

УДК 546.215.546.273.31:543.422.25

## СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ ГЕКСАГИДРОПЕРОКСОСТАННАТА КАЛИЯ

© 2001 г. Е. Г. Ипполитов\*, Т. А. Трипольская\*, П. В. Приходченко\*, Д. А. Панкратов\*\*

\*Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, Москва

\*\*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Поступила в редакцию 27.12.2000 г.

Методом замещения гидроксогрупп в гексагидроксостаннате калия при его растворении в концентрированном пероксиде водорода получен поликристаллический гексагидропероксостаннат калия. Проведено сравнительное изучение синтезированного соединения и исходного гидроксостанната методами рентгенографии порошка, термогравиметрии, ИК-, ЯМР ( $^2\text{H}$ ,  $^{39}\text{K}$ ,  $^{119}\text{Sn}$ )- и мессбауэровской спектроскопии. Синтезированный  $\text{K}_2\text{Sn}(\text{OON})_6$  кристаллизуется в гексагональной сингонии с параметрами:  $a = 7.264(7)$ ,  $c = 10.168(4)$  Å. По данным ИК-, ЯМР- и мессбауэровской спектроскопии сделан вывод о том, что в полученном пероксо соединении координационный полиэдр атома олова представляет собой октаэдр из координированных гидропероксогрупп.

Ранее был синтезирован и охарактеризован методами рентгенографии порошка, термогравиметрии, ИК- [1], ЯМР ( $^1\text{H}$ )- и мессбауэровской спектроскопии [2], а также термодинамическими [3] и кинетическими [4] методами гексагидропероксостаннат натрия. Было показано, что атомы олова в данном соединении находятся в октаэдрическом окружении гидропероксогрупп [2]. Представляло интерес на примере нового гидропероксокомплекса подтвердить возможность образования оловом подобных соединений. С этой целью нами впервые синтезирован гексагидропероксостаннат калия. Методами рентгенографии порошка, термогравиметрии, ИК-, ЯМР ( $^2\text{H}$ ,  $^{39}\text{K}$ ,  $^{119}\text{Sn}$ )- и мессбауэровской спектроскопии проведено сравнительное изучение гексагидрокси- и гексагидропероксостаннатов калия, а также их дейтерозамещенных аналогов.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исходный гексагидроксостаннат калия  $\text{K}_2\text{Sn}(\text{OH})_6$  (**1**) синтезировали из тетраоксида олова и гидроксида калия по методике, аналогичной для  $\text{Na}_2\text{Sn}(\text{OH})_6$  [5, 6]. Полученное соединение устойчиво к гидролизу, благодаря чему возможна его перекристаллизация из водного раствора для очистки от примесей хлорида и карбоната калия. Дейтерозамещенный гексагидроксостаннат калия (**1a**) был получен перекристаллизацией соединения **1** из тяжелой воды.

	K	Sn
Найдено, %:	25.89;	39.57.
Для $\text{K}_2\text{Sn}(\text{OH})_6$		
вычислено, %:	26.16;	39.70.

Синтез гексагидропероксостанната калия  $\text{K}_2\text{Sn}(\text{OON})_6$  (**2**) проводили по следующей методике. Навеску соединения **1** (1.7 г) при постоянном перемешивании в течение 2 ч растворяли в 3 мл 96%-ного пероксида водорода при  $0^\circ\text{C}$ . Полученный раствор оставляли на сутки в эксикаторе над  $\text{P}_2\text{O}_5$  при температуре  $-5^\circ\text{C}$ . Выкристаллизовавшийся бесцветный продукт без отделения от жидкой фазы обрабатывали 2 мл 96%-ного пероксида водорода и повторно выдерживали в течение суток в эксикаторе над  $\text{P}_2\text{O}_5$  при температуре  $-5^\circ\text{C}$ . Полученный поликристаллический продукт отделяли от маточного раствора фильтрованием, промывали пять раз этанолом и пять раз эфиром, а затем сушили в вакуум-эксикаторе над  $\text{P}_2\text{O}_5$  в течение 4 ч. Дейтерозамещенный аналог гексагидропероксостанната калия (**2a**) получали путем взаимодействия **1a** с дейтерированным пероксидом водорода. Дейтерирование пероксида водорода проводили путем его разбавления тяжелой водой в объемном соотношении 1 : 2 и последующего концентрирования в эксикаторе над  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Результаты химического анализа соединения **2**:

	K	Sn	O <sub>акт</sub>
Найдено, %:	19.62;	30.27;	24.16.
Для $\text{K}_2\text{Sn}(\text{OON})_6$			
вычислено, %:	19.80;	30.05;	24.31.

