

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н. С. КУРНАКОВА

ИЗВЕСТИЯ
СЕКТОРА ПЛАТИНЫ
И ДРУГИХ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

(ОСНОВАНЫ Л. А. ЧУГАЕВЫМ в 1918 г.)

ПОД РЕДАКЦИЕЙ
И. И. ЧЕРНЯЕВА и О. Е. ЗВЯГИНЦЕВА

Выпуск 29



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА 1955

Инд. № 7032

22

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----|
| Г. Б. Боккий, Г. А. Кукина и М. А. Порай-Кошиц. Рентгеноструктурное исследование кристаллов цис-тетрахлородиаминоплатины | 5 |
| М. А. Порай-Кошиц и А. С. Апцышкина. Строение кристаллов дихлоротетрапиридинникеля и дихлоротетрапиридинкобальта | 19 |
| А. А. Гринберг и Н. Н. Кац . О действии глютаминовой и аспарагиновой кислот на хлороплатинит калия | 37 |
| А. В. Бабаева и Л. В. Горшкова. Определение молекулярных весов ацетоксимных соединений платины и палладия | 45 |
| С. В. Буховец. Комплексные соединения платины с ацетиленовыми производными | 55 |
| В. В. Лебединский и Е. В. Шендерецкая. О комплексных гексанитридах иридия, родия и кобальта | 61 |
| В. В. Лебединский и Э. М. Новоженюк. К вопросу о строении комплексных сульфитоаммиачных соединений иридия | 66 |
| Б. А. Муромцев. О растворимости диметилглиоксимины палладия и палладозамминхлорида | 77 |
| М. М. Якшин и В. М. Езучевская. Криостат и жидкостной конденсатор для измерения диэлектрической проницаемости кристаллических порошков по иммерсионному методу при низких температурах | 82 |
| М. М. Якшин и В. М. Езучевская. О температурной зависимости диэлектрической проницаемости кристаллов хлористых плато- и палладотетраамминов | 94 |
| М. М. Якшин и В. М. Езучевская. Диальгометр для измерения кристаллических порошков на десяти фиксированных частотах радиодиапазона | 101 |
| Л. М. Волштейн. Молекулярный вес диглицинохлороаквохрома в водных растворах | 107 |
| Л. М. Волштейн. О полимеризации гликоколевых комплексов хрома | 113 |
| М. И. Лапшина. Получение комплексных соединений галогенидов висмута с солянокислым этилендиамином и изучение их свойств | 119 |
| А. В. Аблов и Н. И. Лобанов. О различии в поведении геометрических изомеров кобальтаминамов | 127 |
| М. А. Ключко. О связи между координационными числами в комплексных соединениях и числом вершин правильных выпуклых многогранников | 133 |
| В. Ф. Барковский и Л. М. Кульберг. Аналитическое использование реакции образования диацетимидплатины | 141 |
| В. Ф. Барковский и Л. М. Кульберг. О реакции взаимодействия хлороплатинита калия с тиосемикарбазидом и ее аналитическом использовании | 149 |
| В. А. Немилев , А. Т. Григорьев и Е. М. Соколовская. Исследование сплавов палладия с серебром и медью | 163 |

| | |
|--|-----|
| А. А. Рудницкий, Р. С. Полякова и И. И. Тюрин. О полиморфных превращениях родия | 183 |
| А. А. Рудницкий, Р. С. Полякова и И. И. Тюрин. Исследование термоэлектрических свойств сплавов палладия с родием | 190 |
| М. А. Клочко и В. К. Никитина. Исследование анодного поведения и потенциалов сплавов золота с платиной | 197 |
| М. А. Клочко и В. К. Никитина. Анодное растворение и потенциалы сплавов платины с медью. | 207 |

Г. Б. БОКИЙ, Г. А. КУКИНА и М. А. ПОРАЙ-КОШИЦ

РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ
ЦИС-ТЕТРАХЛОРОДИАМИНПЛАТИНЫ

За последние годы в лаборатории кристаллографии Института общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова Академии Наук СССР было проведено рентгеноструктурное исследование ряда кристаллов комплексных соединений, принадлежащих к хлороамминовым рядам четырехвалентной и двухвалентной платины [1, 2, 3, 4, 5]. В частности, была исследована структура транс-изомера тетрахлородиаминоплатины [1, 2, 3]. Обзор кристаллохимии хлороаммиакатов платины был дан в обобщающих работах Г. Б. Бокья [6, 7].

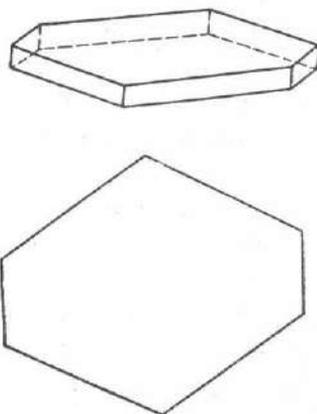
В настоящей статье приводятся результаты структурного исследования цис-изомера тетрахлородиаминоплатины. Кристаллы, пригодные для рентгеноструктурного исследования, впервые удалось получить сотруднику той же лаборатории М. Н. Ляшенко [8].

1. Светложелтые кристаллы цис- $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$ (фиг. 1) имеют форму тонких шестиугольных пластинок, представляющих собой, как правило, сростки по пинаксоиду $\{001\}$. По гониометрическим данным, кристаллы цис-изомера принадлежат к призматическому виду симметрии моноклинной сингонии. Отношение параметров $a : b = 0,608 : 1$, угол β равен $96^\circ 57'$.

