

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 541.49+547.442

СТРОЕНИЕ ШЕСТИЯДЕРНОГО β -ДИКЕТОНАТНОГО КОМПЛЕКСА Cu(II)

© 2007 И. А. Байдина*, С. А. Громилов, П. А. Стабников

Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, Новосибирск

Статья поступила 21 июня 2006 г.

Проведено низкотемпературное ($T = 100$ К) рентгеноструктурное исследование строения шестиядерного β -дикетонатного комплекса меди(II) с лигандами gfa (гексафторацетилацетон) и dpm (дипивалоилметанат). Кристаллографические данные $\text{Cu}_6(\text{gfa})_4(\text{dpm})_4(\text{OH})_4$ — $\text{C}_{64}\text{H}_{84}\text{Cu}_6\text{F}_{24}\text{O}_{20}$: $a = 28,2364(7)$, $b = 12,8072(3)$, $c = 24,7199(7)$ Å, $\beta = 115,900(1)^\circ$, $V = 8041,5(4)$ Å³, пространственная группа $C2/m$, $Z = 4$, $d_{\text{выч}} = 1,661$ г/см³. Координационные полиэдры атомов меди — квадраты и октаэдры — образованы атомами кислорода, принадлежащими лигандам gfa, dpm и OH-группам. Во всех случаях расстояния Cu—O лежат в интервале 1,89—2,13 Å. Комплексы следуют узлам ромбоэдрической подрешетки с параметрами $a_k \approx 14,4$ Å и $\alpha_k \approx 61,5^\circ$.

Ключевые слова: медь, β -дикетонаты, рентгеноструктурный анализ, кристаллохимия.

В литературе известно относительно небольшое число β -дикетонатных смешанно-лигандных комплексов меди(II). В [1] из 45 теоретически возможных комплексов с заместителями в лигандах CH_3 , CF_3 , $\text{C}(\text{CH}_3)_3$ и C_6H_5 удалось получить только 12. К настоящему времени для шести комплексов расшифрованы кристаллические структуры, все они оказались мономерными [2]. В настоящем сообщении приведены результаты кристаллоструктурного исследования монокристалла, полученного в опыте, направленном на синтез смешанно-лигандного комплекса $\text{Cu}(\text{dpm-gfa})$.

Экспериментальная часть. Получение комплекса описано в [1]. Кристаллы для рентгеноструктурного исследования выращены медленной кристаллизацией из бензольного раствора в токе сухого азота. Исследование монокристалла размерами $0,18 \times 0,10 \times 0,05$ мм проведено на автоматическом дифрактометре X8APEX BRUKER (MoK_α -излучение, графитовый монохроматор, CCD-детектор, $T = 100$ К, область углов 2θ от $1,60$ до $27,48^\circ$, 24467 измеренных отражений). Кристаллографические характеристики: $a = 28,2364(7)$, $b = 12,8072(3)$, $c = 24,7199(7)$ Å, $\beta = 115,900(1)^\circ$, $V = 8041,5(4)$ Å³, пространственная группа $C2/m$, $Z = 4$, $d_{\text{выч}} = 1,661$ г/см³. В расчетах по комплексу программ SHELX-97 [3] использовано 8810 независимых отражений. Структура решена прямым методом и уточнена в анизотропно-изотропном (для H) приближении, позиции атомов водорода заданы геометрически. Окончательное значение $R1 = 0,0770$ ($wR2 = 0,0986$), для 5955 отражений с $I > 2\sigma(I)$ — $R1 = 0,0417$ ($wR2 = 0,0902$). В результате расшифровки установлено, что получен шестиядерный комплекс состава $\text{C}_{64}\text{H}_{84}\text{Cu}_6\text{F}_{24}\text{O}_{20}$ — $\text{Cu}_6(\text{gfa})_4(\text{dpm})_4(\text{OH})_4$. Координаты базисных атомов и их эквивалентные температурные факторы приведены в табл. 1, основные межатомные расстояния и валентные углы — в табл. 2.