Полученный гексагидропероксостаннат калия представляет собой бесцветное поликристаллическое вещество, плохо растворимое в воде и нерастворимое в стандартных органических растворителях. Соединение **2** относительно стабильно. Так, при хранении в эксикаторе над  $\text{P}_2\text{O}_5$  при  $4^\circ\text{C}$  оно не разлагается по крайней мере в течение месяца.

Таблица 1. Индексирование порошковой рентгенограммы гексагидроксоантата калия

$d, \text{Å}$	$I/I_0, \%$	$1/d_{\text{эксп}}^2 \times 10^4$	$hkl$	$1/d_{\text{расч}}^2 \times 10^4$	$\delta$
5.1752	100	373.40	0 1 1	372.0	1.4
4.2667	29	549.30	0 0 3	547.9	1.4
4.2667	29	549.30	0 1 2	554.6	-5.3
3.2743	23	932.70	1 1 0	933.2	-0.5
2.7865	5	1287.90	0 1 4	1285.1	2.8
2.7674	8	1305.70	0 2 1	1305.2	0.5
2.5977	29	1481.90	1 1 3	1481.1	0.8
2.5977	29	1481.90	0 2 2	1487.8	-5.9
2.1255	11	2213.50	0 2 4	2218.3	-4.8
2.0321	3	2421.60	1 2 2	2421.0	0.6
1.8909	4	2796.80	0 3 0	2799.7	-2.9
1.7878	8	3128.70	1 1 6	3124.8	3.9
1.7426	3	3293.10	0 1 7	3294.0	-0.9
1.7277	18	3350.10	0 3 3	3347.6	2.5
1.6371	7	3731.20	2 2 0	3732.9	-1.7
1.5613	3	4102.30	1 3 1	4104.9	-2.6
1.5384	4	4225.30	0 2 7	4227.2	-1.9
1.5283	2	4281.40	1 3 2	4287.5	-6.1
1.5283	2	4281.40	2 2 3	4280.8	0.6
1.4114	4	5020.00	1 3 4	5018.0	2.0
1.3928	2	5154.90	1 2 7	5160.5	-5.6
1.2955	6	5958.30	0 4 4	5951.2	7.1
1.2747	1	6154.40	2 3 2	6154.0	0.4
1.2504	1	6395.90	0 1 10	6398.7	-2.8
1.2369	2	6536.30	1 4 0	6532.6	3.7
1.2045	1	6892.70	2 3 4	6884.5	8.2
1.1928	1	7028.50	1 3 7	7026.9	1.6
1.1878	3	7087.80	1 4 3	7080.5	7.3
1.1676	1	7335.20	0 2 10	7331.9	3.3
1.1409	15	7682.50	0 1 11	7677.1	5.4
1.1228	1	7932.20	1 3 8	7940.1	-7.9
1.1000	3	8264.50	1 2 10	8265.1	-0.6
1.0708	2	8721.30	1 4 6	8724.1	-2.8
1.0617	1	8871.50	0 4 8	8873.3	-1.8
1.0572	1	8947.20	3 3 3	8946.9	0.3
1.0572	1	8947.20	2 4 2	8953.6	-6.4

Содержание олова в исследуемых образцах определяли весовым методом в виде  $\text{SnO}_2$  по методике [7, с. 936]. Количественный анализ на калий проводили путем осаждения из щелочного раствора соли тетрафенилбората [7, с. 798]. Количе-

ство активного кислорода определяли перманганатометрическим титрованием [8].

Рентгенограммы порошков синтезированных соединений получены на дифрактометре ДРОН-3 ( $\text{CuK}_\alpha$ -излучение, Ni-фильтр). Расчет параметров

кристаллической решетки осуществляли методом наименьших квадратов. Термический анализ образцов проводили на дериватографе Q-1500D (Венгрия) в атмосфере воздуха в интервале температур 20–150°C (скорость нагревания 2 град/мин, масса навесок 5–20 мг). ИК-спектры регистрировали на спектрофотометре Spesord M 80 в области 400–4000 см<sup>-1</sup> в виде таблеток с KBr.

