

УДК 541.49:546.733:548.73

СТРОЕНИЕ ТИОКАРБАМИДСОДЕРЖАЩИХ ДИОКСИМАТОВ КОБАЛЬТА(III)
С АНИОНАМИ $[\text{BeF}_4]^{2-}$ И $[\text{BF}_4]^-$ © 2007 **С.Т. Малиновский**¹, О.А. Болога¹, Э.Б. Коропчану^{1*}, М. Гданец², **Н.В. Гэрбэлэу**¹¹Институт химии АН РМ, Кишинев, Республика Молдова²Химический факультет Университета им. А. Мицкевича, Познань, Польша

Статья поступила 8 июня 2005 г.

С доработки — 11 апреля 2007 г.

Методом рентгеноструктурного анализа определена кристаллическая структура комплексов $[\text{Co}(\text{DH})_2(\text{Tu})_2]_2[\text{BeF}_4] \cdot \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (I) и $[\text{Co}(\text{DfH})_2(\text{Tu})_2][\text{BF}_4] \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (II) (где DH^- — моноанион диметилглиоксима, DfH^- — моноанион α -бензилдиоксима, Tu — тиомочевина). Координационный полиэдр атома Co^{3+} представляет собой октаэдр N_4S_2 , образованный четырьмя атомами азота молекулы диоксима и двумя атомами серы, принадлежащими фрагментам тиомочевины (Tu), последние реализуются в параллельной и перпендикулярной ориентациях относительно остатка диоксима. Выход атома кобальта из четырехугольной плоскости (образованной атомами азота остатков диметилглиоксима) не превышает 0,019 Å. Расстояния $\text{Co}-\text{N}$ и $\text{Co}-\text{S}$ колеблются в пределах от 1,877(3) до 1,901(3) и от 2,280(1) до 2,307(1) Å соответственно. Важную роль в формировании кристалла играют статистически разупорядоченные анионы $[\text{BeF}_4]^{2-}$ и $[\text{BF}_4]^-$, которые оказывают существенную роль в образовании сложной системы водородных связей.

Ключевые слова: кристаллическая структура, диоксиматы $\text{Co}(\text{III})$, водородные связи.

ВВЕДЕНИЕ

Комплексообразующая способность диоксиматов трехвалентного кобальта привлекает внимание исследователей не только как коэнзимы витамина B_{12} , а также как соединения, обладающие широким спектром синтетических, аналитических [1—4] и структурных возможностей [5—13].

Проведенные ранее исследования показали, что для октаэдрически координированного атома кобальта возможна реализация *транс*- и *цис*-положения единиц диметилглиоксима. При этом в зависимости от условий комплексообразования возможна перестройка обычных моноядерных *транс*-октаэдрических комплексов Co^{3+} [5—7] в моноядерные с соотношением $\text{Co}:\text{DH}^- = 1:1$ [8], в которых $\text{DH}^- = \text{H}_3\text{C}-\text{C}(\text{NOH})-\text{C}(\text{NO}^-)-\text{CH}_3$ и выступает как монодепротонированный остаток диметилглиоксима, в моноядерные и биядерные с реализацией как *цис*-, так и *транс*-конфигурации остатков диметилглиоксима в соотношении $\text{Co}:\text{DH}^- = 1:2$ [9—12]. Реакции, проведенные в растворе ацетона с использованием перхлората кобальта(II), привели к образованию моноядерных *трис*-диоксиматов [13], а в присутствии HF — трехядерных *трис*-диоксиматных комплексов со смешанной валентностью атома кобальта в соотношении $\text{Co}:\text{DH}^- = 1:3$ [14]. Последние исследования с использованием $\text{Co}(\text{CF}_3\text{SO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ как стартового материала показали удивительную возможность образования водородно-связанной полимерной структуры трехядерного *трис*-диоксимата с сохранением октаэдрической координации атома металла [15].

* E-mail: coropceanu@mail.md

В ряду моноядерных *транс*-октаэдрических диоксиматов кобальта(III) особое внимание привлекают комплексы, в которых два монодепротонированных DH^- хелатных цикла расположены в экваториальной плоскости атома металла, а апикальные координаты заняты двумя нейтральными монодентатными лигандами тиокарбамида (Tu). Исследование таких молекул с анионами $[\text{AlF}_6]^{3-}$ [16], $[\text{SiF}_6]^{2-}$ [17, 18], $[\text{BF}_4]^-$ [19], $[\text{CF}_3\text{SO}_3]^-$ [15] показали возможность реализации параллельного и перпендикулярного расположения фрагмента Tu относительно экваториальной плоскости атома металла. Наличие в исследуемых соединениях достаточно большого количества донорно-акцепторных группировок приводит к образованию сложной системы водородных связей и, как следствие, к принципиально различному способу упаковки молекул в кристалле, который, в свою очередь, влияет на ориентацию Tu фрагмента.