Исследование термического поведения $\text{Cu}_6(\text{gfa})_4(\text{dpm})_4(\text{OH})_4$, а также исходных $\text{Cu}(\text{gfa})_2$ и $\text{Cu}(\text{dpm})_2$ проведено на дериватографе NETZSCH STA 409 PC/PG (скорость нагрева 5 град./мин., ток гелия, навеска 8 мг, тигель стандартный открытый). Результаты термогравиметрии

* E-mail: baidina@che.nsk.su

Т а б л и ц а 1

Координаты атомов и изотропные параметры атомных смещений (\AA^2) для $\text{Cu}_6(\text{gfa})_4(\text{dpm})_4(\text{OH})_4$

Атом	x/a	y/b	z/c	U_{eq}	Атом	x/a	y/b	z/c	U_{eq}
Cu(1)	0,0000	0,31480(4)	0,2500	0,02138(13)	C(13)	0,16700(12)	0,3280(3)	0,33750(14)	0,0273(8)
Cu(2)	0,0000	-0,05341(4)	0,2500	0,02253(13)	C(14)	0,04986(14)	0,5729(3)	0,37947(18)	0,0423(10)
Cu(3)	0,070749(13)	0,11951(3)	0,350950(16)	0,02016(10)	C(20)	0,05170(12)	-0,1727(3)	0,16684(14)	0,0294(8)
Cu(4)	0,065308(13)	0,14528(3)	0,210587(16)	0,02031(10)	C(21)	0,06923(13)	-0,2044(3)	0,22646(16)	0,0314(8)
F(13A)	0,17600(7)	0,32270(16)	0,28889(8)	0,0367(5)	C(22)	0,01502(12)	-0,0935(3)	0,14137(15)	0,0287(8)
F(13B)	0,17574(7)	0,23270(15)	0,36199(9)	0,0390(5)	C(23)	0,10690(17)	-0,2973(3)	0,24739(17)	0,0466(10)
F(13C)	0,20379(6)	0,39065(16)	0,37677(9)	0,0401(5)	C(24)	0,00200(13)	-0,0597(3)	0,07774(17)	0,0363(9)
F(14A)	0,04274(11)	0,65824(17)	0,34634(12)	0,0675(8)	C(30)	0,16230(11)	0,0916(2)	0,48414(13)	0,0271(8)
F(14B)	0,01022(9)	0,5680(2)	0,39458(11)	0,0662(7)	C(31)	0,15876(11)	0,0171(2)	0,44181(14)	0,0239(7)
F(14C)	0,09357(9)	0,58825(18)	0,43031(11)	0,0578(7)	C(32)	0,12988(11)	0,1791(2)	0,47325(13)	0,0218(7)
F(23A)	0,14247(10)	-0,2862(2)	0,30357(11)	0,0789(9)	C(33)	0,19200(12)	-0,0826(3)	0,45802(14)	0,0295(8)
F(23B)	0,08074(10)	-0,38583(17)	0,24419(11)	0,0640(7)	C(33A)	0,21885(13)	-0,0932(3)	0,41686(17)	0,0392(9)
F(23C)	0,13300(9)	-0,31278(18)	0,21415(11)	0,0615(7)	C(33B)	0,23354(17)	-0,0841(3)	0,52350(16)	0,0652(15)
F(24A)	0,02041(15)	0,0338(2)	0,07789(12)	0,1148(14)	C(33C)	0,15348(15)	-0,1739(3)	0,44626(19)	0,0467(10)
F(24B)	0,02121(11)	-0,1197(2)	0,04951(10)	0,0834(10)	C(34)	0,14005(12)	0,2590(3)	0,52304(13)	0,0264(7)
F(24C)	-0,04799(9)	-0,0537(3)	0,04434(11)	0,0939(11)	C(34A)	0,18449(14)	0,3311(3)	0,52505(16)	0,0427(10)
O(1)	0,00584(7)	0,20165(16)	0,31575(9)	0,0207(5)	C(34B)	0,15651(13)	0,2072(3)	0,58414(14)	0,0336(8)
O(2)	0,06036(7)	0,05945(15)	0,27332(8)	0,0211(5)	C(34C)	0,09043(13)	0,3241(3)	0,50825(15)	0,0377(9)
O(11)	0,07716(7)	0,30491(16)	0,28184(9)	0,0260(5)	C(40)	0,15488(12)	0,1852(2)	0,16659(14)	0,0254(7)
O(12)	0,00964(8)	0,43424(18)	0,31291(12)	0,0413(7)	C(41)	0,16322(11)	0,1047(2)	0,20745(14)	0,0243(7)
O(21)	0,05672(11)	-0,16852(19)	0,26512(11)	0,0462(7)	C(42)	0,11096(11)	0,2515(2)	0,14405(13)	0,0227(7)
O(22)	-0,00912(8)	-0,04211(18)	0,16498(10)	0,0323(6)	C(43)	0,21507(11)	0,0439(3)	0,23470(14)	0,0281(8)
O(31)	0,12665(7)	0,02276(16)	0,38572(9)	0,0243(5)	C(43A)	0,24741(12)	0,0907(3)	0,29766(15)	0,0374(9)
O(32)	0,09146(7)	0,19995(16)	0,42222(9)	0,0244(5)	C(43B)	0,24651(13)	0,0536(3)	0,19763(17)	0,0424(10)
O(41)	0,13058(8)	0,07888(17)	0,22861(9)	0,0256(5)	C(43C)	0,20398(13)	-0,0712(3)	0,24067(16)	0,0373(9)
O(42)	0,07084(7)	0,23967(16)	0,15481(9)	0,0238(5)	C(44)	0,10860(12)	0,3484(3)	0,10648(14)	0,0278(8)
C(10)	0,10303(12)	0,4451(2)	0,35231(14)	0,0252(7)	C(44A)	0,11021(13)	0,4425(3)	0,14553(16)	0,0372(9)
C(11)	0,11099(11)	0,3625(2)	0,32192(13)	0,0219(7)	C(44B)	0,15325(12)	0,3554(3)	0,08809(15)	0,0331(8)
C(12)	0,05258(12)	0,4763(2)	0,34493(15)	0,0288(8)	C(44C)	0,05559(13)	0,3482(3)	0,04999(15)	0,0459(11)

