

КООРДИНАЦИОННЫЕ  
СОЕДИНЕНИЯ

УДК 548.736

СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСОВ ДИОКСОМОЛИБДЕНА(VI)  
С ГИДРАЗОНАМИ  $\beta$ -ДИКАРБОНИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.  
КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СОЛЬВАТОКОМПЛЕКСОВ  
 $\text{MoO}_2\text{L}^1 \cdot \text{MeOH}$  ( $\text{H}_2\text{L}^1$  – ИЗОНИКОТИНОИЛГИДРАЗОН  
АЦЕТИЛАЦЕТОНА) И  $\text{MoO}_2\text{L}^2 \cdot \text{Me}_2\text{SO}$   
( $\text{H}_2\text{L}^2$  – БЕЗОИЛГИДРАЗОН БЕЗОИЛАЦЕТОНА)

© 2021 г. В. С. Сергиенко<sup>a, b, \*</sup>, В. Л. Абраменко<sup>c</sup>, А. В. Чураков<sup>a</sup>, М. Д. Суражская<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, Ленинский пр-т, 31, Москва, 119991 Россия

<sup>b</sup>Всероссийский институт научно-технической информации РАН, ул. Усиевича, 20, Москва, 125315 Россия

<sup>c</sup>Луганский государственный университет им. Владимира Даля, Молодежный квартал, 20А, Луганск, 91034 Украина

\*e-mail: sergienko@igic.ras.ru

Поступила в редакцию 11.05.2021 г.

После доработки 21.06.2021 г.

Принята к публикации 25.06.2021 г.

Проведен синтез и методом рентгеноструктурного анализа исследовано строение двух сольваток комплексов:  $\text{MoO}_2\text{L}^1 \cdot \text{MeOH}$  ( $\text{H}_2\text{L}^1$  – изоникотиноилгидразон ацетилацетона) (I) и  $\text{MoO}_2\text{L}^2 \cdot \text{Me}_2\text{SO}$  ( $\text{H}_2\text{L}^2$  – безоилгидразон бензоилацетона) (II). Атомы молибдена в I и II октаэдрически координированы двумя лигандами *цис*- $\text{O}_2$ (оксо), атомами  $\text{N}(\text{L}^{1,2})$ ,  $\text{O}(\text{Solv})$  в *транс*-позициях к  $\text{O}(\text{оксо})$  и двумя атомами  $\text{O}(\text{L}^{1,2})$  в *цис*-положениях к  $\text{O}(\text{оксо})$  и в *транс*-позициях друг к другу. Средние длины связей в I и II соответственно равны:  $\text{Mo}-\text{O}(\text{оксо})$  1.698 и 1.695,  $\text{Mo}-\text{N}(\text{L}^{1,2})$  2.216 и 2.217,  $\text{Mo}-\text{O}(\text{L}^{1,2})$  1.985 и 1.969,  $\text{Mo}-\text{O}(\text{Solv})$  2.333 и 2.316 Å. Валентные углы  $\text{O}(\text{оксо})\text{MoO}(\text{оксо})$  равны  $105.7^\circ$  и  $105.2^\circ$  соответственно в I и II.

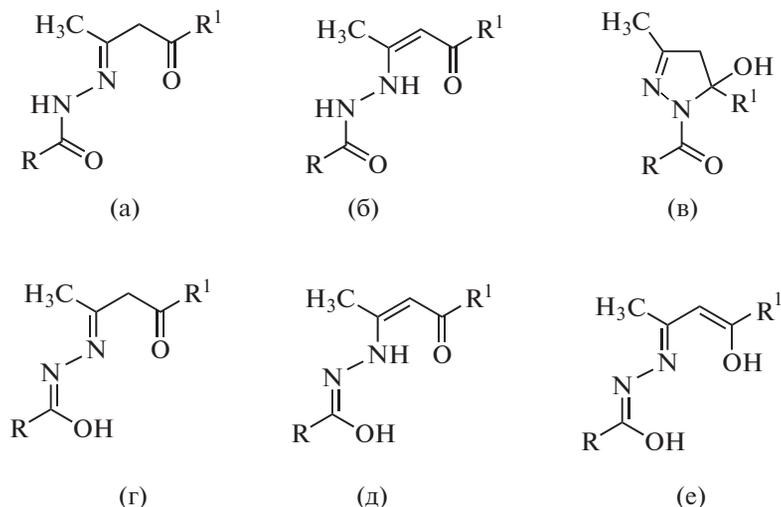
**Ключевые слова:** ацилгидразоны  $\beta$ -дикетонных, таутомерия, рентгеноструктурный анализ, ИК-спектроскопия

