

УДК 548.736:541.49

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
 $[\text{Cu}^{\text{II}}(1,10\text{-C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2)_3]^{2+} \{\text{Co}^{\text{III}}[\eta^5\text{-(3)-1,2-C}_2\text{B}_9\text{H}_{11}]_2\}^- \cdot \text{CH}_3\text{CN}$

© 2010 Т.М. Полянская*, М.К. Дроздова, В.В. Волков

Учреждение Российской академии наук Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, Новосибирск

Статья поступила 4 февраля 2010 г.

Методом РСА изучена кристаллическая структура нового соединения, содержащего дикарболлильный кластерный анион Co(III) состава $[\text{CuPhen}_3][\text{Co}(\text{C}_2\text{B}_9\text{H}_{11})_2] \cdot \text{CH}_3\text{CN}$, где Phen — 1,10-фенантролин. Кристаллографические данные: $\text{C}_{46}\text{H}_{71}\text{B}_{36}\text{N}_7\text{Co}_2\text{Cu}$, $M = 1292,66$, система моноклинная, пр. гр. $P2_1/c$, параметры элементарной ячейки: $a = 14,7178(2)$, $b = 19,5640(4)$, $c = 22,8663(5)$ Å, $\beta = 106,6601(7)^\circ$, $V = 6307,75(33)$ Å³, $Z = 4$, $d_{\text{выч}} = 1,361$ г/см³, $T = 100$ К, $\mu = 0,90$ мм⁻¹. Структура расшифрована прямым методом и уточнена полноматричным МНК в анизотропно-изотропном (для атомов Н) приближении до заключительных факторов $R_1 = 0,0370$, $wR_2 = 0,0869$ для 13807 $I_{hkl} \geq 2\sigma_I$ из 18295 измеренных I_{hkl} . Структура построена из катионов $[\text{CuPhen}_3]$, анионов $\text{Co}(\text{C}_2\text{B}_9\text{H}_{11})_2$ и молекул ацетонитрила MeCN. Центральный атом Cu в катионе располагается в общей позиции и имеет координационную геометрию в виде искаженного вытянутого октаэдра, образованного шестью атомами азота трех бидентатных лигандов Phen. Координация Cu(II) в катионе (2+2+2) с двумя длинными аксиальными и четырьмя более короткими экваториальными связями Cu—N, средние значения которых равны 2,239(2) и 2,077(1) Å соответственно. Каждый из анионов имеет свое собственное расположение групп —C₂—, для Co(1) — квази-*гош*-конфигурация, для Co(2) — квази-*транс*-конфигурация.

Ключевые слова: низкотемпературный РСА, кристаллическая структура, медь, кобальт, фенантролиновый лиганд, производные *орто*-карборана(12), ацетонитрил.

Данная работа является продолжением наших исследований сложных систем, содержащих разнотипные парамагнитные центры координационных соединений переходных металлов и кластерные производные боранов [1—5]. Конкретный объект исследования — солеобразный комплекс с парамагнитным катионом Cu^{II}, [*трис*(1,10-фенантролин)медь(II)](2+)*бис*{3,3'-*колмо-бис*-[η⁵-1,2-дикарба-(3)-кобальт(III)-*клозо*-додекаборат]}(1-)-ацетонитрил, $[\text{Cu}^{\text{II}}(1,10\text{-C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2)_3]^{2+} \{\text{Co}^{\text{III}}[\eta^5\text{-(3)-1,2-C}_2\text{B}_9\text{H}_{11}]_2\}^- \cdot \text{CH}_3\text{CN}$ (I). Цель работы — определение методом РСА кристаллической структуры I.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Основу соединения I — соль $[\text{CuPhen}_3][\text{Co}(\text{C}_2\text{B}_9\text{H}_{11})_2]$ синтезировали по методу, принцип которого опубликован в [2, 6]. Катион $[\text{CuPhen}_3]^{2+}$ формировали при смешении водного раствора ацетата меди $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ с раствором Phen в ацетатном буферном растворе с pH ≈ 4,5 при мольном отношении реагентов 1:3. В полученный раствор катиона $[\text{CuPhen}_3]^{2+}$ приливали горячий водный раствор соли $\text{Cs}[\text{Co}(\text{C}_2\text{B}_9\text{H}_{11})_2]$. Желтый хлопьевидный осадок от-

