. // ЖОрХ. 1989. Т. 25. Вып. 6. С. 1323.
- [10] Шаранин Ю.А., Промоненков В.К., Шестопалов А.М., Нестеров В.Н., Меленчук С.Н., Шкловер В.Е., Стручков Ю.Т. // ЖОрХ. 1989. Т. 25. Вып. 3. С. 622.
- [11] Litvinov V.P., Rodinovskaya L.A., Sharanin Yu.A., Shestopalov A.M., Senning A. // Sulfur Rep. 1992. Vol. 13. N 1. P. 1. DOI: 10.1080/01961779208048951.
- [12] Литвинов В.П., Кривоколыско С.Г., Дяченко В.Д. // ХГС. 1999. № 5. С. 579; Litvinov V.P., Krivokolysko S.G., Dyachenko V.D. // Chem. Heterocyclic Compd. 1999. Vol. 35. N 5. P. 509. DOI: 10.1007/BF02324634.
- [13] Литвинов В.П. // Усп. хим. 2006. Т. 75. № 7. С. 645; Litvinov V.P. // Russ. Chem. Rev. 2006. Vol. 75. N 7. P. 577. DOI: 10.1007/BC2006v075n07ABEH003619.
- [14] Morioka M., Tkegami H., Jakiyama M., Hayashi M., Ooike S., Fujino Y., Abe D., Tomozone H. Pat. EP 1876178 (2008) // РЖХим. 2009.09.13–190.80П.
- [15] Nell P., Hubsch W., Albrecht B., Keldenich J. Pat. 102006042143 (2008). Germany // РЖХим. 2009.09.13–190.72П.
- [16] Leistner S., Ludwig A., Reichelt C., Schulze A. Pat. EP 1681292 (2006) // РЖХим. 2007.07.20–190.116П.
- [17] Hussein A.M., Abu-Shanab F.A., Ishak E.A. // Phosphorus, Sulfur, Silicon Relat. Elem. 2000. Vol. 159. N 1. P. 55. DOI: 10.1080/10426500008043650.
- [18] Reichelt C., Ludwig A., Leistner S. Pat. EP 1683799 (2006) // РЖХим. 2007.07.20–190.115П.
- [19] Cywin C.L., Chen Z., Fleck R.W., Hao M.-H., Hickey E., Liu W., Marshall D.R., Nemoto P., Sorcek R.J., Sun S., Wu J.-P., Morwick T., Emeigh J. Pat. US 6964956 (2005) // РЖХим. 2006.06.14–190.69П.
- [20] Литвинов В.П., Доценко В.В., Кривоколыско С.Г. Химия тиенопиридинов и родственных систем. М.: Наука, 2006. 407 с.
- [21] Преч Э., Бюльманн Ф., Афвольтер К. Определение строения органических соединений. М.: Мир, 2006. С. 35.