

УДК: 536.7

ИЗОБАРНАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ АДДУКТОВ ХЛОРИДОВ d-МЕТАЛЛОВ С АЗОТСОДЕРЖАЩИМИ ДОНОРАМИ

БАТКИБЕКОВА М.Б., ДЖУНУШАЛИЕВА Т.Ш.

E-mail: ktuchemie@yandex

*Кыргызский государственный технический университет им.И.Раззакова
Бишкек, Кыргызская Республика*

Калориметрически измерены теплоемкости кристаллических аддуктов $MCl_2 \cdot n\Phi$ (где $M=Mn, Co, Cu, Cd$; $n=2,4$, Φ =Формаид $HCONH_2$, глицин $Gly NH_2CH_2COOH$, выведены уравнения температурной зависимости C_p^0 указанных соединений в интервале $298,15-448^0K$.

THE HEAT CAPACITIES (P=CONST) OF THE CRYSTAL ADDUCTS OF THE CHLORIDES OF THE D-METALS WITH NITROGENE DONORS

M.B.Batkibekova, T.Sh.Djunushalieva

Kyrgyz state technical university named after I Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic

Heat capacities (P=const) of the crystal adducts of the $MCl_2 \cdot n\Phi$ ($M=Mn, Co, Cu, Cd$; $n=2,4$, Φ =formamide $HCONH_2$, Gly = glicin NH_2CH_2COOH were measured by calorimetry and temperature dependence equations C_p^0 of appointed compounds were brought out in interval $298,15-448^0K$.

Введение. На современном этапе трудно представить какую-либо отрасль производства, где не использовались бы переходные металлы и их соединения, играющие достаточно весомую роль в металлургии, машиностроении, ракетостроении, ряде каталитических технологических процессов. Не затрагивая всех аспектов применения хлоридов вышеуказанных металлов следует указать на их использование в качестве промежуточного продукта в производстве редких и цветных металлов. Значительная акцепторная активность галогенидов *Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd* обуславливает наличие достаточно большого и разнообразного числа образуемых ими аддуктов. Общеизвестно применение указанных металлов в качестве микроэлементов, необходимых для обеспечения жизнедеятельности человека, животных и растений, однако термодинамические характеристики и прежде всего, теплоемкость кристаллических аддуктов хлоридов металлов с органическими донорами изучена недостаточно.

Целью настоящей работы является изучение теплоемкости кристаллических аддуктов хлоридов d-металлов с азотсодержащими органическими донорами: состава $MCl_2 \cdot n\Phi$ (где $M=Mn, Co, Cu, Cd$; $n=2,4$, Φ =Формаид $HCONH_2$), глицин = Gly NH_2CH_2COOH , вывод уравнения

температурной зависимости C_p^0 указанных соединений в интервале 298,15-448⁰К.

Экспериментальная часть. Кристаллические аддукты $MnCl_2 \cdot 2\Phi$ (I), $MnCl_2 \cdot 4\Phi$ (II), $CoCl_2 \cdot 2\Phi$ (III), $CoCl_2 \cdot 4\Phi$ (IV), $CuCl_2 \cdot 2\Phi$ (V), $CuCl_2 \cdot 4\Phi$ (VI), $CoCl_2 \cdot 2\Phi$ (VII), $MnCl_2 \cdot 2Gly$ (VIII), $CdCl_2 \cdot 2Gly$ (IX) синтезированы препаративным путем из растворов абсолютного этанола и представляют собой мелкокристаллические негигроскопичные порошки, устойчивые на воздухе. Химический анализ по известным методикам [1,2,3] подтвердил состав соединений. Содержание воды в образцах определено по методу Фишера [4] и не превышает 0,08%.

Методика исследования. Отсутствующие в литературе значения изобарных теплоемкостей кристаллических аддуктов $MCl_2 \cdot nL$, $M=Co, Mn, Cu, Cd$; $L = \Phi, Mch, Gly$, $n=2;4$ были измерены в интервале температур 25-200⁰С на серийном калориметре ИТ-с-400, предназначенном для определения температурной зависимости удельной теплоемкости твердых тел, сыпучих и волокнистых материалов. Температурный диапазон измерения прибора: -100÷+400⁰С, предельная погрешность ±10 %.

