

УДК 541.572.7:548.737

Ч.-К. ЛАМ, Т.К.У. МАК

**НОВАЯ СЛОИСТАЯ АНИОННАЯ РЕШЕТКА ХОЗЯИНА,
ОБРАЗОВАННАЯ МОЛЕКУЛАМИ МОЧЕВИНЫ,
СКВАРАТА, БИКАРБОНАТА И ВОДЫ**

Получен и рентгенографически охарактеризован новый комплекс включения, бис(тетраэтиламмоний)скварат—тетраэтиламмоний гидрокарбонат—мочевина—вода (1/2/4/6) $[(C_2H_5)_4N^+]_2C_4O_4^{2-} \cdot 2(C_2H_5)_4N^+HCO_3^- \cdot 4(NH_2)_2CO \cdot 6H_2O$. Данные кристаллической структуры (MoK $_{\alpha}$ излучение): пр. гр. $P2_1/n$ (№ 14), $a = 12,283(2)$, $b = 17,287(3)$, $c = 14,898(3)$ Å, $\beta = 101,27(3)^\circ$, $Z = 2$ и $R_1 = 0,055$ по 3634 рефлексам. В кристаллической структуре вышеуказанного соединения в результате поперечного связывания зигзагообразных водородо-связанных лент типа $[(\text{мочевина})_4(H_2O)_2]_{\infty}$ и $[(C_4O_4^{2-})(H_2O)_2(HCO_3^-)_2(H_2O)_2]_{\infty}$ образуются слои хозяина мочевина—анион, при этом межслоевое пространство занято как упорядоченными, так и разупорядоченными катионами тетраэтиламмония.

ВВЕДЕНИЕ

В нашей лаборатории было получено и исследовано методом рентгеноструктурного анализа несколько видов новых соединений включения, в качестве составляющих для синтеза каркасов "хозяина" брали мочевину, тиомочевину или селеномочевину, различные анионы, а также в некоторых случаях воду. Из анионов использовали галоиды [1], бикарбонат [2], аллофанат [3], борат [4], пентаборат [5], нитрат [6], формиат [7], ацетат [8], оксалат [9] и фумарат [9]. Благодаря высокой способности к образованию водородных связей мочевина, тиомочевина и селеномочевина являются универсальными компонентами для построения решеток хозяина: атом халькогена имеет до четырех акцепторных мест для создания водородных связей и каждая аминогруппа — два донорных места. Кроме того, для образования водородных связей могут использоваться анионы различной геометрической формы. Экспериментальные результаты показали, что, изменяя либо соотношение компонентов, либо величину псевдосферических тетраалкиламмониевых катионов как гостевых шаблонов, можно видоизменять форму "хозяйских" каркасов в нужном направлении. В продолжение наших последних исследований мы создали новую решетку хозяина, используя в качестве анионных компонентов два типа кислородсодержащих соединений углерода, а именно: скварат и бикарбонат, выбранные нами благодаря их высокой способности к образованию водородных связей в нескольких направлениях. В настоящей работе представлены структурные характеристики полученного соединения включения $[(C_2H_5)_4N^+]_2C_4O_4^{2-} \cdot 2(C_2H_5)_4N^+HCO_3^- \cdot 4(NH_2)_2CO \cdot 6H_2O$.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Соединение $[(C_2H_5)_4N^+]_2C_4O_4^{2-} \cdot 2(C_2H_5)_4N^+HCO_3^- \cdot 4(NH_2)_2CO \cdot 6H_2O$ было получено смешиванием гидроксида тетраэтиламмония (35 % вес., водный раствор, Aldrich), скваровой кислоты (99 %, Aldrich) и мочевины (Beijing Chemical Works) в молярном отношении 2:4:1. Твердую фазу растворяли в минимальном количестве воды. Двуокись углерода продували в течение 15 мин при постоянном перемешивании. Полученный раствор помещался в эксикатор с безводным хлоридом кальция для медленного испарения при комнатной температуре. Через несколько недель образовывались бесцветные кристаллы, имеющие форму прямоугольных призм, подходящие для рентгеноструктурного анализа. Кристаллографические данные и параметры уточнения структуры соединения приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Параметры рентгенографического эксперимента и данные кристаллической структуры $[(C_2H_5)_4N^+]_2C_4O_4^{2-} \cdot 2(C_2H_5)_4N^+HCO_3^- \cdot 4(NH_2)_2CO \cdot 6H_2O$