Т а б л и ц а 2

Основные длины связей d , \AA и валентные углы ω , град. для $\text{Cu}_6(\text{gfa})_4(\text{dpm})_4(\text{OH})_4$

Связь	d	Угол	ω	Связь	d	Угол	ω
1	2	3	4	5	6	7	8
Cu(1)—O(11)	1,9708(19)	O(11)—Cu(1)—O(12)	89,31(8)	C(10)—C(12)	1,413(4)	Cu(4)—O(2)—Cu(3)	121,48(10)
Cu(1)—O(12)	2,112(3)	O(11)—Cu(1)—O(1)	87,01(8)	C(11)—C(13)	1,521(4)	Cu(4)—O(2)—Cu(2)	119,78(9)
Cu(1)—O(1)	2,129(2)	O(12)—Cu(1)—O(1)	89,36(9)	C(12)—C(14)	1,524(5)	Cu(3)—O(2)—Cu(2)	107,00(9)
Cu(2)—O(22)	2,008(2)	O(1)#1—Cu(1)—O(1)	94,23(11)	C(20)—C(22)	1,388(5)	C(11)—O(11)—Cu(1)	126,7(2)
Cu(2)—O(21)	2,087(3)	O(22)—Cu(2)—O(21)	88,62(9)	C(20)—C(21)	1,395(5)	C(12)—O(12)—Cu(1)	124,0(2)
Cu(2)—O(2)	2,114(2)	O(22)—Cu(2)—O(2)	87,46(8)	C(21)—C(23)	1,529(5)	C(21)—O(21)—Cu(2)	125,2(2)
Cu(3)—O(31)	1,8922(19)	O(21)—Cu(2)—O(2)	88,28(9)	C(22)—C(24)	1,514(5)	C(22)—O(22)—Cu(2)	126,8(2)
Cu(3)—O(32)	1,899(2)	O(2)—Cu(2)—O(2)#1	93,71(11)	C(30)—C(31)	1,386(4)	C(31)—O(31)—Cu(3)	125,61(19)
Cu(3)—O(1)	1,9569(18)	O(31)—Cu(3)—O(32)	94,36(8)	C(30)—C(32)	1,397(4)	C(32)—O(32)—Cu(3)	125,79(19)
Cu(3)—O(2)	1,9669(19)	O(31)—Cu(3)—O(1)	170,90(9)	C(31)—C(33)	1,531(4)	C(41)—O(41)—Cu(4)	125,8(2)
Cu(4)—O(42)	1,891(2)	O(32)—Cu(3)—O(1)	88,28(8)	C(32)—C(34)	1,529(4)	C(42)—O(42)—Cu(4)	126,10(19)
Cu(4)—O(41)	1,898(2)	O(31)—Cu(3)—O(2)	85,78(8)	C(40)—C(41)	1,390(4)	C(11)—C(10)—C(12)	123,0(3)
Cu(4)—O(2)	1,955(2)	O(32)—Cu(3)—O(2)	166,28(9)	C(40)—C(42)	1,402(4)	O(11)—C(11)—C(10)	128,9(3)
Cu(4)—O(1)#1	1,9592(18)	O(1)—Cu(3)—O(2)	93,71(8)	C(41)—C(43)	1,530(4)	O(12)—C(12)—C(10)	127,4(3)
O(11)—C(11)	1,270(3)	O(42)—Cu(4)—O(41)	94,39(9)	C(42)—C(44)	1,534(4)	C(22)—C(20)—C(21)	122,8(3)