DOI: 10.31857/S0044457X21120151

## ВВЕДЕНИЕ

Координационная химия диоксомолибдена(VI) с ацилгидразонами альдегидов и кетонов вызывает устойчивый интерес исследователей, что связано прежде всего с перспективами их практического применения в качестве катализаторов окислительно-восстановительных процессов [1–6] и модельных объектов для изучения механизма биохимических процессов [7–10]. В теоретическом плане ацилгидразоны альдегидов и кетонов представляют интерес в координационной химии как амбидентные лигандные системы, существующие в органических растворителях и в кристаллическом состоянии в виде прототропных таутомеров, что позволяет получать на их основе с кислотами Льюиса комплексы различного типа и строения [11–13]. Для ацилгидразонов  $\beta$ -дикарбонильных соединений ( $\text{H}_2\text{L}^n$ ) теоретически возможно существование следующих таутомерных форм.

Однако проведенные авторами ранних работ исследования методами ИК- и ЯМР-спектроскопии показали, что продуктами взаимодействия бензоилацетона с гидразидами кислот являются гидразоны лишь в энгидразинной (б) или в циклической 5-оксипиразолиновой (в) таутомерных формах [14–16]. При этом в растворе хлороформа ацилгидразоны существуют только в циклической форме (в), тогда как в растворе диметилсульфоксида гидразоны представлены в виде равновесной смеси двух таутомеров: (б)  $\leftrightarrow$  (в). Позже циклическое строение ряда кристаллических ацилгидразонов было доказано методом РСА [17–21]. Вместе с тем авторами [19] наряду с циклическим изомером (в) выделен и охарактеризован методом РСА кристаллический безоилгидразон бензоилацетона ( $\text{R} = \text{R}^1 = \text{C}_6\text{H}_5$ ) в энгидразинной таутомерной форме (б).



При образовании внутрикомплексных хелатных соединений происходит перегруппировка связей гидразонов с последующим их депротонированием и образованием двух металлоциклов [16, 22–25]. В частности, в комплексе  $[\text{NiL}^3 \cdot \text{A}]$  ( $(\text{L}^3)^{2-}$  – анион ацетилгидразона бензоилацетона,  $\text{R} = \text{CH}_3$ ,  $\text{R}^1 = \text{C}_6\text{H}_5$ ,  $\text{A} = \text{NH}_3$ ,  $\text{Py}$ ,  $\text{Pip}$  (пиперидин),  $\text{PPh}_3$ ) лиганд  $(\text{L}^3)^{2-}$  координирован, по мнению авторов [16], в дважды депротонированной энгидразин- $\alpha$ -оксиазинной таутомерной форме (д), не существующей в органической молекуле  $\text{H}_2\text{L}^3$ .

В развитие представлений о стабилизации определенных таутомерных форм гидразонов  $\beta$ -дикарбонильных соединений в комплексах  $d$ -металлов и в продолжение работ по изучению комплексообразования диоксомолибдена(VI) с гидразонами [13, 26–29] синтезирована и определена кристаллическая структура двух сольваток комплексов:  $\text{MoO}_2\text{L}^1 \cdot \text{MeOH}$  ( $\text{H}_2\text{L}^1$  – изоникотиноилгидразон ацетилацетона,  $\text{R} = 4\text{-C}_5\text{H}_4\text{N}$ ,  $\text{R}^1 = (\text{CH}_3)$  (I) и  $\text{MoO}_2\text{L}^2 \cdot \text{Me}_2\text{SO}$ , ( $\text{H}_2\text{L}^2$  – бензоилгидразон бензоилацетона,  $\text{R} = \text{R}^1 = \text{C}_6\text{H}_5$ ) (II).

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

**Синтез  $\text{H}_2\text{L}^1$**  осуществляли аналогично [16] конденсацией ацетилацетона и гидразида изоникотиновой кислоты в спирте. К раствору 1.00 г (0.01 моль) ацетилацетона в 10 мл этанола добавляли слабо нагретый раствор 1.37 г (0.01 моль) изоникотиноилгидразина. Смесь оставляли для кристаллизации при комнатной температуре на сутки. Выпавшие бесцветные кристаллы фильтровали на фильтре Шотта, промывали холодным метанолом и сушили в вакуум-эксикаторе над  $\text{CaCl}_2$ . Выход продукта составил ~80% от теоретического. Кристаллизацией из смеси бензол-эта-

нол (1 : 1) получены бесцветные кристаллы  $\text{H}_2\text{L}^1$ ,  $t_{\text{пл}} = 139\text{--}140^\circ\text{C}$ .

