

УДК 548.737:541.572:541.49

Я. ЛИПКОВСКИ, Н.В. КИСЛЫХ, Ю.А. ДЯДИН, Л.А. ШЕЛУДЯКОВА

СТРУКТУРА "СИНЕГО" КЛАТРАТА $[\text{Cu}(\text{MePy})_4(\text{NCS})_2] \cdot 2\text{MePy}$

Структура монокристалла "синего" клатрата $[\text{Cu}(\text{MePy})_4(\text{NCS})_2] \cdot 2\text{MePy}$ была определена методом РСА. Ячейка моноклинная $P2_1$ с параметрами $a = 10,97(3)$, $b = 11,275(7)$, $c = 16,144(8)$ Å, $\beta = 105,8(1)^\circ$, $Z = 2$, $\rho_{\text{расч}} = 1,277$ при -120 °С, $\rho_{\text{эксп}} = 1,229$ г/см³ при 0 °С. Число измеренных рефлексов 3720, из них 3525 независимых. Для уточнения структуры использовались 1395 рефлексов. Окончательный R -фактор 0,079 (для наблюдаемых рефлексов) и $R = 0,209$ (для всех 3525 независимых рефлексов). Центральный атом комплексной молекулы хозяина (медь) квазиоктаэдрически (4+2) координирован шестью атомами азота, как и в случае "зеленого" клатрата $[\text{Cu}(\text{MePy})_4(\text{NCS})_2] \cdot 2/3\text{MePy}$, но в противоположность centrosymmetricной хозяйской молекуле в этом клатрате молекула хозяина в "синем" клатрате крайне асимметрична. Молекулярная упаковка слоистого типа. Слои, образованные молекулами хозяина (четыре 4-метилпиридиновых лиганда лежат в плоскости слоя), разделяются двумя симметрически не связанными слоями, занятыми гостевыми молекулами 4-метилпиридина. Между гостевыми и хозяйскими молекулами не обнаружено никаких химических взаимодействий. Изотиоцианатные группы располагаются в гостевом слое, разбивая его как бы на зигзагообразные каналы.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение фазовых равновесий в системе $[\text{Cu}(\text{MePy})_2(\text{NCS})_2] - \text{MePy}$ (MePy — 4-метилпиридин) в области кристаллизации показало [1], что в указанной системе образуются два соединения состава $\text{Cu}(\text{MePy})_{4,7}(\text{NCS})_2$ зеленого цвета (в дальнейшем "зеленый" клатрат) и $\text{Cu}(\text{MePy})_6(\text{NCS})_2$ синего цвета (в дальнейшем "синий" клатрат), причем клатратная природа "зеленого" соединения системы $[\text{Cu}(\text{MePy})_4(\text{NCS})_2] \cdot 2/3\text{MePy}$ была установлена довольно быстро рентгеноструктурными исследованиями [1, 2]. В этом соединении комплексная молекула $[\text{Cu}(\text{MePy})_4(\text{NCS})_2]$ является хозяином. 4-Метилпиридин бифункционален: четыре молекулы-лиганды связаны атомами азота с центральным атомом меди, остальные молекулы (две трети молекулы на формульную единицу) включены в каналные полости в химически несвязанном состоянии, т.е. выступают в качестве гостя. Изучено давление диссоциации и характер термического разложения "зеленого" клатрата [3]. Определение природы "синего" клатрата оказалось несколько более сложной задачей в силу его малой устойчивости. Исследование ИК и ЭПР спектров показало, что в "синем" соединении $\text{Cu} - \text{NCS}$ существенно слабее, чем в "зеленом" клатрате, и это давало основание рассматривать вариант образования катионного комплекса $[\text{Cu}(\text{MePy})_6](\text{NCS})_2$ [4].

Предварительное рентгеноструктурное исследование показало [5], что, хотя действительно расстояния $\text{Cu} - \text{NCS}$ заметно удлинились, координация изотиоциановых групп медью через азот сохранилась, тогда как две молекулы 4-метилпиридина (из шести) находились в структуре в несвязанном состоянии.

В настоящем сообщении мы приводим результаты полного рентгеноструктурного анализа «синего» соединения с валовой формулой Cu(MePy)₄(NCS)₂.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Чтобы получить кристаллы «синего» соединения, насыщенный при 35 °С раствор роданида меди в 4-метилпиридине отделялся от донной фазы [Cu(MePy)₄(NCS)₂]⁻²/₃MePy и медленно охлаждался. При температуре ниже 17 °С появлялись красивые «синие» кристаллы, из которых и был выбран один, годный для РСА. В силу быстрого выветривания кристаллов на воздухе они помещались в капилляр из борного стекла вместе с каплей маточного раствора, и все работы с ним велись при низких температурах. Съемка велась при –120 °С. Некоторые детали и данные эксперимента приведены в табл. 1.