О к о н ч а н и е т а б л . 2

1	2	3	4	5	6	7	8
O(12)—C(12)	1,244(4)	O(42)—Cu(4)—O(2)	174,40(9)			O(21)—C(21)—C(20)	128,1(3)
O(21)—C(21)	1,243(4)	O(41)—Cu(4)—O(2)	87,73(9)			O(22)—C(22)—C(20)	128,3(3)
O(22)—C(22)	1,260(4)	O(42)—Cu(4)—O(1)#1	85,50(8)			C(31)—C(30)—C(32)	125,5(3)
O(31)—C(31)	1,285(3)	O(41)—Cu(4)—O(1)#1	173,17(9)			O(31)—C(31)—C(30)	124,1(3)
O(32)—C(32)	1,282(3)	O(2)—Cu(4)—O(1)#1	93,01(8)			O(32)—C(32)—C(30)	124,0(3)
O(41)—C(41)	1,286(4)	Cu(3)—O(1)—Cu(4)#1	125,10(11)			C(41)—C(40)—C(42)	125,3(3)
O(42)—C(42)	1,281(4)	Cu(3)—O(1)—Cu(1)	116,78(9)			O(41)—C(41)—C(40)	124,2(3)
C(10)—C(11)	1,371(4)	Cu(4)#1—O(1)—Cu(1)	105,71(8)			O(42)—C(42)—C(40)	123,7(3)

П р и м е ч а н и е. Операторы симметрии, используемые для генерации эквивалентных атомов: #1 $-x, y, -z+1/2$.

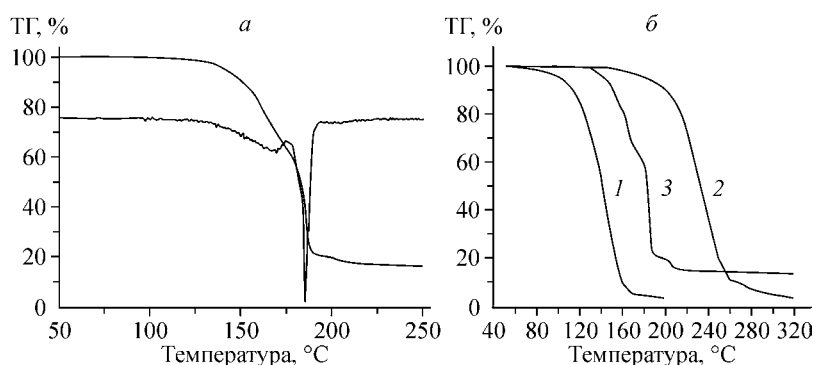
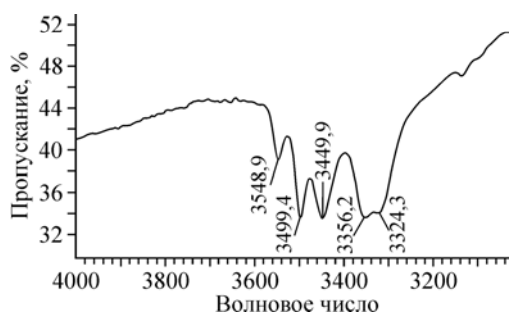


Рис. 1. Результаты термогравиметрического исследования $\text{Cu}_6(\text{gfa})_4(\text{dpm})_4(\text{OH})_4$ — а; кривые потери массы для комплексов: 1 — $\text{Cu}(\text{gfa})_2$, 2 — $\text{Cu}(\text{dpm})_2$, 3 — $\text{Cu}_6(\text{gfa})_4(\text{dpm})_4(\text{OH})_4$ — б

Рис. 2. Область валентных колебаний ОН-групп $\text{Cu}_6(\text{gfa})_4(\text{dpm})_4(\text{OH})_4$

метрического исследования и кривые потери массы комплексов представлены на рис. 1. После испарения $\text{Cu}_6(\text{gfa})_4(\text{dpm})_4(\text{OH})_4$ остается ~15 % от массы навески.