* E-mail: polyan@niic.nsc.ru

Т а б л и ц а 1

Кристаллографические данные, характеристики эксперимента и параметры уточнения для структуры $[Cu(1,10-C_{12}H_8N_2)_3][Co(C_2B_9H_{11})_2]_2 \cdot CH_3CN$

| | |
|--|--|
| Брутто-формула | $C_{46}H_{71}B_{36}N_7Co_2Cu$ |
| Молекулярный вес | 1292,66 |
| Температура, К | 100(2) |
| Длина волны, Å | 0,71073 |
| Кристаллическая сингония | Моноклинная |
| Пространственная группа | $P2_1/c$ |
| Параметры элементарной ячейки | |
| $a, b, c, \text{Å}$ | 14,7178(2), 19,5640(4), 22,8663(5) |
| β , град. | 106,6601(7) |
| Объем, Å ³ | 6307,7(3) |
| Z | 4 |
| Плотность (расчет.), г/см ³ | 1,361 |
| Коэффициент поглощения, мм ⁻¹ | 0,90 |
| $F(000)$ | 2636 |
| Размеры кристалла, мм | 0,156×0,182×0,234 |
| Область сбора данных по θ , град. | 1,40—31,64 |
| Интервалы индексов отражений | $-16 \leq h \leq 21, -27 \leq k \leq 25, -31 \leq l \leq 33$ |
| Измерено отражений | 73348 |
| Независимых отражений / $R(int)$ | 18295 / 0,036 |
| Отражений с $I \geq 2\sigma(I)$ | 13807 |
| Число уточнявшихся параметров | 830 |
| Метод уточнения | Полноматричный на основе F^2 |
| Добротность уточнения по F^2 | 1,012 |
| Заключительный R -фактор [$I \geq 2\sigma(I)$] | $R1 = 0,0370, wR2 = 0,0593$ |
| R -фактор (по всему массиву) | $R1 = 0,0869, wR2 = 0,0984$ |
| Остаточная электронная плотность (max/min), e ³ Å ⁻³ | 0,638 / -0,612 |

фильтровывали, просушивали в вакууме при 70 °С до постоянного веса. Желтый порошок растворяли в CH_3CN и из раствора диффузией паров воды в замкнутом объеме осаждали зеленые кристаллы сольвата **I**, пригодные для РСА.

Съемку кристаллов **I** осуществляли на четырехкружном автоматическом дифрактометре Bruker-Nonius X8 APEX, оснащенный двухкоординатным CCD-детектором при температуре 100 К по стандартной методике (MoK α -излучение, графитовый монохроматор). Структуру расшифровывали прямым методом по программе SIR-97 [7] и уточняли полноматричным МНК в анизотропно-изотропном (для атомов Н) приближении по комплексу программ SHELXTL [8]. Основные кристаллографические характеристики, детали эксперимента, а также параметры определения и уточнения структуры приведены в табл. 1. Длины связей в катионе приведены в табл. 2, в анионах — в табл. 3 и 4.

Данные по структуре **I** депонированы в Кембриджской базе структурных данных [9] под номером CCDC 758826, необходимые сведения можно получить по адресу <http://www.ccdc.cam.ac.uk/products/csd/request/>.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В асимметричной части элементарной ячейки кристалла содержится один комплексный катион $Cu(Phen)_3^{2+}$, два аниона бис-дикарболлила кобальта $[Co(C_2B_9H_{11})_2]^-$ и одна нейтральная

Т а б л и ц а 2

Основные длины связей d , Å в катионе $[\text{Cu}^{\text{II}}(1,10\text{-C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2)_3]^{2+}$ в соединении I