| | |
|--|---------------------------------------|
| Температура эксперимента, К | 291 |
| Молекулярная формула | $C_{42}H_{110}N_{12}O_{20}$; 1103,42 |
| Система, пространственная группа | Моноклинная; $P2_1/n$ (№ 14) |
| Параметры решетки: a , Å | 12,283(2) |
| b , Å | 17,287(3) |
| c , Å | 14,898(3) |
| β , град | 101,27(3) |
| V , Å ³ | 3102,39 |
| Z | 2 |
| $d_{\text{выч}}$, г/см ³ | 1,181 |
| $F(000)$ | 1212 |
| μ (мм ⁻¹) | 0,093 |
| Размер монокристалла, мм | 0,43 × 0,38 × 0,45 |
| Дифрактометр | Rigaku AFC-7R |
| Излучение | MoK_{α} |
| Сканирование: | |
| режим | ω -сканирование |
| пределы скорости вращения (w/t), град/мин | 6—14 |
| θ (min/max) | 2,06—25,03 |
| h, k, l (min/max) | 0→14, 0→20, -17→17 |
| Независимые рефлексy | 5462 |
| Измеренные | 5732 |
| Использованные ($I > 2\sigma(I)$) | 3634 |
| Число уточняемых параметров | 366 |
| Коррекция на поглощение | ψ -сканирование |
| R -факторы* | 0,055 |
| R_1 по $F^2(k, m)$ | 0,159 (0,0865; 0,757) |
| S | 1,149 |
| Остаточные экстремумы, $e \cdot \text{Å}^{-3}$ | -0,28/0,25 |

* $R_F = \sum ||F_{\text{набл}}| - |F_{\text{выч}}|| / |F_{\text{набл}}|$, $R_1 = \sum \{w[(F_{\text{набл}})^2 - (F_{\text{выч}})^2]^2\} / \{\sum [w((F_{\text{набл}})^2)^2]\}$,
 $w = 1 / [\sigma^2(F_{\text{набл}})^2 + (kP)^2 + mP]$, где $P = \{\max[(F_{\text{набл}})^2 + 2(F_{\text{выч}})^2]\} / 3$.

Данные по интенсивностям собраны методом переменного ω -сканирования [10] на дифрактометре Rigaku AFC-7R с использованием излучения MoK_α ($\lambda = 0,71073 \text{ \AA}$, 50 кВ, 90 мА) при 291 К. Поглощение учтено методом ψ -сканирования.

Прямыми методами с использованием SHELXS-86 [11] получены положения всех атомов, кроме водорода. Положение атомов водорода амидных, метиленовых и метильных групп определяли геометрическим путем (длина связи C—H 0,96 \AA , связи N—H — 0,90 \AA) и допускались их перескоки относительно соответствующих атомов. Для всех метиленовых групп каждого из катионов тетраэтиламмония наблюдается двойное разупорядочение, что учтено введением двух ориентаций с обозначениями углеродных атомов соответственно C и C' и включением связанных с ними атомов водорода. Положения атомов водорода молекул воды определены из последующего дифференциального синтеза Фурье. Атомы водорода уточнялись изотропно. Используются аналитические выражения атомных факторов рассеяния и введены поправки на аномальную дисперсию [12]. Уточнение координат и анизотропных температурных параметров атомов, отличных от водорода, выполнялось методом полноматричного МНК с использованием SHELXL-93 [13]. Окончательные величины R-факторов и другие параметры приведены в табл. 1. Координаты неводородных атомов, длины связей и углы, а также параметры водородных связей приведены в табл. 2—4 соответственно. Данные кристаллической структуры занесены в Cambridge Crystallographic Data Center под номером CCDC N 113471.