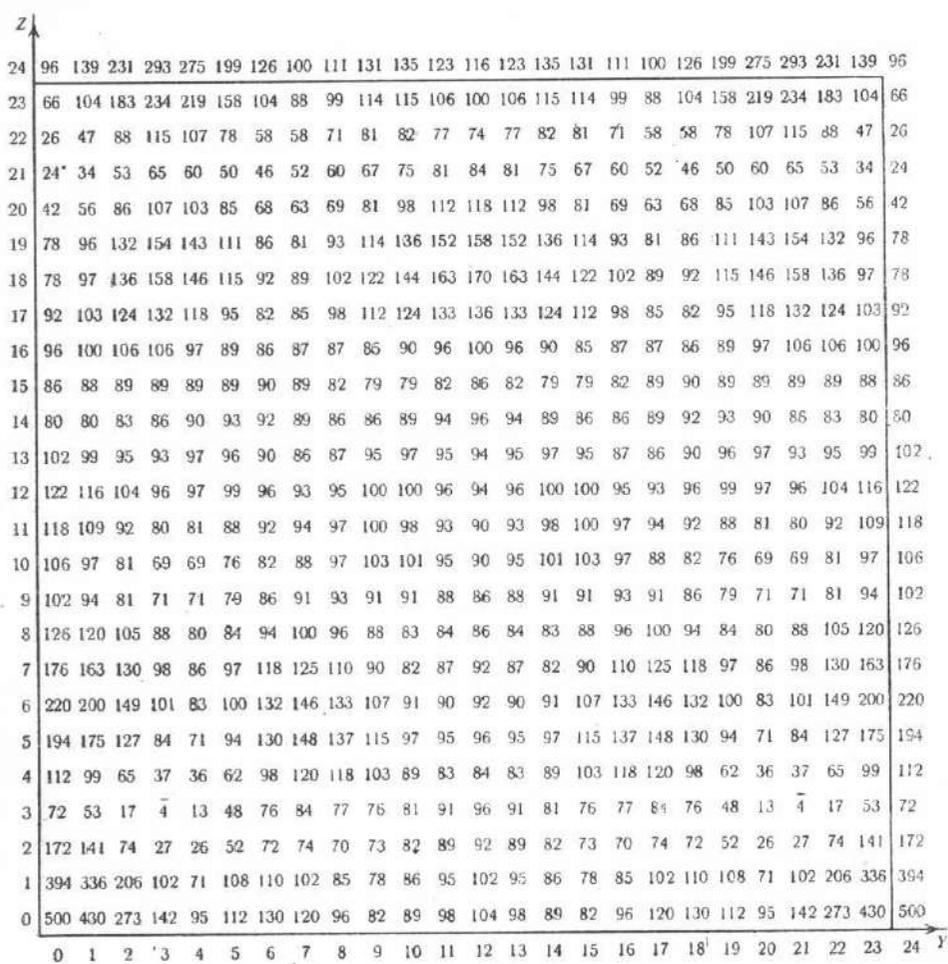
По оптическим данным, кристаллы двуосные, оптически положительные; угол оптических осей $2v = +50^\circ$. Показатели преломления: $N_g = 1,955$; $N_m = 1,870$; $N_p = 1,855$.

Рентгеновское исследование подтверждает принадлежность кристаллов к моноклинной сингонии и дает для параметров решетки следующие значения:

$$\begin{aligned} a &= 6,36 \pm 0,05 \text{ \AA} \\ b &= 10,75 \pm 0,05 \text{ \AA} \\ c &= 11,20 \pm 0,05 \text{ \AA} \end{aligned}$$

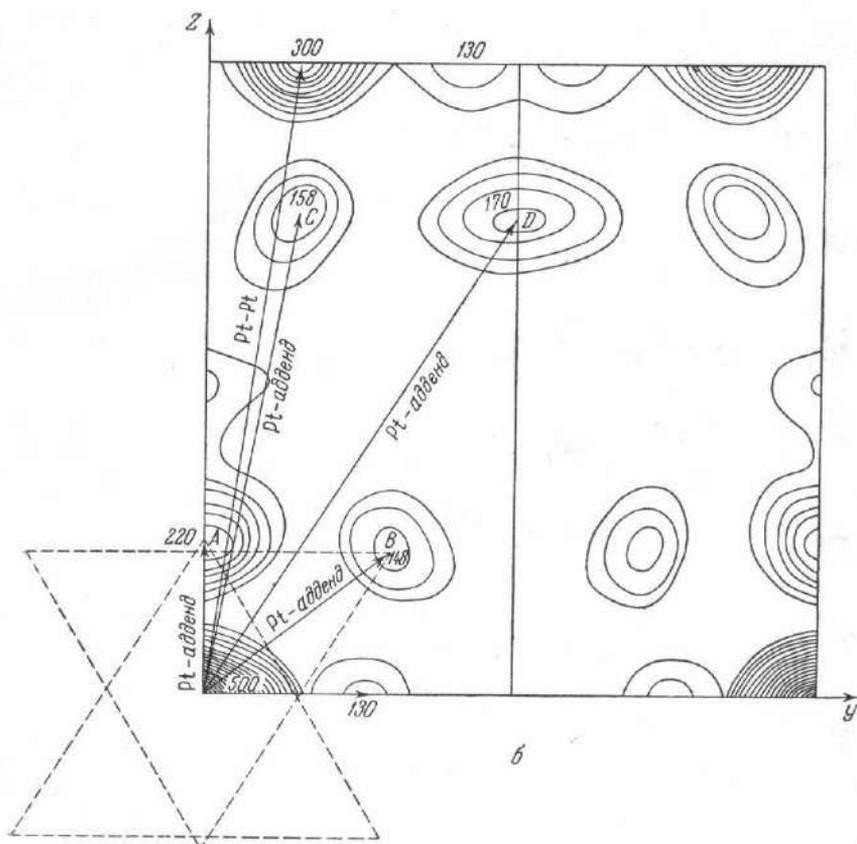
Фиг. 1. Вид кристалла цис- $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$

(данные получены из рентгенограмм качания на излучении K_{α} —Cu). Следовательно, $a : b : c = 0,593 : 1 : 1,043$. Отношение $a : b$ находится в удовлетворительном согласии с гониометрическими данными.