Сущность проводимого по определению изобарной теплоемкости веществ эксперимента заключалась в том, что подвергаемое калориметрическому измерению вещество помещалось в металлическую ампулу, закрывалось крышкой и при включении нагревателя равномерно разогревалось.

В процессе непрерывного нагрева через определенный интервал температуры (25⁰С) с помощью микровольтнанометра Ф-316 и электронного автоматического секундомера измерялось временное запаздывание температуры ампулы по отношению к температуре основания. Градуировка прибора осуществлялась определением тепловой проводимости тепломера K_T , в качестве которого был использован стандартный медный образец. Время запаздывания образца до необходимой температуры фиксировалось визуально. Калибровка прибора включала не менее пяти параллельных опытов с медным образцом и столько же с пустой ампулой в соответствии с эксплуатационной документацией. Результаты калориметрических опытов для каждой температуры представляли собой усредненное значение 5-ти измерений, погрешность измерений ± 5%.

Результаты исследования. Данные калориметрических исследований изобарной теплоемкости аддуктов $MCl_2 \cdot nL_{(к)}$ в интервале температур 298.15-448 К приведены в табл. 1.

Таблица 1

Данные измерения изобарной теплоемкости кристаллических аддуктов $MCl_2 \cdot nL$ в интервале температур 298.15-448 К

Аддукт	T, К	τ_T, c	$C_{руд}^0$ Дж·Г ⁻¹ ·К ⁻¹	C_p^0 , Дж·моль ⁻¹ ·К ⁻¹
1	2	3	4	5

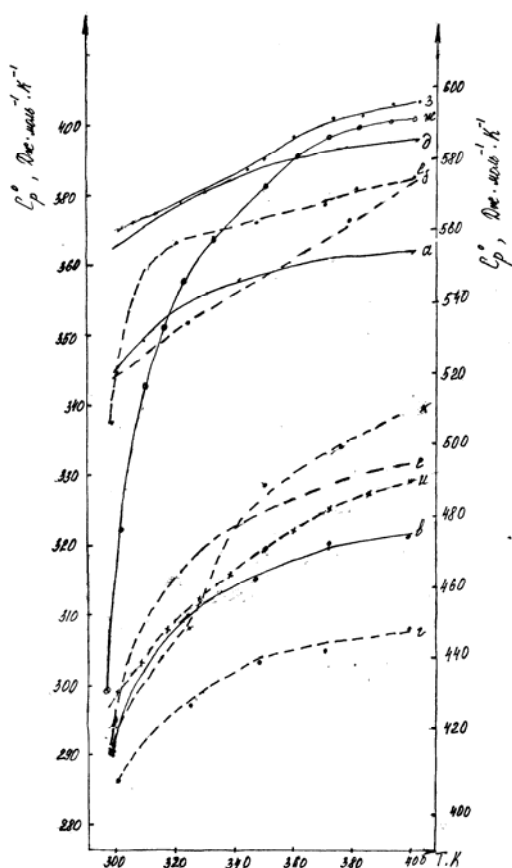
MnCl ₂ ·2Φ	298,15	20,95±1,05	1,596±0,08	344,72±17,20
	323	21,92±1,09	1,601±0,08	345,47±17,27
	348	21,45±1,07	1,668±0,08	360,75±18,04
	373	20,78±1,04	1,676±0,08	361,83±18,09
MnCl ₂ ·4Φ	298,15	21,64±1,08	1,702±0,08	520,54±26
	323	22,69±1,13	1,751±0,09	535,53±26,5
	348	22,18±1,11	1,801±0,09	550,82±27,5
	378	21,60±1,08	1,853±0,09	566,72±28,3
	398	21,12±1,06	1,883±0,009	575,89±26,18
CoCl ₂ ·2Φ	298,15	20,91±1,05	1,3213±0,07	290,59±14,5
	323	22,09±1,10	1,408±0,07	309,66±15,5
	348	21,55±1,08	1,438±0,07	316,26±15,8
	373	20,91±1,04	1,450±0,07	318,90±15,9
CoCl ₂ ·4Φ	298,15	20,90±1,04	13,21±0,07	409,28±20,4
	323	22,08±1,01	1,405±0,07	435,31±21,8
	348	21,56±1,08	1,436±0,07	444,91±22,2
	373	20,87±1,04	1,439±0,07	445,84±22,3
CuCl ₂ ·2Φ	298,15	20,93±1,04	1,336±0,06	299,81±14,9
	323	22,14±1,10	1,404±0,07	315,10±15,7
	348	21,52±1,07	1,408±0,07	316,01±15,8
	373	20,98±1,01	1,461±0,07	328,12±16,4
	398	20,45±1,02	1,467±0,07	329,12±16,5
	423	19,95±0,99	1,473±0,07	330,61±16,5
CuCl ₂ ·4Φ	298,15	21,25±0,96	1,622±0,07	510±23,2
	323	22,58±1,13	1,784±0,08	560,96±28,1
	348	21,98±1,09	1,812±0,09	564,73±28,2
	373	21,32±1,06	1,827±0,09	569,77±28,4
	398	20,80±1,04	1,838±0,09	574,48±28,7
	423	20,31±1,02	1,838±0,09	577,94±28,8
CoCl ₂ ·2Φ	298,15	20,32±1,02	1,325±0,07	288,46±14,4
	323	21,97±1,09	1,630±0,08	355,22±17,7
	348	21,52±1,07	1,706±0,08	371,79±18,5
	373	21,05±1,05	1,812±0,09	394,89±18,5
	398	20,54±1,02	1,823±0,09	397,29±18,0
MnCl ₂ ·2Gly	298,15	20,16±1,01	1,347±0,07	371,64±18,5
	323	21,19±1,05	1,364±0,07	376,33±18,8
	348	20,61±1,03	1,378±0,07	380,19±19,1
	373	20,07±1,00	1,4350±0,7	395,92±19,7
	398	19,58±0,98	1,454±0,07	401,27±20,1
	423	19,22±0,96	1,532±0,08	422,68±21,1
CdCl ₂ ·2Gly	298,15	20,66±1,03	1,145±0,06	433,14±21,6
	323	21,88±1,09	1,235±0,06	467,18±23,3