Т а б л и ц а 2

Координаты неводородных атомов ($\times 10^4$) и их эквивалентные изотропные термические параметры ($\text{\AA}^2 \times 10^3$)

| Атом | x | y | z | $U_{\text{экв}}$ | Атом | x | y | Z | $U_{\text{экв}}$ |
|-------|----------|---------|---------|------------------|--------|---------|---------|---------|------------------|
| O(1) | 5114(1) | 1771(1) | 184(1) | 62(1) | C(7) | 9502(2) | 2035(2) | 7263(2) | 95(1) |
| C(1) | 4081(2) | 1802(1) | -15(2) | 50(1) | C(8) | 7161(2) | 2735(2) | 6766(2) | 72(1) |
| N(1) | 3460(2) | 1171(1) | 7(2) | 71(1) | C(9) | 7302(3) | 3514(2) | 7214(3) | 96(1) |
| N(2) | 3553(2) | 2469(1) | -247(1) | 62(1) | C(10) | 6787(2) | 2041(2) | 8147(2) | 67(1) |
| O(2) | 4762(2) | 3935(1) | 45(2) | 80(1) | C(11) | 5551(2) | 1999(2) | 7821(2) | 98(1) |
| C(2) | 5749(2) | 3923(1) | -47(2) | 63(1) | C(12) | 7234(3) | 1330(2) | 6809(2) | 77(1) |
| N(3) | 6317(2) | 3259(1) | 2(2) | 84(1) | C(13) | 7481(3) | 572(2) | 7303(3) | 100(1) |
| N(4) | 6279(2) | 4565(1) | -223(2) | 74(1) | N(6) | 7387(2) | 572(1) | 2448(1) | 54(1) |
| O(3) | 8454(1) | 765(1) | -223(1) | 73(1) | C(14) | 7216(3) | -149(2) | 1883(3) | 67(1) |
| O(4) | 11011(2) | 1004(1) | -409(2) | 80(1) | C(14') | 7534(9) | -64(6) | 3207(6) | 80(1) |
| C(3) | 9294(2) | 343(1) | -109(2) | 54(1) | C(15) | 7386(4) | -893(2) | 2530(4) | 133(2) |
| C(4) | 10462(2) | 458(1) | -177(2) | 54(1) | C(16) | 6619(3) | 638(3) | 3110(3) | 77(1) |
| O(5) | 10211(2) | 4008(1) | -37(2) | 84(1) | C(16') | 6161(7) | 465(6) | 1897(6) | 62(2) |
| O(6) | 8690(2) | 4718(1) | -157(2) | 84(1) | C(17) | 5355(3) | 593(6) | 2583(3) | 117(1) |
| O(7) | 8569(2) | 3448(1) | -300(2) | 94(1) | C(18) | 7241(3) | 1250(3) | 1771(2) | 61(1) |
| C(5) | 9121(2) | 4053(2) | -169(2) | 64(1) | C(18') | 7483(7) | 1331(2) | 2935(6) | 68(2) |
| O(1w) | 6149(1) | 468(1) | -514(1) | 68(1) | C(19) | 7406(3) | 2037(5) | 2237(2) | 88(1) |
| O(2w) | 11124(1) | 2596(1) | -668(1) | 74(1) | C(20) | 8573(3) | 601(2) | 3007(2) | 70(1) |
| O(3w) | 9305(2) | 2138(1) | 737(2) | 100(1) | C(20') | 8125(7) | 448(6) | 1801(6) | 65(2) |
| N(5) | 7462(2) | 2041(1) | 7397(1) | 55(1) | C(21) | 9441(3) | 537(2) | 2406(3) | 102(1) |
| C(6) | 8672(2) | 2070(2) | 7878(2) | 64(1) | | | | | |

П р и м е ч а н и е. Фактор заселенности для C(n) равен 0,7038 и для C(n)' равен 0,2962, где n = 16, 17, 18, 19, 20 и 21.

Т а б л и ц а 3

Длины связей (Å) и углы (град)

