

УДК 542.91:546.96+548.737

В.А. ЕМЕЛЬЯНОВ, С.А. ГРОМИЛОВ, И.А. БАЙДИНА, А.В. ВИРОВЕЦ, А.В. БЕЛЯЕВ,
В.А. ЛОГВИНЕНКО

СИНТЕЗ И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Описана методика синтеза соединения $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Комплекс исследован методами ИК спектроскопии, термического, рентгенофазового и рентгеноструктурного анализа. Кристаллографические данные: $a = 26,740(7)$, $b = 31,581(7)$, $c = 6,918(3)$ Å, $V = 5842(3)$ Å³, пр. гр. $Fdd2$, $Z = 16$, $d_{\text{выч}} = 2,103$, $d_{\text{эсп}} = 2,112$ г/см³. Структура построена из комплексных анионов $[\text{RuNOCl}_5]^{2-}$, катионов Na^+ и молекул кристаллизационной воды. Соединение устойчиво при высокой влажности воздуха, но обратимо теряет до четырех молекул воды при хранении в сухой атмосфере. Удаление двух молекул воды сопровождается разрушением кристаллов и изменением кристаллической структуры. Нагревание вещества выше 100 °С приводит к образованию гигроскопичного безводного комплекса $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5]$, стабильного до $t = 375$ °С.

Комплексные нитрозогалогениды рутения состава $\text{M}_2[\text{RuNOHal}_5]$, где М — катион щелочного металла или аммония, Hal — Cl, Br или I, впервые были синтезированы более 100 лет назад. Веал и Ходжсон описали кристаллические структуры калиевой и аммониевой солей нитрозопентахлорорутенат(II)-иона, используя метод РСтА [1, 2]. В работах [3, 4] аналогичным методом исследован ряд кристаллогидратов $\text{M}_2\text{RuNOHal}_5 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($\text{M} = \text{NH}_4$, Hal = Cl и $\text{M} = \text{Rb}$, Cs, Hal = Cl, Br), отличающихся от соответствующих безводных солей значительно более высокой растворимостью. Показано, что эти соединения являются двойными солями $\text{M}[\text{RuNOHal}_4\text{H}_2\text{O}] \cdot \text{MHal} \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Несмотря на обилие литературы по синтезу и исследованию физико-химических характеристик нитрозогалогенидных комплексов рутения с различными катионами, сведения о составе и свойствах натриевых солей довольно отрывочны и противоречивы. Например, в работе [5] описан ИК спектр соединения состава $\text{Na}_2\text{RuNOCl}_5 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, а в работе [6] обсуждается спектр той же соли, но уже в виде моногидрата. По данным ряда авторов, растворение нитрозопентахлорорутената натрия в спирте приводит к выделению NaCl и образованию раствора нитрозотрихлорида рутения. Поскольку ни $\text{K}_2[\text{RuNOCl}_5]$, ни $(\text{NH}_4)_2[\text{RuNOCl}_5]$ таким свойством не обладают, Фэри и Ирвинг [7] предположили, что в состав исходной соли входит акватированный нитрозотрихлорокомплекс рутения. Результаты химических анализов и подробные методики синтеза в работах не приводятся.

Целью настоящей работы являлся синтез, уточнение состава и исследование строения и свойств натривой соли нитрозопентахлорорутенат(II)-иона.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Синтез нитрозопентахлорорутената(II) натрия проведен по методике [5], несколько измененной нами. К навескам 1,5—3,5 г $\text{Na}_2[\text{RuNO}(\text{NO}_2)_4\text{OH}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, полученного по методике [8], трижды добавляли по 10 мл концентрированной HCl , каждый раз выпаривая раствор на водяной бане до минимального объема. Полученный раствор трижды упаривали с водой до сиропообразного состояния, после чего испарили досуха. Твердый остаток экстрагировали ацетоном, при этом отделяется некоторое количество хлористого натрия, затем кристаллизовали препарат из ацетона. Выход продукта после стандартных операций отделения маточного раствора, промывания осадка несколькими миллилитрами ацетона, эфира и сушки в вакууме составляет ~50 %. Вещество кристаллизуется в виде тонких иголок или четырехгранных призм гранатового цвета, имеет высокую растворимость в воде, ацетоне и спирте, но последним восстанавливается при повышении температуры.

ИК спектры поликристаллических образцов в виде суспензии в вазелиновом и фторированном масле записаны на спектрофотометре SPECORD IR-75 в области $3800\text{—}400\text{ см}^{-1}$.

Термогравиметрическое исследование проведено на дериватографе Q-1500-D (МОМ, Венгрия) в диапазоне температуры $20\text{—}500\text{ }^\circ\text{C}$ в квазиравновесных условиях и при линейном нагреве (атмосфера — воздух).