ИК спектр записывали на приборе SCIMITAR FTS2000 в таблетках KBr. На рис. 2 показана область валентных колебаний ОН-групп.



Описание кристаллической структуры. Изученная структура молекулярная, построена из нейтральных шестиядерных "псевдокластерных" комплексов с лигандами gfa, dpm и координированными по μ_3 -типу атомами кислорода ОН-групп — $[\text{Cu}_6(\text{gfa})_4(\text{dpm})_4(\text{OH})_4]$. Комплекс centrosymmetric, его объемная характеристика $V/Z = 2010,6 \text{ \AA}^3$. Шесть атомов меди образуют "псевдокластер" в виде искаженного октаэдра (рис. 3) с расстояниями $\text{Cu}\dots\text{Cu}$ в диапазоне 3,261—3,521 (ср. 3,407) \AA . Координация атомов меди в комплексе различна. Два атома Cu , находящиеся в вершинах октаэдра Cu_6 , имеют слабоискаженную октаэдрическую координацию, которая образована четырьмя атомами кислорода двух gfa-лигандов и двумя атомами кислорода ОН-групп (рис. 4). Расстояния $\text{Cu}-\text{O}_{\text{gfa}}$ лежат в интервалах 1,971—2,112 (ср. 2,044) \AA , среднее значение связей $\text{Cu}-\text{O}_{\text{OH}}$ 2,122 \AA , соответственно $\Delta = 0,078 \text{ \AA}$. Максимальное отклонение валентных углов $\text{O}-\text{Cu}-\text{O}$ в октаэдре от идеальных 90 и 180° не превышает 8,3°, среднее значение хелатных углов 89°. В изученной нами ранее структуре $\text{Cu}(\text{gfa})_2$ [4] расстояния $\text{Cu}-\text{O}$

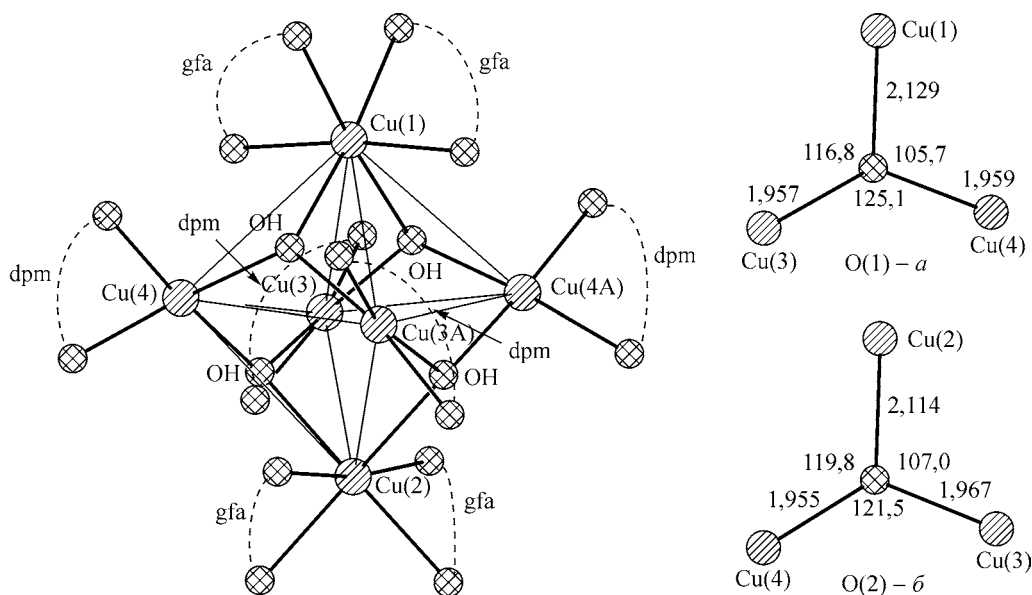


Рис. 3. Схема строения центросимметричного шестиядерного комплекса $\text{Cu}_6(\text{gfa})_4(\text{dpm})_4(\text{OH})_4$. Показана нумерация атомов меди.