С целью выявления особенностей формирования тиокарбамидсодержащих диоксиматов нами был осуществлен синтез и изучена кристаллическая и молекулярная структура соединений $[\text{Co}(\text{DH})_2(\text{Tu})_2]_2[\text{BeF}_4] \cdot \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (I) и $[\text{Co}(\text{DfH})_2(\text{Tu})_2][\text{BF}_4] \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (II).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Синтез $[\text{Co}(\text{DH})_2(\text{Tu})_2]_2[\text{BeF}_4] \cdot \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (I). К раствору 0,16 г (0,001 моля) $\text{CoF}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ в 20 мл воды прибавляли 0,23 г (0,002 моля) диметилглиоксима в 30 мл этанола, 0,15 г (0,002 моля) тиомочевины в 15 мл воды и 0,12 г (0,001 моля) $(\text{NH}_4)_2\text{BeF}_4$ в 15 мл этанола. Полученный раствор нагревали около 5 мин на водяной бане в графитовом тигле при температуре примерно 50 °С. Из темно-коричневого раствора при медленном охлаждении выпадали прямоугольные призмы (выход ~40 %). Соединение растворимо в этаноле, воде. Найдено, %: С 25,85, Н 4,84, N 21,98. Для $\text{C}_{22}\text{H}_{50}\text{Co}_2\text{F}_4\text{N}_{16}\text{O}_9\text{S}_4\text{Be}$ вычислено, %: С 26,06, Н 4,97, N 22,10.

Синтез $[\text{Co}(\text{DfH})_2(\text{Tu})_2][\text{BF}_4] \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ (II). К раствору 0,34 г (0,001 моля) $\text{Co}(\text{BF}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в 10 мл метанола прибавляли 0,48 г (0,002 моля) α -бензилдиоксима в 40 мл метанола и 0,15 г (0,002 моля) тиомочевины в 10 мл воды. Смесь нагревали около 5 мин в графитовом тигле на

Т а б л и ц а 1

Кристаллографические данные, характеристики эксперимента и уточнения структур

Соединение	I	II
Эмпирическая формула	$\text{C}_{22}\text{H}_{50}\text{BeCo}_2\text{F}_4\text{N}_{16}\text{O}_9\text{S}_4$	$\text{C}_{30}\text{H}_{31}\text{B}_2\text{CoF}_8\text{N}_{16}\text{O}_{4,5}\text{S}_2$
Молекулярная масса	1013,89	785,2
Температура, К	130	130
Длина волны, Å	0,71073	0,71073
Сингония и пространственная группа	Триклинная, <i>P</i> -1	Триклинная, <i>P</i> -1
<i>a</i> , <i>b</i> , <i>c</i> , Å	8,284(1), 11,454(1), 13,114(1)	12,354(1), 15,039(1), 15,463(1)
α , β , γ , град.	114,50(1), 100,09(1), 96,74(1)	81,304(4), 77,929(4), 76,768(4)
<i>V</i> , Å ³	1090,5(2)	2718,6(2)
<i>Z</i>	2	2
ρ (выч.), г/см ³	1,743	1,897
<i>F</i> (000)	590	1592
Размеры кристалла, мм	0,15 × 0,10 × 0,01	0,25 × 0,15 × 0,07
Коэффициент абсорбции, мм ⁻¹	1,056	0,874
Диапазон измерения θ , град.	4,26—25,03	4,09—26,37
Число независимых рефлексов	7595	23109
Число наблюдаемых рефлексов	3768 [<i>R</i> (int) = 0,0312]	11029 [<i>R</i> (int) = 0,0248]
Число уточняемых параметров	311	746
Добротность уточнения (<i>S</i>) по <i>F</i> ²	1,039	1,006
Заключительный <i>R</i> -фактор [<i>I</i> > 3 σ (<i>I</i>)]	<i>R</i> 1 = 0,0481, <i>wR</i> 2 = 0,1274	<i>R</i> 1 = 0,0476, <i>wR</i> 2 = 0,1208
<i>R</i> -фактор (по всему массиву)	<i>R</i> 1 = 0,0678, <i>wR</i> 2 = 0,1387	<i>R</i> 1 = 0,0702, <i>wR</i> 2 = 0,1326

водяной бане. Из темно-коричневого раствора выпадали коричневые пластинки (выход ~30 %). Соединение растворимо в этаноле, воде. Найдено, %: Co 7,19, C 45,76, H 3,87, N 14,05. Для $C_{30}H_{31}CoF_4N_8O_{4,5}S_2$ вычислено, %: Co 7,51, C 45,93, H 3,98, N 14,28.