	C	N	H
Найдено, %:	60.12;	19.27;	6.05.
Для $\text{C}_{11}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}_2$			
вычислено, %:	60.26;	19.16;	5.98.

Аналогично  $\text{H}_2\text{L}^1$  получены бесцветные кристаллы  $\text{H}_2\text{L}^2$ , выход составил 75% от теоретического,  $t_{\text{пл}} = 137\text{--}138^\circ\text{C}$ .

	C	N	H
Для $\text{H}_2\text{L}^2$ найдено, %:	68.40;	9.46;	6.15.
Для $\text{C}_{17}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$			
вычислено, %:	68.44;	9.39;	6.08.

**Комплекс I** синтезировали методом лигандного обмена между ацетилацетонатом молибденила и  $\text{H}_2\text{L}^1$  в спиртовой среде. К кипящему раствору 0.326 г (0.001 моль)  $\text{MoO}_2(\text{Acac})_2$  в 10 мл  $\text{MeOH}$  добавляли при перемешивании горячий раствор 0.219 г (0.001 моль)  $\text{H}_2\text{L}^1$  в том же растворителе. Смесь кипятили с частичным упариванием в течение 10 мин и оставляли при комнатной температуре для кристаллизации. Из образовавшегося темно-красного раствора выпадали хорошо сформированные кристаллы I, которые после отделения на фильтре сушили над  $\text{CaCl}_2$ . При нагревании выше  $160^\circ\text{C}$  комплекс I десольватируется, плавясь с разложением выше  $270^\circ\text{C}$ .

	Mo	N	C	H
Найдено, %:	25.35;	11.22;	38.15;	4.08.

	Mo	N	C	H
Для $C_{12}H_{15}MoN_3O_5$				
вычислено, %:	25.43;	11.14;	38.21;	4.01.

Комплекс I образуется также с хорошим выходом темплатным методом при взаимодействии ацетилацетоната молибдена с эквимольным количеством гидразида изоникотиновой кислоты в кипящем метаноле.

**Комплекс II** получали аналогично I с добавлением в реакционную смесь 0.5 мл диметилсульфоксида. Комплекс десольватируется при нагревании выше 170°C, разлагается выше 270°C.

	Mo	N	C	H
Найдено, %:	19.85;	5.70;	47.03;	4.09.
Для $C_{19}H_{20}MoN_2O_5S$				
вычислено %:	19.81;	5.78;	47.11;	4.16.

**Элементный анализ** проводили с помощью C,H,N-анализатора Carlo-Erba 1106. Содержание молибдена в комплексах определяли, как и в [26], прокаливанием навески до весовой формы  $MoO_3$ .

**ИК-спектры** соединений регистрировали на спектрометре ИКС-29 в области 3600–400  $cm^{-1}$  (суспензия в вазелиновом масле).

**РСА** соединения I проводили на автоматическом дифрактометре Bruker D8 Venture при температуре 150 К ( $MoK_{\alpha}$ -излучение,  $\lambda = 0.07107 \text{ \AA}$ , графитовый монохроматор), РСА комплекса II – на автоматическом дифрактометре Enraf-Nonius CAD-4 при 293 К ( $CuK_{\alpha}$ -излучение,  $\lambda = 1.54178 \text{ \AA}$ ). Поправку на поглощение вводили на основании измерений интенсивности эквивалентных отражений [30]. Кристаллографические и экспериментальные данные для комплексов I и II приведены в табл. 1. Обе структуры определены прямым методом и уточнены полноматричным анизотропным МНК по  $F^2$  для всех неводородных атомов (SHELXTL [31]). Все атомы водорода найдены из разностного ряда электронной плотности и уточнены изотропно. Структурные характеристики комплексов I и II депонированы в Кембриджском банке структурных данных (CCDC 2078211 и 2077831 соответственно).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ИК-спектрах комплексов I, II исчезают интенсивные полосы  $\nu(C=O)$ , проявляющиеся при 1653  $cm^{-1}$  в спектре  $H_2L^1$  и при 1650  $cm^{-1}$  в спектре  $H_2L^2$ . Интенсивные полосы при 938, 907  $cm^{-1}$  (I) и 935, 905  $cm^{-1}$  (II) относятся к симметричным и асимметричным валентным колебаниям связи  $Mo=O$  *cis*- $MoO_2$ -группы. В низкочастотной об-

ласти в ИК-спектрах комплексов I, II появляются новые полосы около 680 и 575  $cm^{-1}$ , которые следует отнести к валентным колебаниям связей  $Mo-N_L$  и  $Mo-O_L$  соответственно [32]. Таким образом, с учетом литературных данных и на основании данных элементного анализа и ИК-спектроскопии можно предположить, что комплексные соединения I, II имеют типичное для диоксокаатионов металлов  $VI$ B группы октаэдрическое строение с двумя оксолигандами в *cis*-положении друг к другу [33].