Спектры ЯМР (<sup>2</sup>H, <sup>39</sup>K, <sup>119</sup>Sn) поликристаллических образцов записывали на импульсном радиоспектрометре Bruker MSL-300 в поле 7.04 Тл при 298 К. Спектры ЯМР <sup>2</sup>H и <sup>119</sup>Sn регистрировали с использованием одноимпульсной последовательности с варьируемым мертвым временем. Длительность возбуждающего импульса 1–2 мкс, время повторения 5T<sub>1</sub>. При записи спектров ЯМР <sup>39</sup>K (14.004 МГц) возбуждение спин-системы осуществляли с помощью последовательности спин-эха (θ<sub>x</sub>-τ-2θ<sub>y</sub>-τ-ACQ). Длительность первого импульса составляла 12 мкс, ее подбирали из условия γB<sub>1</sub>θ(I + 1/2) = π/2, где γ – гиромагнитное отношение <sup>39</sup>K, B<sub>1</sub> – амплитуда высокочастотного поля, I – спин ядра (3/2). Химические сдвиги для спектров ЯМР <sup>119</sup>Sn измерены относительно SnCl<sub>4</sub>.

Абсорбционные мессбауэровские спектры получали на экспрессном спектрометре MC1101Э (производства MosTec, Ростов-на-Дону). В качестве источников γ-излучения использовали стандартные источники <sup>119</sup>Sn в виде станната кальция с активностью 0.3 мКи. Химические сдвиги представлены относительно BaSnO<sub>3</sub>. Съемку мессбауэровских спектров проводили как при комнатной температуре, так и при температуре жидкого азота. Навески образцов брали из расчета содержания в них олова, равного 20 мг/см<sup>2</sup>. Полученные спектры обрабатывали с помощью соответствующего программного обеспечения “подгонкой” предложенной модели методом наименьших квадратов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По данным рентгенофазового анализа, полученные в настоящей работе соединения 1 и 2 представляют собой индивидуальные соединения, а их рентгенограммы не содержат дополнительных неиндицируемых рефлексов.

Рентгенограмма исходного соединения 1 была проиндицирована в предположении гексагональной решетки (пр. гр. R3) с параметрами a = 6.546(9), c = 12.816(7) Å (табл. 1). Отметим, что на рентгенограммах синтезированного вещества наблюдаются дополнительные линии, не указанные в [9] для K<sub>2</sub>Sn(OH)<sub>6</sub>, что позволило провести индицирование, отличное от [9].

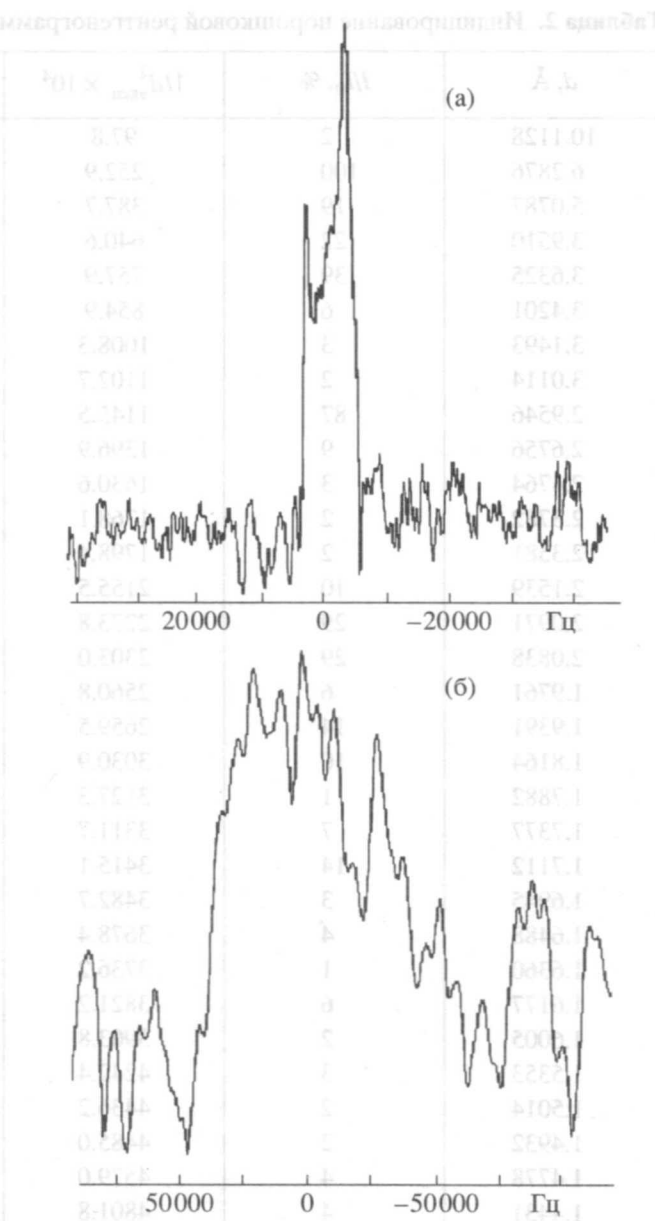


Рис. 1. Спектры ЯМР <sup>39</sup>K: а – K<sub>2</sub>Sn(OH)<sub>6</sub>, б – K<sub>2</sub>Sn(OOH)<sub>6</sub>.