Структура была решена методом Паттерсона (SHELXS [6]), уточнение структуры производилось с использованием программы SHELX-76 [7]. Поскольку количество наблюдаемых рефлексов было мало по сравнению с числом уточняемых параметров, только тяжелые атомы меди и серы уточнялись в анизотропном приближении. Попыток определить положения атомов водорода не было, в последние циклы уточнения структуры они были включены в геометрически рассчитанных позициях. Поправка на абсорбцию была сделана с использованием подхода DIFABS [8]. Степень заполнения позиций атомами гостя проверена на стадии уточнения структуры в изотропном приближении и оказалась равной 1,00 (в пределах экспериментальной ошибки). В заключительных циклах уточнения структуры степень заполнения позиций атомами гостя была зафиксирована равной 1,00.

Т а б л и ц а 1

Сводка данных о структурном анализе «синего» клатрата [Cu(MePy)₄(NCS)₂]-2MePy (при –120 °С)

Валовая формула молекулы	C ₃₈ H ₄₂ N ₈ S ₂ Cu
Молекулярная масса	738,486
Элементарная ячейка	
<i>a</i> , Å	10,97(3)
<i>b</i> , Å	11,275(7)
<i>c</i> , Å	16,144(8)
β, град	105,8(1)
<i>V</i> , Å ³	1920(6)
<i>Z</i>	2
Плотность (рассчитанная при –120°С), г/см ³	1,277
(измеренная при 0 °С)	1,229
Пространственная группа	<i>P</i> 2 ₁
Излучение	CuK _α
Коэффициент поглощения	0,71
Размеры кристалла, мм	0,22×0,44×0,46
Число рефлексов:	
измеренных	3720
независимых	3525
использованных в структурном анализе	1395
Окончательный <i>R</i> -фактор	
для 1395 использованных рефлексов	0,079
для всех 3525 измеренных рефлексов	0,209
Остаточные максимумы на карте электронной плотности, e/Å ³	+0,69 / –0,71

РЕЗУЛЬТАТЫ

Координаты атомов приведены в табл. 2. На рис. 1 приведена схема нумерации атомов. Как видно из табл. 3 — 5, комплексная молекула хозяина имеет конформацию "четырёхлопастного" пропеллера подобно тому, как это имеет место для

Т а б л и ц а 2

Координаты атомов ($\times 10^4$) и изотропные параметры тепловых колебаний с оцененными среднеквадратичными отклонениями (в скобках) для неводородных атомов

Атом	x/a	y/b	z/c	$B_{\text{экв}}$
1	2	3	4	5
Cu	8821(2)	9958(3)	7472(2)	1,76(7)
S(1)	6523(5)	9892(9)	4265(4)	3,3(2)
S(2)	8633(6)	8741(6)	10269(5)	3,2(2)
N(1)	8103(13)	9898(23)	5946(11)	2,8(5)
N(2)	9471(16)	10043(27)	9044(12)	4,4(6)
C(1)	7448(15)	9900(25)	5252(12)	1,4(5)
C(2)	9151(19)	9541(18)	9539(16)	2,2(7)
N(11)	10531(16)	10697(17)	7467(13)	2,5(6)
C(11)	11525(20)	10586(21)	8168(16)	3,1(7)
C(12)	12655(21)	11133(21)	8251(17)	3,6(8)
C(13)	12814(21)	11870(22)	7601(16)	2,7(8)
C(14)	11761(20)	11979(21)	6854(17)	3,4(8)
C(15)	10653(19)	11410(20)	6836(16)	2,5(7)
C(16)	14009(22)	12555(24)	7645(18)	4,0(9)
N(21)	7105(16)	9291(18)	7511(13)	2,9(6)
C(21)	6555(21)	8421(21)	6943(17)	3,0(7)
C(22)	5396(20)	7974(21)	6946(16)	3,2(7)
C(23)	4824(23)	8345(24)	7557(19)	4,2(9)
C(24)	5387(20)	9230(21)	8134(16)	3,0(7)
C(25)	6528(18)	9662(19)	8084(15)	2,7(8)
C(26)	3503(26)	7821(27)	7516(20)	5(1)
N(31)	8109(16)	11639(16)	7458(12)	2,6(6)
C(31)	8728(19)	12466(18)	7982(16)	1,9(6)
C(32)	8295(22)	13644(22)	7954(18)	4,0(8)
C(33)	7283(21)	13983(21)	7319(17)	2,8(7)
C(34)	6587(20)	13116(19)	6764(15)	2,4(7)
C(35)	7026(19)	11962(19)	6831(15)	1,9(6)
C(36)	6804(21)	15278(20)	7230(17)	3,8(8)
N(41)	9567(16)	8289(18)	7499(13)	3,0(7)
C(41)	10054(18)	8007(19)	6864(16)	2,2(7)
C(42)	10590(19)	6870(20)	6853(17)	2,9(7)
C(43)	10739(20)	6097(20)	7497(17)	2,6(7)
C(44)	10253(17)	6432(18)	8186(15)	1,7(6)
C(45)	9668(20)	7503(21)	8141(17)	3,1(7)
C(46)	11404(19)	4945(35)	7512(15)	4,5(7)
N(7)	9161(22)	3356(22)	5138(16)	6,5(8)
C(71)	9459(28)	4497(23)	5172(19)	6(1)
C(72)	8670(22)	5433(22)	5046(16)	4,3(9)
C(73)	7340(20)	5191(25)	4894(16)	4,5(9)
C(74)	7018(28)	3989(25)	4819(20)	5,4(9)
C(75)	7882(29)	3133(30)	4954(21)	8(1)

