

В. К. Василин¹, Д. Ю. Лукина¹, Т. А. Строганова¹, Г. Д. Крапивин^{1*}

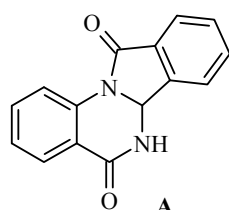
(±)-12b,13-ДИГИДРОПИРИДО[3'',2'':4',5']ТИЕНО-
[3',2':4,5]ПИРИМИДО[2,1-*a*]ИЗОИНДОЛ-6,8-ДИОНЫ:
СИНТЕЗ И СТЕРЕОСТРОЕНИЕ

Показано, что взаимодействие первичных 3-аминотиено[2,3-*b*]пиридин-2-карбоксамидов с *o*-формилбензойной кислотой приводит к 12b,13-дигидропиридо[3'',2'':4',5']-тиено[3',2':4,5]пиримидо[2,1-*a*]изоиндол-6,8-дионам. Методами гетерогенной корреляции ЯМР и рентгеноструктурным анализом доказано, что молекулы полученных соединений имеют линейную двускладчатую стереоструктуру.

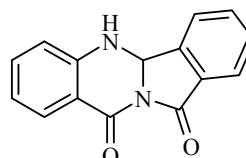
Ключевые слова: 3-аминотиено[2,3-*b*]пиридин-2-карбоксамиды, 12b,13-дигидропиридо[3'',2'':4',5']тиено[3',2':4,5]пиримидо[2,1-*a*]изоиндол-6,8-дионы, *o*-формилбензойная кислота, домино-реакция, молекулярная структура.

Конденсированные изоиндолы обладают широким спектром биологического действия, благодаря чему их исследование является важным направлением развития химии гетероциклических соединений (см., например, обзоры [1–4]). Наиболее известное производное изоиндола – батрацилин (8-аминоизоиндоло[1,2-*b*]хиназолин-12(10*H*)-он) – обладает ярко выраженным действием *in vivo* к новообразованиям, устойчивым к действию таких препаратов, как адриамицин, цисплатин и метотраксат [5, 6]. Обнаружение столь выдающихся свойств у батрацилина вызвало дополнительный интерес к поиску новых биологически активных соединений в ряду производных изоиндола.

Одним из общих методов получения производных изоиндолов является домино-реакция амидов антралиновой кислоты и подобных *o*-аминокарбоксамидов с *o*-формил(ацил)бензойными кислотами или фталевым ангидридом, в ходе которой последовательно формируются два кольца: пиримидиновое и изоиндол-1-оновое. По мнению авторов работ [7–16], как первичные, так и вторичные аминокарбоксамиды с *o*-формил(ацил)бензойными кислотами образуют тетрациклические структуры с одним и тем же ангулярным гетероциклическим скелетом (структура **A**). Линейные *O,O*-*цис*-изомеры **B** практически ни в одной из работ не рассматривались, хотя в реакциях с первичными аминоамидами, в принципе, ничто не мешает их образованию. В нашей недавней работе [17] методом РСА впервые однозначно доказано, что бензопиримидоизоиндолдионы действительно имеют ангулярную структуру *O,O*-*транс*-изомера **A**.