РСА. Экспериментальный набор рентгеноструктурных данных для **I**, **II** получен в дифрактометре KM4-CCD на MoK_{α} -излучении методом ω -сканирования. Структуры решены методом тяжелого атома в рамках комплекса программ SHELX-97 [20] и уточнены методом наименьших квадратов в анизотропном полноматричном варианте для неводородных атомов. Положения атомов водорода были найдены из разностных синтезов электронной плотности, частично фиксированы и уточнены изотропно в модели жесткого тела. Основные кристаллографические параметры, характеристики эксперимента и уточнение структур приведены в табл. 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Соединение I. Кристалл построен из кристаллографически независимых комплексных катионов $[Co(DH)_2(Tu)_2]^+$, внешнесферных статистически разупорядоченных анионов $[BeF_4]^{2-}$ и молекул этилового спирта с равновероятной кратностью заполнения позиций, равной 0,5 (рис. 1). Координационный октаэдр атома кобальта N_4S_2 включает в себя 4 атома азота, принадлежащих двум остаткам DH^- и двум атомам серы молекул Tu . Квадратно-плоскостное N_4 строение центрального узла $Co(III)$ аналогично изученному ранее в соединениях [5, 6]. Монодепротонированные остатки диметилглиоксима расположены практически в одной плоскости, между оксимными группами последних реализуются две внутримолекулярные водородные связи: $O2-H...O4$ 2,511(4) и $O3-H...O1$ 2,513(4) Å. Кроме двух пятичленных металлоциклов в комплексном катионе $[Co(DH)_2(Tu)_2]^+$ происходит образование двух дополнительных шестичленных псевдогетероциклов с граф-сетом S_6 [21]. Выход атома кобальта из среднеквадратичной плоскости N_4 не превышает 0,019(2) Å. Небольшое различие расстояний $Co-N$ и $Co-S$, равное 1,877(3), 1,897(3), 1,901(3), 1,901(3) и 2,280(1), 2,307(1) Å соответственно, очевидно, обусловлено различной ориентацией фрагмента Tu относительно экваториальной плоскости атома металла, отмеченной ранее в работах [16–18]. С одной стороны фрагмент тиокарбамида $S1, N5, C10, N6$ расположен практически перпендикулярно относительно плоскости металлоцикла $Co1, N1, N2, C1, C2$, двугранный угол составляет $82,2(8)^\circ$, с другой — параллельно, диэдральный угол между металлоциклом $Co1, N3, N4, C3, C4$ и фрагментом $S2, N7, C9, N8$ равен $19,0^\circ$, причем в первом случае реализуется внутримолекулярная бифуркированная водородная связь $N5-H...O2$ 3,126(6) и $N5-H...O4$ 3,119(5) Å. Параметры водородных связей приведены в табл. 2. Во втором случае наблюдается π -взаимодействие фрагмента Tu с металлоцик-

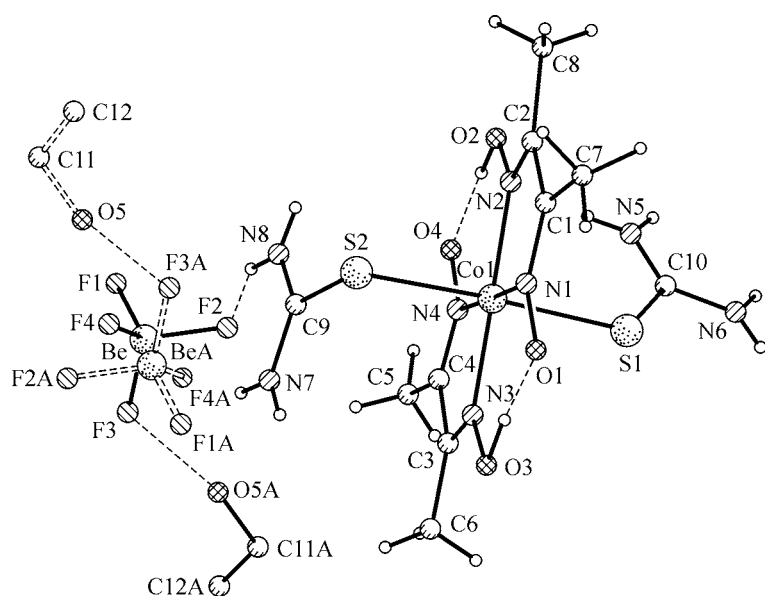


Рис. 1. Строение молекулы **I** (пунктиром обозначены статистически разупорядоченные молекулы $[BeF_4]^{2-}$ и C_2H_5OH)