Рентгенографическое исследование измельченных кристаллов проведено на дифрактометрах ДРОН-УМ1 ($R = 192\text{ мм}$, CuK_α -излучение, Ni-фильтр, детектор сцинтилляционный с амплитудной дискриминацией) и ДРОН-0.5, оборудованном высокотемпературной камерой КРВ-200. Образцы наносили тонким слоем на гладкую сторону стандартной кварцевой кюветы.

Плотность кристаллов определяли в смеси бромформ—толуол по методу тяжелых жидкостей, описанному в [9].

Рентгеноструктурное исследование монокристалла проведено на автоматическом дифрактометре CAD-4 "Enraf Nonius" (MoK_α -излучение, графитовый монохроматор, $\theta/2\theta$ -сканирование с переменной скоростью в области углов θ от 2 до 30° , 1959 экспериментальных отражений, не погасших в F -решетке). Кристаллографические данные: $a = 26,740(7)$, $b = 31,581(7)$, $c = 6,918(3)\text{ \AA}$, $V = 5842(3)\text{ \AA}^3$, пр. гр. $Fdd2$, $Z = 16$, $d_{\text{выч}} = 2,103\text{ г/см}^3$, $d_{\text{экср}} = 2,112\text{ г/см}^3$. Структура решена методом тяжелого атома и уточнена в анизотропном приближении для всех атомов (146 уточняемых структурных параметров) до $R = 0,046$, а для $I > 2\sigma(I)$ $R = 0,027$. Координаты базисных атомов, изотропные (эквивалентные) тепловые факторы, основные межатомные расстояния и валентные углы приведены в табл. 1, 2. Все расчеты проведены по комплексу программ SHELX-97 [10].

Т а б л и ц а 1

Координаты базисных атомов ($\times 10^4$) и эквивалентные тепловые параметры ($\times 10^3$)

Атом	x/a	y/b	z/c	$U_{\text{экв}}$	Атом	x/a	y/b	z/c	$U_{\text{экв}}$
Ru	939(1)	1247(1)	0	23(1)	N	1415(3)	1263(3)	1716(11)	27(2)
Na(1)	62(1)	2501(1)	4999(10)	39(1)	O(1)	1723(2)	1275(3)	2785(15)	56(3)
Na(2)	-1577(1)	2811(1)	2031(7)	54(2)	O(10)	340(2)	2914(2)	2356(15)	36(2)
Cl(1)	326(1)	1191(1)	2507(7)	34(1)	O(20)	-814(2)	2943(2)	-104(20)	42(2)
Cl(2)	967(1)	498(1)	-218(7)	36(1)	O(30)	353(2)	2930(2)	-2514(16)	38(2)
Cl(3)	302(1)	1228(1)	-2342(6)	35(1)	O(40)	1472(3)	2925(2)	-2650(20)	45(2)
Cl(4)	863(1)	2001(1)	72(8)	33(1)	O(50)	2168(2)	2154(2)	-334(16)	57(3)
Cl(5)	1526(1)	1294(1)	-2565(8)	38(1)	O(60)	2141(3)	2153(2)	-5654(12)	58(2)

Т а б л и ц а 2

Длины связей d (Å) и валентные углы ω (град)

Связь	d	Угол	ω	Связь	d
Комплексный анион					
Ru—N	1,742(7)	N—Ru—Cl(3)	179,4(3)	Na1-полиэдр	
Ru—Cl(3)	2,352(3)	N—Ru—Cl(2)	92,8(3)		
Ru—Cl(2)	2,372(2)	Cl(3)—Ru—Cl(2)	87,30(11)		
Ru—Cl(5)	2,374(5)	N—Ru—Cl(5)	91,4(3)		
Ru—Cl(4)	2,389(2)	Cl(3)—Ru—Cl(5)	88,03(15)		
Ru—Cl(1)	2,393(4)	Cl(2)—Ru—Cl(5)	89,61(12)		
		N—Ru—Cl(4)	91,2(3)		
		Cl(3)—Ru—Cl(4)	88,78(12)		
		Cl(2)—Ru—Cl(4)	176,07(16)		
		Cl(5)—Ru—Cl(4)	90,58(12)		
		N—Ru—Cl(1)	90,5(3)		
		Cl(3)—Ru—Cl(1)	90,06(11)		
		Cl(2)—Ru—Cl(1)	89,68(11)		
		Cl(5)—Ru—Cl(1)	177,99(17)		
		Cl(4)—Ru—Cl(1)	90,00(12)		
N—O(1)	1,106(9)	O(1)—N—Ru	178,9(8)		
				Na(2)—O(40)#2	2,352(7)
				Na(2)—O(60)#2	2,395(9)
				Na(2)—O(50)#2	2,415(10)
				Na(2)—O(20)	2,552(10)
				Na(2)—Cl(5)#2	2,844(4)
				Na(2)—Cl(4)#2	2,903(6)