| | | | |
|-----------------|----------|-----------------|----------|
| O(1)—C(1) | 1,247(3) | C(3)—C(4b) | 1,463(3) |
| C(1)—N(2) | 1,335(3) | C(3)—C(4) | 1,471(3) |
| C(1)—N(1) | 1,336(3) | C(4)—C(3b) | 1,463(3) |
| O(2)—C(2) | 1,246(3) | O(5)—C(5) | 1,317(3) |
| C(2)—N(3) | 1,337(3) | O(6)—C(5) | 1,268(3) |
| C(2)—N(4) | 1,340(3) | O(7)—C(5) | 1,241(3) |
| O(3)—C(3) | 1,249(3) | N(5)—C(12) | 1,503(3) |
| O(4)—C(4) | 1,246(3) | N(5)—C(10) | 1,516(3) |
| O(1)—C(1)—N(2) | 121,3(2) | O(3)—C(3)—C(4) | 134,4(2) |
| O(1)—C(1)—N(1) | 121,2(2) | C(4b)—C(3)—C(4) | 90,1(2) |
| N(2)—C(1)—N(1) | 117,5(2) | O(4)—C(4)—C(3b) | 134,9(2) |
| O(2)—C(2)—N(3) | 121,2(2) | O(4)—C(4)—C(3) | 135,1(2) |
| O(2)—C(2)—N(4) | 121,9(2) | C(3b)—C(4)—C(3) | 89,9(2) |
| N(3)—C(2)—N(4) | 116,9(2) | O(7)—C(5)—O(6) | 123,4(2) |
| O(3)—C(3)—N(4b) | 135,4(2) | O(7)—C(5)—O(5) | 118,8(2) |
| | | O(6)—C(5)—O(5) | 117,8(2) |

См. примечание к табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Некоторые длины водородных связей (Å), углы и торсионные углы (град)
в слое хозяина*

| | | | |
|--------------------------|-------|-----------------------|-------|
| O(1) ...O(1w) | 2,879 | O(4a) ...N(1) | 2,963 |
| O(1) ...N(3) | 3,006 | O(5) ...O(2w) | 2,919 |
| O(2) ...N(2) | 2,927 | O(6) ...N(4) | 2,953 |
| O(2) ...N(4c) | 2,926 | O(6) ...O(5f) | 2,571 |
| O(3) ...O(1w) | 2,825 | O(7) ...O(3w) | 2,789 |
| O(3) ...O(3w) | 2,869 | O(7) ...N(3) | 2,902 |
| O(4) ...O(2w) | 2,786 | O(1we) ...N(1c) | 2,947 |
| | | O(2wa) ...N(2) | 2,932 |
| N(3) ...C(1)—O(1) | 116,0 | O(1) ...N(3)—C(2) | 118,4 |
| N(4) ...O(6)—C(5) | 109,8 | O(7) ...N(3)—C(2) | 113,5 |
| N(3) ...O(7)—C(5) | 125,4 | O(4a) ...N(1)—C(1) | 129,4 |
| N(2) ...O(2)—C(2) | 116,5 | O(6) ...C(2)—N(4) | 126,2 |
| N(4c) ...O(2)—C(2) | 118,5 | O(2) ...C(1)—N(2) | 120,1 |
| N(1) ...C(4a)—O(4a) | 126,7 | O(2) ...C(2c)—N(4c) | 118,5 |
| N(3) ...O(1) ...O(1w) | 112,1 | O(5f) ...C(5)—O(6) | 124,4 |
| N(2) ...O(2wa) ...O(4a) | 88,4 | O(6) ...O(5f)—C(5f) | 117,6 |
| N(1c) ...O(1we) ...O(3e) | 91,6 | O(3w) ...O(3)—C(3) | 101,5 |
| O(2w) ...C(4)—O(4) | 146,0 | O(1w) ...O(3)—C(3) | 133,8 |
| O(1w) ...C(1)—O(1) | 116,7 | O(1wc) ...C(3c)—O(3c) | 133,8 |

О к о н ч а н и е т а б л . 4

| | | | |
|-------------------------|-------|-------------------------|--------|
| O(3w)···O(7)—C(5) | 119,2 | O(3)···O(3w)···O(7) | 110,2 |
| O(1)···N(3)···O(7) | 127,6 | O(4)···O(2w)···O(5) | 138,5 |
| O(3w)···O(7)···N(3) | 92,2 | O(1)···O(1w)···O(3) | 107,7 |
| O(1w)···O(3)···O(3w) | 118,8 | O(4a)···O(2wa)···O(5a) | 138,5 |
| O(1)···O(1w)···O(3) | 107,7 | | |
| C(1)—O(1)···N(3)—C(2) | 17,1 | C(1)—N(2)···O(2)—C(2) | 33,5 |
| C(5)—O(7)···N(3)—C(2) | 24,5 | C(2c)—N(4c)···O(2)—C(2) | 11,5 |
| C(5)—O(6)···O(5f)—C(5f) | -2,8 | C(1)—N(1)···O(4a)—C(4a) | -161,5 |
| C(2)—N(4)···O(6)—C(5) | 16,8 | | |

* Обозначение симметрии:

a: $x-1, y, z$; b: $2-x, -y, -z$; c: $1-x, 1-y, -z$; d: $x-1, 1+y, z$.

e: $x, 1+y, z$; f: $2-x, 1-y, -z$; g: $1-x, -y, -z$;

ОПИСАНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

Схему обозначения атомов и водородных связей между четырьмя составляющими хозяйского каркаса удобно описывать путем сопоставления со схемой водородных связей, приведенной на рис. 1 и в табл. 4.