Т а б л и ц а 2

Геометрия водородных связей, Å, град. в **I**

D—H...A	D—H	H...A	D...A	D—H—A	D—H...A	D—H	H...A	D...A	D—H—A
O3—H1...O1	0,91(2)	1,62(2)	2,513(4)	167(5)	N5—H6B...O2	0,86	2,33	3,126(6)	153,7
O2—H2...O4	0,79(7)	1,72(7)	2,511(4)	173(7)	N5—H6B...O4	0,86	2,41	3,119(5)	140,8
C8—H8...O4 ^{S7}	0,96	2,58	3,528(5)	171,7	N7—H2A...F1 ^{S3}	0,86	1,80	2,660(6)	176,5
N6—H7A...F1 ^{S1}	0,86	1,88	2,735(7)	164,6	N7—H2A...O5	0,86	2,37	3,111(8)	144,9
N6—H7A...F4 ^{S2}	0,86	2,44	3,132(8)	136,4	N7—H2B...O3 ^{S4}	0,86	2,11	2,837(4)	141,4
N6—H7A...O5 ^{S2}	0,86	2,61	3,288(8)	136,3	N8—H1A...F3 ^{S3}	0,86	1,80	2,625(7)	159,9
N6—H7B...O3 ^{S6}	0,86	2,64	3,269(5)	131,0	N8—H1A...F2	0,86	2,17	2,978(7)	156,6
N5—H6A...F4 ^{S2}	0,86	1,97	2,780(8)	155,5	N8—H1B...O2 ^{S5}	0,86	2,20	3,040(5)	163,9
N5—H6A...F2 ^{S1}	0,86	2,07	2,829(7)	147,1					

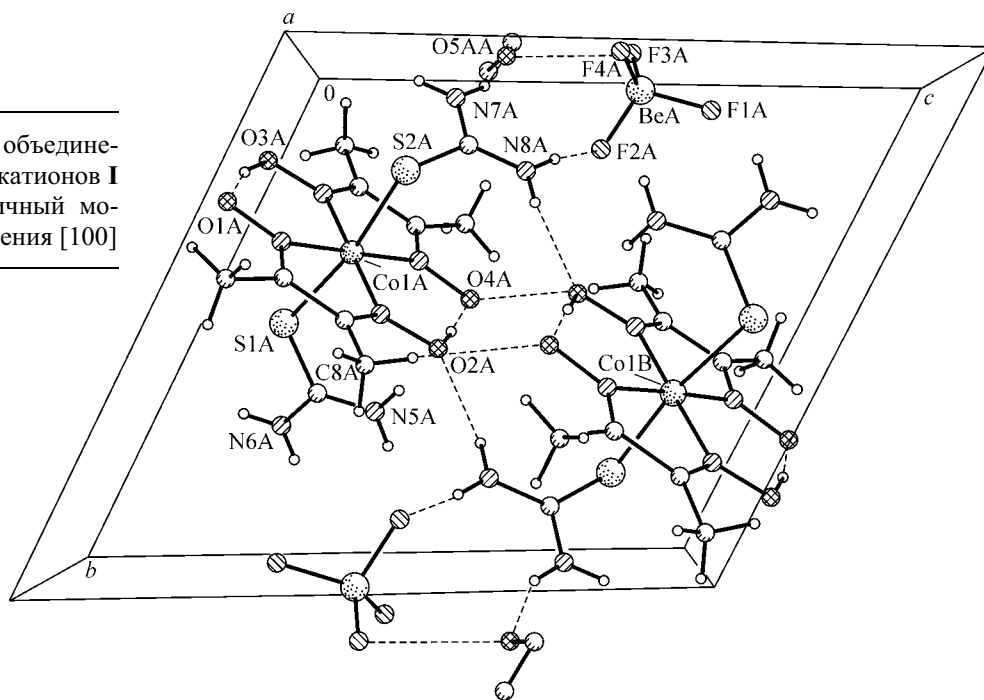
Преобразование симметрии: ^{S1} $-x, -y+1, -z+1$; ^{S2} $x, y+1, z$; ^{S3} $-x, -y, -z+1$; ^{S4} $-x, -y, -z$; ^{S5} $-x+1, -y+1, -z+1$; ^{S6} $-x, -y+1, -z$; ^{S7} $-x+1, -y+1, -z+1$.

