

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА 7-АМИНО-8-*R*-3-*tert*-БУТИЛ-4-ОКСО-1,4-ДИГИДРОПИРАЗОЛО[5,1-*c*][1,2,4]ТРИАЗИНОВЛ. М. Миронович^{1*}, С. М. Иванов²

УДК 547.873:548.73

¹ Юго-Западный государственный университет,
305040, Курск, Россия; e-mail: lm.myronovych@mail.ru² Институт органической химии им. Н. Д. Зелинского Российской АН,
Москва, 119991, Россия

(Поступила 2 февраля 2021)

Методом рентгеноструктурного анализа изучены структуры сольвата 7-амино-3-*tert*-бутил-4-оксо-1,4-дигидропиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазин-8-карбонитрила и 8-этилкарбоксилата. Молекулы демонстрируют плоскосопряженное гетероциклическое ядро с тенденцией к образованию внутри- и межмолекулярных водородных связей. Рассмотрены длины и углы связей, а также упаковка молекул в кристаллах.

Ключевые слова: пиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазин, водородная связь, кристаллическая структура.

The structures of 7-amino-3-*tert*-butyl-4-oxo-1,4-dihydropyrazolo[5,1-*c*][1,2,4]triazin-8-carbonitrile and 8-ethyl carboxylate were studied by X-ray crystal diffraction analysis. Both molecules demonstrate planar conjugated heteronucleus with a marked tendency to formation of intra- and intermolecular hydrogen bonds. The molecular bond length and angles in single crystals were investigated.

Keywords: pyrazolo[5,1-*c*][1,2,4]triazine, hydrogen bond, crystal structure.

Введение. Соединения на основе азоло[1,2,4]триазина привлекают внимание исследователей, что отражено в обзорах, посвященных их химическим свойствам, синтезу и применению [1—3]. Структуры производных 4- и 8-(алкилхалькогенил)пиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазинов, чувствительных к УФ-облучению, исследованы в [4—6]. Имидазо[4,5-*e*]тиазоло[2,3-*c*][1,2,4]триазин-2,8-дионы, полученные перегруппировкой изомерных тиазоло[3,2-*b*]триазинов, охарактеризованы методом рентгеноструктурного анализа (РСА), что позволило определить возможный путь реакции [7]. Плотность, межмолекулярные взаимодействия в монокристалле и геометрия молекул 4-амино-3,7,8-тринитропиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазина в качестве нового энергоемкого вещества рассмотрены в [8]. Изучение строения аннелированных азолотриазинов представляется актуальной задачей. В [9—12] описаны превращения 7-амино-3-*tert*-бутил-4-оксопиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазинов (**2**, **3**), приводящие к новым гетероциклическим системам. В настоящей работе структуры соединений **2** и **3** изучены методом монокристалльного РСА.

Эксперимент. Кристаллы пиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазинов получены медленным испарением растворителей из насыщенных растворов в пиридине (соединение **2**) и смеси диметилсульфоксид/этилацетат (1:10) (соединение **3**). Регистрация отражений осуществлена на монокристалльном дифрактометре Bruker Quest D8 (детектор Photon-III, графитовый монохроматор, $\lambda(\text{MoK}_\alpha) = 0.71073 \text{ \AA}$, φ - и ω -сканирования) при 100 К. Данные по интенсивностям отражений получены с помощью программы SAINT [13] и скорректированы с учетом поглощения излучения кристаллом полуэмпирически по эквивалентным отражениям с использованием SADABS [14]. Структуры расшифрованы пря-

CRYSTAL STRUCTURE OF 7-AMINO-8-R-3-*tert*-BUTYL-4-OXO-1,4-DIHYDROPIRAZOLO [5,1-*c*][1,2,4]TRIAZINES

L. M. Mironovich^{1*}, S. M. Ivanov² (¹ Southwest State University, Kursk, 305040, Russia; e-mail: lm.myronovych@mail.ru; ² N. D. Zelinsky Institute of Organic Chemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 119991, Russia)

мыми методами с использованием SHELXS/SHELXT [15] и уточнены методом наименьших квадратов в анизотропном (для атомов водорода — изотропном) полноматричном приближении по F^2 с использованием программы SHELXL-2018 [16]. Положения всех неразупорядоченных атомов водорода в **2** и **3**-ДМСО найдены из разностной карты электронной плотности. Кристаллографические данные структур **2** и **3** депонированы в Кембриджском банке структурных данных, регистрационные номера и важнейшие характеристики представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Кристаллографические данные и детали рентгеноструктурного анализа