соответствующие 60° . Псевдогексагональность кристалла, вытекающую из этой особенности, естественно было связать с наличием плотнейшей шаровой упаковки атомов Cl и групп NH_3 (безусловно, искаженной) со слоями, параллельными плоскости XY.

3. Структурное исследование проводилось по рентгеногониометрическим снимкам, полученным на излучении K_α —Mo. Интенсивности оценивались визуально по маркам почернения. Для уточнения оценки и увеличения интервала измеряемых интенсивностей в кассету закладывалось несколько

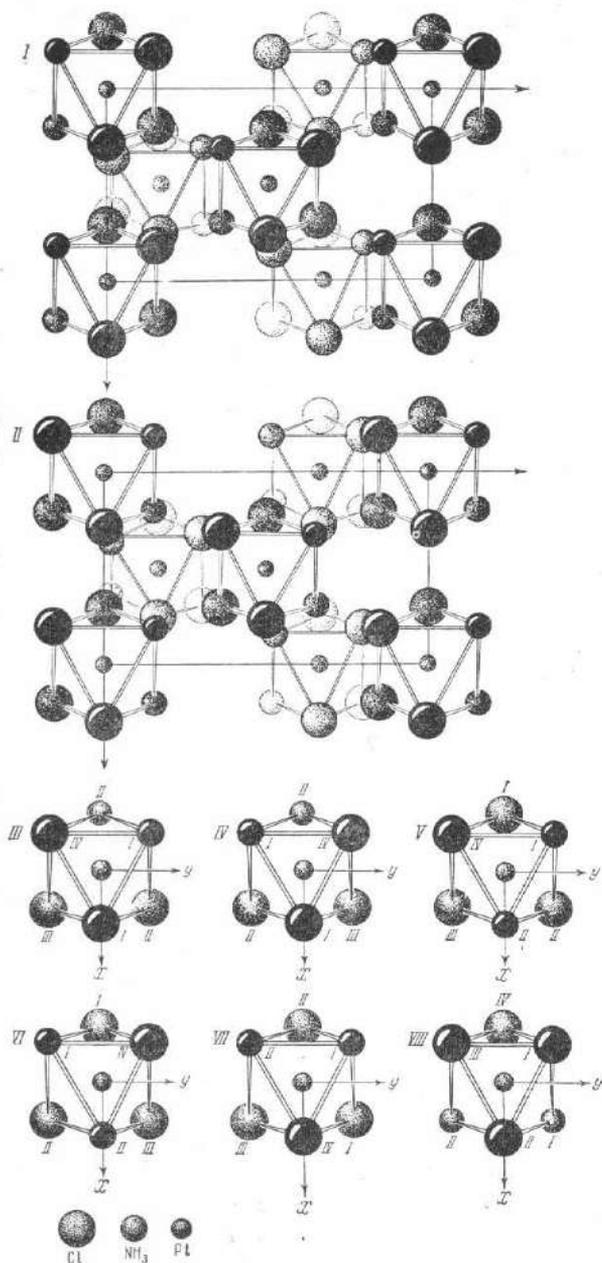


функции на плоскость YZ

пленок. Из побочных факторов интенсивности учитывались поляризационный и кинематический. Общий мотив структуры был выяснен из проекции межатомной функции на плоскость XY и двух проекций электронной плотности на плоскости XY и YZ. Межатомные расстояния уточнялись путем расчета линейных сечений электронной плотности.

4. Проекция межатомной функции на плоскость XY дана на фиг. 2. Анализ этой проекции позволил установить расположение атомов Pt и ориентацию комплексов в целом. В соответствии с указанной выше псевдогексагональностью (внешняя форма кристалла и даваемая им диффракционная картина) тройные оси октаэдрических комплексов оказались расположенными вдоль оси Z кристалла. Максимумы проекции межатомной функции соответствуют концам векторов Pt—Pt, Pt — адденд (атомы Cl или группы NH_3) и адденд — адденд (фиг. 2, б).

Дальнейшая задача заключалась в идентификации максимумов, отвечающих векторам Pt—Cl и векторам Pt—NH₃.