лом, которое может быть охарактеризовано расстоянием C9...X₁ 2,955 Å, где X₁ — центр пятичленного металлоцикла Co1, N3, N4, C3, C4.

В кристаллической структуре **I** обращает на себя внимание образование centrosимметричных мотивов с реализацией межмолекулярных Н-связей N8—H2A...O2^{S5} 3,040(5), N8—H2A...F2 2,978(7) и N7—H2A...O5 3,111(8) Å, которые возникают между комплексными катионами $[\text{Co}(\text{DH})_2(\text{Tu})_2]^+$, анионами $[\text{BeF}_4]^-$ и молекулами C₂H₅OH (рис. 2). Последние играют основную роль в формировании кристалла, образуя сложную систему водородных связей (см. табл. 2). В статистически разупорядоченном анионе $[\text{BeF}_4]^{2-}$ расстояния Be—F колеблются в пределах от 1,485(1) до 1,561(1) Å, а валентные углы F—Be—F от 105,8(7) до 111,2(7)°, что удовлетворительно согласуется с данными [22].

Соединение II. Структура образована двумя кристаллографически независимыми А и В молекулами $[\text{Co}(\text{DfH})_2(\text{Tu})_2][\text{BF}_4] \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, где DfH⁻ = H₅C₆—C—(NOH)—C(NO⁻)—C₆H₅ высту-

Рис. 2. Фрагмент объединения комплексных катионов **I** в centrosимметричный мотив вдоль направления [100]