Рентгенограмма соединения 2 содержит значительное число достаточно интенсивных рефлексов, которые удовлетворительно индицируются в гексагональной сингонии с параметрами элементарной ячейки a = 7.264(7), c = 10.168(4) Å (табл. 2). При этом обращает на себя внимание малая интенсивность линий с нечетными индексами l, что может свидетельствовать о существовании субъячейки с параметром c<sub>суб</sub> = c/2.

Соединение 2 термически неустойчиво и разлагается при 105°C с сильным экзотермическим эффектом. Разложение носит взрывной характер и сопровождается выбросом вещества, что делает невоз-

Таблица 2. Индексирование порошковой рентгенограммы гексагидроперокссоданата калия

$d, \text{Å}$	$I/I_0, \%$	$1/d^2_{\text{эксп}} \times 10^4$	$hkl$	$1/d^2_{\text{расч}} \times 10^4$	$\delta$
10.1128	2	97.8	0 0 1	96.7	1.1
6.2876	100	252.9	0 1 0	252.6	0.3
5.0787	19	387.7	0 0 2	386.9	0.8
3.9510	22	640.6	0 1 2	639.5	1.1
3.6325	39	757.9	1 1 0	757.9	-0.0
3.4201	6	854.9	1 1 1	854.6	0.3
3.1493	3	1008.3	0 2 0	1010.6	-2.3
3.0114	2	1102.7	0 2 1	1107.3	-4.6
2.9546	87	1145.5	1 1 2	1144.8	0.7
2.6756	9	1396.9	0 2 2	1397.4	-0.5
2.4764	3	1630.6	1 1 3	1628.4	2.2
2.3782	2	1768.1	1 2 0	1768.5	-0.4
2.3581	2	1798.4	0 1 4	1800.1	-1.7
2.1539	10	2155.5	1 2 2	2155.3	0.2
2.0971	29	2273.8	0 3 0	2273.8	0.0
2.0838	29	2303.0	1 1 4	2305.4	-2.4
1.9761	6	2560.8	0 2 4	2558.0	2.8
1.9391	14	2659.5	0 3 2	2660.6	-1.1
1.8164	10	3030.9	2 2 0	3031.7	-0.8
1.7882	1	3127.3	2 2 1	3128.4	-1.1
1.7377	7	3311.7	1 2 4	3315.9	-4.2
1.7112	14	3415.1	2 2 2	3418.5	-3.4
1.6945	3	3482.7	0 0 6	3481.7	1.0
1.6488	4	3678.4	1 3 2	3671.2	7.2
1.6360	1	3736.2	0 1 6	3734.4	1.8
1.6177	6	3821.2	0 3 4	3821.2	0.0
1.6005	2	3903.8	2 2 3	3902.1	1.7
1.5353	3	4242.4	1 1 6	4239.6	2.8
1.5014	2	4436.2	0 4 2	4429.1	7.1
1.4932	2	4485.0	0 2 6	4492.3	-7.3
1.4778	4	4579.0	2 2 4	4579.1	-0.1
1.4431	4	4801.8	2 3 0	4800.1	1.7
1.3737	3	5299.3	1 4 0	5305.4	-6.1
1.3368	2	5595.9	0 4 4	5589.7	6.2
1.3233	8	5710.6	1 3 5	5702.2	8.4
1.3175	4	5761.0	0 3 6	5755.5	5.5
1.2712	2	6188.3	0 0 8	6189.7	-1.4
1.2386	2	6518.4	2 2 6	6513.4	5.0
1.2080	7	6852.8	1 4 4	6852.9	-0.1
1.2025	3	6915.6	3 3 1	6918.0	-2.4
1.1887	1	7077.1	2 4 0	7073.9	3.2
1.1769	2	7219.7	2 3 5	7218.0	1.7
1.1279	1	7860.7	0 5 4	7863.4	-2.7
1.0674	1	8777.0	0 4 7	8781.2	-4.2
1.0485	1	9096.3	0 6 0	9095.0	1.3
1.0417	1	9215.4	2 2 8	9221.4	-6.0
1.0273	1	9475.6	1 3 8	9474.1	1.5
1.0273	1	9475.6	0 6 2	9481.9	-6.3

возможным дальнейшее проведение термогравиметрического анализа. Для исходного гидроксокомплекса **1** потеря массы с эндоэффектом наблюдается лишь при температуре 285°C. Тем не менее температура разложения полученного соединения **2** заметно выше по сравнению с таковой для известного гидропероксостанната натрия (80°C) [10], что свидетельствует о большей стабильности **2**.