О к о н ч а н и е т а б л. 2

1	2	3	4	5
C(76)	6435(28)	6208(30)	4760(21)	7(1)
N(8)	5113(19)	6182(19)	9421(16)	4,3(7)
C(81)	4647(21)	5185(25)	9612(15)	4,6(9)
C(82)	5375(24)	4105(25)	9763(19)	4,8(9)
C(83)	6650(27)	4125(27)	9752(21)	5(1)
C(84)	7066(21)	5252(21)	9596(15)	3,6(8)
C(85)	6353(26)	6182(29)	9448(19)	6(1)
C(86)	7388(27)	2974(30)	9940(21)	7(1)

П р и м е ч а н и е. Анизотропное приближение использовалось при уточнении только для атомов меди и серы, для которых приведены величины $B_{\text{экв}}$.

Т а б л и ц а 3

Избранные длины связей для неводородных атомов с оцененными среднеквадратичными отклонениями (в скобках)

Cu—N(1)	2,372(13)
Cu—N(2)	2,445(14)
Cu—N(11)	2,046(15)
Cu—N(21)	2,038(13)
Cu—N(31)	2,042(13)
Cu—N(41)	2,031(15)
S(1)—C(1)	1,626(13)
S(2)—C(2)	1,67(2)
N(1)—C(1)	1,17(2)
N(2)—C(2)	1,13(2)

Т а б л и ц а 4

Избранные углы между связями для неводородных атомов с оцененными среднеквадратичными отклонениями (в скобках)

N(1)—Cu—N(2)	177,1(5)
N(1)—Cu—N(11)	92,8(5)
N(1)—Cu—N(21)	88,2(5)
N(1)—Cu—N(31)	89,7(6)
N(1)—Cu—N(41)	91,4(6)
N(11)—Cu—N(21)	177,6(6)
N(11)—Cu—N(31)	88,7(6)
N(11)—Cu—N(41)	91,1(6)
N(21)—Cu—N(31)	89,1(5)
N(21)—Cu—N(41)	91,1(6)
N(31)—Cu—N(41)	178,9(6)
S(1)—C(1)—N(1)	179,3(21)
S(2)—C(2)—N(2)	178,2(15)