Параметр	Соединение 2	Соединение 3 -ДМСО
Брутто-формула	$C_{12}H_{17}N_5O_3$	$C_{12}H_{18}N_6O_2S$
Формульная масса	279.30	310.38
Сингония	триклинная	триклинная
Пространственная структура, Z	2	4
Параметры ячеек, Å:		
a	5.779(2)	10.8316(3)
b	8.624(3)	11.2862(3)
c	13.859(3)	13.2878(3)
Углы, град		
α	101.896(8)	79.4677(7)
β	101.992(9)	82.4317(7)
γ	97.488(8)	83.7642
V , Å ³	650.2(4)	1577.15(7)
Размер кристалла, мм	0.28×0.26×0.13	0.53×0.015×0.015
$d_{\text{выч}}$, г/см ³	1.427	1.307
μ , мм ⁻¹	0.106	0.219
Диапазон θ , град	2.454—30.000	2.206—33.166
Отражения измеренные/независимые (R_{int})	8203/3743(0.0699)	84736/12032(0.0491)
Наблюдаемых отражений с $I > 2\sigma(I)$	2157	9762
R_1 , wR_2 $I > 2\sigma(I)$	0.0725, 0.1536	0.0433, 0.1043
R_1 , wR_2 по независимым отражениям	0.1401, 0.1888	0.0583, 0.1146
GOOF	1.039	1.049
CCDC	2057531	2057532

ИК-спектры зарегистрированы на ИК-Фурье-спектрометре Agilent Cary 660 FTIR в тонком слое, спектры ¹H, ¹³C ЯМР (АРТ, тест на связанные протоны) — на приборе Bruker AM-300, рабочие частоты 300 МГц (¹H), 75 МГц (¹³C). Внутренний стандарт — ДМСО- d_6 . Масс-спектры зарегистрированы на приборе MS-1302. Температуры плавления определяли на приборе Melting point SMP30 (STUART). Для хроматографии использован гель для хроматографии 60—200 мкм (Merck Silica), элюент — хлороформ:метанол (9:1).

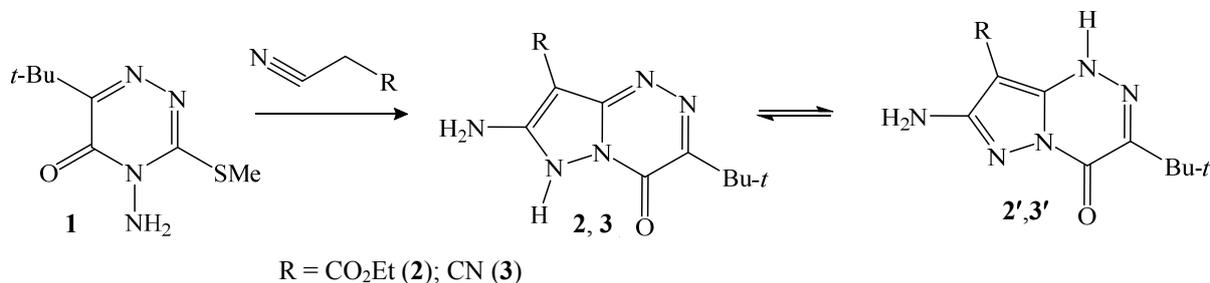
*7-Амино-8-*R*-3-трет-бутил-4-оксо-1,4-дигидропиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазины (2, 3)* (общая методика). К суспензии 1.07 г (5 ммоль) 4-амино-6-трет-бутил-3-метилсульфанил-1,2,4-триазин-5-она (**1**) в 3 мл пиридина (для соединения **2**) либо 15 мл пиридина (для соединения **3**) при перемешивании добавляли 7 ммоль циануксусного эфира или малондинитрила. Реакционную смесь перемешивали в системе MARS при мощности 400 Вт в течение 40 мин и температуре 80 °С, охлаждали, отфильтровывали осадок, сушили на воздухе.