Согласно данным РСА, двухосновные лиганды  $(L^{1,2})^{2-}$  координированы с центральным атомом молибдена в дважды депротонированной енгидразинной форме тридентатным *bis*(хелатным) способом по типу  $ONO$  с замыканием двух металлоциклов. Атомы  $N(L^{1,2})$  в комплексах I, II находятся в *trans*-позиции к оксолигандам, два атома  $O(L^{1,2})$  – в *cis*-положениях к лигандам  $O(оксо)$  и в *trans*-позиции друг к другу. Шестое координационное место в октаэдрах  $MoO_5N$  комплексов I и II в *trans*-позициях к оксоатамам молибденовой группы  $MoO_2^{2+}$  занимают атомы  $O(Solv)$  ( $Solv = MeOH$  в I и  $Me_2SO$  в II). Средние длины связей  $Mo-O(оксо)$  в комплексах I и II составляют 1.698(2) и 1.695(3)  $\text{\AA}$  соответственно. Связи  $Mo-N(L^{1,2})$  и  $Mo-O(Solv)$  (2.216(2) и 2.333(2)  $\text{\AA}$  в I, 2.217(3) и 2.316(3)  $\text{\AA}$  в II) сильно удлинены по сравнению со стандартными значениями ( $Mo-O(CT)$  2.04,  $Mo-N(CT)$  2.10  $\text{\AA}$  [34]) вследствие структурного проявления трансвлияния краткосвязанного оксолиганда. При этом связи  $Mo-O_{trans}$  удлинены в существенно большей степени, чем  $Mo-N_{trans}$ . Связи  $Mo-O(L^{1,2})$  в *cis*-положениях к оксолигандам и в *trans*-позициях друг другу одинарные (средние значения 1.985(2), 1.969(3)  $\text{\AA}$ ) и существенно короче, чем  $Mo-O(Solv)$  (на 0.348 и 0.347  $\text{\AA}$  соответственно в I и II). В пиридиновом цикле структуры I связи  $N-C$  (средн. 1.337(5)  $\text{\AA}$ ) существенно короче (в среднем на 0.052, чем  $C-C(Py)$  (средн. 1.389(5)  $\text{\AA}$ ). Средние расстояния  $N(1)-N(2)$ ,  $N(1,2)-C$  и  $O-C$  составляют соответственно 1.404(3), 1.397(4) и 1.408(4)  $\text{\AA}$ ; 1.323(5), 1.334(4) и 1.333(5)  $\text{\AA}$  в I и II. Лиганды  $(L^{1,2})^{2-}$  в структурах I и II при координации с атомом металла замыкают два металлоцикла, сочлененных по связи  $M-N$ : шестичленный  $MoNC_3O$  и пятичленный  $MoN_2CO$ .

Валентные углы при атомах молибдена в координационных октаэдрах  $MoO_5N$  обеих структур существенно (и закономерно) отклоняются от идеальных значений 90° и 180°. Самые большие углы –  $O_{оксо}MoO_{оксо}$  (105.7(1)° в I и 105.2(1)° в II). Четыре угла  $O_{оксо}MoO(L^{1,2})$  (96.2(1)–101.5(1)° в I, 95.6(1)–104.2(1)° в II), как и  $O(2)_{оксо}MoN(L^{1,2})$  (97.4(1)° и 92.9(1)° соответственно в I и II), также