Т а б л и ц а 5

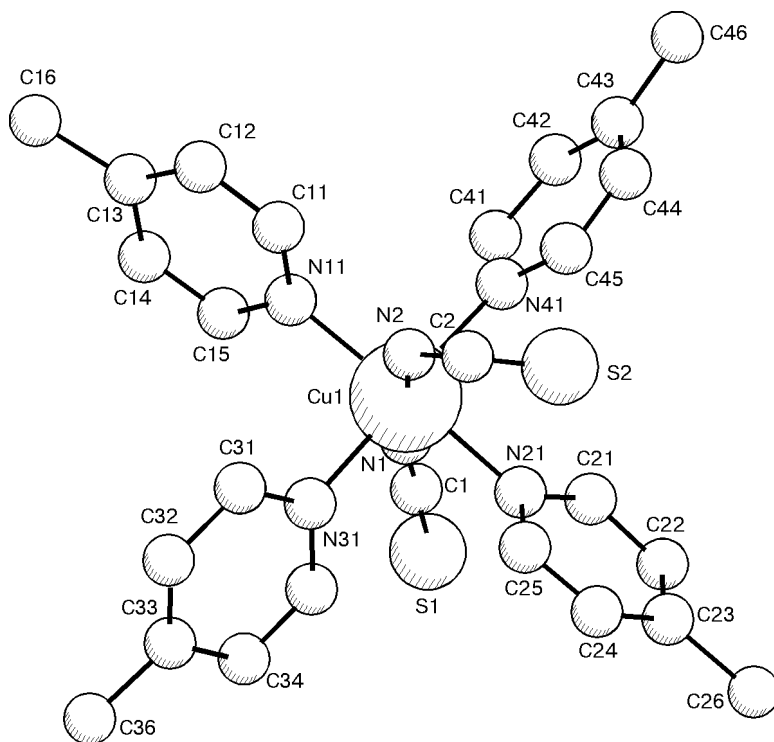
Параметры плоскостей, определяемых избранными атомами

Плоскость	Атомы, определяющие плоскость	Расстояние от атома до плоскости
1	N(11)N(21)N(31)N(41)	Cu 0,019(3)
2	N(11)N(1)N(21)N(2)	Cu 0,037(5)
3	N(31)N(1)N(41)N(2)	Cu 0,012(7)
4	N(11)C(11)C(12)C(13)C(14)C(15)	Cu -0,194(5) C(16)-0,06(3)
5	N(21)C(21)C(22)C(23)C(24)C(25)	Cu -0,014(4) C(26) 0,05(3)
6	N(31)C(31)C(32)C(33)C(34)C(35)	Cu 0,187(6) C(36) 0,06(3)
7	N(41)C(41)C(42)C(43)C(44)C(45)	Cu -0,099(7) C(46)-0,06(3)
8	N(7)C(71)C(72)C(73)C(74)C(75)	C(76)-0,02(3)
9	N(8)C(81)C(82)C(83)C(84)C(85)	C(86)0,01(3)

О к о н ч а н и е т а б л . 5

Избранные диэдрические углы между плоскостями

Плоскость – плоскость		Угол	Плоскость – плоскость		Угол (среднеквадратичное отклонение)
1	2	89,7(6)	1	3	88,6(5)
1	4	64,0(6)	1	5	51,2(6)
1	6	52,0(6)	1	7	60,4(6)
3	8	77,0(8)	3	9	92,3(7)
4	8	59,2(8)	4	9	54,2(9)
5	8	55,9(8)	5	9	61,7(7)
6	8	40,0(9)	6	9	55,2(8)
7	8	71,8(8)	7	9	56,5(8)
8	9	16,7(9)			

Рис. 1. Перспективный ракурс молекулы хозяина $[\text{Cu}(4\text{-MePy})_4(\text{NCS})_2]$ и нумерация атомов

многих клатратогенных комплексов с общей формулой MX_2A_4 . Однако в нашей структуре геометрия координации изотиоцианатных лигандов крайне асимметрична, как это отчетливо видно из табл. 3—5 (см. также рис. 4). Длина связи $\text{Cu} - \text{N}(2)$ больше, чем длина связи $\text{Cu} - \text{N}(1)$ на $0,07 \text{ \AA}$, и линия $\text{N}(2) - \text{S}(2)$ образует с нормалью к экваториальной плоскости комплексной молекулы угол $48,6(6)^\circ$, что значительно отличается от угла $20,3(5)^\circ$, образованного связью $\text{N}(1) - \text{S}(1)$.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Как мы уже упоминали, в системе $[\text{Cu}(\text{MePy})_2(\text{NCS})_2] - \text{MePy}$ образуются два соединения: $[\text{Cu}(\text{MePy})_4(\text{NCS})_2] \cdot 2/3\text{MePy}$ и $[\text{Cu}(\text{MePy})_4(\text{NCS})_2] \cdot 2\text{MePy}$, некоторая количественная характеристика которых дана в табл. 6. Первое изоструктурно подобным клатратам с кадмием [9], марганцем [2], цинком [10] и магнием [11] в качестве центрального атома в хозяйской молекуле. Полости в каркасе этих соединений представляют собой каналы с переменным диаметром. В широкой части канала с диаметром порядка 8 \AA располагаются по две молекулы MePy , тогда как узкая часть канала с диаметром около 4 \AA (расположенная между зонами расширения) занята молекулами воды. В пользу того, что именно строение каркаса хозяина, а не его химическая природа обуславливает исключительно высокую его осушающую способность (клатрат кристаллизуется с водой даже из растворов, содержащих не более 0,03 — 0,04 % воды), свидетельствует тот факт, что "синий" клатрат, состоящий из тех же химических компонентов, но не имеющий в своей структуре подходящих для воды полостей (см. ниже), совершенно не способен ее поглощать. Наличие воды даже в малых концентрациях, как следует из сказанного, должно способствовать образованию "зеленого" клатрата, что и проявлялось в понижении температуры инконгруэнтного плавления "синего" клатрата и тем в большей мере, чем больше было содержание воды в жидкой фазе.