*Этил 7-амино-3-трет-бутил-4-оксо-1,4-дигидропиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазин-8-карбоксилат (2)*. Выход 1.2 г (86 %), бесцветные кристаллы, $T_{\text{пл}} = 242\text{—}244$ °С (разл.). УФ-спектр (λ_{max} , нм) (lg ϵ): 254 (1.177), 316 (0.311). ИК-спектр (ν , см⁻¹): 3499 (NH), 3238, 3184 (NH₂), 2998, 2952, 1660, 1641 (2 CO), 1604, 1542, 1480, 1404, 1337, 1310, 1158, 1096, 1017, 957 (“скелетные колебания” триазинового кольца), 911, 836, 742, 663. Спектр ¹H ЯМР (300 МГц, растворитель ДМСО- d_6 , δ , м.д., J , Гц): 13.32 (с, 1 H, NH), 6.25 (с, 2 H, NH₂), 4.28 (с, 2 H, CH₂CH₃, $J = 7$), 1.37 (с, 9 H, C(CH₃)₃), 1.29 (т, 3 H, CH₂CH₃). Спектр ¹³C ЯМР (75 МГц, растворитель ДМСО- d_6 , δ , м.д.): 162.62 (CO₂Et) 158.59, 148.62, 146.75, 144.18 (C(8a), C(4), C(3), C(7)), 81.29 (C(8)), 59.74 (CH₂CH₃), 37.17 (C(CH₃)₃), 28.01(C(CH₃)₃), 14.78(CH₂CH₃). Масс-спектр, m/z : 279 (100) [M⁺], 264 (20), 206 (25), 205 (69), 155 (49), 149 (27), 110

(15), 67 (26), 57 (22), 52 (14). Найдено, %: С 51.65; Н 6.10; N 25.01. $C_{12}H_{17}N_5O_3$. Вычислено, %: С 51.61; Н 6.13; N 25.08.

7-Амино-3-*трет*-бутил-4-оксо-1,4-дигидропиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазин-8-карбонитрил (3). Выход 1.06 г (91 %), бесцветные кристаллы, $T_{пл} > 305$ °С (разл.). ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3644, 3488, 3262, 3175 (NH_2), 3089, 2960, 2228 ($C\equiv N$), 1693 ($C=O$), 1647, 1543, 1481, 1389, 1344, 1293, 1248, 1130, 965, 900, 832, 747, 717. Спектр 1H ЯМР, δ , м. д.: 1.34 (9H, с, $C(CH_3)_3$); 6.25 (2H, с, NH_2); 14.2 (1H, с, NH). Спектр ^{13}C ЯМР, δ , м. д.: 27.89 ($C-(CH_3)_3$); 37.11 ($C-(CH_3)_3$); 112.59 ($C\equiv N$); 124.31; 136.72; 146.68; 149.63; 159.3. Масс-спектр, m/z : 232 (19) [M^+], 217 (16), 189 (9), 123 (18), 122 (21), 109 (12), 92 (18), 79 (47), 68 (17), 67 (40), 66 (100), 57 (46), 53 (10), 52 (36), 51 (19), 50 (10), 41 (26). Найдено, %: С 51.73; Н 5.20; N 36.15. $C_{10}H_{12}N_6O$. Вычислено, %: С 51.72; Н 5.21; N 36.18.

Результаты и их обсуждение. Ранее [17] термическим методом были получены этил 7-амино-3-*трет*-бутил-4-оксо-1,4-дигидропиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазин-8-карбоксилат (2) и 7-амино-3-*трет*-бутил-4-оксо-1,4-дигидропиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазин-8-карбонитрил (3), межмолекулярной циклизацией 4-амино-6-*трет*-бутил-3-метилсульфанил-1,2,4-триазин-5-она (1) с метиленактивными соединениями, в качестве которых использованы малонодинитрил или цианоуксусный эфир:



В связи с широким изучением химических превращений данных соединений модифицирован метод их получения с использованием микроволнового излучения ($T = 80$ °С), что позволило существенно уменьшить время реакции циклоконденсации (от 3.5—4 ч до 40 мин) при незначительном увеличении выхода продукта (68→86 % (2), 84→91 % (3)).