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Основными структурными единицами исследуемого соединения являются комплексные анионы нитрозопентахлорида рутения $[\text{RuNOCl}_5]^{2-}$, катионы Na^+ и молекулы кристаллизационной воды. Строение комплексного аниона с обозначением атомов показано на рис. 1. Атом Ru имеет искаженно-октаэдрическую коор-

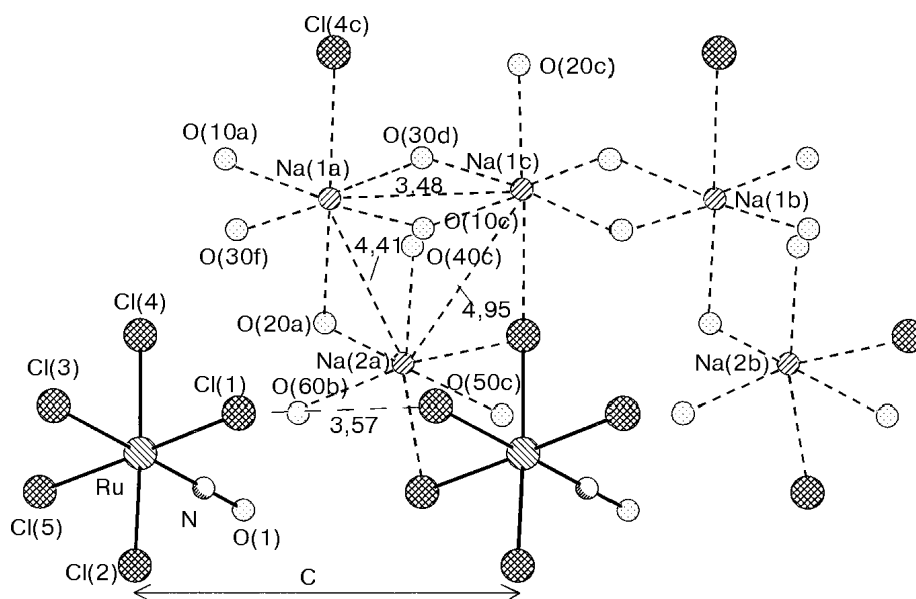


Рис. 1. Строение комплексного аниона и окружение катионов натрия в структуре $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

динацию, образованную пятью атомами Cl и атомом азота нитрозогруппы; он смещен из плоскости экваториальных атомов Cl в направлении нитрозогруппы на 0,065 Å. Разброс отдельных значений Ru—Cl заключен в интервале 2,353—2,391 Å (ср. значение 2,374 Å), они неравноценны — среднее расстояние до атомов хлора, лежащих в экваториальной плоскости, 2,384 Å, а до находящегося в *транс*-положении к нитрозогруппе атома Cl(3) заметно короче — 2,353 Å. Такое укорочение связи Ru—лиганд на *транс*-координате ON—Ru—L отмечено и в ряде других нитрозокомплексов [1, 2, 11, 12]. Валентные углы при атоме Ru отклоняются от 90° в пределах 3,3°. Фрагмент Ru—N—O практически линейный — угол RuNO 179,0°, длина связи Ru—N 1,738 Å. Расстояние N—O сильно укорочено по сравнению с другими нитрозокомплексами, его значение 1,107 Å. В целом полученные геометрические характеристики комплексного аниона в исследованном соединении близки к аналогичным в калиевой и аммониевой солях нитрозопентахлорокомплекса рутения.

Катионы Na⁺ занимают в структуре две кристаллографически независимые позиции и окружены атомами кислорода молекул воды и атомами хлора. На рис. 1 приведен фрагмент структуры, поясняющий координацию катионов Na(1) и Na(2), а также связь катионов и анионов между собой. Полиэдр Na(1) — искаженный октаэдр — составлен из пяти атомов кислорода молекул воды и атома Cl(4) (КЧ 6). Расстояния Na(1)—O(H₂O) лежат в интервале 2,304—2,469 Å, Na(1)—Cl(4) 2,935 Å. Полиэдр Na(2) — также искаженный октаэдр, но образован четырьмя атомами кислорода молекул воды и двумя атомами хлора (КЧ 6). Расстояния Na(2)—O(H₂O) лежат в интервале 2,372—2,541 Å, Na(2)—Cl 2,843 и 2,899 Å.

В элементарной ячейке исследуемого соединения содержится 6 кристаллографически независимых молекул кристаллизационной воды, которые, входя в координацию катионов, участвуют в построении кристаллической структуры. Молекулы воды O(10) и O(30) координированы Na(1), молекулы O(40), O(50), O(60) — Na(2), а молекула воды O(20) входит в окружение обоих катионов Na⁺.