На рис. 2 показана упаковка молекул в "синем" клатрате. При описании структуры удобно выделить слои, образованные молекулами хозяина (четыре 4-метилпиридиновых лиганда лежат в плоскости слоя), которые разделяются двумя симметрически не связанными слоями, занятыми гостевыми молекулами 4-метилпиридина. Между гостевыми и хозяйскими молекулами не обнаружено никаких признаков химического взаимодействия. Изотиоцианатные группы располагаются в гостевом слое, как бы разбивая его на зигзагообразные каналы (рис. 3), причем из-за требований благоприятной упаковки изотиоцианатные группы сильно искажены.

Т а б л и ц а 6

Некоторые свойства клатратов, образующихся в системе $[\text{Cu}(\text{MePy})_2(\text{NCS})_2] - \text{MePy}$

Формула	$[\text{Cu}(\text{MePy})_4(\text{NCS})_2] \cdot 2/3\text{MePy}$	$[\text{Cu}(\text{MePy})_4(\text{NCS})_2] \cdot 2\text{MePy}$
Цвет	Зеленый	Синий
Температура плавления*, град	81,7	29,2
$\rho_{\text{эксп}}$, г/см ⁻³	1,252	1,229
Пр. группа	$R3$	$P2_1$
Параметры:		
a , \AA	27,356	10,97
b , \AA		11,275
c , \AA	11,303	16,144
β , град		105,8
Z	9	2
Симметрия молекулы хозяина	Центросимметричная	Асимметричная

* Оба соединения плавятся инконгруэнтно с разложением на кристаллическую фазу состава $[\text{Cu}(\text{MePy})_2(\text{NCS})_2]$ и ее насыщенный при соответствующей температуре раствор в MePy .