Фиг. 3. Предполагаемые варианты расположения атомов Cl и групп NH₃ в структуре

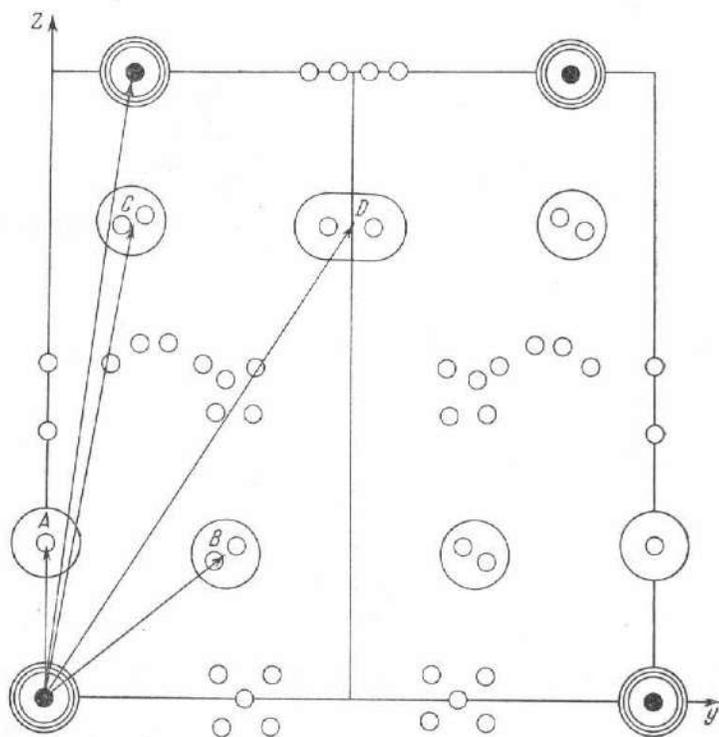
Возможны восемь различных вариантов расположения групп NH₃ и атомов Cl в структуре. Они изображены на фиг. 3 (в проекции вдоль Z оси). В первых двух вариантах структура обладает симметрией $C2/c$, а в остальных — симметрией Cc . Атомы Cl и группы NH₃ образуют несколько искаженную плотнейшую гексагональную упаковку. Каждый атом Cl (или группа NH₃) имеет 12 ближайших соседей, из которых три принадлежат к тому же комплексу. Для различных вариантов относительное количество атомов Cl и группы NH₃, окружающих данный атом Cl (или группу NH₃), различно. В табл. 1 приведены результаты подсчета окружения атомов Cl и группы NH₃ во всех восьми вариантах. Реально должен осуществляться один из первых четырех вариантов, так как каждый атом хлора должен быть окружен наибольшим возможным числом групп NH₃, и наоборот.

Критерием дальнейшего отбора из этих четырех вариантов явился анализ высот максимумов на проекции межатомной функции. Векторные модели — совокупность межатомных векторов, отложенных от общего начала координат, — для всех вариантов должны быть, естественно, идентичными.

Проекция векторной модели на плоскость YZ изображена на фиг. 4. Однако в различных вариантах одни и те же векторы должны соединять различные атомы; следовательно, должны различаться высоты соответствующих максимумов. В табл. 2 указаны наименования аддендов

(атомы Cl и группы NH₃), дающих векторы Pt—адденд, концы которых лежат в области четырех самых высоких максимумов *A*, *B*, *C*, *D* проекции межатомной функции (не считая максимума Pt—Pt и максимума в начале координат).

Из табл. 2 видно, что в случае вариантов I и II максимумы *A* и *D* должны быть выше максимумов *B* и *C*, а в случае вариантов III и IV максимум *D* должен быть выше максимума *B*, а последний выше максимумов *A* и *C*. Кроме того, в вариантах I и II максимум *A* должен быть несколько выше максимума *D*, так как в максимуме *A* наложение концов векторов полное,



Фиг. 4. Проекция векторной модели на плоскость *YZ*

а в максимуме *D* — с большим расхождением. Таким образом, видно, что имеет место либо I вариант, либо II. Пространственная группа кристалла, следовательно, $C_{2h}^6 = C2/c$.

5. Для того чтобы решить, I или II вариант осуществляется в структуре, были построены проекции электронной плотности на плоскости *XU* и *YZ*. Знаки структурных амплитуд определялись по координатам всех атомов ячейки.

Атомы Pt, Cl_I и группы NH₃ занимают четырехкратные позиции на двойных осях, атомы Cl_{II} — восьмикратную общую позицию. Координаты атома Pt были взяты из проекции межатомной функции ($x = 0$; $y = 0,0234$; $z = 0,2500$); координаты остальных атомов были рассчитаны из стереохимических представлений (расстояние Pt—Cl = 2,30 Å; расстояние Pt—NH₃ = 2,00 Å; углы между связями Pt—Cl_I, Pt—Cl_{II} и Pt—NH₃ — прямые). При подсчете знаков структурных амплитуд выяснилось, что в I

Таблица 2

| Вариант | | Теоретические данные |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| I и II | III и IV | |
| A 4Cl | A 2Cl + 2NH ₃ | A 220 |
| B 2Cl + 2NH ₃ | B 3Cl + 1NH ₃ | B 148 |
| C 2Cl + 2NH ₃ | C 2Cl + 2NH ₃ | C 158 |
| D 4Cl | D 4Cl | D 170 |
| A = D > B = C | A = C < B < D | A > D > C > B |

и II вариантах только три отражения типа hko имеют разные знаки структурных амплитуд. В связи с этим расчет проекции электронной плотности на плоскости XY первоначально проводился без учета этих трех отражений. Из расположения и относительных высот максимумов на проекциях следует, что правильным является II вариант (фиг. 5). Однако введение в расчет трех неучтенных ранее отражений несколько ухудшает всю картину: максимумы Cl и NH₃ становятся почти одинаковыми по высоте. В связи с этим была построена вторая проекция электронной плотности на плоскость YZ (фиг. 6), расположение и высоты максимумов которой подтверждают правильность II варианта (см. фиг. 3).