На вставках приведены геометрические характеристики мостиковых атомов кислорода: O(1) — а; O(2) — б

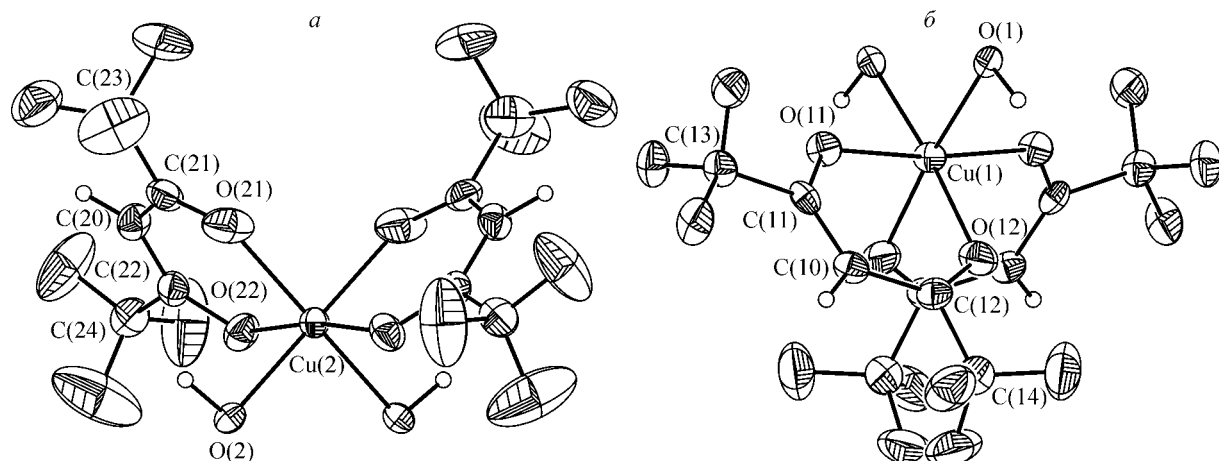


Рис. 4. Фрагменты шестиядерного комплекса $\text{Cu}_6(\text{gfa})_4(\text{dpm})_4(\text{OH})_4$ — октаэдрическое окружение атомов Cu(1) и Cu(2). Показана нумерация атомов и эллипсоиды тепловых колебаний

(в двух кристаллографически не связанных лигандах) лежат в интервале 1,88—1,93 Å, валентные углы O—Cu—O 86,5 и 93,7°.

В экваториальной плоскости Cu_6 -октаэдра расположены четыре атома Cu, имеющие плоскочетырёхугольную координацию, образованную атомами кислорода, принадлежащими dpm-лигандам и OH-группам (рис. 5). Расстояния Cu—O_{dpm} и Cu—O_{OH} лежат в интервалах 1,891—1,899 и 1,955—1,967 Å, их средние значения 1,895 и 1,960 соответственно, $\Delta = 0,065$. Максимальное отклонение валентных углов O—Cu—O от идеальных 90° и 180° составляет 13,7°. Плоскости координационных квадратов имеют небольшие тетраэдрические искажения.

Координированные по μ_3 -типу атомы кислорода OH-групп выполняют мостиковую функцию, связывая атомы меди. Геометрические характеристики мостиковых связей вынесены на вставки рис. 3. Расстояния Cu—O_{OH} зависят от координации центрального атома: в случае октаэдрической координации — 2,129 и 2,114 Å, а квадратной — 1,955—1,967 Å. На ИК спектре в области 3300—3600 cm^{-1} , характерной для валентных колебаний OH-групп, наблюдается 5 пиков.

Геометрические характеристики хелатных металлоциклов близки к аналогичным в индивидуальных соединениях $\text{Cu}(\text{gfa})_2$ [4] и $\text{Cu}(\text{dpm})_2$ [5]. В gfa-лигандах средние значения длин