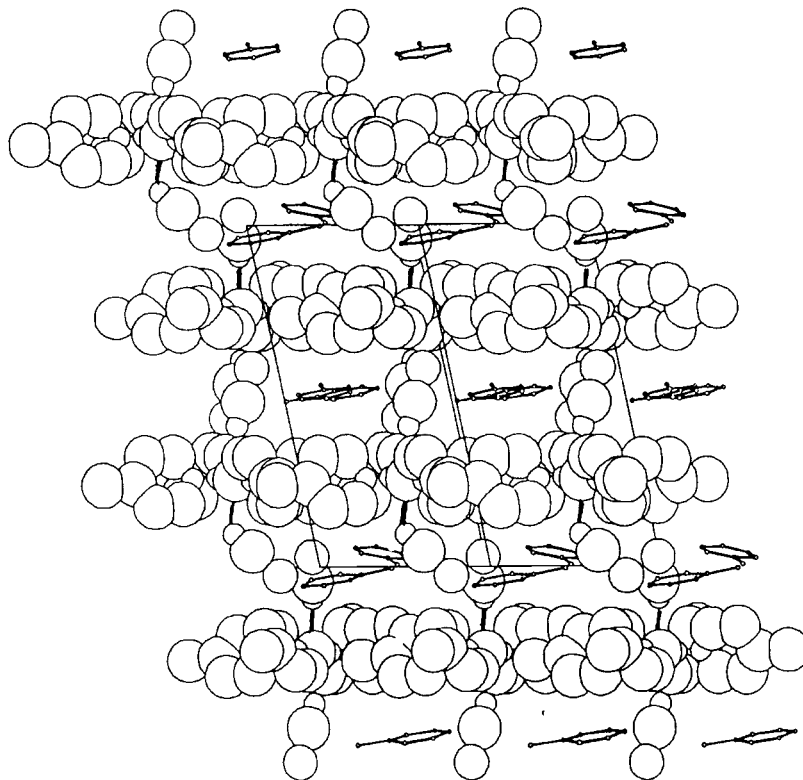
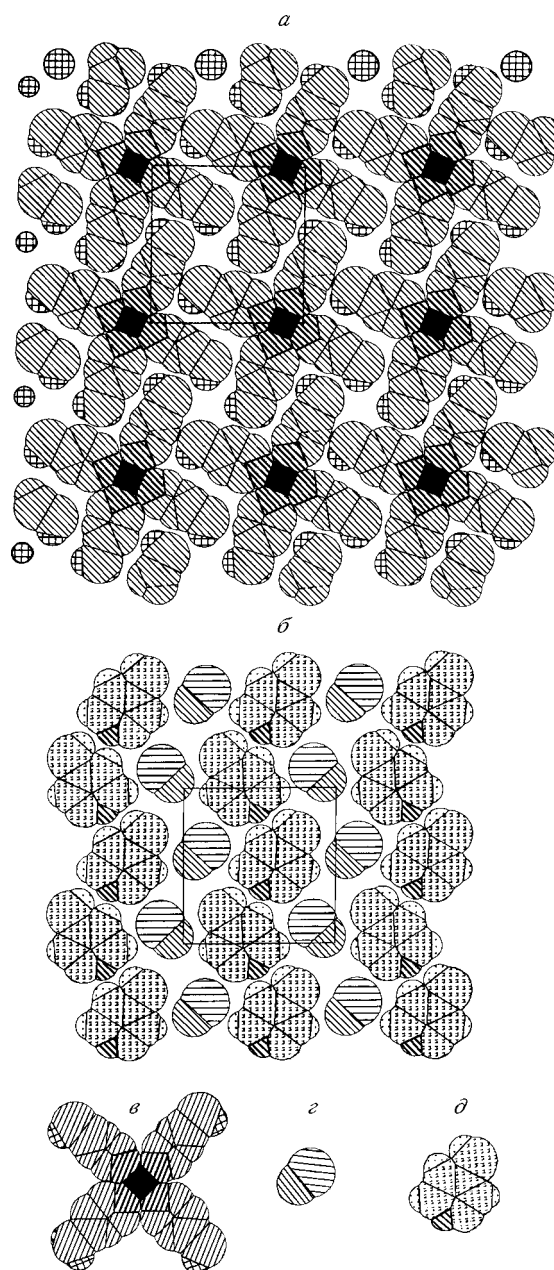


Рис. 2. Молекулярная упаковка в клатрате $[\text{Cu}(\text{MePy})_4(\text{NCS})_2] \cdot 2\text{MePy}$. Хозяйские слои на высоте $1/4$ и $1/2$ симметрически не связаны. Атомы гостевых молекул 4-метилпиридина для наглядности даны малыми кружочками

Данные табл. 3, 4, 6 и рис. 4 показывают те весьма существенные изменения, которые претерпевает молекула хозяина при переходе от клатрата к клатрату. В "зеленом" клатрате она центросимметрична, тогда как в "синем" — крайне асимметрична. Кроме того, наблюдается большая разница в лигандном окружении медного атома. Хотя и в том, и в другом случае координационный полиэдр вокруг атома $\text{Cu}(\text{II})$ является тетрагональной бипирамидой. В "зеленом" клатрате два из четырех метилпиридиновых лиганда расположены по пятой и шестой координатам с длиной связи $\text{Cu}-\text{N}_{\text{Py}}$, равной $2,50 \text{ \AA}$, а два других метилпиридина и изотиоцианатные группы координированы экваториально с расстояниями $\text{Cu}-\text{N}$ $2,06$ и $1,98 \text{ \AA}$ соответственно. В "синем" же клатрате все четыре метилпиридиновых лиганда расположены в экваториальной плоскости на расстояниях $\text{Cu}-\text{N}_{\text{Py}}$ от $2,03$ до $2,05 \text{ \AA}$, тогда как изотиоцианатные группы расположены аксиально с длинами связи $\text{Cu}-\text{N}_{\text{CS}}$, равными $2,37$ и $2,45 \text{ \AA}$. Такая значительная разница в координации может быть хорошим объяснением различия цвета двух клатратов [12]. В согласии со сказанным находятся данные об исследовании клатратов и в ИК диапазоне спектра [4]. Волновое число валентных колебаний связи $\text{C}-\text{N}_{\text{CS}}$ в "зеленом" клатрате равно 2090 см^{-1} , что соответствует колебаниям координированной через азот

Рис. 3. Молекулярная упаковка хозяйского (а) и гостевого (б) слоев (сечения при $z = 0$ и $z = 0,25$ соответственно); сечение хозяйской молекулы плоскостью (004) (в); сечение изотиоцианатного лиганда хозяйской молекулы плоскостью (001) (г); сечение гостевой молекулы 4-метилпиридина плоскостью (001) (д)



изотиоцианатной группы. В "синем" же клатрате $\nu_{(\text{CN})} = 2043 \text{ см}^{-1}$, что более походит на колебания в изотиоцианат-анионе.