ИК-спектры соединения **1** характеризуются наличием полосы поглощения при 980 см<sup>-1</sup>, отвечающей деформационным колебаниям δ(Sn-O-H) [11], которая для дейтерированного соединения **1a** смещается до 725 см<sup>-1</sup>. В спектрах соединения **2** (табл. 3) эта полоса поглощения отсутствует, но появляются полосы при 856 и 1432 см<sup>-1</sup>, отвечающие, соответственно, колебаниям ν(O-O) и δ(O-O-H), и полосы при 2800 и 3096 см<sup>-1</sup>, отвеча-

Таблица 3. ИК-спектры гексагидропероксостанната калия и его дейтерозамещенного аналога

K <sub>2</sub> Sn(OOH) <sub>6</sub>		K <sub>2</sub> Sn(OOD) <sub>6</sub>	
Полоса, см <sup>-1</sup>	Отнесение	Полоса, см <sup>-1</sup>	Отнесение
488	ν(Sn-O)	488	ν(Sn-O)
760	-	570	-
856	ν(O-O)	856	ν(O-O)
1432	δ(O-O-H)	1048	δ(O-O-D)
2800	ν(O-H)	2072	ν(O-D)
3096	ν(O-H)	2288	ν(O-D)

ющие валентным колебаниям O-H гидропероксогруппы [12-14]. В спектре дейтеропроизводного **2a** наблюдается смещение полос, отвечающих деформационным и валентным колебаниям гид-