| Связь | d | Связь | d | Связь | d | Связь | d |
|------------|------------|------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Cu—N(4) | 2,0163(14) | N(5)—C(25) | 1,328(2) | C(9)—C(10) | 1,389(4) | C(23)—C(24) | 1,439(2) |
| Cu—N(5) | 2,0284(14) | N(5)—C(36) | 1,365(2) | C(11)—C(12) | 1,436(3) | C(25)—C(26) | 1,406(3) |
| Cu—N(1) | 2,1294(18) | N(6)—C(34) | 1,325(2) | C(13)—C(14) | 1,394(3) | C(26)—C(27) | 1,363(3) |
| Cu—N(6) | 2,1347(16) | N(6)—C(35) | 1,362(2) | C(14)—C(15) | 1,365(3) | C(27)—C(28) | 1,411(3) |
| Cu—N(2) | 2,2379(19) | C(1)—C(2) | 1,397(3) | C(15)—C(16) | 1,411(3) | C(28)—C(36) | 1,407(2) |
| Cu—N(3) | 2,2412(15) | C(2)—C(3) | 1,369(3) | C(16)—C(24) | 1,404(3) | C(28)—C(29) | 1,433(3) |
| N(1)—C(1) | 1,316(3) | C(3)—C(4) | 1,402(3) | C(16)—C(17) | 1,433(3) | C(29)—C(30) | 1,348(3) |
| N(1)—C(12) | 1,363(2) | C(4)—C(12) | 1,410(3) | C(17)—C(18) | 1,347(3) | C(30)—C(31) | 1,440(3) |
| N(2)—C(10) | 1,331(3) | C(4)—C(5) | 1,430(3) | C(18)—C(19) | 1,435(3) | C(31)—C(32) | 1,410(3) |
| N(2)—C(11) | 1,367(2) | C(5)—C(6) | 1,343(3) | C(19)—C(20) | 1,407(3) | C(31)—C(35) | 1,404(3) |
| N(3)—C(13) | 1,329(2) | C(6)—C(7) | 1,434(3) | C(19)—C(23) | 1,407(2) | C(32)—C(33) | 1,366(3) |
| N(3)—C(24) | 1,360(2) | C(7)—C(8) | 1,411(3) | C(20)—C(21) | 1,366(3) | C(33)—C(34) | 1,407(3) |
| N(4)—C(22) | 1,335(2) | C(7)—C(11) | 1,401(3) | C(21)—C(22) | 1,398(3) | C(35)—C(36) | 1,432(3) |
| N(4)—C(23) | 1,364(2) | C(8)—C(9) | 1,359(3) | | | | |

молекула MeCN. Все атомы структуры занимают общие позиции. Геометрия катиона с нумерацией атомов показана на рис. 1.

Координационная геометрия центрального атома металла комплексного катиона — искаженный октаэдр, образованный бидентатно связанными шестью атомами азота трех молекул Phen. Угол N(2)—Cu(1)—N(3) в этом комплексе отклоняется от линейности (180°) только на $5,6^\circ$, поэтому позиции N(2) и N(3) можно рассматривать как аксиальные в октаэдре. При этом два атома азота в двух лигандах Phen занимают один — аксиальную, другой — экваториальную позицию. Атомы азота третьего лиганда Phen занимают только экваториальные позиции. Результирующая координационная геометрия — типа (2+2+2) в виде вытянутого октаэдра с двумя длинными аксиальными связями (средн. $2,239(2)$ Å) и четырьмя более короткими экватори-

Т а б л и ц а 3

Длины связей d , Å в анионе $[\text{Co}(1)(\text{C}_2\text{B}_9\text{H}_{11})_2]^-$ в структуре I

| Связь | d | Связь | d | Связь | d | Связь | d |
|-------------|----------|------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Co(1)—C(38) | 2,025(2) | B(2)—C(38) | 1,690(3) | B(7)—C(38) | 1,707(3) | B(23)—B(28) | 1,772(3) |
| Co(1)—C(40) | 2,032(2) | B(2)—B(6) | 1,765(3) | B(7)—B(8) | 1,806(3) | B(23)—B(27) | 1,787(3) |
| Co(1)—C(39) | 2,033(2) | B(2)—B(3) | 1,773(3) | B(8)—B(9) | 1,796(3) | B(24)—C(39) | 1,697(3) |
| Co(1)—C(37) | 2,043(2) | B(2)—B(7) | 1,798(3) | B(9)—C(37) | 1,695(3) | B(24)—B(25) | 1,759(4) |
| Co(1)—B(7) | 2,078(2) | B(3)—B(7) | 1,779(3) | C(37)—C(38) | 1,615(2) | B(24)—B(28) | 1,787(3) |
| Co(1)—B(28) | 2,082(2) | B(3)—B(4) | 1,789(3) | B(21)—B(25) | 1,761(3) | B(25)—C(39) | 1,719(3) |
| Co(1)—B(29) | 2,092(2) | B(3)—B(8) | 1,798(3) | B(21)—B(26) | 1,765(3) | B(25)—C(40) | 1,724(3) |
| Co(1)—B(9) | 2,096(2) | B(4)—B(5) | 1,773(3) | B(21)—B(22) | 1,776(3) | B(25)—B(26) | 1,767(4) |
| Co(1)—B(27) | 2,110(2) | B(4)—B(9) | 1,779(3) | B(21)—B(24) | 1,777(3) | B(26)—C(40) | 1,702(3) |
| Co(1)—B(8) | 2,116(2) | B(4)—B(8) | 1,801(3) | B(21)—B(23) | 1,780(3) | B(26)—B(29) | 1,797(3) |
| B(1)—B(5) | 1,766(3) | B(5)—C(37) | 1,695(3) | B(22)—B(29) | 1,774(3) | B(27)—B(28) | 1,791(3) |
| B(1)—B(6) | 1,766(3) | B(5)—B(6) | 1,753(3) | B(22)—B(26) | 1,778(3) | B(27)—B(29) | 1,805(3) |
| B(1)—B(2) | 1,766(3) | B(5)—B(9) | 1,794(3) | B(22)—B(23) | 1,782(3) | B(28)—C(39) | 1,686(3) |
| B(1)—B(3) | 1,766(3) | B(6)—C(37) | 1,720(3) | B(22)—B(27) | 1,801(3) | C(39)—C(40) | 1,621(3) |
| B(1)—B(4) | 1,766(3) | B(6)—C(38) | 1,728(3) | B(23)—B(24) | 1,771(3) | C(40)—B(29) | 1,713(3) |