Две независимые молекулы мочевины C(1) (для упрощения молекула мочевины, составленная из атомов O(1), C(1), N(1) и N(2), обозначается C(1)) и C(2) соединены парой N—H···O водородных связей обычным образом плечом к плечу, образуя димер, который совместно с его центросимметрично связанным партнером образует зигзагообразный тетрамер мочевины, незначительно отклоняющийся от планарной конфигурации, как видно из величин торсионных углов C(1)—O(1)···N(3)—C(2) = 17,1° и C(2)—O(1)···N(2)—C(1) = 33,5°. Такие тетрамеры мочевины далее соединяются парами центросимметрично связанных мостиковых молекул воды через донорные N—H···Ow и Ow—H···O водородные связи, образуя бесконечную зигзагообразную ленту [(мочевина)₄(H₂O)₂]_n, расположенную параллельно направлению оси *b*. Два центросимметрично связанных аниона гидрокарбоната объединены парой O—H···O водородных связей, образуя циклический димер. Дианионы скварата находятся в позициях $\bar{1}$, а ячейки димеров гидрокарбоната соединены двумя кристаллографически независимыми молекулами воды, образуя ленту [(C₄O₄²⁻)(H₂O)₂(HCO₃⁻)₂(H₂O)₂]_n, параллельную оси *b*. Два этих типа лент расположены бок о бок, чередуясь, а поперечное связывание соседних лент при помощи водородных связей N—H···Ow, N—H···O (гидрокарбонат), N—H···O (скварат) и Ow—H···O (скварат) приводит к образованию складчатого слоя мочевины—анион—вода, соответствующего семейству плоскостей (002).

В одном из двух катионов тетраэтиламмония независимой части метиленовые атомы углерода этильных групп разупорядочены по двум позициям. Оставшийся катион упорядочен и почти соответствует идеальной молекулярной симметрии 222. Разупорядоченный и упорядоченный катионы чередуются и находятся между соседними слоями мочевины—анион—вода, как показано на рис. 2.