Мотив упаковки тяжелых фрагментов — комплексных анионов — был определен по методике [13], при этом полученные параметры подъячейки практически совпадают с кратчайшими расстояниями между центральными атомами, что свидетельствует о ее регулярности. Выделенная подъячейка показана пунктиром на рис. 2, а, ее ребра (расстояния Ru...Ru) — 6,905, 6,918, 8,25 Å. В кристалле все комплексные анионы и Na-полиэдры связаны в ажурный трехмерный каркас (см. рис. 2, б). Между атомами хлора комплексных анионов в направлении Z (см. рис. 1) наблюдается сокращенный межмолекулярный контакт Cl(1)...Cl(3), равный 3,57 Å. За счет него в этом направлении образуются бесконечные колонки комплексных анионов. Na(1)-октаэдры, сочленяясь по ребру O(10)...O(30), образуют в структуре бесконечные ленты, параллельные направлению z, с расстоянием Na(1)...Na(1) 3,475 Å и углом Na(1)—Na(1)—Na(1), равным 169,2°. Через общую вершину Cl(4) комплексные анионы связаны с лентой из Na(1)-октаэдров, а через общее ребро Cl(4)—Cl(5) с октаэдром Na(2), при этом расстояния Ru...Na(1) 4,782 Å, а Ru...Na(2) 3,992 Å. Катионные октаэдры Na(1) и Na(2) имеют общую вершину O(20), а расстояния Na(1)...Na(2) равны 4,410 и 4,952 Å.

Анализ контактов молекул воды позволил установить направленность Н-связей и локализовать атомы водорода, хотя и с недостаточной точностью. В табл. 3 приведены геометрические параметры Н-связей. Для каждой молекулы воды можно выделить искаженно-тетраэдрическую координацию, в которую входят катионы натрия, анионы хлора и молекулы воды (рис. 3). Молекулы воды с O(10) и O(20)