Т а б л и ц а 4

Длины связей d , Å в анионе $[Co(2)(C_2V_9H_{11})_2]^-$ в структуре I

| Связь | d | Связь | d | Связь | d | Связь | d |
|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Co(2)—C(42) | 2,015(2) | B(32)—B(39) | 1,761(3) | B(37)—B(39) | 1,757(3) | B(43)—B(44) | 1,788(3) |
| Co(2)—C(44) | 2,034(2) | B(32)—B(36) | 1,763(4) | B(37)—B(38) | 1,797(3) | B(43)—B(48) | 1,792(3) |
| Co(2)—C(41) | 2,035(2) | B(32)—B(33) | 1,769(3) | B(38)—C(41) | 1,730(3) | B(44)—B(45) | 1,769(4) |
| Co(2)—C(43) | 2,045(2) | B(32)—B(37) | 1,787(4) | C(41)—C(42) | 1,640(3) | B(44)—B(49) | 1,770(3) |
| Co(2)—B(39) | 2,071(2) | B(33)—B(34) | 1,782(3) | C(42)—B(39) | 1,676(3) | B(44)—B(48) | 1,794(3) |
| Co(2)—B(47) | 2,084(2) | B(33)—B(37) | 1,782(3) | B(41)—B(46) | 1,756(5) | B(45)—C(43) | 1,701(3) |
| Co(2)—B(38) | 2,092(2) | B(33)—B(38) | 1,791(3) | B(41)—B(42) | 1,774(4) | B(45)—B(46) | 1,769(4) |
| Co(2)—B(49) | 2,099(2) | B(34)—C(41) | 1,708(3) | B(41)—B(44) | 1,776(3) | B(45)—B(49) | 1,786(3) |
| Co(2)—B(48) | 2,115(2) | B(34)—B(35) | 1,775(3) | B(41)—B(45) | 1,774(4) | B(46)—C(44) | 1,718(3) |
| Co(2)—B(37) | 2,127(2) | B(34)—B(38) | 1,792(3) | B(41)—B(43) | 1,782(4) | B(46)—C(43) | 1,732(4) |
| B(31)—B(36) | 1,776(4) | B(35)—C(42) | 1,709(3) | B(42)—C(44) | 1,693(4) | B(47)—C(44) | 1,707(3) |
| B(31)—B(35) | 1,775(3) | B(35)—C(41) | 1,737(3) | B(42)—B(46) | 1,758(5) | B(47)—B(48) | 1,791(3) |
| B(31)—B(34) | 1,779(3) | B(35)—B(36) | 1,776(4) | B(42)—B(43) | 1,766(4) | B(48)—B(49) | 1,792(3) |
| B(31)—B(33) | 1,778(3) | B(36)—C(42) | 1,707(3) | B(42)—B(47) | 1,782(3) | B(49)—C(43) | 1,703(3) |
| B(31)—B(32) | 1,783(4) | B(36)—B(39) | 1,763(4) | B(43)—B(47) | 1,768(4) | C(43)—C(44) | 1,635(3) |