Таким образом, в результате расчета проекций электронной плотности на плоскостях XY и YZ был полностью определен структурный тип соединения $\text{cis-}[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$.

6. Для уточнения координат атомов Cl и групп NH₃ был проведен расчет трехмерного распределения электронной плотности. Данные были получены из трех серий рентгенометрических снимков (при вращении вокруг X, Y и Z осей). Общее число отражений более 1000.

Знаки структурных амплитуд определялись по координатам атомов, полученным из проекций электронной плотности. Рабочие формулы структурных амплитуд для данной пространственной группы:

$$\text{при } l - \text{четном} \quad F_{hkl} = \sum_j f_j \cdot \cos 2\pi (hx_j + lz_j) \cdot \cos 2\pi ky_j;$$

$$\text{при } l - \text{нечетном} \quad F_{hkl} = - \sum_j f_j \cdot \sin 2\pi (hx_j + lz_j) \cdot \sin 2\pi ky_j;$$

(откуда, в частности, следует, что $F_{hkl} = F_{h\bar{k}l}$ при l — четном и $F_{hkl} = -F_{h\bar{k}l}$ при l — нечетном).

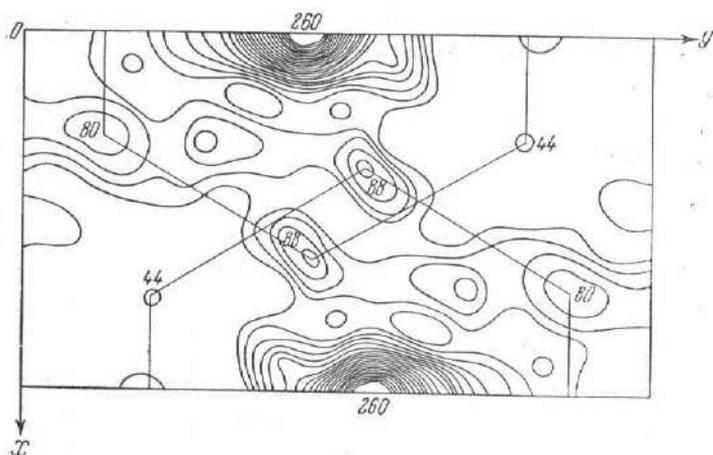
Расчет электронной плотности производился методом линейных сечений, параллельных оси X и проходящих через точки YZ, примыкающих к центрам тяжести атомов.

Общая формула для расчета линейного сечения в структуре с центрами инверсии:

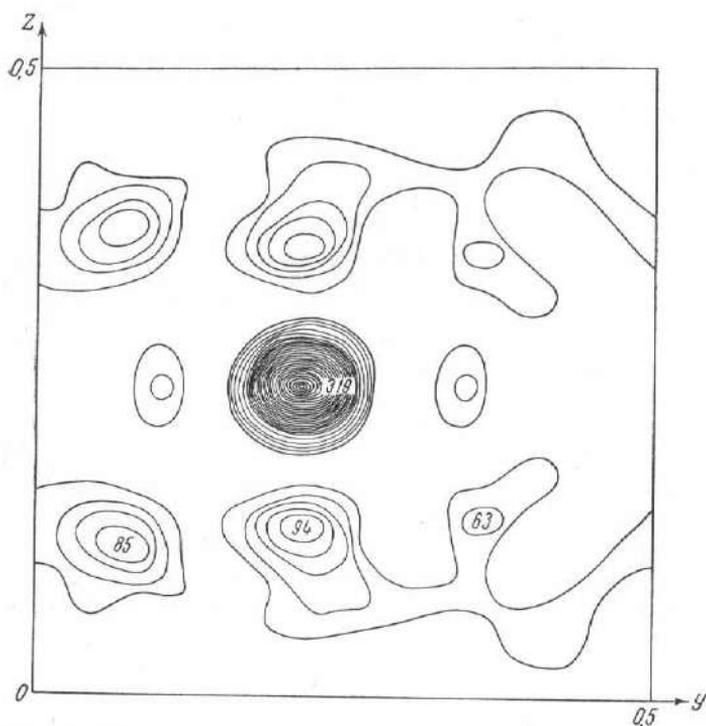
$$\rho_{(yz)}(x) = \sum_{h=-\infty}^{\infty} A_h(y, z) \cos 2\pi hx - \sum_{h=-\infty}^{\infty} B_h(y, z) \sin 2\pi hx,$$

причем матрицы коэффициентов $A_h(y, z)$ и $B_h(y, z)$ вычислялись по формулам двойных рядов Фурье:

$$A_h(y, z) = \sum_k \sum_l F_{hkl} \cos 2\pi (ky + lz);$$



Фиг. 5. Проекция электронной плотности на плоскость XY



Фиг. 6. Проекция электронной плотности на плоскость YZ

$$B_h(y, z) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \sum_{l=-\infty}^{\infty} F_{hkl} \sin 2\pi (ky + lz).$$

Можно перейти к суммированию по одним только положительным индексам hkl , учтя соотношения между коэффициентами Фурье F_{hkl} , $F_{\bar{h}\bar{k}l}$, $F_{h\bar{k}l}$,