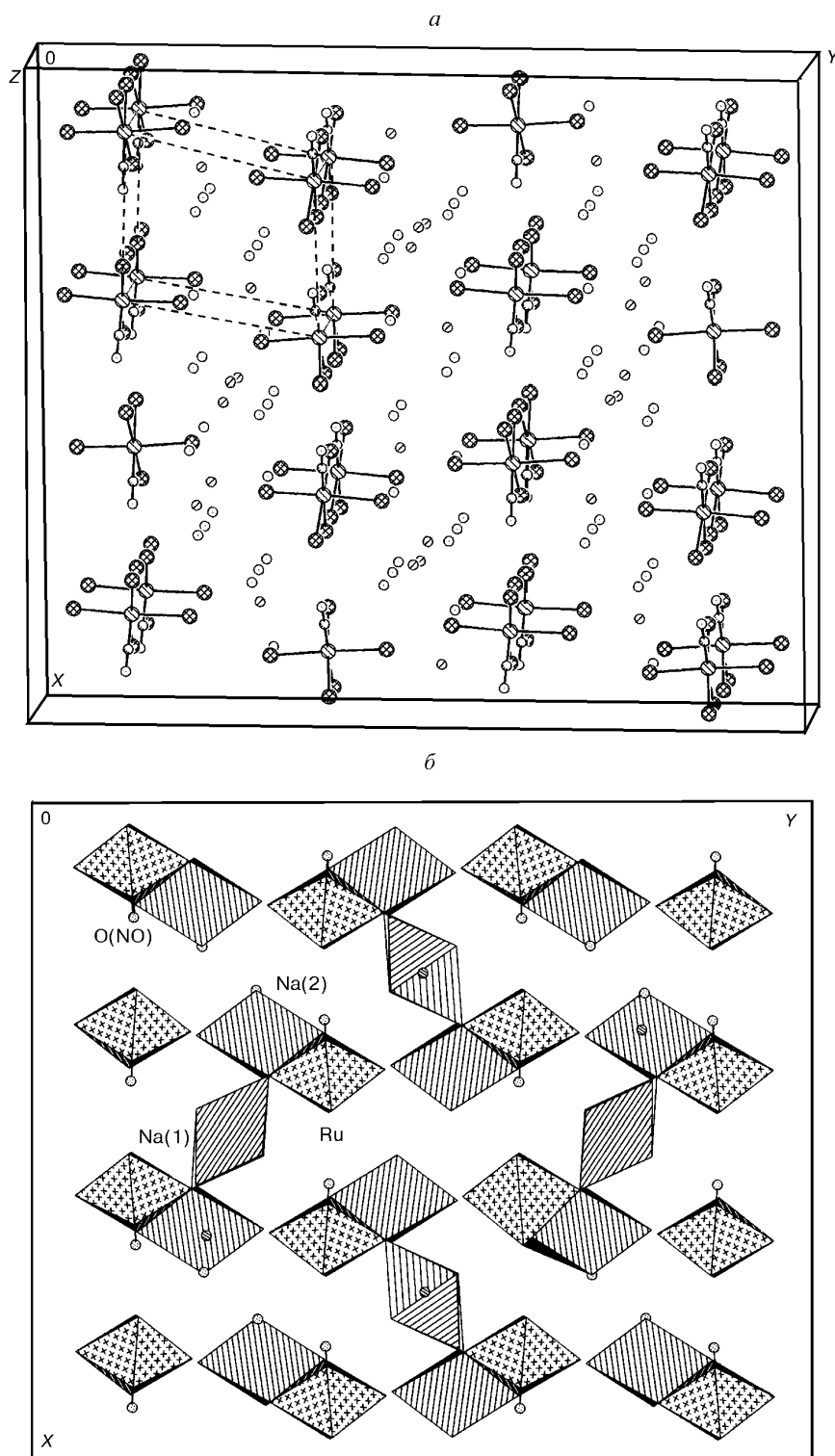


Рис. 2. Вид кристаллической структуры $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в направлении оси Z :
a — элементарная ячейка; *b* — проекция структуры в полиэдрах

Т а б л и ц а 3

Геометрические параметры Н-связей

Связь А—Н...В	А...В, Å	А—Н, Å	Н—В, Å	А—Н—В, град
O(10)—H(101)...Cl(2a)	3,20	0,95	2,26	177
O(10)—H(102)...Cl(3c)	3,22	1,00	2,27	157
O(20)—H(201)...Cl(4a)	3,35	0,73	2,94	119
O(20)—H(202)...Cl(1a)	3,45	0,84	2,64	164
O(30)—H(301)...Cl(1a)	3,32	0,77	2,60	156
O(30)—H(302)...O(40)	2,99	0,96	2,12	152
O(40)—H(401)...Cl(2a)	3,42	1,06	2,72	124
O(40)—H(402)...Cl(1b)	3,47	0,89	2,86	127
O(50)—H(501)...Cl(3a)	3,28	1,00	2,35	155
O(50)—H(502)...Cl(2a)	3,64	0,63	3,44	104
O(50)—H(502)...O(50a)	2,84		2,22	167,5
H(502)...H(502a)	1,60			
O(60)—H(601)...Cl(1c)	3,27	0,91	2,48	146
O(60)—H(602)...Cl(2b)	3,44	0,70	2,87	141
O(60)...O(60a)	2,92			

образуют по две Н-связи с хлорид-ионами и входят в координацию двух Na-полиэдров. Молекулы воды с O(30) и O(40) объединены Н-связью 2,99 Å. O(30) входит в координационное окружение двух Na-полиэдров и образует одну Н-связь с атомом хлора, а O(40) образует две Н-связи с атомами хлора и входит в координацию одного катиона натрия. Молекулы воды с O(60) объединены осью 2 попарно на расстоянии 2,91 Å, каждая образует две Н-связи с атомами хлора и входит в координацию катиона натрия. Молекулы воды с O(50) также объединены попарно осью 2 на расстоянии 2,83 Å, каждая входит в координацию одного натриевого полиэдра и образует одну Н-связь с атомом хлора. Вопрос об атоме H(502) и соответственно Н-связи остается открытым. Для установления точного расположения атомов водорода требуются дополнительные исследования.

Удаление из структуры молекул воды ведет к изменению катионного окружения и перестройке всей структуры. Результаты термогравиметрического исследования $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в квазиравновесном режиме приведены на рис. 4. На кривой потери массы в интервале температур 50—175 °С отчетливо видны три ступени, каждая из которых соответствует удалению двух молекул воды. Данные РСТА дают возможность предположить, что на первой стадии происходит удаление молекул воды с O(50) и O(60), затем с O(30) и O(40) и в последнюю очередь с O(20) и O(10).

При комнатной температуре темно-красные кристаллы шестиводного комплекса длительное время устойчивы в условиях высокой влажности воздуха. Снижение давления водяного пара приводит к частичному обезвоживанию соединения, что сопровождается разрушением и изменением цвета кристаллов до светлорозового. На рис. 5 приведены термогравиграммы двух образцов препарата, различающихся цветом и содержанием кристаллизационной воды. Согласно данным термического анализа образец I, не отличающийся внешне от исходного гексагидрата, имеет приблизительный состав $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 4,7\text{H}_2\text{O}$, образец II, имеющий совершенно иную кристаллическую структуру (рис. 6, б) — $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