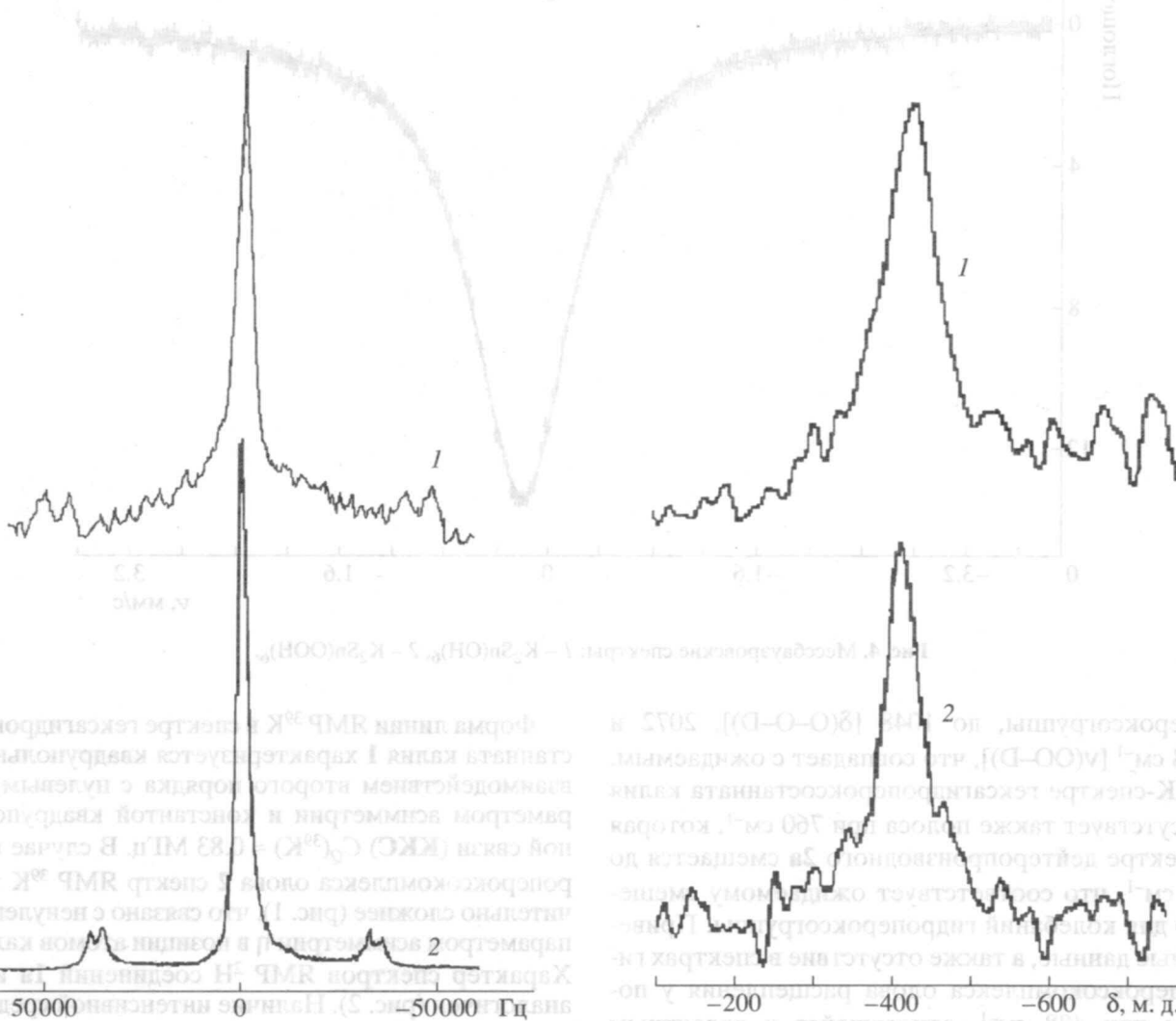


Рис. 2. Спектры ЯМР <sup>2</sup>H: 1 - K<sub>2</sub>Sn(OOD)<sub>6</sub>, 2 - K<sub>2</sub>Sn(OD)<sub>6</sub>.

Рис. 3. Спектры ЯМР <sup>119</sup>Sn: 1 - K<sub>2</sub>Sn(OOH)<sub>6</sub>, 2 - K<sub>2</sub>Sn(OH)<sub>6</sub>.