альными связями (средн. 2,077(1) Å). Среднее всех шести длин связей Cu—N равно 2,131(2) Å. Атом Cu(II) отклонен всего на 0,036 Å от плоскости, определяемой атомами N(1), N(4), N(5) и N(6), которая оказывается существенно неплоской: ее среднеквадратичное отклонение составляет 0,181 Å (см. рис. 1). Сумма углов связей N—Cu—N в этой плоскости близка к 360° (361,68°). Углы связей N—Cu—N в пятичленных хелатных циклах CuN_2C_2 варьируют в соединении I в пределах 76,67(6)—80,18(6)°, среднее 78,50(6)°. Остальные валентные углы на Cu укладываются в интервалы 88,52(6)—98,60(6) и 166,07(6)—174,41(6)°.

Заметим, что типичной для статического Ян-Теллеровского искажения шестикоординированных систем Cu(II) считается координация типа (4+2) с четырьмя короткими и двумя длинными связями [10].

В целом геометрические характеристики индивидуальных лигандов Phen в I находятся в хорошем соответствии друг с другом и с литературными данными, в том числе для свободной молекулы 1,10-Phen [11]. Длины связей C—N и C—C варьируют в интервалах 1,316(3)—1,367(2) и 1,343(3)—1,440(3) Å, средние значения составляют 1,345(2) и 1,400(3) Å соответственно. Связи C(5)—C(6), C(17)—C(18), C(29)—C(30) длиной 1,343(3), 1,347(3), 1,348(3) Å соответственно — самые короткие и по порядку величины могут рассматриваться как двойные связи C=C. Заметной разницы химически эквивалентных и самых длинных связей C(11)—C(12), C(23)—C(24) и C(35)—C(36) в разных лигандах не наблюдается.

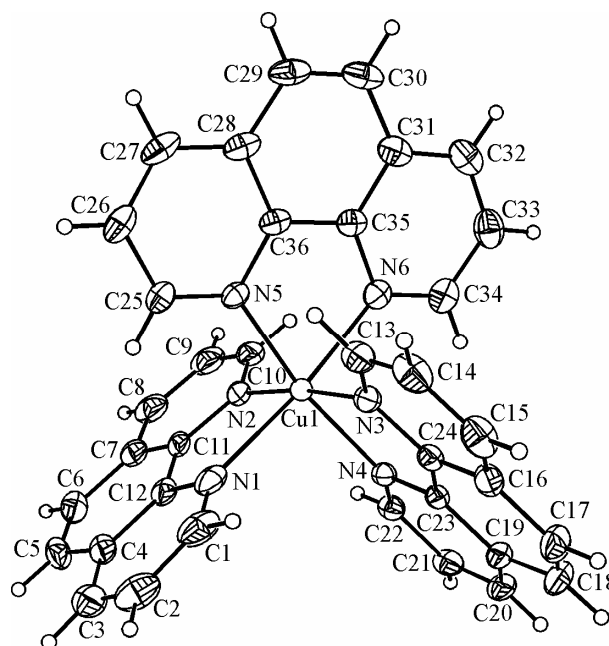


Рис. 1. Строение катиона $[CuPhen_3]^{2+}$ с нумерацией атомов

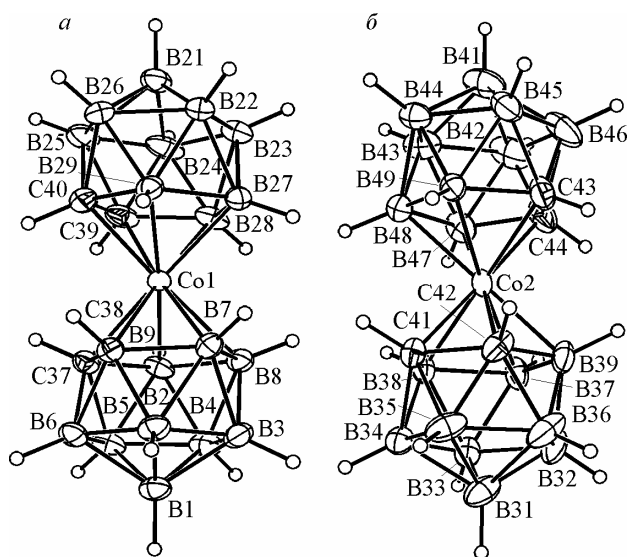


Рис. 2. Строение анионов $[\text{Co}(\text{C}_2\text{B}_9\text{H}_{11})_2]^-$ 1 (а) и 2 (б) в структуре 1 с нумерацией атомов

кольцами в лигандах (I), (II) и (III) равен 3,1, 0,8 и 2,3°. Углы между среднеквадратичными плоскостями лигандов (I) и (II), (I) и (III), (II) и (III) равны 89,8, 82,8 и 83,7° соответственно. Атом Cu отклоняется от среднеквадратичных плоскостей молекул Phen (I), (II), (III) на 0,065, 0,010 и 0,233 Å соответственно.