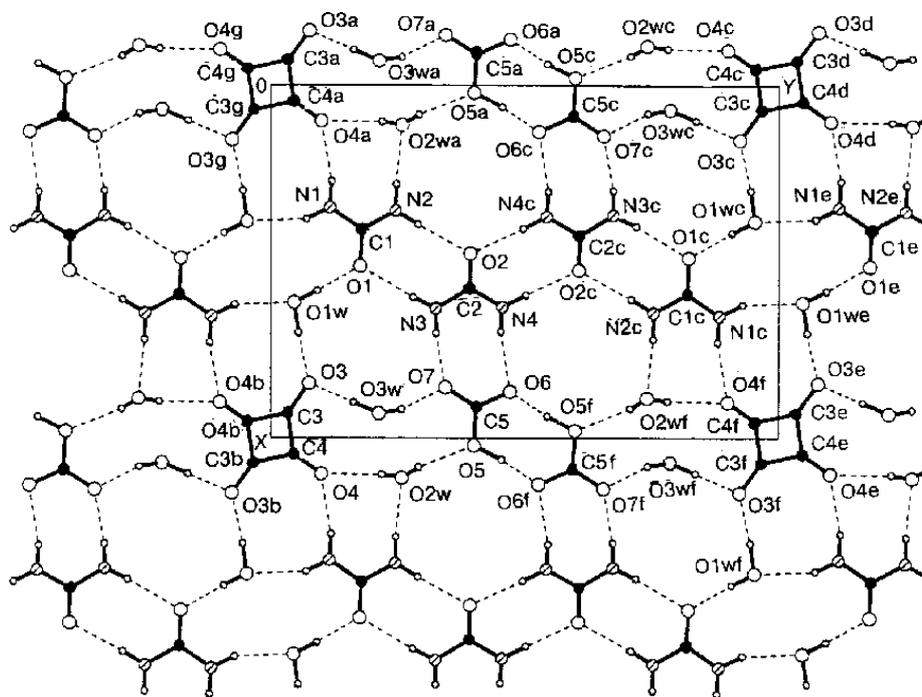


Рис. 1. Водородсвязанный слой хозяина в соединении $[(C_2H_5)_4N^+]_2C_4O_4^{2-} \cdot 2(C_2H_5)_4N^+HCO_3^- \cdot 4(NH_2)_2CO \cdot 6H_2O$, полученный поперечным связыванием лент $[(\text{мочевина})_4(H_2O)_2]_n$ и $[(C_4O_4^{2-})(H_2O)_2(HCO_3)_2(H_2O)_2]_n$.

Обозначения атомов соответствуют табл. 1. Водородные связи представлены штриховыми линиями, а типы атомов различаются по размеру и затенению. Обозначения симметрии даны внизу табл. 4

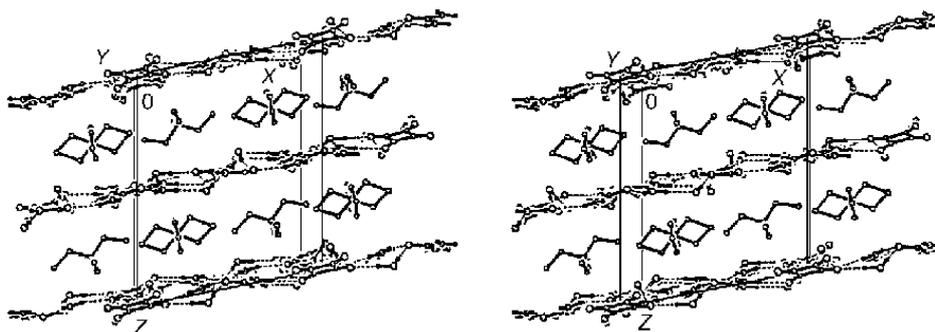


Рис. 2. Стереограмма кристаллической структуры соединения $[(C_2H_5)_4N^+]_2C_4O_4^{2-} \cdot 2(C_2H_5)_4N^+HCO_3^- \cdot 4(NH_2)_2CO \cdot 6H_2O$.

Слой хозяина мочевины—гидрокарбонат—скварат—вода находятся между упорядоченным и разупорядоченными катионами тетраэтиламмония. Слои хозяина соответствуют семейству плоскостей (002) с межплоскостным расстоянием 7,31 Å. Начало координат находится в верхнем левом углу, направление a — слева направо, b — по направлению к читателю, а c — вниз. Водородные связи обозначены пунктиром

СТРУКТУРНЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ С РАНЕЕ ИЗУЧЕННЫМИ РЕШЕТКАМИ ХОЗЯИНА

Слой хозяина в соединении $[(C_2H_5)_4N^+]_2C_4O_4^{2-} \cdot 2(C_2H_5)_4N^+HCO_3^- \cdot 4(NH_2)_2CO \cdot 6H_2O$ (см. рис. 1) можно сравнить со слоем в соединении $(C_2H_5)_4N^+HCO_3^- \cdot (NH_2)_2CO \cdot 2H_2O$ [2], образующимся при поперечном связывании более коротких лент $[(\text{мочевина})_2(H_2O)_2]_\infty$ и $[(HCO_3^-)_2(H_2O)_2]_\infty$ (рис. 3). Слой хозяина в первом соединении можно рассматривать как производный от последнего, полученный путем вставки модулей $(C_4O_4^{2-})(H_2O)_2$ на равных интервалах в каждую цепочку $[(HCO_3^-)_2(H_2O)_2]_\infty$ и введения центросимметричных димеров мочевины в каждую цепочку $[(\text{мочевина})_2(H_2O)_2]_\infty$ так, чтобы позиции водородной связи в соседних цепочках соответствовали друг другу.