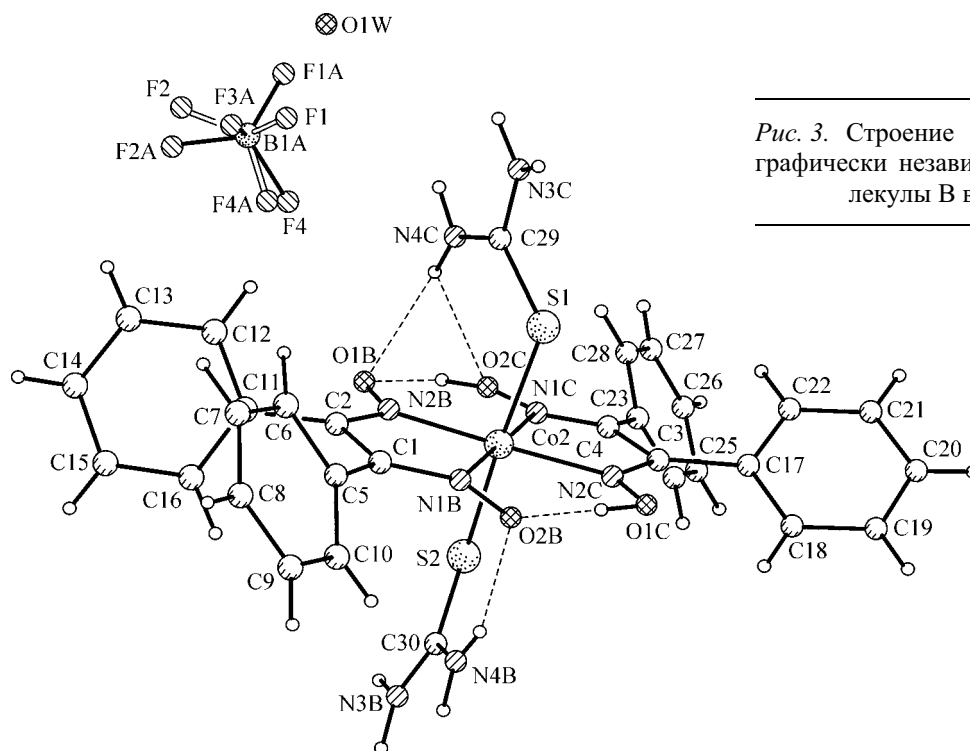


Рис. 3. Строение кристаллографически независимой молекулы В в II

Т а б л и ц а 3
Геометрия водородных связей, Å, град. в II

D—H...A	D—H	H...A	D...A	D—H—A
O1C—H1C...O2B	0,91(2)	1,59(2)	2,489(3)	172(4)
O2C—H2C...O1B	0,89(2)	1,62(2)	2,496(3)	165(4)
O2D—H1D...O1D ^{S6}	0,90(2)	1,65(2)	2,545(3)	174(4)
N3B—H3BV...F2B ^{S3}	0,92(4)	2,11(4)	3,005(5)	161(3)
N3C—H3CA...O1W ^{S4}	0,95(4)	2,29(4)	3,087(4)	141(3)
N3C—H3CA...F1 ^{S4}	0,95(4)	2,39(4)	3,253(9)	150(3)
N3C—H3CB...O2B ^{S5}	0,92(4)	2,02(4)	2,913(4)	163(4)
N3D—H3DB...O1B ^{S7}	0,90(4)	2,11(4)	2,918(4)	149(3)
N3D—H3DA...F3 ^{S8}	0,78(4)	2,25(4)	2,908(5)	142(3)
N3D—H3DA...F4B	0,78(4)	2,40(4)	3,079(6)	145(3)
N3D—H3DA...F1B	0,78(4)	2,37(4)	3,150(5)	171(3)
N3D—H3DA...F2B ^{S8}	0,78(4)	2,52(4)	3,063(5)	128(3)
N4B—H4BA...F2A ^{S1}	0,89(3)	2,28(3)	3,011(5)	139(3)
N4B—H4BB...O2B	0,77(3)	2,19(3)	2,295(4)	159(3)
N4C—H4CA...O1W ^{S4}	0,91(6)	2,10(6)	2,964(5)	157(5)
N4C—H4CA...O1B	0,77(5)	2,25(5)	2,996(4)	164(4)
N4C—H4CB...O2C	0,77(5)	2,78(5)	3,359(4)	133(4)
N4D—H4DA...O1B ^{S7}	0,88(3)	2,20(3)	2,948(3)	143(3)
N4D—H4DB...O1D	0,77(3)	2,30(3)	2,987(4)	149(3)
N4D—H4DA...F4A ^{S7}	0,88(3)	2,50(3)	3,115(8)	127(3)
C10D—H10D...F4B ^{S9}	0,95	2,42	3,062(6)	125,1

Преобразование симметрии: ^{S1} $x+1, y, z$; ^{S2} $x+2, y, z-1$;
^{S3} $-x+3, -y, -z+2$; ^{S4} $-x+3, -y-1, -z+2$; ^{S5} $-x+4, -y-1, -z+2$;
^{S6} $-x+1, -y, -z+3$; ^{S7} $x-1, y, z+1$; ^{S8} $-x+2, -y, -z+3$; ^{S9} $-x+1, -y,$
 $-z+3$.

пает как монодепротонированный остаток α -бензилдиоксима, комплексный катион А центросимметричен, в то время как катион В (рис. 3) находится в общем положении. Координационные октаэдры N_4S_2 атомов Co1 и Co2 мало отличаются от найденного в соединении I, средние расстояния Co—N и Co—S составляют 1,897(2) и 2,289(7) Å. В комплексных катионах реализуются внутримолекулярные Н-связи типа O—H...O, граф-сет которых, аналогично I, может быть описан как S6. Выход атома Co2 из плоскости металлоцикла В составляет 0,001(1) Å. В комплексном катионе А фрагмент Tu (S1D, N3, N4D, C15), в отличие от [16—18], занимает промежуточное (между перпендикулярным и параллельным) положение относительно остатка диоксима, диэдральный угол 40,0(1)°, между ними реализуется только одна внутримолекулярная водородная связь N4D—H4DB...O1D 2,987(4) Å и π -взаимодействие с металлоциклом практически отсутствует. Подобная ориентация Tu с диэдральным углом 52,5(1)° ранее была обнаружена в центросимметричном ком-