	348	21,31±1,06	1,252±0,06	473,61±23,6
	373	20,69±1,03	1,274±0,06	481,93±24,1
	398	20,23±1,01	1,302±0,07	492,53±24,6
	423	19,86±0,99	1,355±0,07	512,58±25,6
	448	19,30±0,96	1,397±0,07	528,46±26,4

Обработкой экспериментальных данных по теплоемкости аддуктов методом наименьших квадратов установлены уравнения температурной зависимости теплоемкости кристаллических аддуктов $MCl_2 \cdot nL$ в интервале температур 298.15-448 К (табл. 2).

Отвечающие этим уравнениям кривые температурной зависимости теплоемкости аддуктов $MCl_2 \cdot nL$ от температуры приведены на рис. 1.

Анализ хода кривых показывает отвечающее росту температуры монотонное возрастание величины теплоемкостей соединений: $MnCl_2 \cdot 2\Phi$ (кривая а), $MnCl_2 \cdot 4\Phi$ (б), $CoCl_2 \cdot 2\Phi$ (в), $CoCl_2 \cdot 4\Phi$ (г), $CuCl_2 \cdot 2\Phi$ (д), $CuCl_2 \cdot 4\Phi$ (е), $CoCl_2 \cdot 2Mч$ (ж) несколько отличен от общих закономерностей ход кривых $MnCl_2 \cdot 2Gly$ (з), $CdCl_2 \cdot 2Gly$ (и).



а – $MnCl_2 \cdot 2\Phi$

б – $MnCl_2 \cdot 4\Phi$

в – $CoCl_2 \cdot 2\Phi$

г – $CoCl_2 \cdot 4\Phi$

д – $CuCl_2 \cdot 2\Phi$

е – $CuCl_2 \cdot 4\Phi$

ж – $CoCl_2 \cdot 2Mч$

з – $MnCl_2 \cdot 2Gly$

и – $CdCl_2 \cdot 2Gly$

* Сплошными линиями отражены зависимости в пределах 280-400 ($\text{Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$), пунктирными – в пределах 400-600 ($\text{Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$).