Получены белые кристаллические вещества, температуры плавления которых и спектральные характеристики соответствуют описанным в [17]. Синглет протона NH пиразольного кольца соединения 2 — слабopольный, уширенный, расположенный при 13.32 м.д. Сигналы этильной группы: 4.28 (к, 2H, $J = 7$ Гц, CH_2CH_3) и 1.29 (т, 3H, CH_2CH_3), в спектре также наблюдаются синглеты амино- и *трет*-бутильной групп при 6.25 и 1.37 м.д. В спектре ^{13}C ЯМР (эксперимент — тест на связанные протоны, АРТ) в слабом поле наблюдается сигнал карбонильного атома углерода CO_2Et при 162.6 м.д. и четыре ожидаемых пика четвертичных атомов углерода C^3 , C^4 , C^7 и C^{8a} в области 160—140 м.д. Сигнал атома C^8 обладает низкой интенсивностью и проявляется при 81.3 м.д. Сигналы алкильных групп проявляются в сильном поле при 59.7, 14.8 м.д. (атомы CH_2 - и CH_3 -группы OEt) и 37.2, 28.0 м.д. (атомы CMe_3 - и $C(CH_3)_3$ -группы *t*-Bu). ИК-спектр соединения 2 содержит характеристические полосы при 3499, 3238 и 3184 cm^{-1} , отнесенные к колебаниям NH и NH_2 . Интенсивные полосы колебаний карбонильных групп проявляются при 1660 и 1641 cm^{-1} . В ИК-спектре соединения 3 полоса нитрильной группы находится при 2228 cm^{-1} , в спектре ^{13}C ЯМР (эксперимент — тест на связанные протоны, АРТ) сигнал атома углерода группы $C\equiv N$ расположен при 112.59 м.д. Масс-спектры подтверждают структуру соединений 2 и 3. Соединениям 2 и 3 приписано [17] существование в таутомерной форме 2, 3, что подтверждено экспериментально путем замыкания пиридинового [9], пиримидинового, 1,2,3-триазинового циклов [18, 19] в результате реакций циклоконденсации с карбонильными соединениями или под действием нитрита натрия в солянокислой среде. В то же время реакция алкилирования показывает, что алкилирующий агент вводится в положение N(1) триазинового кольца [10, 20].

Для установления реальной структуры соединений 2 и 3 проведен РСА, который однозначно подтверждает преимущественное нахождение соединений в таутомерной форме 2', 3' (рис. 1, 2). По данным РСА, молекула 2 практически плоская и кристаллизуется в триклинной кристаллической системе (пространственная группа $P1$). Кристалл не содержит некоординирующего растворителя. Длины основных связей приведены в табл. 2. Фрагмент группы EtOC(O)- находится в той же плоскости, что и пиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазиновый цикл, при этом этильная и карбонильная группы этокси-