F_{hkl}^- для данной пространственной группы. Рабочие формулы для расчета электронной плотности следующие:

$$\rho_{(y,z)}(x) = 4 \sum_{h=0}^{\infty} A_h(y, z) \cos 2\pi hx - 4 \sum_{h=1}^{\infty} B_h(y, z) \sin 2\pi hx;$$

$$A_h(y, z) = \sum_{\substack{k=0 \\ \text{при } l=2n}}^{\infty} \sum_{l=0}^{\infty} \Phi_{hkl}^{cc} \cos 2\pi ky \cdot \cos 2\pi lz - \sum_{\substack{k=1 \\ \text{при } l=2n+1}}^{\infty} \sum_{l=1}^{\infty} \Phi_{hkl}^{ss} \sin 2\pi ky \cdot \sin 2\pi lz.$$

$$B_h(y, z) = \sum_{\substack{k=0 \\ \text{при } l=2n}}^{\infty} \sum_{l=2}^{\infty} \Phi_{hkl}^{cs} \cos 2\pi ky \cdot \sin 2\pi lz - \sum_{\substack{k=0 \\ \text{при } l=2n+1}}^{\infty} \sum_{l=1}^{\infty} \Phi_{hkl}^{sc} \sin 2\pi ky \cdot \cos 2\pi lz,$$

где

$$\begin{aligned} \Phi_{hkl}^{cc} &= F_{hkl} + F_{hk\bar{l}}; & \Phi_{hol}^{cc} &= \frac{1}{2} (F_{hol} + F_{ho\bar{l}}); & \Phi_{hko}^{cc} &= F_{hko}; & \Phi_{okl}^{cc} &= \frac{1}{2} (F_{okl} + \\ & + F_{o\bar{k}\bar{l}}); & \Phi_{hoo}^{cc} &= \frac{1}{2} F_{hoo}; & \Phi_{hkl}^{ss} &= F_{hkl} - F_{hk\bar{l}}; & \Phi_{okl}^{ss} &= \frac{1}{2} (F_{okl} - F_{o\bar{k}\bar{l}}); \\ \Phi_{hkl}^{cs} &= F_{hkl} - F_{hk\bar{l}}; & \Phi_{hol}^{cs} &= \frac{1}{2} (F_{hol} - F_{ho\bar{l}}); \\ \Phi_{hkl}^{sc} &= F_{hkl} + F_{hk\bar{l}}; & \Phi_{hko}^{sc} &= F_{hko}. \end{aligned}$$

Вследствие того что грань C — центрирована, суммирование по k происходит только по четным k при $h = 2n$ и только по нечетным k при $h = 2n - 1$. Это обстоятельство, так же как и отмеченное непосредственно в формулах чередование суммирования по четным и по нечетным l , существенно облегчает работу со штрипсами при проведении вычисления (уменьшение независимой области значений yz при вычислении матриц $A_h(xy)$ и $B_h(xy)$).

Всего в расчете было вычислено семь матриц — для значений h от 0 до 6. Заключительный одномерный ряд подсчитывался для 288 различных точек yz , примыкающих к максимумам атомов Cl_I , Cl_{II} , NH_3 на проекции YZ электронной плотности.

Значения координат атомов, полученных в результате вычисления трехмерного распределения электронной плотности, даны в относительных единицах в табл. 3, межатомные расстояния — в табл. 4.

Таблица 3

| Атом | Координаты атомов | | |
|-----------|-------------------|-------|-------|
| | x | y | z |
| Pt | 0,000 | 0,215 | 0,250 |
| Cl_I | -0,146 | 0,047 | 0,137 |
| Cl_{II} | 0,324 | 0,216 | 0,119 |
| NH_3 | -0,119 | 0,349 | 0,129 |

Таблица 4

| Атом | Межатомные расстояния |
|---------------|--|
| Cl | $\text{Pt}-\text{Cl}_{\text{I}} = 2,38 \text{ kX} \pm 0,02$ |
| | $\text{Pt}-\text{Cl}_{\text{II}} = 2,44 \text{ kX} \pm 0,02$ |
| NH_3 | $\text{Pt}-\text{NH}_3 = 2,15 \text{ kX} \pm 0,04$ |

Следует, однако, подчеркнуть, что точность полученных результатов в данном случае оказалась значительно ниже того, на что можно было рассчитывать первоначально. Уже в процессе расчета выявились трудности, оказавшие существенное влияние на величину погрешности.

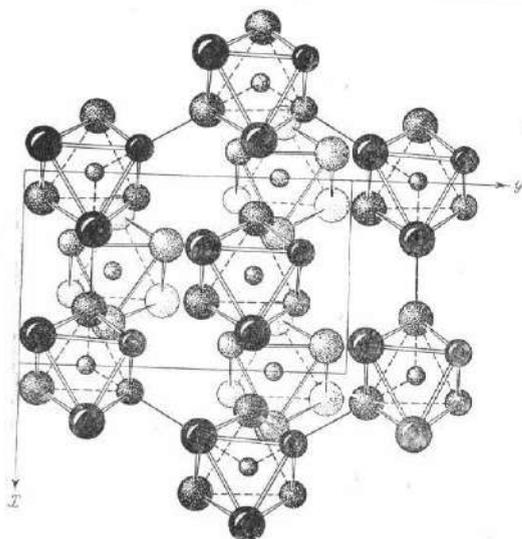
Неправильная (нецилиндрическая) форма кристаллов в сочетании с большим коэффициентом поглощения и склонность кристаллов к микродвойникованию вызвали большой разброс значений интенсивностей отдельных отражений от серии плоскостей, связанных операциями симметрии. Усреднение интенсивности по 2—4 отражениям при большом разбросе интенсивностей не могло значительно повысить достоверность исходных данных. Вследствие больших погрешностей в значениях коэффициентов F_{hkl} трехмерное распределение $\rho(xyz)$ оказалось довольно несовершенным, с крайне неравномерным фоном. Неравномерности фона слабые по сравнению с максимумами Pt, но сопоставимые с максимумами Cl и особенно с максимумами групп NH_3 , не могли не сказаться на точности фиксации координат легких атомов. В силу этих причин следует отнестись с крайней осторожностью к интерпретации различия между расстояниями $\text{Pt}-\text{Cl}_{\text{I}}$ и $\text{Pt}-\text{Cl}_{\text{II}}$, представляющей столь привлекательной для освещения вопроса о взаимном влиянии аддендов комплексообразующего атома.