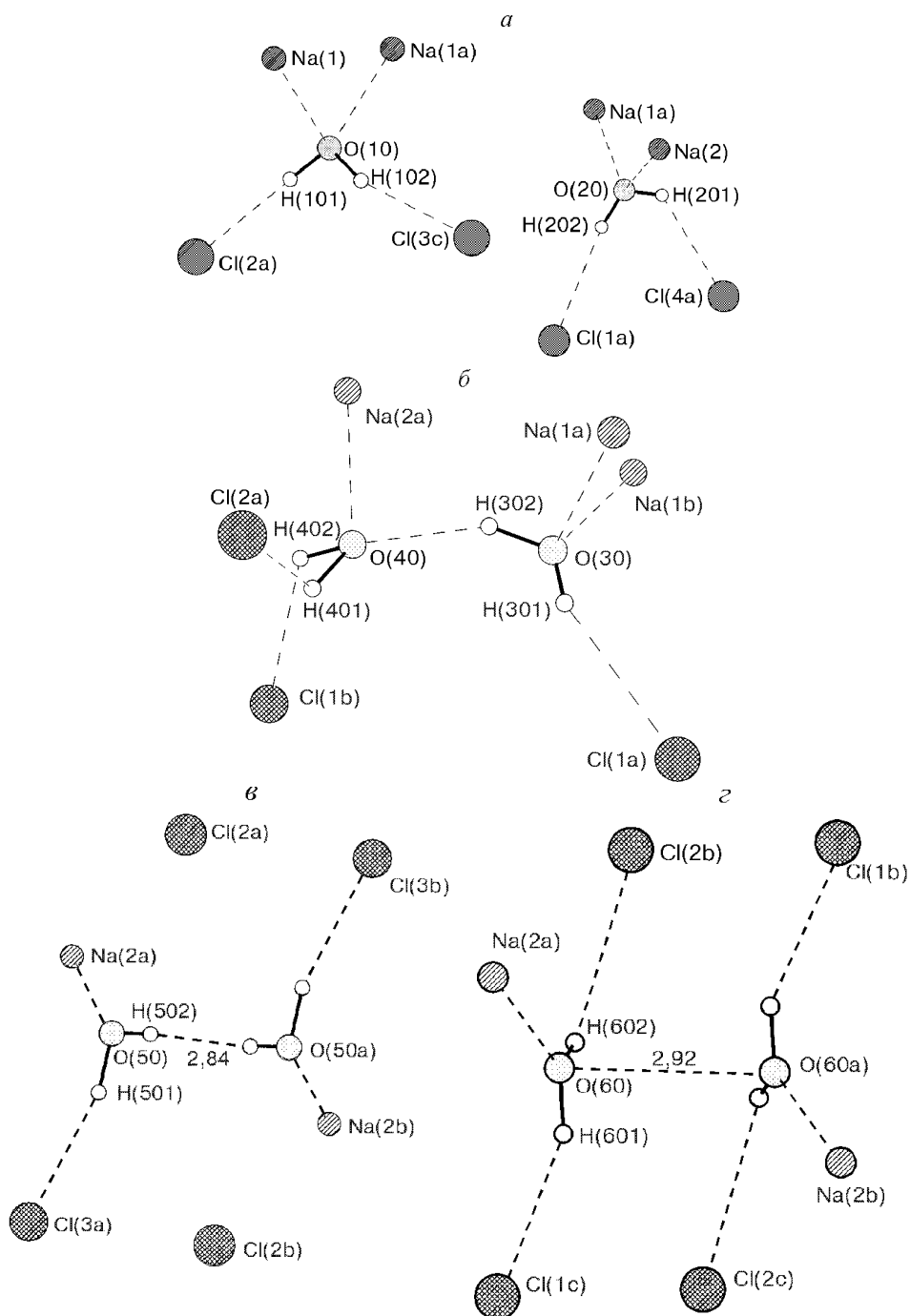


Рис. 3. Схемы Н-связей для молекул воды:
 а — O(10), O(20); б — O(30), O(40); в — O(50); г — O(60)

Дигидрат устойчив к нагреванию вплоть до $t = 85^\circ\text{C}$, по достижению которой начинается процесс отщепления воды. Дегидратация продолжается до $t = 170^\circ\text{C}$ и сопровождается образованием фазы безводного $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5]$, чему соответствует эндотермический эффект на кривой ДТА при $t = 167^\circ\text{C}$. Разрушению RuNO -

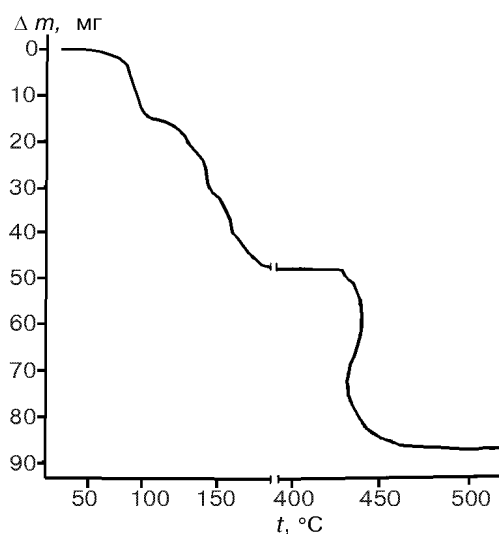


Рис. 4. Кривая потери массы $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в квазиравновесных условиях (навеска 202,4 мг, $q = 0,4$ мг/мин, открытый тигель)