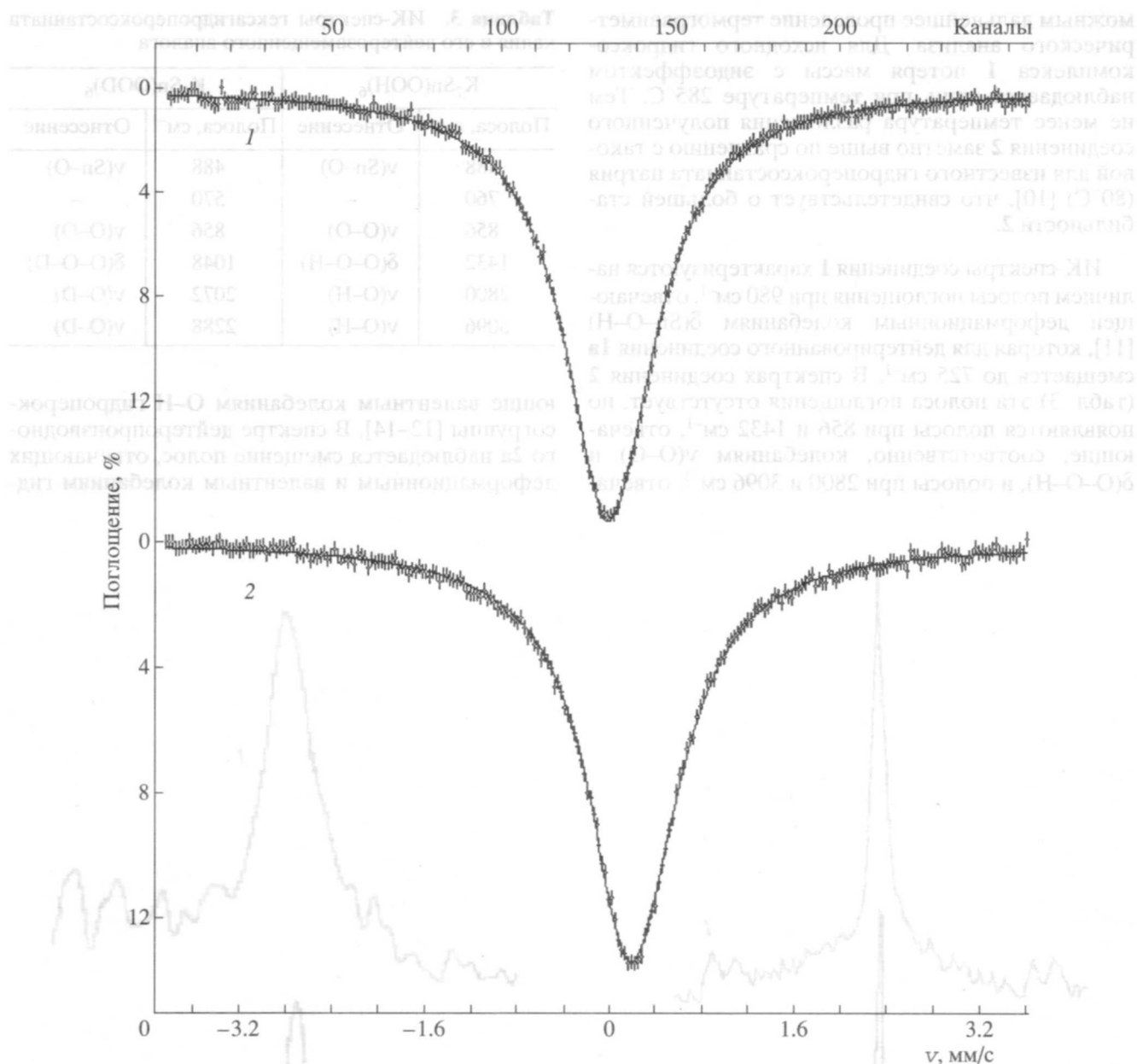


Рис. 4. Мессбауэровские спектры: 1 –  $\text{K}_2\text{Sn}(\text{OH})_6$ , 2 –  $\text{K}_2\text{Sn}(\text{OOH})_6$ .

ропероксогруппы, до 1048 [ $\delta(\text{O}-\text{O}-\text{D})$ ], 2072 и 2288  $\text{cm}^{-1}$  [ $\nu(\text{OO}-\text{D})$ ], что совпадает с ожидаемым. В ИК-спектре гексагидропероксостанната калия присутствует также полоса при 760  $\text{cm}^{-1}$ , которая в спектре дейтеропроизводного **2a** смещается до 570  $\text{cm}^{-1}$ , что соответствует ожидаемому смещению для колебаний гидропероксогруппы. Приведенные данные, а также отсутствие в спектрах гидропероксокомплекса олова расщепления у полосы при 488  $\text{cm}^{-1}$ , относящейся к валентным колебаниям Sn–O, по-видимому, свидетельствуют о полном замещении гидроксогрупп на гидропероксогруппы в соединениях **2** и **2a**.

Форма линии ЯМР  $^{39}\text{K}$  в спектре гексагидропероксостанната калия **1** характеризуется квадрупольным взаимодействием второго порядка с нулевым параметром асимметрии и константой квадрупольной связи (ККС)  $C_Q(^{39}\text{K}) \approx 0.83$  МГц. В случае гидропероксокомплекса олова **2** спектр ЯМР  $^{39}\text{K}$  значительно сложнее (рис. 1), что связано с ненулевым параметром асимметрии  $\eta$  в позиции атомов калия. Характер спектров ЯМР  $^2\text{H}$  соединений **1a** и **2a** аналогичен (рис. 2). Наличие интенсивной средней составляющей в данных спектрах позволяет высказать предположение, что помимо неподвижных дейтонов, для которых в спектрах проявляется квадрупольное взаимодействие с ненулевым пара-

метром асимметрии и ККС  $C_Q(^2\text{H}) \approx 96$  кГц (для **1a**) и  $C_Q(^2\text{H}) \approx 127$  кГц (для **2a**), существуют подвижные дейтоны, количество которых больше, чем неподвижных, при данной температуре. Большая величина ККС для соединения **2a** свидетельствует о меньшем значении длины связи O—D по сравнению с таковой в исходном гидроксокомплексе **1a** [15, 16]. Спектр ЯМР  $^{119}\text{Sn}$  соединения **2** (химический сдвиг  $\delta = -439 \pm 5$  м. д.) аналогичен таковому для исходного соединения **1** ( $\delta = -410 \pm 5$  м. д.) (рис. 3). Смещение резонансного сигнала  $^{119}\text{Sn}$  в спектре гидропероксокомплекса **2** в область сильного поля свидетельствует об увеличении электронной плотности на атоме олова по сравнению с таковой в исходном соединении **1**.

В мессбауэровских спектрах исходного соединения **1** (рис. 4) при комнатной температуре наблюдается единственная синглетная линия, что подтверждает октаэдрическое окружение атома олова ( $\delta = -0.03 \pm 0.01$  мм/с,  $\Gamma_{\text{экср}} = 0.96 \pm 0.01$  мм/с). В спектре соединения **2** наблюдается смещение резонансного поглощения в область положительных значений изомерного сдвига ( $\delta = 0.19 \pm 0.01$  мм/с,  $\Gamma_{\text{экср}} = 0.87 \pm 0.01$  мм/с) по сравнению со спектром гидроксокомплекса **1**. При этом в спектрах гидропероксокомплекса при температуре 293 К квадрупольное расщепление не наблюдается. Эти данные согласуются с результатами мессбауэровского исследования при комнатной температуре гексагидропероксостаната натрия, где также наблюдалось положительное значение изомерного сдвига [2].