7. Структура сводится к простой гексагональной упаковке шаров (комплексов), если рассматривать каждый комплекс как единое целое. Если в качестве единиц упаковки возьмем атомы Cl и группы NH_3 , получим удвоенную гексагональную упаковку, в которой атомы платины заселяют одну шестую всех октаэдрических пустот. На фиг. 7, 8, 9 показан мотив упаковки. В первом слое атомы Pt занимают одну треть всех октаэдров; пустые и заполненные октаэдры чередуются так же, как в карбонатном плоском мотиве. Второй слой состоит из одних пустых октаэдров, в третьем повторяется мотив первого слоя со смещением вдоль Y оси на один октаэдр (заполненный октаэдр в точке B, а не A); четвертый слой снова пустой. Далее идет повторение. Таким образом, структура является слоистой.

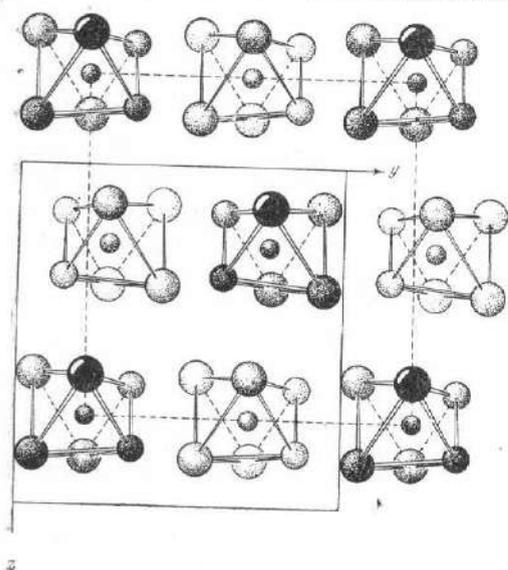
Мотив упаковки объясняет пластинчатую форму кристаллов, их склонность к двойникованию по плоскости (001) и крайнюю хрупкость.

Интересно сопоставить структуры *cis*- и *trans*-изомеров данного соединения. Внешне они различны: *trans*-изомер принадлежит к тетрагональной сингонии и имеет псевдообъемноцентрированную ячейку. Однако, как было указано Н. В. Беловым [9], структуру *trans*- $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$, подобно структуре рутила, можно рассматривать как тетрагонализированную плотнейшую гексагональную упаковку. На фиг. 10, а и б изображен переход от гексагонального к тетрагональному мотиву структуры. Фиг. 10, в дает мотив заполнения октаэдрических пустот в *trans*-изомере в аспекте, аналогичном тому, который дан на фиг. 9, б для

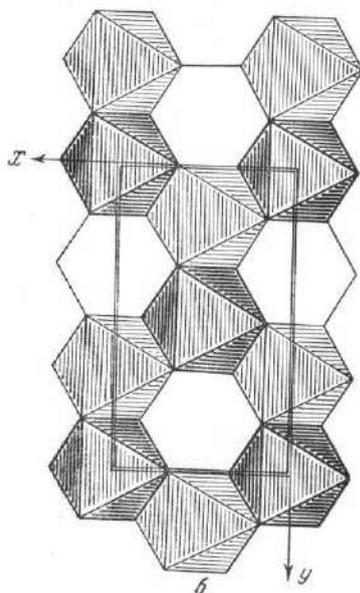
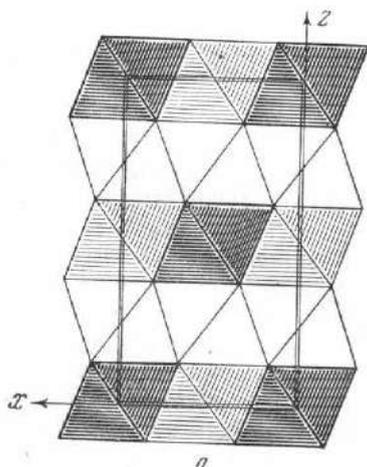
цис-изомера. В отличие от цис-изомера, средний в ячейке заполненный октаэдр переходит из первого во второй слой. В связи с этим исчезает необходимость сдвига в третьем слое; период вдоль направления наложения уменьшается вдвое и одновременно исчезает слоистый характер структуры.