**Таблица 1.** Кристаллографические данные и детали рентгеноструктурного анализа для соединений I и II

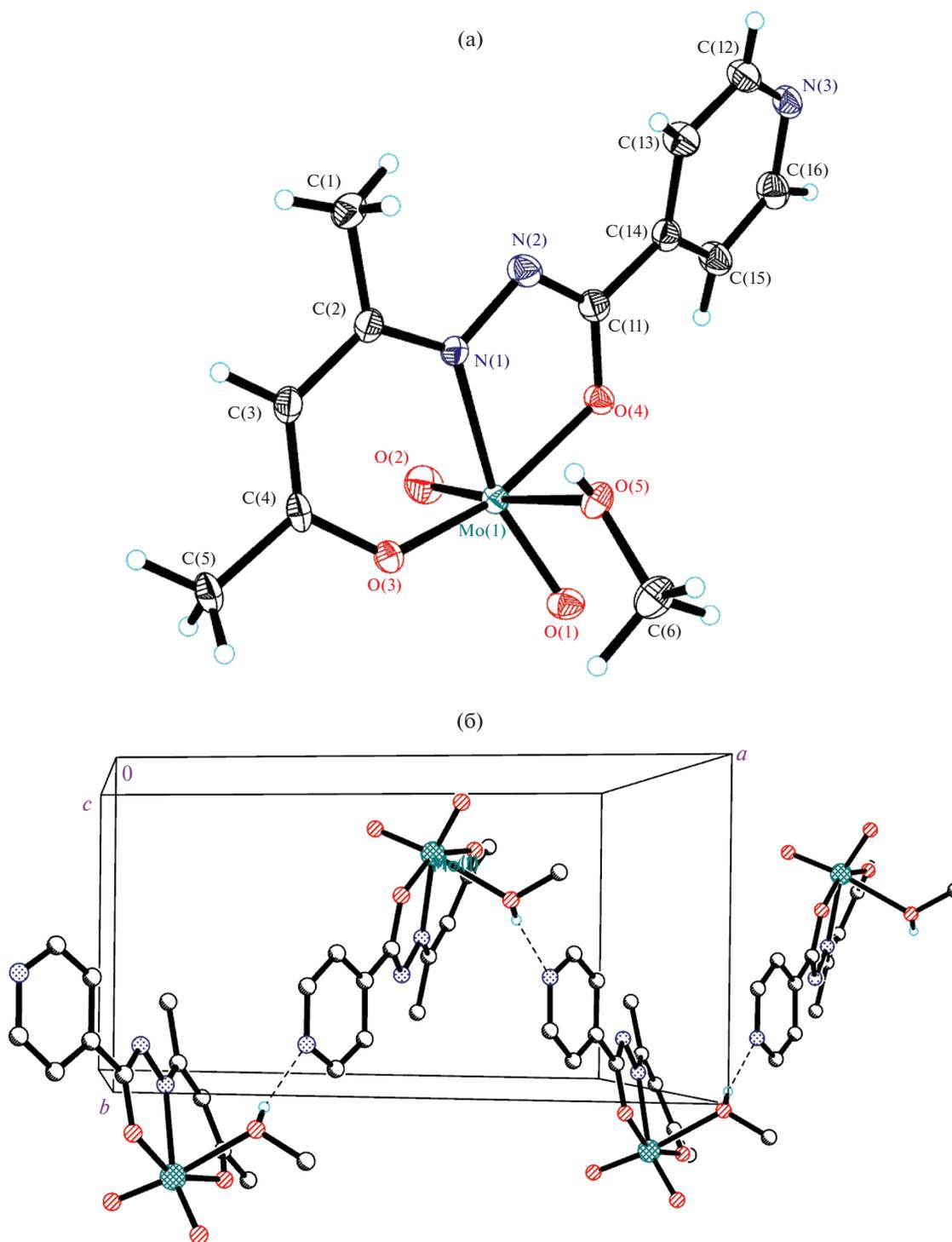
Параметр	I	II
Брутто-формула	C <sub>12</sub> H <sub>15</sub> MoN <sub>3</sub> O <sub>5</sub>	C <sub>19</sub> H <sub>20</sub> MoN <sub>2</sub> O <sub>5</sub> S
<i>M</i>	377.21	484.39
Размер кристалла, мм	0.30 × 0.20 × 0.20	0.15 × 0.12 × 0.08
Излучение	λMoK <sub>α</sub>	λCuK <sub>α</sub>
Сингония	Моноклинная	Триклинная
Пр. гр.	<i>Cc</i>	<i>P</i> $\bar{1}$
Параметры ячейки:		
<i>a</i> , Å	14.1418(6)	8.172(3)
<i>b</i> , Å	7.6032(3)	9.867(3)
<i>c</i> , Å	13.9830(8)	13.432(3)
α, град	90	104.94(3)
β, град	111.709(1)	96.12(2)
γ, град	90	104.86(4)
<i>V</i> , Å <sup>3</sup>	1396.86(11)	993.9(5)
<i>Z</i>	4	2
ρ <sub>выч</sub> , г/см <sup>3</sup>	1.794	1.618
μ, мм <sup>-1</sup>	0.965	6.698
<i>F</i> (000)	760	490
Область θ, град	3.10–29.99	4.86–69.91
Интервалы индексов	–19 ≤ <i>h</i> ≤ 19 –10 ≤ <i>k</i> ≤ 9 –18 ≤ <i>l</i> ≤ 19	–9 ≤ <i>h</i> ≤ 9 –12 ≤ <i>k</i> ≤ 12 –16 ≤ <i>l</i> ≤ 16
Всего отражений	8067	7319
Независимых отражений	3872 ( <i>R</i> <sub>int</sub> = 0.0212)	3766 ( <i>R</i> <sub>int</sub> = 0.0218)
Кол-во переменных	251	294
<i>R</i> <sub>1</sub> [ <i>I</i> > 2σ( <i>I</i> )]	0.0206	0.0431
<i>wR</i> <sub>2</sub> (все данные)	0.0492	0.1220
Параметр Флэка	0.01(2)	
Добротность по <i>F</i> <sup>2</sup>	1.028	1.050
Δρ <sub>min</sub> /Δρ <sub>max</sub> , е/Å <sup>3</sup>	–0.251/0.286	0.839/–1.075