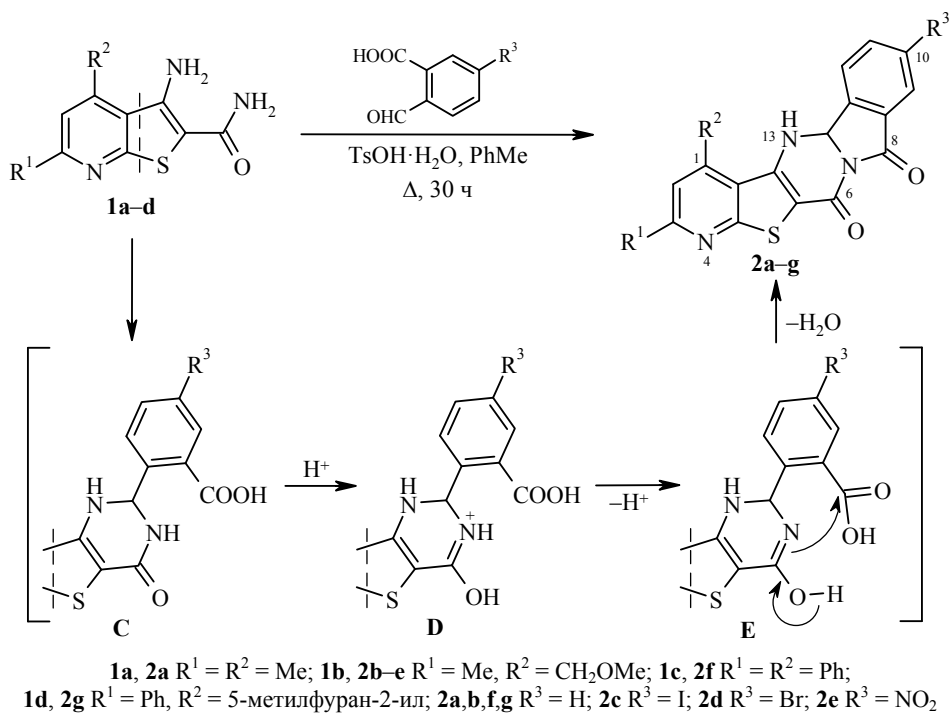
A
O,O-*транс*-изомер



B
O,O-*цис*-изомер

В настоящей работе мы покажем, что первичные 3-аминотиено[2,3-*b*]-пиридинкарбоксамиды **1a–d** в реакции с *o*-формилбензойными кислотами образуют исключительно линейные структуры с *O,O*-*цис*-строением пиридо-тиенопиримидоизоиндольного кора.

При кипячении эквимольных количеств *o*-формилбензойных кислот и первичных амидов **1a–d** в толуоле в присутствии каталитических количеств *n*-толуолсульфоновой кислоты получены кристаллические соединения **2a–g**, по данным элементного анализа и спектральным характеристикам соответствующие пиридо-тиенопиримидоизоиндолдионам (табл. 1, 2). Первое, на что мы обратили внимание, – ярко-жёлтый цвет полученных кристаллов, такой же, как и у исходных аминоксидов **1a–d**. Из опыта нашей предыдущей работы с 3-амино-2-ацил(карбамоил)тиенопиридинами мы знали, что ацилирование аминоксидов всегда приводит к исчезновению окраски у получаемых продуктов [18]. Уже это наблюдение позволило предположить, что замыкание изоиндольного кольца в данном случае происходит иначе, чем с участием производных антраниловой кислоты, то есть в данном случае образуются не *O,O*-*транс*-, а *O,O*-*цис*-изомеры. Вероятный механизм домино-реакции представлен на схеме ниже.



Возможно, причиной такого неожиданного образования линейной структуры является более высокая основность амидного кислорода в промежуточном соединении **C** за счёт лучшего переноса электронной плотности от аминного атома азота через тиофеновый цикл, чем через бензольное кольцо у соответствующих производных антраниловой кислоты. В результате протонирования амидного кислорода и депротонирования амидного азота последовательно образуются интермедиаты **D** и **E**, имидный атом азота последнего является более сильным нуклеофилом, что и обеспечивает образование *O,O*-*цис*-изомера **2**.

Физико-химические характеристики синтезированных соединений **2a–g**

Соединение	Брутто-формула	Найдено, % Вычислено, %			Т. пл., °С	Выход, %
		С	Н	N		
2a	C ₁₈ H ₁₃ N ₃ O ₂ S	<u>64.51</u>	<u>3.94</u>	<u>12.55</u>	>290 (возг.)	63
		64.46	3.91	12.53		
2b	C ₁₉ H ₁₅ N ₃ O ₃ S	<u>62.51</u>	<u>4.23</u>	<u>12.01</u>	234–235	55
		62.45	4.14	11.50		
2c	C ₁₉ H ₁₄ IN ₃ O ₃ S	<u>46.50</u>	<u>2.90</u>	<u>8.56</u>	280–281	57
		46.45	2.87	8.55		
2d	C ₁₉ H ₁₄ BrN ₃ O ₃ S	<u>51.45</u>	<u>3.30</u>	<u>9.38</u>	250–251	65
		51.36	3.18	9.46		
2e	C ₁₉ H ₁₄ N ₄ O ₃ S	<u>55.52</u>	<u>3.36</u>	<u>13.57</u>	217–218	70
		55.61	3.44	13.65		
2f	C ₂₈ H ₁₇ N ₃ O ₂ S	<u>73.24</u>	<u>3.75</u>	<u>9.29</u>	308–309	64
		73.19	3.73	9.14		
2g	C ₂₇ H ₁₇ N ₃ O ₃ S	<u>70.02</u>	<u>3.73</u>	<u>9.12</u>	306–307	62
		69.97	3.70	9.07		