Металлоциклы CuN_2C_2 — плоские, среднеквадратичные отклонения для них равны 0,011, 0,003 и 0,043 Å для лигандов (I), (II) и (III) соответственно. Наибольшие отклонения 0,025 Å для N(1) в лиганде (I), 0,053 и 0,055 Å для N(5) и N(6) в лиганде (III). Изгибы металлоциклов CuN_2C_2 по линиям $\text{N}\cdots\text{N}$ во всех трех лигандах Phen разные, они составляют 1,3, 0,5 и 7,6° для лигандов (I), (II) и (III) соответственно, т.е. весьма заметный изгиб только в лиганде (III).

Анионы представляют собой два икосаэдра, связанных друг с другом общей вершиной, которая занята атомом Co(III) (рис. 2). В итоге в анионе две плоскости $\{\text{C}_2\text{B}_3\}$ связаны с атомом Co по η^5 -типу. Конформация аниона 1 заторможенная, икосаэдрические атомы C не полностью *цисоидные*; векторы C(37)—C(38) и C(40)—C(39) имеют квази-*гош*-конфигурацию с углом 42,1°. Среднеквадратичные плоскости, определяемые двумя пятиугольными гранями $\{\text{C}_2\text{B}_3\}$, почти параллельны, двугранный угол ϕ равен 2,3°. Атом Co удален от них фактически на одинаковые расстояния, равные 1,464 и 1,462 Å. Пять атомов $\{\text{C}_2\text{B}_3\}$ в каждой грани не точно компланарны: грани изогнуты по линиям C(38)⋯V(8) и V(28)⋯V(29) и имеют конформацию *конверта* с углами ϕ 2,2 и 2,1° соответственно. Хотя в нижних пентагональных поясах V(2)—V(3)—V(4)—V(5)—V(6) и V(22)—V(23)—V(24)—V(25)—V(26) компланарность выдерживается лучше, они также изогнуты по линиям V(2)⋯V(5) и V(22)⋯V(25) в конформации *конвертов* с углами ϕ 1,0 и 0,5° соответственно. Максимальные отклонения от среднеквадратичных плоскостей $\{\text{C}_2\text{B}_3\}$ равны 0,019 Å для V(8) и 0,015 Å для V(27). Углы ϕ между пентагональными поясами в икосаэдрических фрагментах, содержащих атомы V(1) и V(21) соответственно, равны 1,6 и 1,5°.

В анионе 2 среднеквадратичные плоскости, определяемые двумя $\{\text{C}_2\text{B}_3\}$ гранями, почти параллельны, двугранный угол ϕ равен 1,1°. Атом Co удален от них фактически на одинаковые расстояния, равные 1,462 и 1,468 Å. Пять атомов в каждой грани не точно компланарны: грани изогнуты по линиям V(38)⋯V(39) и V(47)⋯V(49) в конформации *конверта* с одинаковыми углами ϕ 2,1°. Нижние пентагональные пояса V(32)—V(33)—V(34)—V(35)—V(36) и V(42)—V(43)—V(44)—V(45)—V(46) также изогнуты по линиям V(34)⋯V(36) и V(42)⋯V(45) в конформации *конвертов* с меньшими углами ϕ 0,8 и 1,2° соответственно. Максимальные отклонения от среднеквадратичных плоскостей $\{\text{C}_2\text{B}_3\}$ равны 0,015 Å для V(37) и 0,015 Å для V(48). Углы ϕ между пентагональными поясами в икосаэдрических фрагментах, содержащих атомы V(31) и V(41), равны 1,5 и 1,4° соответственно.