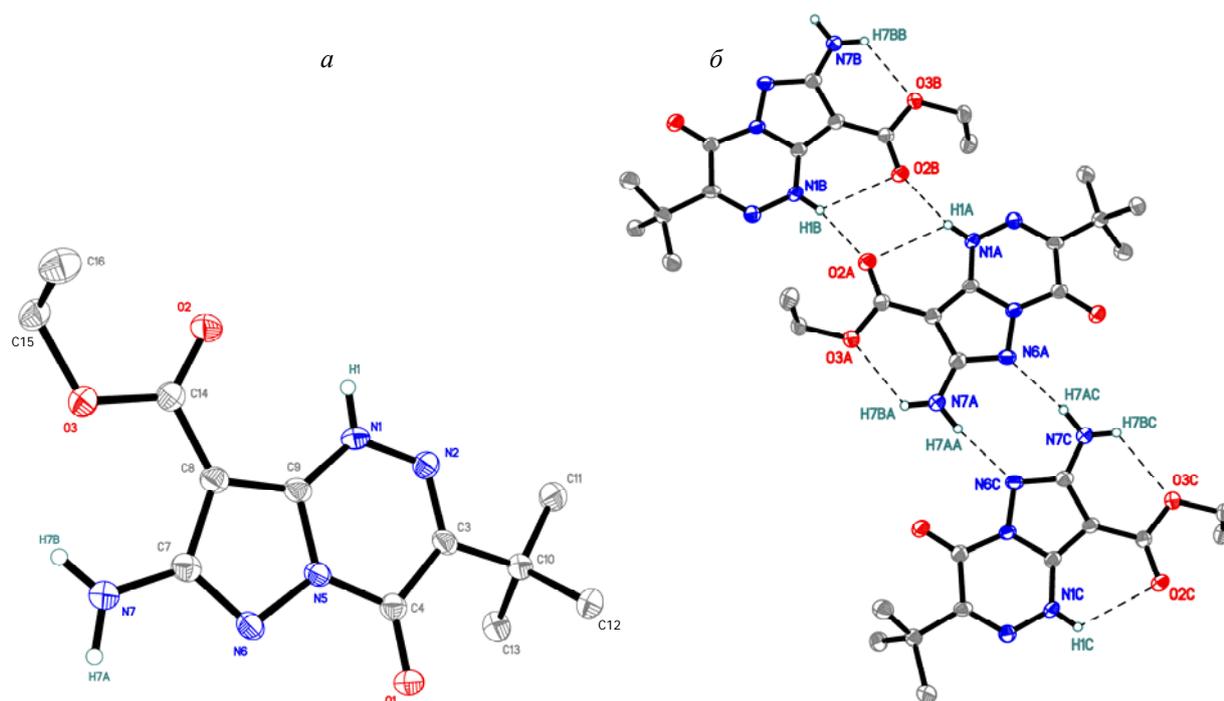


Рис. 1. Общий вид молекулы этил 7-амино-3-*tert*-бутил-4-оксо-1,4-дигидропиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазин-8-карбоксилата (**2**) (*a*) в представлении атомов эллипсоидами тепловых колебаний ($p = 50\%$) и его упаковка в кристалле (*б*)

карбонильного остатка находятся по одну сторону плоскости. Атом кислорода этоксигруппы образует внутримолекулярную водородную связь с атомом водорода аминогруппы N(7)–H(7B)...O(3) длиной ~ 2.35 Å и углом 122° (табл. 3). Существенное сопряжение атома N(1) с π -электронной системой, имеющей плоское строение, подтверждается тем, что связи N(1)–N(2) и N(1)–C(9) короче, чем N(5)–N(6) и N(5)–C(9) (табл. 2). Аналогичную структуру с одинаковыми плоскосопряженными свойствами имеет, например, 3-*tert*-бутил-8-бутилтиопиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазин-4(1*H*)-он (CSD реф-код XUBFUУ, номер CCDC 1974467) [5].

Т а б л и ц а 2. Избранные длины связей (Å) в соединениях **2** и **3**

Связь	2	3А	3В
N(1)–C(9)	1.348(3)	1.3445(14)	1.3410(14)
N(1)–N(2)	1.349(3)	1.3536(13)	1.3544(13)
N(2)–C(3)	1.307(3)	1.3036(14)	1.3059(14)
C(3)–C(4)	1.481(3)	1.4755(15)	1.4795(15)
C(3)–C(10)	1.523(4)	1.5227(16)	1.5245(15)
C(4)–O(1)	1.220(3)	1.2191(13)	1.2231(13)
C(4)–N(5)	1.381(3)	1.3886(14)	1.3810(14)
N(5)–N(6)	1.387(3)	1.3777(12)	1.3812(12)
N(5)–C(9)	1.364(3)	1.3646(14)	1.3627(13)
N(6)–C(7)	1.336(3)	1.3390(14)	1.3339(14)
C(7)–C(8)	1.435(3)	1.4353(15)	1.4327(15)
C(7)–N(7)	1.345(3)	1.3444(14)	1.3443(15)
C(8)–C(9)	1.379(4)	1.3882(15)	1.3866(15)
C(8)–C(14)	1.437(4)	1.4121(16)	1.4069(15)
N(5)–C(9)	1.364(3)	1.3646(14)	1.3627(13)
N(1)–H(1)	0.82(3)	0.94(2)	0.91(2)

Упаковка в кристалле молекулы **2** приведена на рис. 1, б. Гетероцикл **2** образует межмолекулярные водородные связи с двумя соседними молекулами. С одной из молекул образуется водородная связь N(1)–H(1)...O(2) длиной ~2.54 Å и углом 117°. В случае N(1)–H(1)...O(2)#1 длина связи уменьшается до 2.07 Å, а угол увеличивается до 161°. Водородные связи между атомами N(7)–H(7A)...N(6)#2 имеют длины ~2.11 Å с углом 169°. Таким образом формируются протяженные одномерные цепочки, состоящие из молекул соединения **2**.