В ИК спектрах соединений **2a–g** имеются полосы валентных колебаний лактамных карбонильных групп в области 1732–1780 см⁻¹ (пятичленный лактам) и 1659–1704 см⁻¹ (шестичленный лактам) и валентных колебаний связи N–H в области 3300–3400 см⁻¹, что не является однозначным доказательством геометрии молекул. Спектры ЯМР ¹H, содержащие характеристичную пару сигналов группы CH–NH – однопротонный дублет в области 6.4–7.4 м. д. с $J = 5.6–8.8$ Гц и однопротонный дублет в диапазоне 7.3–9.3 м. д. скорее аминного, а не амидного атома водорода, свидетельствуют в пользу линейной O,O-*цис*-структуры гетероциклического скелета молекул **2a–g**. Проведённые корреляционные эксперименты HSQC и HMBC для соединений **2d,e** позволяют сделать однозначный выбор в пользу O,O-*цис*-структур (рис. 1, табл. 2–3): наличие дальних спин-спиновых взаимодействий между аминным протоном NH и атомами углерода C-4a, C-12a, C-5a и особенно C-13b характерно только для линейного сочленения циклов.

Отметим также, что появление в результате реакции асимметрического центра – атома C-12b – приводит к превращению прохиральной метиленовой группы (соединения **2b–e**) в диастереотопную, в результате сигналы протонов метиленового звена имеют вид пары дублетов с геминальной константой, равной 13.9–14.7 Гц (табл. 2).

Для изучения геометрии пентациклического скелета и характера сочленения циклов проведён рентгеноструктурный анализ одного из представителей этого ряда – соединения **2g**.

Гетероциклический скелет молекулы **2g** (рис. 2) действительно имеет линейное сочленение гетероциклов. Сам скелет неплоский, что, в первую очередь, связано с наличием в гетероциклическом скелете молекулы единственного *sp*³-гибризованного атома углерода C(15). В результате тетрагидропиримидиновый цикл имеет конформацию "полукресло" ("софа"), у которого атомы N(3)–C(16)–C(6)–C(7)–N(2) образуют плоскость основания "софы" (плоскость 1, среднее отклонение от плоскости 0.0277 Å, причём