Фиг. 7. Проекция ячейки на плоскость XU



Фиг. 8. Проекция ячейки на плоскость YZ

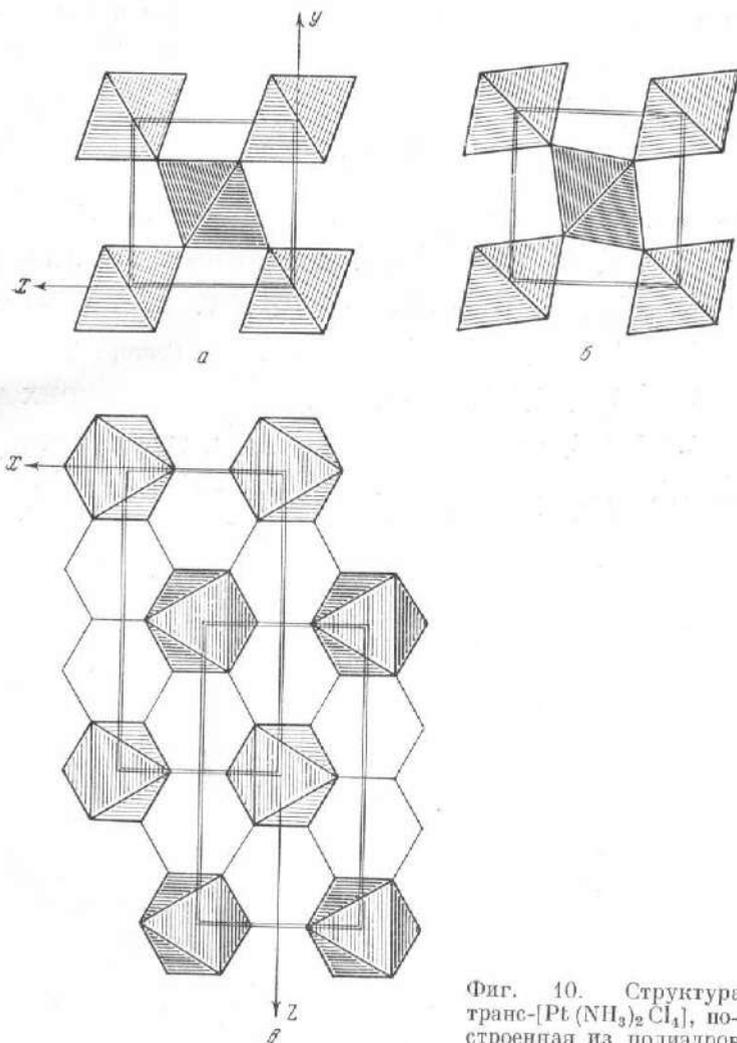


Фиг. 9. Структура цис- $[Pt(NH_3)_2Cl_4]$, построенная из полиэдров

Таким образом, имеется следующее соответствие между координатными осями цис- и транс-изомеров: X цис соответствует X транс, Y цис— Z транс, Z цис— Y транс, причем период вдоль Z оси вдвое больше, чем вдоль Y у транс (у транс-изомера периоды идентичности: $a = b = 5,72 \text{ \AA}$; $c = 10,37 \text{ \AA}$). Следовательно, структуры цис- и транс-изомеров отличаются: 1) различным мотивом взаимного расположения атомов Cl и групп NH_3

в гексагональной плотнейшей упаковке; 2) различным мотивом заполнения октаэдрических пустот атомами.

Если бы в структуре cis -изомера осуществлялся I вариант, а не II (фиг. 3), то соответствие между cis - и trans -формами формально было бы



Фиг. 10. Структура $\text{trans}[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$, построенная из полиэдров

более полным: мотив взаимного расположения атомов Cl и групп NH_3 в обоих структурах в этом случае был бы идентичен. Cis -изомер можно было бы вывести из trans -изомера простым перемещением атомов Pt из одних октаэдрических пустот (trans -пустот) в другие (cis -пустоты) при неизменной упаковке атомов Cl и групп NH_3 . Казалось бы, такая cis -структура и должна осуществляться в действительности, так как энергия взаимодействия атомов Cl и групп NH_3 при этом остается той же, а энергия внутримолекулярного взаимодействия для cis - и trans -комплексов отличается незначительно. Однако в I варианте (фиг. 3) имеется «слабое» сечение — плоскость (010), в которой размещаются исключительно группы NH_3 разных молекул, расположенных вправо и влево от этой плоскости. Слабое взаимодействие аммиачных групп делает такую структуру нестабильной, силы

взаимодействия анионов оказываются распределенными по ячейке неравномерно. В результате осуществляется более глубокая перестройка всей структуры в целом. Общий мотив взаимного расположения атомов С1 и групп NH_3 транс-структуры через каждые два слоя претерпевает смещение вдоль оси Y на один «шаг» плотнейшей упаковки (последовательно, вправо и влево), а атомы платины из транс-пустот переходят в цис-пустоты.

Поступило в редакцию
18 октября 1953 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Белов, Г. Б. Бокий и Г. Л. Трусевич. Изв. Сектора платины ИОНХ АН СССР, 1946, вып. 20, 125.
2. Н. В. Белов, Г. Б. Бокий и Л. А. Попова. Изв. АН СССР, ОХН, 1947, № 3, 249.
3. Г. Б. Бокий, М. А. Порай-Кошиц и Г. Н. Тищенко. Изв. АН СССР, ОХН, 1951, № 2, 481.
4. Г. Б. Бокий и М. А. Порай-Кошиц. Изв. Сектора платины ИОНХ АН СССР, 1949, вып. 24, 52.
5. Г. Б. Бокий и Л. А. Попова. Изв. Сектора платины ИОНХ АН СССР, 1950, вып. 25, 156.
6. Г. Б. Бокий. Изв. АН СССР, серия физич., 1951, 15, № 2, 170.
7. Г. Б. Бокий. Труды Ин-та кристаллографии АН СССР, 1954, вып. 10, 199.
8. М. Н. Ляшенко. Труды Ин-та кристаллографии АН СССР, 1952, вып. 7, 67.
9. Н. В. Белов. Изв. Сектора платины ИОНХ АН СССР, 1945, вып. 18, 112.