Т а б л и ц а 3. Параметры водородных связей в соединениях **2** и **3**

Соединение	Связь D–H...A	$d(D-H)$, Å	$d(H...A)$, Å	$d(D...A)$, Å	$\angle(DHA)$, град
2	N(1)–H(1)...O(2)	0.82(3)	2.54(3)	3.003(3)	117(3)
	N(7)–H(7B)...O(3)	0.86(3)	2.35(3)	2.895(3)	122(3)
	N(1)–H(1)...O(2)#1	0.82(3)	2.07(3)	2.861(3)	161(3)
	N(7)–H(7A)...N(6)#2	0.90(4)	2.11(4)	2.998(3)	169(3)
3	N(1A)–H(1A)...S(1A)#1	0.94(2)	2.79(2)	3.5943(10)	144.8(17)
	N(1A)–H(1A)...O(2A)#1	0.94(2)	1.73(2)	2.6482(13)	167(2)
	N(7A)–H(7A)...O(1B)#2	0.84(2)	2.19(2)	3.0083(13)	165.3(18)
	N(7A)–H(7B)...O(1A)#2	0.866(19)	2.565(19)	3.1713(13)	127.9(15)
	N(7A)–H(7B)...N(6A)#2	0.866(19)	2.192(19)	3.0246(14)	161.2(17)
	N(1B)–H(1B)...O(2B)#3	0.91(2)	1.80(2)	2.7063(13)	173.9(18)

Пр и м е ч а н и е. Операции симметрии: **2** — #1 $-x, -y, -z+1$; #2 $-x+2, -y+1, -z+1$; **3** — #1 $-x+1, -y, -z+1$; #2 $-x+1, -y+1, -z+1$.

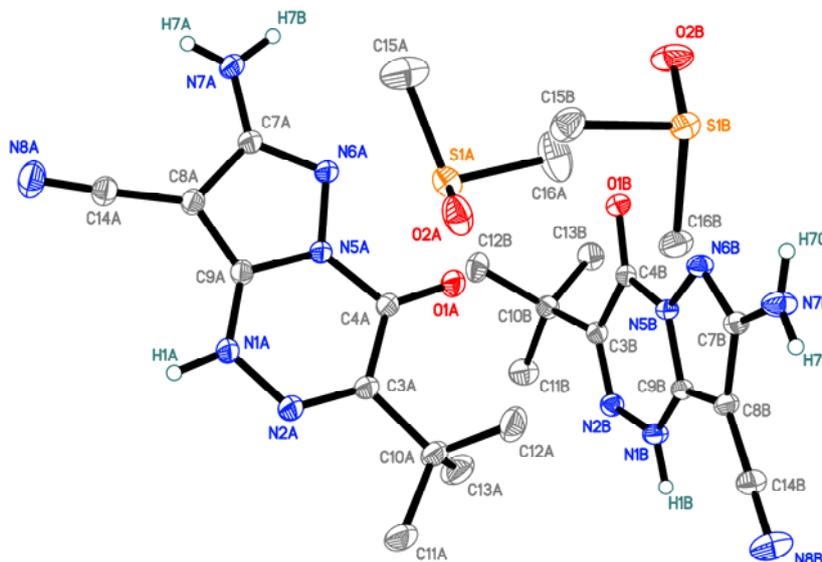


Рис. 2. Общий вид молекулы 7-амино-3-*tert*-бутил-4-оксо-1,4-дигидропиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазин-8-карбонитрила (**3**) и одной молекулы ДМСО в кристалле сольвата состава **3**·ДМСО (1:1) в представлении атомов эллипсоидами тепловых колебаний ($p = 50\%$)

РСА соединения **3** показывает, что элементарная ячейка содержит две независимые молекулы **3A** и **3B**, связанные водородной связью с молекулой растворителя ДМСО, включенной в кристаллическую решетку (рис. 2). Длины связей приведены в табл. 2. Длины связей в независимых молекулах незначительно различаются: для N(5)–N(6) 1.3777 и 1.3812 Å (**3A**); N(1)–N(2) 1.3536 и 1.3544 Å (**3B**). Длины связи N(1)–H(1) составляют ~0.94 Å (**3A**) и 0.91 Å (**3B**), что заметно больше длины связи N(1)–H(1) в молекуле **2** (0.82 Å). Обе молекулы соединения **3** в кристалле сольвата плоские и имеют триклинную сингонию с плоскостью симметрии $P2_1/c$. Таким образом, структуру **3'** можно рассматривать как основную резонансную форму. Упаковка молекулы **3** представлена на рис. 3, а.