Аналогичным образом можно установить взаимосвязь между слоями хозяина в соединениях $(C_2H_5)_4N^+HCO_3^- (NH_2)_2CS \cdot H_2O$ [2] и $[(C_2H_5)_4N^+]_2C_4O_4^{2-} \cdot 2(C_2H_5)_4N^+HCO_3^- \cdot 4(NH_2)_2CO \cdot 6H_2O$. Оба слоя получены из двух типов цепочек, связанных между собой парами водородных связей $N-H \cdots O$ (гидрокарбонат),

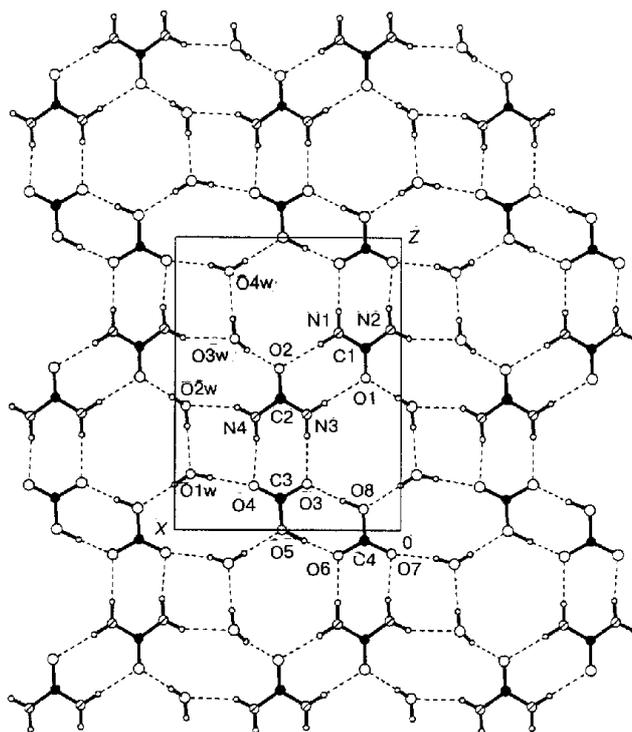


Рис. 3. Водородсвязанный слой хозяина в соединении $(C_2H_5)_4N^+HCO_3^- \cdot (NH_2)_2CO \cdot 2H_2O$ [2], полученный поперечным связыванием лент $[(\text{мочевина})_4(H_2O)_2]_\infty$ и $[(HCO_3^-)_2(H_2O)_2]_\infty$. Водородные связи обозначены штриховыми линиями, а типы атомов различаются по размеру и затенению

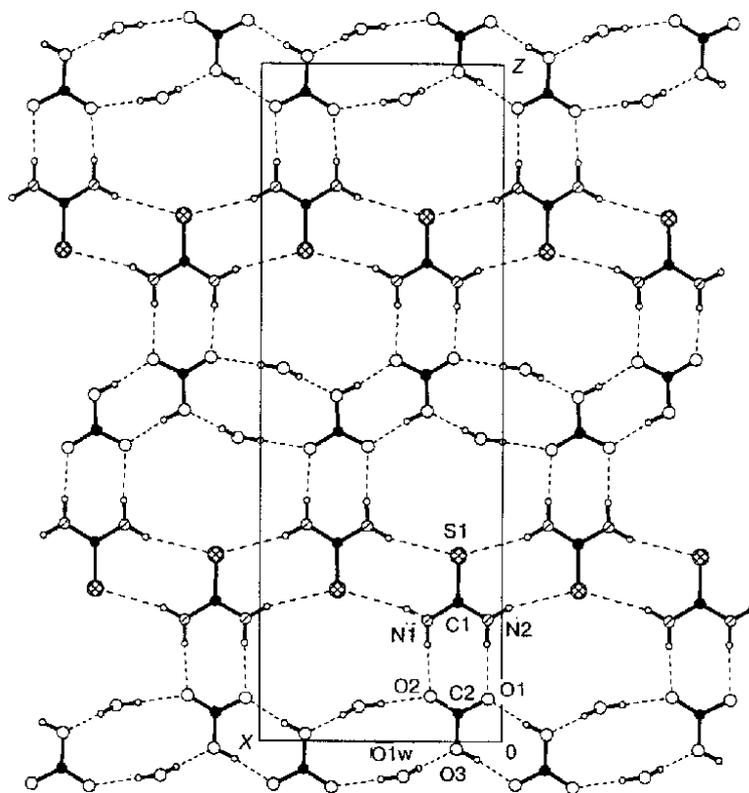


Рис. 4. Водородсвязанный слой хозяина в соединении $(C_2H_5)_4N^+HCO_3^- \cdot (NH_2)_2CS \cdot 2H_2O$ [2], образованный поперечно связанными лентами из молекул тиомочевины и $[(HCO_3^-)_2(H_2O)_2]_{\infty}$.