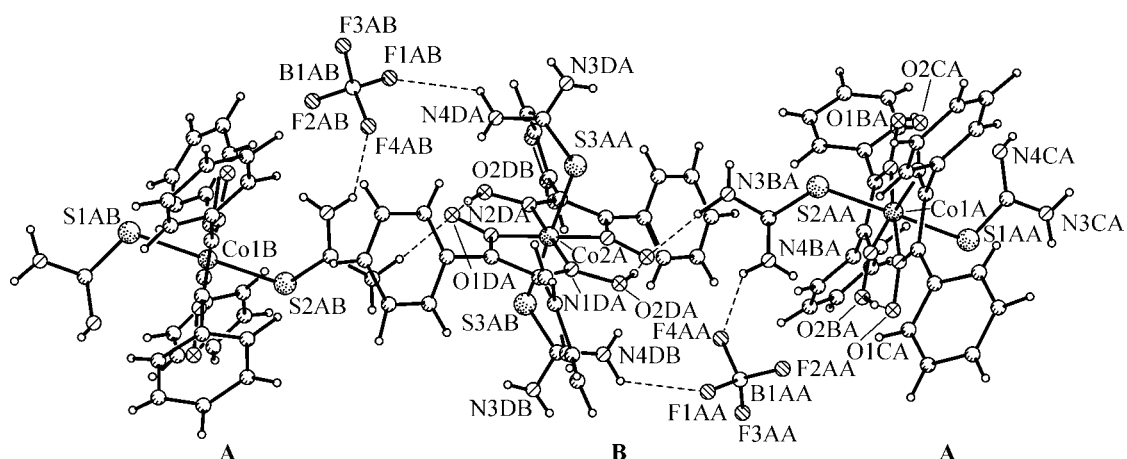


Рис. 4. Фрагмент образования в II цепочечной структуры молекулами А и В

плексе $[\text{Co}(\text{MH})_2(\text{Tu})_2][\text{BF}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$ [8], где MH^- выступает как монодепротонированный остаток метилглиоксима. Очевидно, что такая ориентация тиокарбамидного фрагмента в II является следствием упаковочных характеристик кристалла, на которую существенное влияние оказывает наличие в комплексном катионе стерически емких фенильных групп, которые в молекулах А и В развернуты по отношению друг к другу на углы, равные $51,8(1)$, $63,7(1)$ и $61,5(1)^\circ$ соответственно. В молекуле В оба фрагмента Tu находятся в *транс*-положении к плоскости металлоцикла с диэдральными углами $72,4(1)$ и $82,7(1)^\circ$ с образованием, аналогично I, бифуркированной внутримолекулярной водородной связи $\text{N4C} \cdots \text{N4CA} \cdots \text{O1B}$ $2,996(4)$, $\text{N4C} \cdots \text{N4CA} \cdots \text{O2C}$ $3,359(4)$ Å и обычной Н-связи $\text{N4B} \cdots \text{N4BV} \cdots \text{O2B}$ $2,295(4)$ Å. Параметры водородных связей, реализованных в II, приведены в табл. 3.

Существенную роль в образовании кристаллической структуры играют статистически разупорядоченные комплексные анионы $[\text{BF}_4]^-$, за счет которых происходит объединение кристаллографически независимых молекул А и В с формированием цепочечной структуры (рис. 4). Необходимо отметить, что в статистически разупорядоченной молекуле $[\text{BF}_4]^-$ одно из расстояний, а именно $\text{B2} \cdots \text{F3}$, составляет $1,578$ Å, которое, на первый взгляд, может быть интерпретировано как расстояние $\text{B} \cdots \text{O}$, а молекула как BF_3OH [23–25]. Однако, учитывая присутствующую в этом фрагменте статистику, анализируя анизотропию тепловых колебаний атома В2, находящегося в центре симметрии и кристаллохимические особенности формирования кристаллической структуры, авторы остановили свой выбор на статистически разупорядоченном анионе $[\text{BF}_4]^-$.

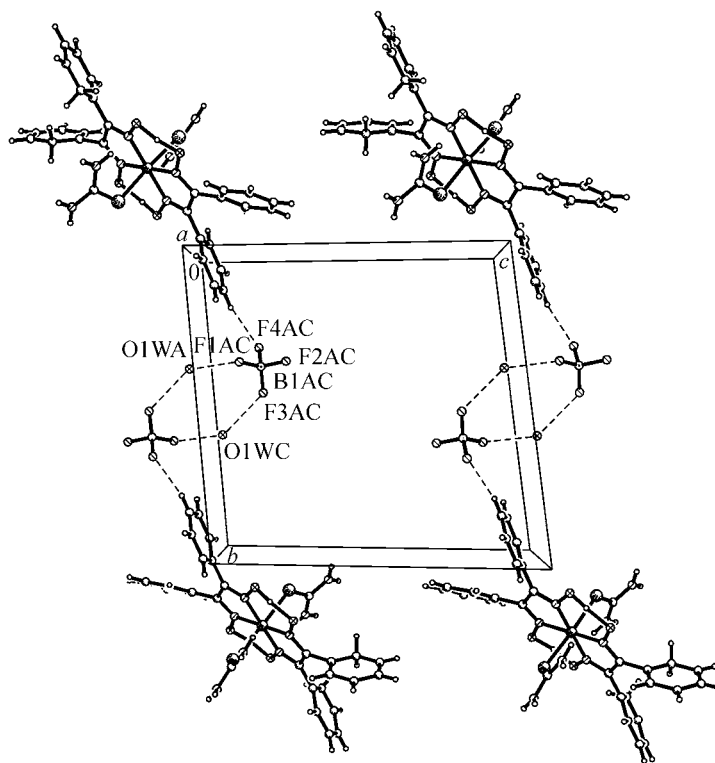


Рис. 5. Фрагмент упаковки молекул А, в кристаллической структуре II вдоль направления [100]

Фрагмент образования кристаллической структуры молекулами А вдоль направления [100] показан на рис. 5.