Спектральные характеристики соединений 2a–g

Соединение	ИК спектр, ν , см^{-1}	Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц)	Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн.}}$ %)
2a	3265 (NH), 3030 (C–H Ar), 1780, 1673 (C=O)	2.27 (3H, с, 1-CH ₃); 2.83 (3H, с, 3-CH ₃); 7.37 (1H, д, $J = 8.1$, 12b-CH); 7.73 (1H, с, H-2); 7.81–8.26 (4H, м, H-9,10,11,12); 8.43 (1H, д, $J = 8.1$, NH)	335 [M] ⁺ (9), 333 (100), 130 (16), 102 (10), 82 (12), 59 (29), 45 (18), 43 (57), 42 (40), 41 (20)
2b	3261 (NH), 3068 (C–H Ar), 1770, 1672 (C=O)	2.62 (3H, с, 3-CH ₃); 3.57 (3H, с, CH ₂ OCH ₃); 4.98 (1H, д, $J = 13.9$) и 5.03 (1H, д, $J = 13.9$, CH ₂ OCH ₃); 6.78 (1H, д, $J = 8.1$, 12b-CH); 7.51 (1H, с, H-2); 7.57–7.90 (3H, м, H-10,11,12); 8.04 (1H, д, $J = 6.6$, H-9); 8.40 (1H, д, $J = 8.1$, NH)	365 [M] ⁺ (30), 364 (25), 350 (57), 348 (31), 336 (12), 335 (12), 334 (31), 319 (20), 307 (19), 219 (16), 132 (15), 130 (44), 117 (11), 105 (13), 102 (17), 101 (29), 98 (16), 90 (12), 77 (15), 76 (11), 75 (10), 60 (13), 59 (100), 57 (30), 55 (21), 53 (30), 45 (27), 44 (24), 43 (61), 42 (37), 41 (37)
2c	3381 (NH), 3020 (C–H Ar), 1768, 1670 (C=O)	2.64 (3H, с, 3-CH ₃); 3.56 (3H, с, CH ₂ OCH ₃); 5.23 (1H, д, $J = 11.7$) и 5.29 (1H, д, $J = 11.7$, CH ₂ OCH ₃); 6.73 (1H, д, $J = 8.8$, 12b-CH); 7.48 (1H, с, H-2); 7.74 (1H, д, $J = 8.1$, $J = 2.9$, H-11); 8.01–8.08 (3H, м, H-9,12, NH)	491 [M] ⁺ (1.5), 59 (22), 58 (75), 45 (14), 44 (37), 43 (100), 42 (38), 41 (20), 40 (47), 39 (30), 38 (10), 36 (12)
2d	3379 (NH), 3027 (C–H Ar), 1756, 1689 (C=O)	2.47 (3H, с, 3-CH ₃); 3.34 (3H, с, CH ₂ OCH ₃); 4.65 (1H, д, $J = 14.7$) и 4.72 (1H, д, $J = 14.7$, CH ₂ OCH ₃); 6.41 (1H, д, $J = 5.8$, 12b-CH); 7.29 (1H, уш. д, $J = 5.8$, NH); 7.34 (1H, с, H-2); 7.89 (1H, д, $J = 7.9$, H-12); 8.02 (1H, с, H-9); 8.05 (1H, д, $J = 7.9$, H-11)	445 [M (⁸¹ Br)] ⁺ (64), 443 [M (⁷⁹ Br)] ⁺ (65), 414 (75), 412 (75), 386 (34), 384 (37), 332 (100), 304 (36), 291 (46), 265 (32), 263 (33), 218 (75), 189 (19), 162 (24), 147 (17), 129 (36), 119 (27), 104 (31), 95 (18), 74 (21)
2e	3347 (NH), 3027 (C–H Ar), 1757, 1704 (C=O)	2.47 (3H, с, 3-CH ₃); 3.34 (3H, с, CH ₂ OCH ₃); 4.65 (1H, д, $J = 13.8$) и 4.72 (1H, д, $J = 13.8$, CH ₂ OCH ₃); 6.74 (1H, д, $J = 5.6$, 12b-CH); 7.16 (1H, с, H-2); 7.83 (1H, д, $J = 8.1$, H-12); 8.30 (1H, уш. д, $J = 5.6$, NH); 8.39 (1H, д, $J = 8.1$, H-11); 8.56 (1H, с, H-9)	410 [M] ⁺ (36), 394 (41), 364 (80), 333 (100), 292 (12), 268 (14), 216 (24), 188 (46), 146 (36), 104 (98), 89 (22), 76 (66), 62 (18)
2f	3375 (NH), 3049 (C–H Ar), 1749, 1667 (C=O)	6.39 (1H, д, $J = 6.4$, 12b-CH); 6.84–6.87 (2H, м, H Ar); 7.25–7.28 (1H, м, H Ar); 7.43 (2H, т, $J = 7.3$, H Ar); 7.48–7.91 (7H, м, H Ar); 7.96 (1H, с, H-2); 8.80 (2H, т, $J = 6.6$, H Ar); 9.33 (1H, д, $J = 6.4$, NH)	459 [M] ⁺ (100), 327 (22), 299 (14), 132 (41), 104 (31), 77 (61), 51 (36), 44 (80)
2g	3420 (NH), 3010 (C–H Ar), 1732, 1659 (C=O)	2.50 (3H, с, CH ₃); 6.44–6.47 (2H, м, 12b-CH, H-4 Fur); 7.47–7.57 (5H, м, H-2, H-3 Fur, 3H Ar); 7.63–7.79 (2H, м, H Ar); 7.81–8.03 (2H, м, H Ar); 8.08–8.19 (2H, м, H Ar); 8.23 (1H, д, $J = 6.5$, NH)	463 [M] ⁺ (14), 447 (16), 59 (60), 58 (72), 44 (57), 43 (100), 42 (38), 41 (13), 40 (24), 39 (43), 38 (11), 37 (19)