превышают 90°. Углы в металлоциклах O(L<sup>1,2</sup>)MoN(L<sup>1,2</sup>) (73.2(1)° и 83.2(1)° в I, 71.8(1)° и 82.2(1)° в II) существенно меньше 90°, как и углы N(L<sup>1,2</sup>)MoO(Solv) (75.2(1)° в I, 77.5(1)° в II). Транс-углы O<sub>оксо</sub>Mo(L<sup>1,2</sup>) (155.7(1)° в I, 159.6(1)° в II) и O(L<sup>1,2</sup>)MoO(L<sup>1,2</sup>) (152.3(1)° в I и 149.7(1)° в II) заметно (на ~30°) отклонены от строго линейного значения 180°. Меньшее отклонение от 180° имеет место для углов O<sub>оксо</sub>MoO(Solv) (172.6(1)° в I и 170.1(1)° в II).

Строение комплексов I и II приведено на рис. 1а и 2 соответственно. В структуре I комплексные молекулы объединены водородными связями O(5)–H(11)...N(3) 0.5 + *x*, 1.5 – *y*, 0.5 + *z* (O(5)–

H(11) 0.65(5), H(11)...N(3) 2.02(5), O(5)...N(3) 2.569(3) Å, угол O(5)H(11)N(3) 167(5)°) с образованием бесконечных 1D-цепочек (рис. 1б). В структуре II нет коротких внутри- и межмолекулярных контактов.

Отметим, что структура I была определена ранее при комнатной температуре 293 К (Ia [35]). При этом наш PCA структуры I проведен при низкой температуре 150 К и с несколько более высокой точностью (*R*<sub>1</sub> = 0.0206 и 0.0213, *wR*<sub>2</sub> = 0.0492 и 0.0557 соответственно для I и Ia). Средние значения аналогичных расстояний в структурах I и Ia сходны (в Ia Mo–O<sub>оксо</sub> 1.695(2), Mo–O(L<sup>1</sup>) 1.988(2), Mo–O(MeOH) 2.351(2),



**Рис. 1.** Строение комплекса I. Основные межатомные расстояния (Å): Mo(1)–O(1) 1.706(2), Mo(1)–O(2) 1.690(2), Mo(1)–O(3) 1.960(2), Mo(1)–O(4) 2.009(2), Mo(1)–O(5) 2.333(2), Mo–N(1) 2.216(2) (a); упаковка структурных единиц в кристалле I (водородные связи показаны пунктиром) (б).

Mo–N(L<sup>1</sup>) 2.219(2) Å), как и геометрические параметры водородной связи (MeOH)O–H...N(Py) (O–H 0.82(2), H...N 1.89(2), O...N 2.686(2) Å, угол OHN 171(2)°).

Сходное строение с комплексами I, II имеют еще пять соединений с основаниями Шиффа – тридентатными (O,N,O) бис(хелатными) гидразоновыми лигандами: MoO<sub>2</sub>L<sup>4</sup> · MeOH (III) [22],