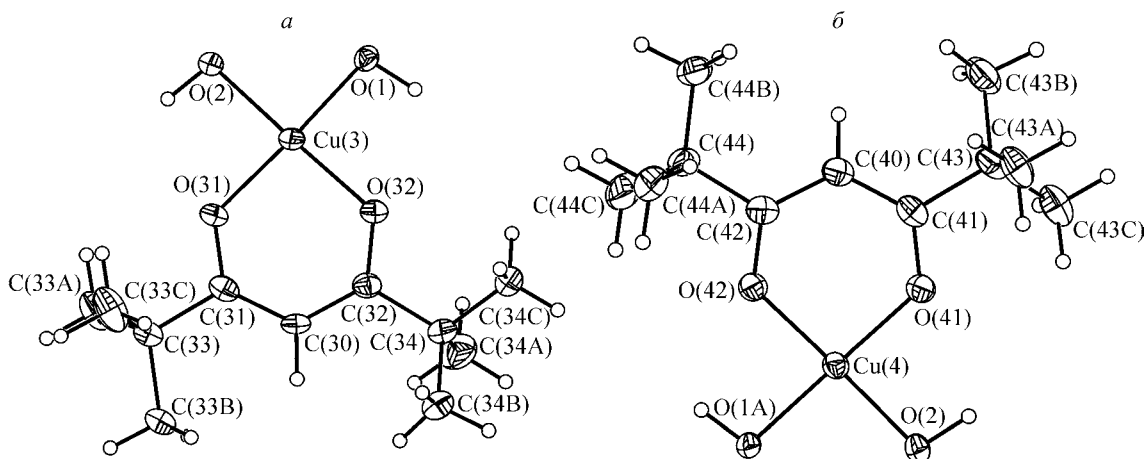
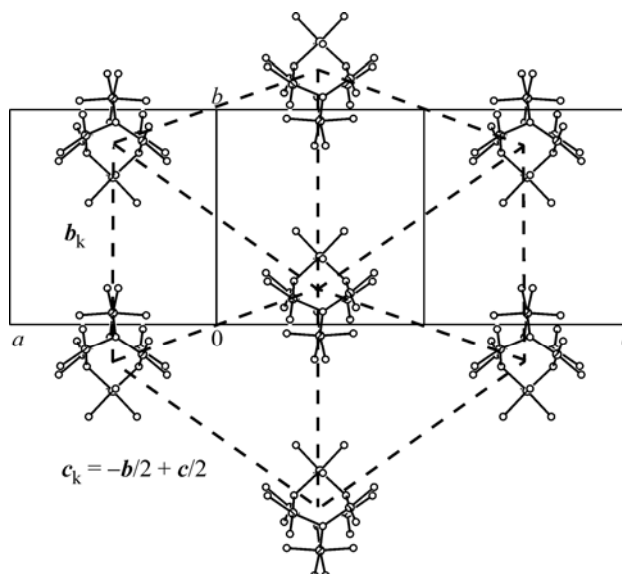


Рис. 5. Фрагменты шестиядерного комплекса $\text{Cu}_6(\text{gfa})_4(\text{dpm})_4(\text{OH})_4$ — плоскочватратное окружение атомов Cu(1) и Cu(2). Показана нумерация атомов и эллипсоиды тепловых колебаний

Рис. 6. Фрагмент кристаллической структуры $\text{Cu}_6(\text{gfa})_4(\text{dpm})_4(\text{OH})_4$. Атомы C, F и H не показаны. Пунктиром показаны векторы псевдогексагональной сетки



связей C—O, C—C_γ, C—C_{Me} и C_{Me}—F равны соответственно 1,254, 1,392, 1,522 и 1,324 Å; углы перегиба металлоциклов по линии O...O незначительны — 5,6° для Cu(1) и 1,6° для Cu(2). В структуре $\text{Cu}(\text{gfa})_2$ аналогичные перегибы — 1,6 и 2,9°. В dpm-лигандах средние значения C—O, C—C_γ, C—C_{Me} составляют 1,284, 1,394, 1,531 Å соответственно.

Мотив взаимного расположения комплексов в кристаллической структуре был определен по методике выделения трансляционной подрешетки [6]. Формульная единица содержит выделенный по весу фрагмент (рис. 6), содержащий шесть атомов меди, поэтому можно ожидать, что узлам подрешетки будут следовать именно эти фрагменты. На дифрактограмме среди наиболее сильных отражений были выбраны три — с индексами hkl , образующими матрицу с детерминантом, равным числу формульных единиц в элементарной ячейке $Z = 4$. Искомая подрешетка может быть описана как пересечение семейств плоскостей $(2\ 0\ 0)$, $(-1\ 1\ 1)$ и $(0\ 0\ -2)$. Выражения для векторов подрешетки: $\mathbf{a}_k = -\mathbf{a}/2 - \mathbf{b}/2$, $\mathbf{b}_k = -\mathbf{b}$, $\mathbf{c}_k = -\mathbf{b}/2 + \mathbf{c}/2$. Выделенная подъячейка достаточно изометричная: $a_k = 15,74$, $b_k = 13,07$, $c_k = 14,27$ Å, $\alpha_k = 62,75$, $\beta_k = 56,14$, $\gamma_k = 65,48^\circ$, т.е. линейные и угловые параметры близки. Таким образом, расположение комплексов можно описать пересечением трех псевдогексагональных плоскостей, одна из них $a_k c_k$ показана на рис. 6. Близость углов к 60° позволяет сделать вывод о стремлении комплексов к плотнейшей упаковке — комплексы следуют узлам ромбоэдрической решетки с параметрами $a_k \approx 14,4$ Å и $\alpha_k \approx 61,5^\circ$.