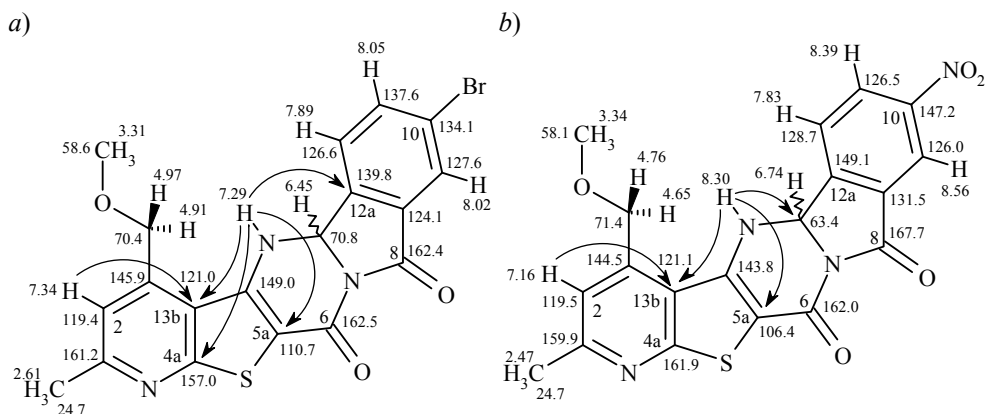


Рис. 1. Структурно-значимые корреляции в спектрах НМВС соединения **2d** (а) и **2e** (b)

Т а б л и ц а 3

**Результаты экспериментов
по гетероядерной корреляции (HSQC и НМВС) для соединений **2d,e****

Положение атома	Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.	HSQC (^{13}C)	НМВС
<i>Соединение 2d</i>			
11	8.05	137.6	139.8; 127.6
9	8.02	127.6	162.4; 139.8
12	7.89	126.6	134.1; 124.1
2	7.34	119.4	161.2; 121.0; 70.4 (сл)
NH	7.29	–	157.0; 139.8; 121.0; 110.7
12b	6.45	70.8	162.4; 149.0; 139.8; 134.1 (сл); 126.6; 124.1
$\text{CH}_\text{A}\text{OCH}_3$	4.97	70.4	145.9; 121.0; 119.4; 58.6
$\text{CH}_\text{B}\text{OCH}_3$	4.91	70.4	145.9; 121.0; 119.4; 58.6
OCH_3	3.31	58.6	70.4; 145.9 (сл)
3- CH_3	2.61	24.7	161.2; 119.4
<i>Соединение 2e</i>			
9	8.56	126.0	167.7; 149.1; 147.2; 126.5
11	8.39	126.5	149.1; 147.2; 126.0
NH	8.30	–	121.1; 106.4; 63.4
12	7.83	128.7	167.7 (сл); 147.2; 131.5
2	7.16	119.5	159.9; 143.8 (сл); 128.7; 121.1
12b	6.74	63.4	162.0; 149.1; 143.8; 128.7; 131.3 (сл)
$\text{CH}_\text{A}\text{OCH}_3$	4.76	71.4	144.5; 119.5; 58.1
$\text{CH}_\text{B}\text{OCH}_3$	4.65	71.4	144.5; 119.5; 58.1
OCH_3	3.34	58.1	71.4
3- CH_3	2.47	24.7	159.9; 119.5

атомы тиенопиридинового фрагмента принадлежат этой плоскости), а атомы N(2)–C(15)–N(3) – спинку "софы" (плоскость 2). Угол между этими плоскостями равен 138.0° . Пятичленный лактамный цикл и прилегающее к нему бензольное кольцо составляют плоскость 3 (среднее отклонение от плоскости 0.0132 \AA), образующую с плоскостью 2 угол, равный 117.9° . В результате тетраэдрический атом углерода C(15) не имеет никаких угловых напряжений – все его валентные углы близки к стандартным. В то же время такая складчатая структура обеспечивает плоское тригональное окружение обоих атомов азота – суммы валентных углов у атомов азота близки к 360° .

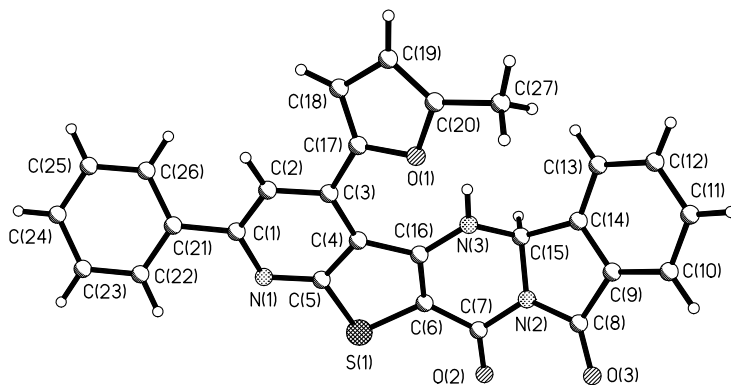


Рис. 2. Молекулярная структура соединения **2g**

В кристалле фенильный заместитель C(21)···C(26) повёрнут вдоль связи C(1)–C(21) относительно плоскости тиенопиридинового фрагмента на 29.7°, а фурановый – вдоль связи C(3)–C(17) на 22.0°, что вполне обеспечивает сопряжение между ароматическими системами.