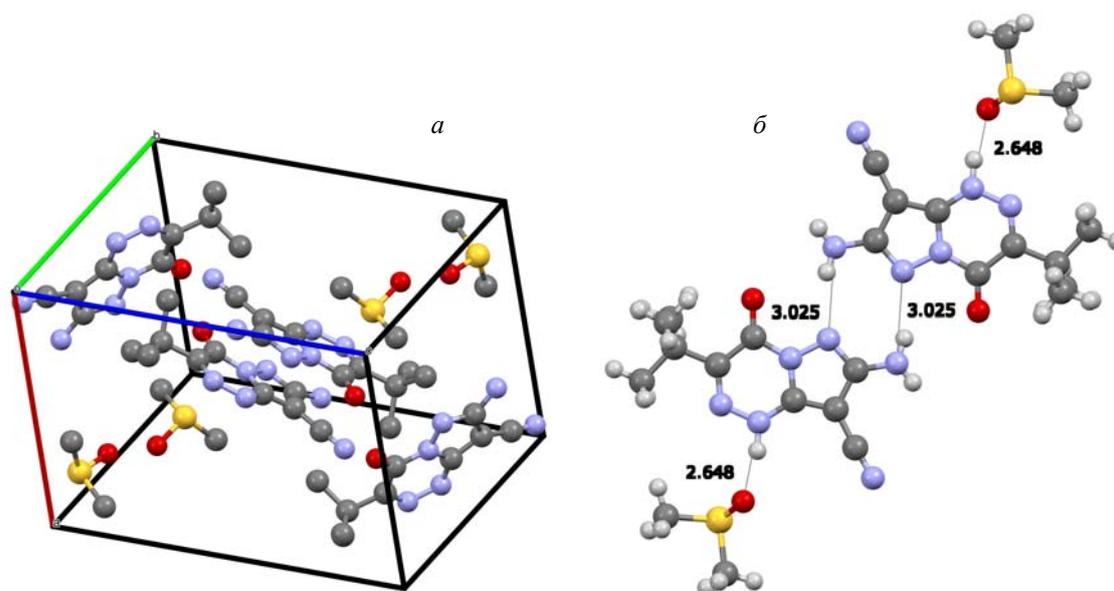


Рис. 3. Упаковка соединения **3** в монокристалле (а), водородные связи (б)

Кристаллическая структура соединения **3** носит стопочный характер. Молекулы **3** в кристалле связаны водородной связью N(7A)–H(7B)...N(6A)#2 длиной 3.025 Å. Молекула ДМСО связана с молекулой **3** межмолекулярной водородной связью N(1A)–H(1A)...O(2A)#1 и N(1B)–H(1B)...O(2B)#3 с длиной связи 2.648 Å, при этом кристалл решетки соединения **3** в отличие от аналога **2** содержит доступные для растворителя пустоты.

Заключение. Методом монокристаллической рентгеновской дифракции экспериментально исследованы кристаллические структуры 7-амино-3-*трет*-бутил-4-оксопиразоло[5,1-*c*][1,2,4]триазин-8-карбонитрила и 8-этилкарбоксилата. Обе молекулы демонстрируют плоскосопряженное гетероциклическое ядро с ярко выраженной тенденцией к образованию внутри- и межмолекулярных водородных связей. Рассмотрены длины, углы связей и упаковка молекул в кристаллах, что открывает перспективы для дальнейшего изучения свойств данных соединений.

Рентгеноструктурный анализ осуществлен в отделе структурных исследований Института органической химии им. Н. Д. Зелинского Российской АН (Москва).

- [1] E. K. Voikov, R. A. Drokin, E. N. Ulomsky, O. N. Chupakhin, V. N. Charushin, V. L. Rusinov. Chem. Heterocycl. Comp., **56**, N 10 (2020) 1254—1273, <https://doi.org/10.1007/s10593-020-02808-z>
- [2] S. M. Ivanov. J. Heterocycl. Chem., **57** (2020) 3510—3530, <https://doi.org/10.1002/jhet.4071>
- [3] К. В. Саватеев, Е. Н. Уломский, И. И. Буторин, В. Н. Чарушин, В. Л. Русинов, О. Н. Чупахин. Успехи химии, **87** (2018) 636—669 [K. V. Savateev, E. N. Ulomsky, I. I. Butorin, V. N. Charushin, V. L. Rusinov, O. N. Chupakhin. Russ. Chem. Rev., **87** (2018) 636—669], <https://doi.org/10.1070/RCR4792>
- [4] S. M. Ivanov, V. F. Traven, M. E. Minyaev. Struct. Chem., **31**, N 4 (2020) 1457—1470, <https://doi.org/10.1007/s11224-020-01533-9>
- [5] S. M. Ivanov, L. M. Mironovich, M. E. Minyaev. Phosphor. Sulfur Sil. Rel. Elem., **195**, N 8 (2020) 666—676, <https://doi.org/10.1080/10426507.2020.1712395>
- [6] С. М. Иванов, К. А. Лысенко, В. Ф. Травень. Изв. РАН. Сер. хим., **69**, № 4 (2020) 731—738 [S. M. Ivanov, K. A. Lyssenko, V. F. Traven. Russ. Chem. Bull., **69**, N 4 (2020) 731—738], <https://doi.org/10.1007/s11172-020-2825-4>
- [7] A. N. Izmet'ev, D. A. Vasileva, E. K. Melnikova, N. G. Kolotyrykina, I. A. Borisova, A. N. Kravchenko, G. A. Gazieva. New J. Chem., **43** (2019) 1038—1052, <https://doi.org/10.1039/C8NJ05058A>
- [8] M. C. Schulze, B. L. Scott, D. E. Chavez. J. Mat. Chem. A, **3** (2015) 17963—17965, <https://doi.org/10.1039/C5TA05291B>