Таким образом, в рассматриваемых диоксиматах ориентация тиокарбамидного фрагмента относительно плоскости центрального узла диктуется упаковкой молекул в кристалле, на которую существенное влияние оказывает природа остатков диоксима.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Schrauzer G.N., Windgassen R.J.* // J. Amer. Chem. Soc. – 1967. – **89**. – P. 1999 – 2006.
2. *Dolphin D. (ed.)* // B12. – N. Y.: Wiley, 1982.
3. *Toscano P.J., Marzilli L.G.* // Prog. Inorg. Chem. – 1984. – **31**. – P. 105 – 109.
4. *McCauley K.M., Wilson S.R., Van der Donk W.A.* // Inorg. Chem. – 2002. – **41**. – P. 393 – 399.
5. *Дворкин А.А., Симонов Ю.А., Малиновский Т.И. и др.* Кристаллохимия неорганических соединений. – Кишинев: Штиинца, 1976. – С. 3 – 31.
6. *Малиновский С.Т., Коропчану Э.Б., Болога О.А. и др.* // Координац. химия. – 2002. – **28**. – С. 370 – 376.
7. *Малиновский С.Т., Болога О.А., Коропчану Э.Б. и др.* // Кристаллография. – 2002. – **47**. – С. 59 – 61.
8. *Малиновский С.Т., Болога О.А., Коропчану Э.Б. и др.* // Там же. – 2004. – **49**. – С. 895 – 898.
9. *Alcock N.W., Atkins M.P., Golding B.T. et al.* // J. Chem. Soc. Dalton Trans. – 1982. – P. 337 – 342.
10. *Аблов А.В., Симонов Ю.А., Малиновский С.Т. и др.* // Докл. АН СССР. – 1975. – **221**. – С. 605 – 610.
11. *Малиновский С.Т., Симонов Ю.А., Аблов А.В. и др.* // Там же. – 1977. – **232**. – С. 326 – 329.
12. *Симонов Ю.А., Болога О.А., Гуля А.Р. и др.* // Там же. – 1989. – **305**. – С. 635 – 639.
13. *Lenstra A.T.H., Van Loock J.F.J., Tyrlik S.K.* // Bull. Pol. Acad. Sci., Chem. – 1983. – **31**. – P. 23 – 27.
14. *Симонов Ю.А., Болога О.А., Дворкин А.А. и др.* // Координац. химия. – 1994. – **20**. – С. 106 – 109.
15. *Gradinaru J., Malinovskii S., Gdaniec M., Zecchin S.* // Polyhedron. – 2006. – **25**. – P. 3417 – 3426.
16. *Боурош П.Н., Коропчану Э.Б., Симонов Ю.А. и др.* // Журн. неорган. химии. – 2002. – **47**. – С. 1467 – 1472.
17. *Симонов Ю.А., Кравцов В. Х., Гэрбэлэу Н.В. и др.* // Там же. – 1999. – **44**. – С. 1468 – 1473.
18. *Боурош П.Н., Коропчану Э.Б., Симонов Ю.А. и др.* // Координац. химия. – 2002. – **28**. – С. 647 – 652.
19. *Малиновский С.Т., Болога О.А., Коропчану Э.Б. и др.* // Там же. – 2004. – **30**. – С. 363 – 369.
20. *Sheldrick G.M.* SHELXS-97 and SHELXL-97. Program for the Refinement of Crystal Structures. – Germany: Univ. of Goettingen, 1997.
21. *Bernstein A.B., Davis R.E., Shimoni L., Chang N.L.* // Angew. Int. Ed. Engl. – 1995. – **34**. – P. 1555 – 1559.
22. *Gerrard L.A., Weller M.T.* // Chem. Commun. – 2003. – P. 716 – 719.
23. *Horn E., Snow M.R.* // Aust. J. Chem. – 1984. – **37**. – P. 35 – 41.
24. *Kerber R.C., Reis K.P.* // J. Org. Chem. – 1989. – **54**. – P. 3550 – 3559.
25. *Liang K.-W., Li W.-T., Peng S.-M. et al.* // J. Amer. Chem. Soc. – 1997. – **119**. – P. 4404 – 4409.