Здесь уместно заметить, что и тот, и другой клатраты кристаллизовались из растворов зеленого цвета, из чего можно сделать вывод, что координационное окружение меди в комплексе в жидкой фазе более близко к окружению в "зеленом" клатрате.

Таким образом, мы видим, что в зависимости от характера упаковки в системе гость — хозяин сама молекула хозяина претерпевает существенные изменения, т.е. невалентные межмолекулярные взаимодействия коренным образом влияют на конформацию молекулы хозяина. Более того, как следует из фазовой диаграммы

системы $[\text{Cu}(\text{MePy})_2(\text{NCS})_2] - \text{MePy}$ [1], вне клатрата комплексная молекула хозяина

$[\text{Cu}(\text{MePy})_4(\text{NCS})_2]$ не существует вовсе. Явление, когда молекулы определенного сорта неустойчивы и не могут построить свою собственную фазу, но вполне устойчивы в контакте с другими молекулами, с которыми создают кристаллическую фазу, хотя химически не взаимодействуют с ними, названо контактной стабилизацией [13]. Также наглядно контактная стабилизация проявляется в системе $[\text{Zn}(\text{MePy})_2(\text{NCS})_2] - \text{MePy}$, в которой образуются два клатратных соединения — $[\text{Zn}(\text{MePy})_4(\text{NCS})_2] \cdot 2/3 \text{MePy}$ с тригональной (как и в "медной" системе) и $[\text{Zn}(\text{MePy})_4(\text{NCS})_2] \cdot \text{MePy}$ с тетрагональной (как в классической "никелевой" сис-