- [9] С. М. Иванов, Л. А. Родиновская, А. М. Шестопалов, Л. М. Миронович. Изв. РАН. Сер. хим., № 6 (2017) 1126—1130 [S. M. Ivanov, L. A. Rodinovskaya, A. M. Shestopalov, L. M. Mironovich. Russ. Chem. Bull., **66**, N 6 (2017) 1126—1130], <https://doi.org/10.1007/s11172-017-1865-x>
- [10] Л. М. Миронович, С. М. Иванов, Е. Д. Даева. ЖОрХ, **55**, № 7 (2019) 1055—1062 [L. M. Mironovich, S. M. Ivanov, E. D. Daeva. Russ. J. Org. Chem., **55**, N 7 (2019) 958—963], <https://doi.org/10.1134/S1070428019070066>
- [11] Л. М. Миронович, С. М. Иванов, Е. Д. Даева. ЖОрХ, **54**, № 12 (2018) 1811—1816 [L. M. Mironovich, S. M. Ivanov, E. D. Daeva. Russ. J. Org. Chem., **54**, N 12 (2018) 1825—1830], <https://doi.org/10.1134/S1070428018120151>
- [12] S. M. Ivanov, L. M. Mironovich, P. N. Soloyev, L. A. Rodinovskaya, A. M. Shestopalov. J. Heterocycl. Chem., **55**, N 2 (2018) 545—550, <https://doi.org/10.1002/jhet.3064>
- [13] Bruker. APEX-III. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA (2018)
- [14] L. Krause, R. Herbst-Irmer, G. M. Sheldrick, D. Stalke. J. Appl. Cryst., **48** (2015) 3—10, <https://doi.org/10.1107/S1600576714022985>
- [15] G. M. Sheldrick. Acta Cryst., **A71** (2015) 3—8, <https://doi.org/10.1107/S2053273314026370>
- [16] G. M. Sheldrick. Acta Cryst., **C71** (2015) 3—8, <https://doi.org/10.1107/S2053229614024218>
- [17] Л. М. Миронович, М. В. Костина. ХГС, № 10 (2011) 1555—1559 [L. M. Mironovich, M. V. Kostina. Chem. Heterocycl. Comp., **47**, N 10 (2011) 1286—1289], <https://doi.org/10.1007/s10593-012-0904-7>
- [18] Л. М. Миронович, М. В. Костина. ЖОХ, **83**, № 1 (2013) 161—163 [L. M. Mironovich, M. V. Kostina. Russ. J. Gen. Chem., **83**, N 1 (2013) 152—153], <https://doi.org/10.1134/S1070363213010337>
- [19] Л. М. Миронович, Д. В. Щербинин. ЖОрХ, **50**, № 12 (2014) 1876—1878 [L. M. Mironovich, D. V. Shcherbinin. Russ. J. Org. Chem., **50**, N 12 (2014) 1860—1862], <https://doi.org/10.1134/S1070428014120306>
- [20] С. М. Иванов, Л. М. Миронович, Л. А. Родиновская, А. М. Шестопалов. Изв. РАН. Сер. хим., № 8 (2018) 1487—1491 [S. M. Ivanov, L. M. Mironovich, L. A. Rodinovskaya, A. M. Shestopalov. Russ. Chem. Bull., **67**, N 8 (2018) 1487—1491], <https://doi.org/10.1007/s11172-018-2243-z>