группировки, как и в других нитрозокомплексах рутения, предшествует эндозффект при температуре $375\text{ }^\circ\text{C}$ [14]. Однако в отличие от комплексов, исследованных в [14], в нашем случае разрушение внутренней координационной сферы не сопровождается экзотермическим эффектом.

На термограмме образца I первый самый сильный эндозффект при $t = 65\text{ }^\circ\text{C}$ соответствует образованию $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, при $t = 95\text{ }^\circ\text{C}$

образуется тригидрат, при $t = 130\text{ }^\circ\text{C}$ — дигидрат, поведение которого при дальнейшем нагревании не отличается от образца II.

Нами проведено исследование динамики изменения рентгенографических характеристик $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (см. рис. 6, а) в процессе удаления кристаллизационной воды при комнатной температуре и при нагревании. РФА показывает, что при $t = 75 \div 80\text{ }^\circ\text{C}$ устойчива фаза, имеющая структуру дигидрата (см. рис. 6, б). Нагревание до $105\text{ }^\circ\text{C}$ приводит к образованию новой фазы, которая соответствует безводной соли, поскольку ее структура сохраняется при нагревании до $195\text{ }^\circ\text{C}$ (см. рис. 6, в).

При комнатной температуре в условиях низкой влажности воздуха на дифрактограмме измельченного образца $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ уже через несколько минут появляются дополнительные рефлексы $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, интенсивность которых растет во времени. Фазовое превращение завершается в течение ~ 30 мин, после чего существенных изменений в положении и интенсивностях линий не наблюдается.

Полученные данные в сочетании с результатами термического анализа показывают, что разрушение кристаллической структуры $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \times 6\text{H}_2\text{O}$ происходит при удале-

Рис. 5. Термогравиметрические кривые образцов натриевой соли нитрозопентахлорорутенат(II)-иона с различным количеством кристаллизационной воды ($q = 5$ град/мин, стандартный открытый тигель):

I — $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 4,7\text{H}_2\text{O}$ (навеска 178,3 мг); II — $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (навеска 182,2 мг)

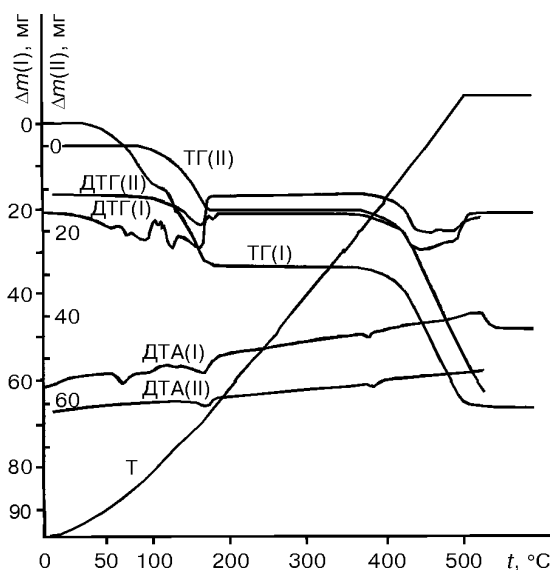


Рис. 6. Дифрактограммы кристаллических фаз натриевой соли нитрозопентахлорорутенат(II)-иона:

a — $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ($t = 25^\circ\text{C}$);

б — $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (25°C);

в — $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5]$ (195°C)

нии двух молекул кристаллизационной воды. Отщепление еще двух молекул воды, которое может происходить при комнатной температуре, не вызывает кардинальных изменений кристаллической структуры. Об этом свидетельствуют невысокие значения эндотермических эффектов и сохранение общего мотива дифракционной картины при образовании фаз $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Безводный нитрозопентахлорорутенат натрия может быть получен при нагревании кристаллогидратов выше 100°C .

Дегидратация описанного соединения является обратимым процессом. Безводный $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5]$ чрезвычайно гигроскопичен и при анализе в открытой системе дает дифрактограмму $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. При кристаллизации препарата из различных растворителей, содержащих воду, а также при хранении в условиях высокой влажности воздуха образуются темно-красные кристаллы шестиводного комплекса.