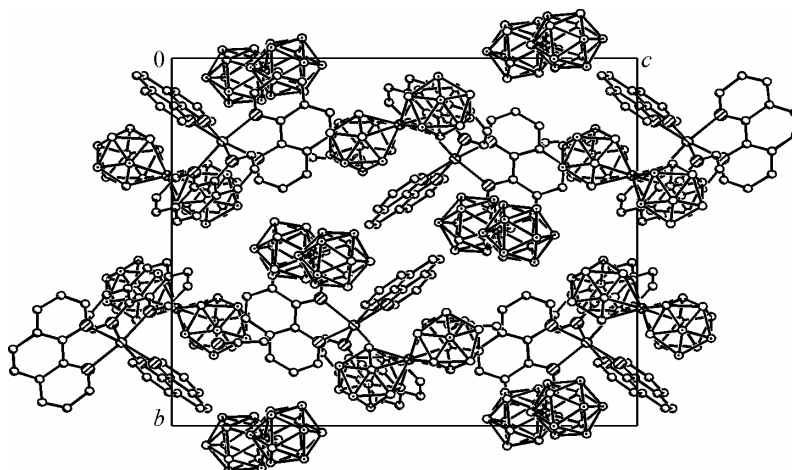


Рис. 3. Проекция структуры I вдоль направления [100]. Атомы водорода опущены

Расстояния от атомов Co до координирующих атомов бора карборановых лигандов лежат в интервале 2,071(2)—2,127(2) Å, среднее значение 2,097(2) Å. Аналогичные расстояния Co—C лежат в интервале 2,015(2)—2,045(2) Å, среднее 2,033(2) Å. Первые несколько больше вторых, согласуясь качественно с большим ковалентным радиусом B (0,88 и 0,77 Å для B и C соответственно). Кластерные атомы C в группах —C₂— располагаются на расстояниях в интервале 1,615(2)—1,640(3) Å, среднее 1,628(3) Å. Кластерные расстояния B—B и B—C лежат в интервалах 1,753(3)—1,806(3) и 1,676(3)—1,737(3) со средними значениями 1,781(3) и 1,706(3) Å для Co(1); 1,777(4) и 1,711(3) для Co(2); общие средние 1,779(4) и 1,709(3) Å для B—B и B—C соответственно. Они находятся в хорошем соответствии с аналогичными расстояниями в анионе Co(III) с дикарбороллидными лигандами [Co(C₂B₉H₁₁)₂]⁻, описанными ранее в [1, 2]. Оцененные по данным РСА кратчайшие расстояния Cu⋯Cu в I равны 10,086; Cu⋯Co(1) 7,986, Cu⋯Co(2) 7,610; Co(1)⋯Co(1) 8,876; Co(1)⋯Co(2) 7,193; Co(2)⋯Co(2) 7,259 Å.

Упаковка фрагментов кристаллической структуры I представлена на рис. 3 в проекции на плоскость (010).

Авторы выражают благодарность Е.В. Пересыпкиной за данные РСА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полянская Т.М., Волков В.В., Price С. и др. // Химия в интересах устойчивого развития. – 2000. – 8, № 1-2. – С. 229 – 236.
2. Полянская Т.М., Волков В.В., Дроздова М.К. // Журн. структур. химии. – 2003. – 44, № 4. – С. 690 – 700.
3. Волков В.В., Икорский В.Н., Дроздова М.К., Лисойван В.И. // Журн. структур. химии. – 2003. – 44, № 5. – С. 890 – 896.
4. Ильинчик Е.А., Полянская Т.М., Дроздова М.К. и др. // Журн. общ. химии. – 2005. – 75, № 10. – С. 1620 – 1627.
5. Полянская Т.М., Дроздова М.К., Волков В.В., Мякишев К.Г. // Журн. структур. химии. – 2009. – 50, № 2. – С. 367 – 371.
6. Волков В.В., Дроздова М.К., Полянская Т.М. и др. // Координац. химия. – 2002. – 28, № 6. – С. 436 – 443.
7. Altomare A., Burla M.C., Camalli M. et al. // J. Appl. Crystallogr. – 1999. – 32. – P. 115 – 119.
8. Sheldrick G.M. SHELXL-97, release 97-2. – University of Gottingen, Germany, 1998.
9. Allen F.H. // Acta Crystallogr. – 2002. – B58. – P. 380 – 388. Cambridge Structural Database, University of Cambridge, UK. Version 5.27.
10. Hathaway J., Billing D.E. // Coord. Chem. Rev. – 1970. – 5, N 2. – P. 143 – 207.
11. Nishigaki S., Yoshioka H., Nakatsu K. // Acta Crystallogr. – 1978. – B34, N 3. – P. 875 – 879.