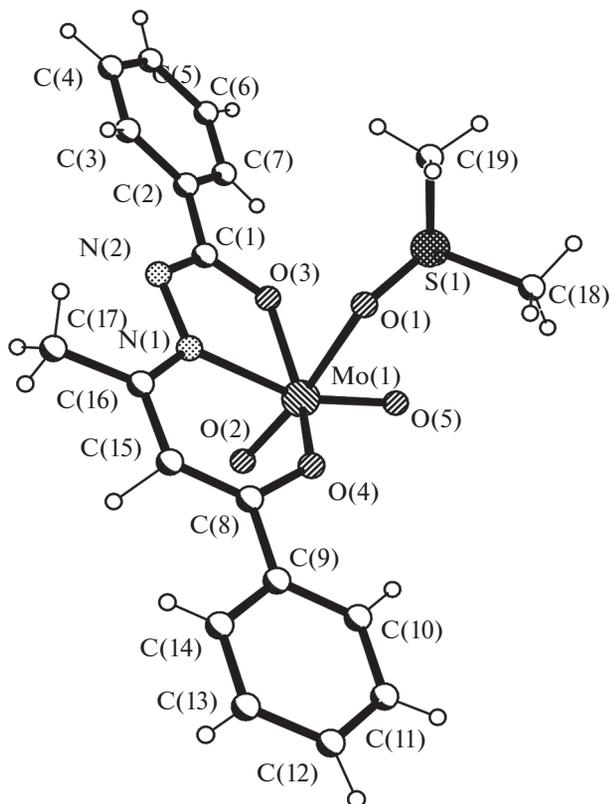


Рис. 2. Строение комплекса II. Основные межатомные расстояния (Å): Mo(1)–O(1) 2.316(3), Mo(1)–O(2) 1.682(3), Mo(1)–O(3) 1.995(3), Mo(1)–O(4) 1.943(3), Mo(1)–O(5) 1.708(3). Mo–N(1) 2.217(3).

MoO<sub>2</sub>L<sup>5</sup> · OPPh<sub>3</sub> (IV) [22], MoO<sub>2</sub>L<sup>6</sup> · MeOH (V) [35], MoO<sub>2</sub>L<sup>7</sup> · MeOH (VI) [35] и MoO<sub>2</sub>L<sup>8</sup> · MeOH (VII) [27]; H<sub>2</sub>L<sup>4</sup> – бензоилгидразон салицилового альдегида C<sub>14</sub>H<sub>13</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; H<sub>2</sub>L<sup>5</sup> – бензоилгидразон бензоилацетона C<sub>17</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; H<sub>2</sub>L<sup>6</sup> – (4-оксо-4-фенилбутан-2-илиден)изоникотиноилгидразид C<sub>16</sub>H<sub>15</sub>N<sub>3</sub>O<sub>2</sub>; H<sub>2</sub>L<sup>7</sup> – (2,3-дигидроксипензилиден)бензогидразид C<sub>14</sub>H<sub>12</sub>N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; H<sub>2</sub>L<sup>8</sup> – изоникотиноилгидразон салицилового альдегида C<sub>13</sub>H<sub>11</sub>N<sub>3</sub>O<sub>2</sub>. Геометрические параметры комплексов III–VII сопоставимы с аналогичными величинами в исследованных нами соединениях I, II: средние значения Mo–O(оксо) 1.694(3), 1.694(2), 1.697(2), 1.693(3), 1.696(3); Mo–N(L<sup>n</sup>)<sub>транс</sub> 2.243(3), 2.226(4), 2.245(2), 2.245(2), 2.250(2); Mo–O(L<sup>n</sup>)<sub>цис</sub> 1.961(3), 1.960(2), 1.958(1), 1.964(2), 1.965(2); Mo–O(Solv)<sub>транс</sub> 2.356(3), 2.239(2), 2.367(2), 2.359(3), 2.333(2) Å.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования дают основание полагать, что образование сольваток комплексов диоксомолибдена(VI) с гидразами β-дикарбо-

нильных соединений, как и комплексообразование других d-металлов [16, 23–25], сопровождается кольчато-цепной перегруппировкой циклической таутомерной формы гидразонов в линейную с последующим депротонированием и образованием пяти- и шестичленного металлоциклов.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена в рамках государственного задания ИОНХ РАН в области фундаментальных научных исследований.

### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Moradi-Shoeli Z., Boghae D.M., Amini M. et al. // Inorg. Chem. Commun. 2013. V. 27. № 1. P. 26.
2. Pasayat S., Dash S.P., Roy S. et al. // Polyhedron. 2014. V. 67. P. 1.
3. Kurbah S.D., Kumar A., Syiemlieh I. et al. // Inorg. Chem. Commun. 2017. V. 86. № 1. P. 1.
4. Bikas R., Lippolis V., Noshiranzadeh N. et al. // Eur. J. Inorg. Chem. 2017. V. 6. P. 999.
5. Maurya M.R., Rana L., Avecilla F. // Polyhedron. 2017. V. 126. P. 60.
6. Xu W.-X., Xue L.-W., Zhang C.-X. // Synth. React. Inorg. Met.-Org. Nano-Met. Chem. 2014. V. 44. № 5. P. 713.
7. Pisk J., Bilić L., Đaković M. et al. // Polyhedron. 2018. V. 145. P. 70.
8. Cordas C.M., Moura J.J.G. // Coord. Chem. Rev. 2019. V. 394. № 1. P. 53.
9. Asha T.M., Kurup M.R.P. // Polyhedron. 2019. V. 169. P. 151.
10. Kuriakose D., Kurup M.R.P. // Polyhedron. 2019. V. 170. P. 749.
11. Коган В.А., Зеленцов В.В., Ларин Г.М., Луков В.В. Комплексы переходных металлов с гидразами: Физико-химические свойства и строение. М.: Наука, 1990. 112 с.
12. Гарновский А.Д., Васильченко И.С., Гарновский Д.А. Современные аспекты синтеза металлокомплексов. Основные лиганды и методы. Ростов-на-Дону: ЛаПО, 2000. 355 с.
13. Абраменко В.Л., Сергиенко В.С. // Журн. неорганической химии. 1996. Т. 41. № 10. С. 1645.
14. Юсупов В.Г., Якимович С.И., Насирдинов С.Д., Парпиев Н.Я. // Журн. орг. химии. 1980. Т. 16. № 2. С. 415.
15. Якимович С.И., Николаев В.Н., Куценко Э.Ю. // Журн. орг. химии. 1982. Т. 18. № 4. С. 762.
16. Юсупов В.Г., Насирдинов С.Д., Якимович С.И., Парпиев Н.Я. // Коорд. химия. 1984. Т. 10. № 3. С. 387.
17. Худояров А.Б., Шарипов Х.Т., Юсупов В.Г., Парпиев Н.Я. // Коорд. химия. 1987. Т. 13. № 9. С. 1113.

18. Умаров Б.Б., Тошев М.Т., Юсупов В.Г. и др. // Коорд. химия. 1988. Т. 14. № 5. С. 551.
19. Kraudelt H., Ludwig E., Schilde U., Uhlemann E. // Z. Naturforsch. 1995. V. 51b. № 1. S. 95.
20. Kargar H., Kia R., Froozandeh F. et al. // Acta Crystallogr. 2011. V. E67. № 1. P. o209.
21. Kargar H., Kia R., Moghadamm M., Tahir M.N. // Acta Crystallogr. 2011. V. E67. № 2. P. o367.
22. Banße W., Ludwig E., Schilde U., Uhlemann E. // Z. Anorg. Allg. Chem. 1995. Bd.621. № 8. S.1275.
23. Ludwig E., Hefele H., Uhlemann E. et al. // Z. Anorg. Allg. Chem. 1995. Bd.621. № 1. S. 23.
24. Hefele H., Ludwig E., Uhlemann E. et al. // Z. Anorg. Allg. Chem. 1995. Bd. 621. № 9. S. 1431.
25. Banße W., Ludwig E., Schilde U. et al. // J. Inorg. Biochem. 1995. V. 59. № 2-3. P. 730.
26. Абраменко В.Л., Гарновский А.Д., Сергиенко В.С., Порай-Кошиц М.А. // Коорд. химия. 1990. Т. 16. № 11. С. 1500.
27. Сергиенко В.С., Абраменко В.Л., Миначева Л.Х. и др. // Коорд. химия. 1993. Т. 19. № 1. С. 28.
28. Илюхин А.В., Сергиенко В.С., Абраменко В.Л. // Журн. неорган. химии. 1994. Т. 39. № 6. С. 912.
29. Илюхин А.В., Сергиенко В.С., Абраменко В.Л. // Кристаллография. 1996. Т. 41. № 4. С. 692.
30. Sheldrick G.M. // Acta Crystallogr. 2015. V. 71C. № 1. P. 3.
31. Sheldrick G.M. SADABS. Program for scaling and correction of area detector data. University of G31.
32. Сергиенко В.С., Абраменко В.Л., Суражская М.Д. // Журн. неорган. химии. 2020. Т. 65. № 4. С. 475. <https://doi.org/10.31857/S0044457X20040169>
33. Abramenko V.L., Sergienko V.S. // Russ. J. Inorg. Chem. 2009. V. 54. № 13. P. 2031.
34. Порай-Кошиц М.А. // Изв. Югосл. кристаллогр. центра. 1974. Т. 9. С. 19.
35. Nandy M., Shit S., Rizzoli C. et al. // Polyhedron. 2015. V. 88. № 1. P. 63.