Обсуждение результатов и выводы. Таким образом, методом рентгеноструктурного анализа установлено, что в результате синтеза, направленного на получение разнолигандного комплекса $\text{Cu}(\text{dpm-gfa})$ (см. [1]), на самом деле образовался шестиядерный комплекс $\text{Cu}_6(\text{gfa})_4(\text{dpm})_4(\text{OH})_4$ с хелатным и мостиковым типами координации центральных атомов. После установления структуры и состава соединения методика синтеза была скорректирована на получение однофазного продукта. В хлороформе в эквимолекулярном соотношении были сме-

шаны $\text{Cu}(\text{dpm})_2$, $\text{Cu}(\text{gfa})_2$ и двукратный избыток свежеприготовленного и промытого ацетоном $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Смесь нагревали при перемешивании 1 ч, затем охладили до комнатной температуры и отфильтровали. Фильтрат медленно упаривали в токе сухого азота. Синтезированный продукт представляет собой мелкокристаллический порошок сине-зеленого цвета. Выход 90 %. Он устойчив в таких растворителях, как хлороформ, бензол, толуол, но при контакте с атмосферной влагой (а также в таких донорных растворителях, как спирт, ацетон, диоксан) достаточно быстро разрушается. На столике Бозтиуса установлено, что в интервале 155—160 °С полученное соединение плавится с разрушением. Однофазность продукта подтверждена методом рентгенофазового анализа (ДРОН-УМ1, CuK_α -излучение), проведенного по данным исследования монокристалла.

В работе [1] было установлено, что большинство характеристик мономерных разнолигандных β -дикетонатов $\text{Cu}(\text{II})$ (температура полуиспарения, температура плавления и др.) близки к среднему арифметическому аналогичных характеристик гомолигандных комплексов. Обращаясь к рис. 1, можно сказать, что это оказалось справедливым и для изученного нами комплекса. Несмотря на то что его нельзя назвать разнолигандным (т.е. нет атомов меди, имеющих в своем окружении одновременно лиганды gfa и dpm), кривая потери массы располагается между аналогичными кривыми для гомолигандных комплексов $\text{Cu}(\text{gfa})_2$ и $\text{Cu}(\text{dpm})_2$ (см. рис. 1, б). По данным термоаналитических исследований (см. рис. 1, а) можно предположить, что после достижения температуры плавления происходит разрушение комплекса $\text{Cu}_6(\text{gfa})_4(\text{dpm})_4(\text{OH})_4$ с образованием следующих летучих продуктов: $\text{Cu}(\text{gfa})_2$ (пик при 165 °С), $\text{Cu}(\text{gfa})(\text{dpm})$ (пик при 185 °С) и $\text{Cu}(\text{dpm})_2$ (пик при 205 °С). Слабый максимум испарения $\text{Cu}(\text{dpm})_2$ можно объяснить тем, что данный процесс осложнен присутствием нелетучих продуктов разрушения, вероятнее всего, оксидов меди.

Авторы выражают благодарность Н.В. Куратьевой за проведение рентгеноструктурного эксперимента и Н.И. Алферовой за получение ИК спектра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стабников П.А., Байдина И.А., Краденов К.В. и др. // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. наук. – 1989. – Вып. 5. – С. 21 – 28.
2. Громилов С.А., Байдина И.А. // Журн. структур. химии. – 2004. – 45, № 6. – С. 1076 – 1127.
3. Sheldrick G.M. SHELX-97. Release 97-1. University of Göttingen, 1997.
4. Громилов С.А., Байдина И.А., Стабников П.А. и др. // Журн. структур. химии. – 2004. – 45, № 3. – С. 502 – 507.
5. Sans-Lenain S., Gleizes A. // Inorg. Chim. Acta. – 1993. – 211, N 1. – P. 67 – 75.
6. Борисов С.В. // Журн. структур. химии. – 1986. – 27, № 3. – С. 164 – 167.
7. Стабников П.А. / Автореф.... дисс. канд. хим. наук. – Новосибирск: ИНХ СО РАН, 1988.