В масс-спектрах соединений **2a, f, g**, не содержащих лабильных к электронному удару метоксиметильных и нитрогрупп, пики молекулярных ионов имеют высокую интенсивность (для соединений **2a, f** – максимальную в спектре). Наличие в составе метоксиметильных групп и особенно тяжёлого атома иода приводит к резкому снижению интенсивности молекулярных ионов (в спектре соединения **2c** молекулярный ион чётко обнаруживается только при снижении энергии ионизирующих электронов до 30 эВ).

Таким образом, установлено, что 3-аминотиено[2,3-*b*]пиридин-2-карбоксамиды, в отличие от 2-аминобензамидов, при взаимодействии с *o*-формилбензойными кислотами образуют продукты гетероциклизации линейной структуры.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры зарегистрированы на спектрометре Spectrum Two с использованием насадки НПВО. Спектры ЯМР ^1H записаны на приборах Bruker Avance DRX-500 (500 МГц, соединения **2a–c, f, g**) и Agilent 400/54 (400 МГц, соединения **2d, e**) в ДМСО- d_6 , внутренний стандарт ТМС. Эксперименты по гетероядерной корреляции HSQC и HMBC выполнены на спектрометре Agilent 400/54 (400 МГц для ядер ^1H , 100 МГц для ядер ^{13}C). Масс-спектры записаны на спектрометре Kratos MS-30 с применением прямого ввода образца в ионный источник (60–180 °С) с энергией ионизирующих электронов 70 эВ. Элементный анализ проведён на CHN-анализаторе Hewlett-Packard 185B. Температуры плавления определены на приборе Stuart SPM 30 и не исправлены.

3-Аминотиено[2,3-*b*]пиридин-2-карбоксамиды 1a–c получают по методике [18].

3-Амино-4-(5-метилфуран-2-ил)-6-фенилтиено[2,3-*b*]пиридин-2-карбоксамид (1d) получен аналогично соединениям **1a–c**. Выход 64%. Жёлто-оранжевые кристаллы. Т. пл. 215–216 °С. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 2.49 (3H, с, CH_3); 6.93 (1H, д, $J = 3.0$, H-4 Fur); 6.85 (2H, с, 3- NH_2); 7.13–7.26 (3H, м, CONH_2 , H-3 Fur); 7.46–7.59 (3H, м, H-3,4,5 Ph); 7.97 (1H, с, H-5); 8.97 (2H, д, $J = 7.4$, H-2,6 Ph). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 349 $[\text{M}]^+$ (100), 331 $[\text{M}-\text{H}_2\text{O}]^+$ (64), 304 $[\text{M}-\text{H}_2\text{O}-\text{HCN}]^+$ (16), 303 $[\text{M}-\text{H}_2\text{O}-\text{HCN}-\text{H}]^+$ (17), 261 $[\text{M}-\text{H}_2\text{O}-\text{HCN}-\text{H}-\text{CH}_2=\text{C}=\text{O}]^+$ (63). Найдено, %: С 65.39; Н 4.24; N 11.94. $\text{C}_{19}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2\text{S}$. Вычислено, %: С 65.31; Н 4.33; N 12.03.

1,3-Диметил-12b,13-дигидропиридо[3'',2'':4',5']тиено[3',2':4,5]пиримидо[2,1-*a*]-изоиндол-6,8-дион (2a). Раствор 1.20 г (5.4 ммоль) аминоамида **1a**, 1.00 г (6.4 ммоль) *o*-формилбензойной кислоты и 0.02 г (0.12 ммоль) *p*-TsOH· H_2O в 40 мл PhMe кипятят в течение 30 ч до полного расщедования соединения **1a** (ТСХ, элюент ацетон–диоксан–

аммиак, 9:9:2). Реакционную смесь охлаждают до комнатной температуры, образовавшийся осадок отфильтровывают и перекристаллизовывают из EtOH с активированным углём. Выход 1.10 г (63%). Светло-жёлтые кристаллы.