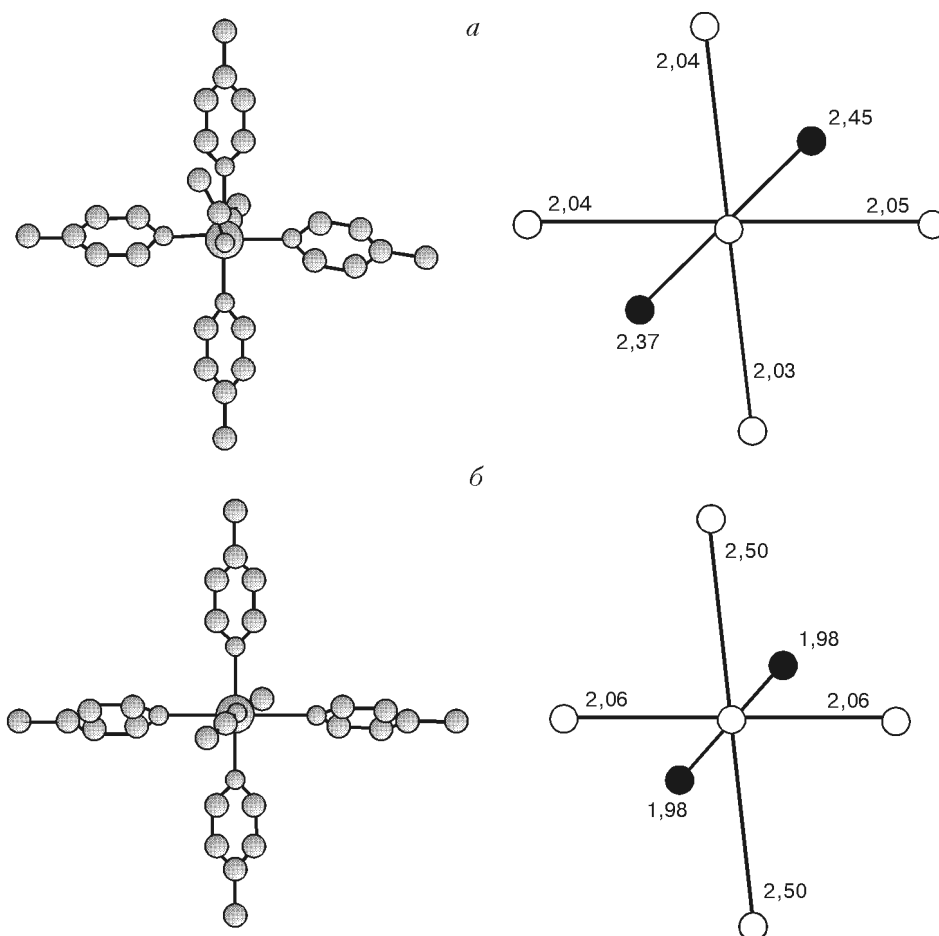


Рис. 4. Сравнение геометрии молекулы хозяина $[\text{Cu}(\text{MePy})_4(\text{NCS})_2]$ в "синем" (а) и "зеленом" (б) клатратах.

Проекции сделаны так, что 4 атома азота метилпиридиновых лигандов лежат в плоскости чертежа

теме) ячейками с хозяйской молекулой $[\text{Zn}(\text{MePy})_4(\text{NCS})_2]$. Но эта комплексная молекула неустойчива в своей собственной кристаллической фазе и поэтому не образует ее [10]. Примеров контактной стабилизации комплексных молекул-хозяев в настоящее время известно достаточно много как среди клатратов Шеффера, так и среди клатратов Гофмана — Ивамото [14]. Примером контактной стабилизации гостевой молекулы может служить хорошо известная в аналитической химии "синяя" реакция йода с крахмалом. Неустойчивая сама по себе полийодидная молекула стабилизируется в каналах амилозы за счет невалентных взаимодействий с молекулой хозяина. Поскольку в данном случае полость находится в самой молекуле хозяина, а не в хозяйском кристаллическом каркасе, клатратное надмолекулярное образование амилозы с йодом (надмолекула) существует и в жидкой фазе.

Российские авторы благодарят Российскую Федеральную целевую программу "Интеграция" УНК "Супрамолекулярная химия" за финансовую поддержку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кислых Н.В., Дядин Ю.А., Первухина Н.В. и др. // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. наук. – 1989. – № 3. – С. 76 – 82.
2. Pervukhina N.V., Podbereskaya N.V., Davydova I.V. et al. // J. Inclusion Phenom. Mol. Rec. Chem. – 1992. – **13**. – P. 9 – 16.
3. Украинцева Э.А., Кислых Н.В., Дядин Ю.А., Логвиненко В.А. // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. наук. – 1989. – № 5. – С. 69 – 76.
4. Dyadin Yu.A., Kislykh N.V., Pervukhina N.V. et al. // International Seminar "Inclusion Compounds", Jaszowiec (Poland), 24–26th September. – 1987. – (Abstracts). – P. 40.
5. Lipkowski J., Pervukhina N.V., Davydova I.V. et al. // III International Seminar, "Inclusion Compounds", Novosibirsk, 8–10th August. – 1989. – (Abstracts) P. 76.
6. Sheldrick G.M. // SHELXS-86. Crystallographic Computing 3/ Eds. G.M. Sheldrick, C. Krueger and R. Goddard. Oxford University Press. – 1985. – P. 175 – 189.
7. Sheldrick G.M. SHELXS-76, Program for Crystal Structure Determination. – University of Cambridge (England).
8. Walker N., Stuart D. // Acta Crystallogr. – 1983. – **A39**. – P. 158 – 169.
9. Dyadin Yu.A., Kislykh N.V., Chekhova G.N. et al. // J. Inclusion Phenom. Mol. Rec. Chem. – 1984. – **20**. – P. 333 – 340.
10. Lipkowski J., Soldatov D.V., Kislykh N.V. et al. // Ibid. – 1994. – **17**. – P. 305 – 316.
11. Солдатов Д.В., Трушин П.А., Логвиненко В.А., Грачев Е.В. // Журн. структур. химии. – 1993. – **34**, № 2. – С. 66 – 73.
12. Gazo J., Voca R., Jona E., Kabesova M. et al. // Coord. Chem. Rev. – 1982. – **43**. – P. 87 – 131.
13. Dyadin Yu., Kislykh N. // Mendeleev Com. – 1991. – **4**. – P. 134 – 137.
14. Dyadin Yu. A., Soldatov D.V., Logvinenko V.A., Lipkowski J. // J. Coord. Chem. – 1996. – **37**. – P. 63 – 75.

Институт физической химии РАН
01-224 Варшава, Каспршака 44
Институт неорганической химии
СО РАН
пр. Акад. Лаврентьева, 3
Новосибирск 630090

Статья поступила
16 декабря 1997 г.