Положения максимумов поглощения в ИК спектрах образцов натриевой соли нитрозопентахлорорутенат(II)-иона с различным количеством кристаллизационной воды приведены в табл. 4. Внешний вид спектра и волновые числа полос поглощения $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ заметно отличаются от аналогичных характеристик гексагидрата, но хорошо согласуются с данными для $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, опубликованными в [5].

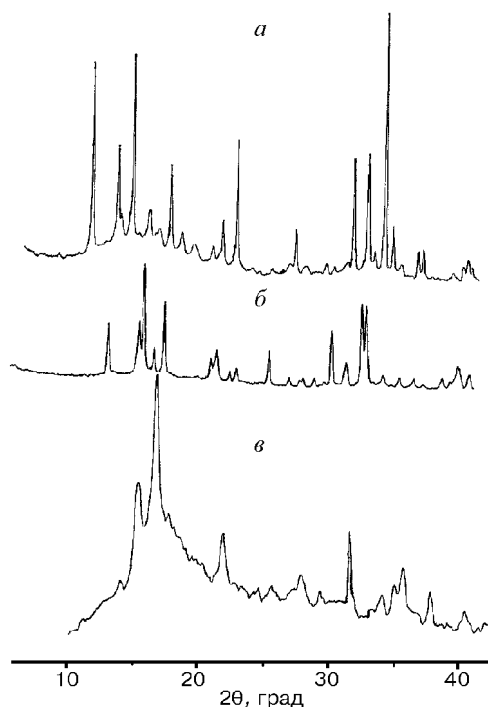
Таким образом, устойчивость гидратов нитрозопентахлорорутената натрия при комнатной температуре определяется давлением водяного пара в системе, в зависимости от которого могут быть получены фазы $\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5]$, содержащие от 2 до 6 молекул кристаллизационной воды.

Авторы выражают благодарность кандидату химических наук Ю.В. Шубину за проведение высокотемпературных рентгенографических исследований.

Т а б л и ц а 4

Волновые числа максимумов полос поглощения (см^{-1}) в ИК спектрах натриевой соли нитрозопентахлорорутенат(II)-иона

Соединение	$\nu\text{H}_2\text{O}$	νNO	$\delta\text{H}_2\text{O}$	νRuN	$\rho\text{H}_2\text{O}$	$\omega\text{H}_2\text{O}$
$\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	3520, 3470, 3430	1880	1620		603	470
$\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	3565, 3447	1900, 1913	1612	580	544	
$\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ [5]	3578, 3463	1908	1618	586	550	
$\text{Na}_2[\text{RuNOCl}_5]$		1890, 1925		575		



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Veal J.T., Hodgson D.J.* // Acta Crystallogr. Sect. B. – 1972. – **28**, N 12. – P. 3525 – 3529.
2. *Veal J.T., Hodgson D.J.* // Inorg. Chem. – 1972. – **11**, N 6. – P. 1420 – 1424.
3. *Ходашова Т.С., Порай-Кошиц М.А., Сергиенко В.С. и др.* // Журн. структур. химии. – 1972. – **13**, № 6. – С. 1105 – 1109.
4. *Невский Н.Н., Синицын Н.М., Светлов А.А.* // Журн. неорган. химии. – 1990. – **35**, № 5. – С. 1159 – 1166.
5. *Синицын Н.М., Петров К.И.* // Журн. структурн. химии. – 1968. – **9**, № 1. – С. 45 – 53.
6. *Lewis J., Irving R.J., Wilkinson G.* // Inorg. Nucl. Chem. – 1958. – **7**, N 1. – P. 32 – 37.
7. *Fairy M.B., Irving R.J.* // J. Chem. Soc. A. – 1966. – **18**, N 5. – P. 475 – 479.
8. *Звягинцев О.Е., Синицын Н.М., Пичков В.Н.* // Радиохимия. – 1964. – **6**, № 5. – С. 619 – 621.
9. *Бонштедт-Куплетская А.И.* Определение удельного веса минералов. – М.: Изд-во АН СССР, 1951. – С. 56 – 57.
10. *Sheldrick G.M.* // SHELX-97. Release 97—1. University of Göttingen, 1997.
11. *Bottomley F.* // J. Chem. Soc. Dalton Trans. – 1974. – **15**. – P. 1600 – 1605.
12. *Соломов А.С., Парпиев Н.А., Шариков Х.Г. и др.* // Журн. неорган. химии. – 1984. – **29**, № 10. – С. 2608 – 2611.
13. *Борисов С.В.* // Журн. структур. химии. – 1986. – **27**, № 3. – С. 164.
14. *Синицын Н.М., Звягинцев О.Е.* // Журн. неорган. химии. – 1965. – **10**, № 11. – С. 2571.

*Институт неорганической химии СО РАН
пр. Акад. Лаврентьева, 3
Новосибирск 630090
E-mail: eva@che.nsk.su*

*Статья поступила
3 июля 1998 г.*