Соединения **2b–g** синтезированы аналогично.

Рентгеноструктурное исследование соединения 2g. Моноклинные кристаллы соединения **2g** (C₂₇H₁₇N₃O₃S, *M* 463.52) выращены из EtOH (размеры кристалла 0.30 × 0.25 × 0.15 мм). Параметры элементарной ячейки: *a* 10.7039(10), *b* 11.1771(11), *c* 17.8422(17) Å; β 105.387(2)°; *V* 2058.1(3) Å³, пространственная группа *P*2₁/*n*; *Z* 4; рассчитанная плотность 1.496 г/см³. Параметры элементарной ячейки и интенсивности 3988 независимых отражений с *I* > 3σ(*I*) определены на автоматическом дифрактометре Enraf-Nonius CAD4 (MoKα-излучение, β-фильтр, θ/2θ-сканирование до 2θ_{max} 52°). Структура расшифрована прямым методом с помощью комплекса программ SHELXTL [19] и уточнена в анизотропном (изотропном для атомов водорода) приближении до факторов расходимости *R*₁ 0.0633, ω*R*₂ 0.1382. Кристаллографические данные для соединения **2g** депонированы в Кембриджском банке структурных данных (депонент CCDC 947379).

Исследования выполнены в рамках государственного задания Минобрнауки Российской Федерации (соглашение 3.1578.2011).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ф. С. Бабичев, В. А. Ковтуненко, А. К. Тылтин, *Успехи химии*, **50**, 73 (1981).
2. Ф. С. Бабичев, В. А. Ковтуненко, *Химия изоиндола*, Наукова думка, Киев, 1983.
3. В. А. Ковтуненко, З. В. Войтенко, *Успехи химии*, **63**, 1064 (1994).
4. В. В. Лясковский, З. В. Войтенко, В. А. Ковтуненко, *XTC*, 323 (2007). [*Chem. Heterocycl. Compd.*, **43**, 253 (2007).]
5. J. Plowman, K. D. Paull, G. Atassi, S. D. Harrison, D. J. Dykes, H. J. Kabbe, V. L. Narayanan, O. C. Yoder, *Invest. New Drugs*, **6**, 147 (1988).
6. W. R. Waud, S. D. Harrison, K. S. Gilbert, W. R. Laster, D. P. Grisword, *Cancer Chemother. Pharmacol.*, **27**, 456 (1991).
7. E. F. M. Stephenson, *J. Chem. Soc.*, 2354 (1954).
8. J. Honzl, *Chem. Listy*, **49**, 1671 (1955).
9. J. Honzl, *Coll. Czech. Chem. Commun.*, **21**, 725 (1956).
10. M. Lamchen, *J. Chem. Soc. C*, 573 (1966).
11. I. Butula, W. Otting, *Monatsh. Chem.*, **99**, 1320 (1968).
12. V. Ghelardoni, V. Pestellini, *Ann. Chim.*, **64**, 421 (1974).
13. V. Pestellini, M. Ghelardoni, C. Bianchini, A. Liquori, *Boll. Chim. Farm.*, **117**, 54 (1978).
14. V. Balasubramanian, N. P. Argade, *Tetrahedron*, **45**, 835 (1989).
15. P. Pigeon, J. Sikoraiova, S. Marchalin, B. Decroix, *Heterocycles*, **56**, 129 (2002).
16. K. S. Kumar, P. M. Kumar, K. A. Kumar, M. Sreenivasulu, A. A. Jafar, D. Rambabu, G. R. Krishna, C. M. Reddy, R. Karavarapu, K. Shivakumar, K. K. Priya, K. V. L. Parsac, M. Pal, *Chem. Commun.*, **47**, 5010 (2011).
17. Е. В. Громачевская, А. В. Финько, А. В. Бутин, К. С. Пушкарева, В. Д. Стрелков, Л. И. Исакова, Г. Д. Крапивин, *XTC*, 1428 (2013).
18. Е. А. Кайгородова, В. К. Василин, А. А. Осипова, М. М. Липунов, Г. Д. Крапивин, *Изв. вузов. Химия и хим. технология*, **47**, вып. 4, 144 (2004).
19. G. M. Sheldrick, *SHELXL-97: Program for the Solution of Crystal Structures*. University of Göttingen, Germany, 1997.

¹ Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, Краснодар 350072, Россия
e-mail: krapivin@kubstu.ru

Поступило 23.07.2013
После доработки 12.10.2013