Водородные связи обозначены штриховыми линиями, а типы атомов различаются по размеру и затенению

приводящих к образованию двумерной сети. Из схемы расположения водородных связей в соединении $(C_2H_5)_4N^+HCO_3^- \cdot (NH_2)_2CS \cdot H_2O$ [2] (рис. 4) видно, что превращение его хозяйского слоя в слой хозяина в соединении $[(C_2H_5)_4N^+]_2C_4O_4^{2-} \cdot 2(C_2H_5)_4N^+HCO_3^- \cdot 4(NH_2)_2CO \cdot 6H_2O$ (см. рис. 1) можно достичь: (i) замещением каждой ленты из молекул тиомочевины на аналогичную ленту из молекул мочевины и введением пары молекул воды на каждом интервале из четырех молекул мочевины и (ii) замещением каждой пары центросимметричных мостиковых молекул воды в ленте $[(HCO_3^-)_2(H_2O)_2]_{\infty}$ центросимметричным фрагментом $(C_4O_4^{2-})(H_2O)_2$.

В заключение отметим что, поскольку во всех трех типах слоистых соединений включения присутствует один и тот же ион тетраэтиламмония, дальнейшая структурная корреляция между слоями хозяина прослеживается и в их примерно постоянных межслоевых расстояниях:

| | |
|--|--------|
| $[(C_2H_5)_4N^+]_2C_4O_4^{2-} \cdot 2(C_2H_5)_4N^+HCO_3^- \cdot 4(NH_2)_2CO \cdot 6H_2O$ | 7,31 Å |
| $(C_2H_5)_4N^+HCO_3^- \cdot (NH_2)_2CO \cdot 2H_2O$ [2] | 7,29 Å |
| $(C_2H_5)_4N^+HCO_3^- \cdot (NH_2)_2CS \cdot H_2O$ [2] | 7,47 Å |

Благодарность. Данная работа выполнена при финансовой поддержке Гонконгским научно-исследовательским советом по грантам (грант № СУНК 456/95Р)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Q. Li and T.C.W. Mak, *J. Incl. Phenom.*, **8**, 199 (1990); *Acta Crystallogr.*, **C52**, 2830 (1996); *ibid*, **B54**, 180 (1990); *ibid*, **B53**, 262 (1997).
2. Q. Li and T.C.W. Mak, *J. Incl. Phenom.*, **20**, 73 (1995); *ibid*, **23**, 233 (1995); *Crystal Engineering*, **1**, 169 (1998).
3. Q. Li and T.C.W. Mak, *J. Amer. Chem. Soc.*, **117**, 11995 (1995).
4. Q. Li and T.C.W. Mak, *Inorg. Chem.*, 1998, in press.
5. Q. Li and T.C.W. Mak, *Supramol. Chem.*, **8**, 147 (1997).
6. Q. Li and T.C.W. Mak, *Acta Crystallogr.*, **B52**, 989 (1996).
7. Q. Li and T.C.W. Mak, *J. Incl. Phenom.*, **27**, 319 (1997).
8. Q. Li and T.C.W. Mak, *J. Incl. Phenom.*, **28**, 183 (1997).
9. Q. Li and T.C.W. Mak, *Acta Crystallogr.*, **B53**, 252 (1997).
10. R.A. Sparks, *Crystallographic Computing Techniques* (Ed. F.R. Ahmed), Munksgaard, Copenhagen, p. 452 (1976).
11. G.M. Sheldrick (1986), *SHELX-86*, University of Göttingen, Germany.
12. *International Tables for X-Ray Crystallography*, **Vol. IV**, Kynoch Press, Birmingham, p. 506 – 514 (1974).
13. G.M. Sheldrick (1993), *SHELXL-93, Program for the Refinement of Crystal Structures*, University of Göttingen, Germany.

Отделение химии,
Китайский университет Гонконга
Шатин, Новые территории, Гонконг
Китайская Народная Республика
E-mail: tcwmak@cuhk.edu.hk

Статья поступила
28 января 1999 г.