Смещение величины изомерного сдвига для гидропероксозамещенного комплекса олова в область сильного поля свидетельствует об увеличении электронной плотности на атомных орбиталях олова. При этом донором электронной плотности могут служить только гидропероксолиганды, а точнее их разрыхляющие орбитали. По-видимому, в случае соединения **2** смещение электронной плотности с разрыхляющих орбиталей гидропероксогрупп больше, чем для  $\text{Na}_2\text{Sn}(\text{OON})_6$ , что, очевидно, коррелирует с более высокой стабильностью гидропероксостаната калия.

Отсутствие квадрупольного расщепления для соединения **2**, с одной стороны, свидетельствует о сохранении октаэдрического окружения атома-комплексобразователя, а с другой — об однородности его окружения, т.е. о полном замещении гидроксолигандов гидропероксолигандами. Наблюдаемое при температуре 77 К в мессбауэровских спектрах гидроксо- (**1**) и гидропероксостанатов (**2**) калия квадрупольное расщепление ( $\delta = 0.07 \pm 0.01$  мм/с,

$\Delta = 0.59 \pm 0.01$  мм/с,  $\Gamma_{\text{экср}} = 1.16 \pm 0.02$  мм/с для **1** и  $\delta = 0.21 \pm 0.01$  мм/с,  $\Delta = 0.47 \pm 0.02$  мм/с,  $\Gamma_{\text{экср}} = 1.17 \pm 0.02$  мм/с для **2**), возможно, связано с наличием в кристаллических решетках указанных соединений как внутри-, так и межмолекулярных водородных связей, которые приводят к незначительным искажениям координационного полиэдра атома олова, что и проявляется при сильном охлаждении.

Авторы выражают благодарность В.П. Тарасову (ИОНХ РАН) за измерение спектров ЯМР ( $^2\text{H}$ ,  $^{39}\text{K}$ ,  $^{119}\text{Sn}$ ) и их обсуждение, а также Ю.Д. Перфильеву (МГУ) за участие и помощь в измерении мессбауэровских спектров.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по гранту "Ведущие научные школы" № 00-15-97285.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ипполитов Е.Г., Трипольская Т.А., Пилипенко Г.П.* // Журн. неорган. химии. 1994. Т. 39. № 7. С. 1214.
2. *Ипполитов Е.Г., Бузник В.М., Трипольская Т.А. и др.* // Журн. неорган. химии. 1995. Т. 40. № 9. С. 1419.
3. *Ипполитов Е.Г., Кривцов Н.В., Трипольская Т.А., Пилипенко Г.П.* // Журн. неорган. химии. 1996. Т. 41. № 12. С. 1941.
4. *Ипполитов Е.Г., Шляхова М.А., Трипольская Т.А., Пилипенко Г.П.* // Журн. неорган. химии. 1995. Т. 40. № 6. С. 915.
5. *Zocher H.* // Z. Anorg. Allg. Chem. 1920. В. 112. S. 1.
6. Руководство по неорганическому синтезу / Под ред. Г. Брауэра. М.: Мир, 1986. Т. 6. С. 1887.
7. *Шарло Г.* Методы аналитической химии. Количественный анализ неорганических соединений. М.: Химия, 1969. Ч. II. 1206 с.
8. Перекись водорода и перекисные соединения / Под ред. М.Е. Позина. М.—Л.: Госхимиздат, 1951. С. 445.
9. *Schmitz-DuMont O., Muller G., Schall W.* // Z. Anorg. Allg. Chem. 1964. В. 332. S. 263.
10. *Ипполитов Е.Г., Скогарева Л.С., Трипольская Т.А.* // Журн. неорган. химии. 1999. Т. 44. № 8. С. 1291.
11. *Maltese M., Orville-Thomas W.J.* // J. Inorg. Nucl. Chem. 1967. V. 29. P. 2533.
12. *Шамб У., Сеттерфилд Ч., Вентворс Р.М.* Перекись водорода. М.: Изд-во иностр. литер., 1958. С. 233.
13. *Вольнов И.И.* Пероксобораты. М.: Наука, 1984. 96 с.
14. *Giguere P.A., Srinivasan T.K.K.* // J. Raman Spectroscopy. 1974. V. 2. P. 125.
15. *Reuveni A., Marcellus D., Parker R.S., Kwiram A.L.* // J. Chem. Phys. 1981. V. 74. № 1. P. 179.
16. *Huber H.* // J. Chem. Phys. 1985. V. 83. № 9. P. 4591.