Рис. 1. Кривые температурной зависимости теплоемкости аддуктов $MCl_2 \cdot nL$ в интервале температур 298.15-448 К

Таблица 2

**Уравнения температурной зависимости теплоемкости аддуктов (I) – (XI) $MCl_2 \cdot nL$, выведенных
из опытах данных**

№	Аддукт	C_p^0 , (298.15) Дж/моль ⁻¹ ·К ⁻¹	Коэффициенты уравнения $C_p^0 = a + bT + cT^2$, (Дж·моль ⁻¹ ·К ⁻¹)			ΔТ.К
			a	$b \cdot 10^{-3}$	$-c \cdot 10^5$	
1	$MnCl_2 \cdot 2\Phi$,	344±26	683±53	0.58±0.04	14.8±1.1	298.15-373
2	$MnCl_2 \cdot 4\Phi$	521±40	1198±92	1.17±0.09	29.3±2.3	298.15-398
3	$CoCl_2 \cdot 2\Phi$	290±22	1001±77	1.27±0.11	29.7±2.2	298.15-373
4	$CoCl_2 \cdot 4\Phi$	409±31	1180±91	1.34±0.11	32.5±2.7	298.15-398
5	$CuCl_2 \cdot 2\Phi$	295±22	1419±109	2.18±0.16	41.8±3.2	298.15-423
6	$CuCl_2 \cdot 4\Phi$	543±45	902±75	0.62±0.05	14.9±1.2	298.15-423
7	$CoCl_2 \cdot 2Mч$	288±24	1832±150	2.39±0.19	74.2±6.2	298.15-398
8	$MnCl_2 \cdot 2Gly$	372±31	833±89	0.85±0.07	18.5±1.5	298.15-423
9	$CdCl_2 \cdot 2Gly$	433±36	2183±181	3.30±0.27	68.5±5.7	298.15-448

Выводы:

1. В интервале температур 298-448К калориметрически измерены теплоемкости кристаллических аддуктов состава $MCl_2 \cdot n\Phi$ (где $M=Mn, Co, Cu, Cd$; $n=2,4$, $\Phi =$ Формамид $HCONH_2$), глицин = $Gly NH_2CH_2COOH$;
2. Установлена температурная зависимость изобарной теплоемкости C_p^0 указанных соединений в интервале температур 298,15-448⁰К.

Литература

1. Алексеев В.Н. Количественный анализ. – М.: Госкомиздат. – 1963.- С. 392-394, 1972. – С. 408.
2. Шарло Г. Методы аналитической химии / Под. ред. Ю.Ю. Лурье. М-Л: Химия. – 1975 – 221 с.
3. Климова В.А. Основные микрометоды анализа органических соединений. – М.: Химия. – 1975. – 221с.
4. ГОСТ 14870-77. Методы определения воды. – М.: Изд-во стандартов. – 1974. – 12с.

Значения стандартных энтропий S° [298.15K] кристаллических аддуктов $MCl_2 \cdot nL$ оценены на основании зависимости стандартной энтропии соединения от стандартных энтропий составных частей и их мольного объема с использованием литературных данных по стандартным энтропиям MCl_2 и L .

Ввиду отсутствия в справочной литературе значения стандартной энтропии формамида S° [$HCONH_2$, 298,15K] данная величина рассчитывалась по уравнению:

$$S_o [L_{(ж)}, 298.15 K] = 5,9 C_p^\circ [L_{(ж)}, 298,15 K] \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{K}^{-1},$$

рекомендуемому для оценки стандартной энтропии органических веществ в жидком состоянии.

Здесь C_p° [298.15 K] - стандартная теплоемкость жидкого органического соединения. Для формамида искомое значение составило

$$S^\circ[HCONH_{2(ж)}, 298.15 K] = 151,1 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}.$$

С учетом рассчитанного значения $S^\circ HCONH_{2(ж)}$ и справочных данных по изменению энтропии процесса $S^\circ HCONH_{2(к)} = S^\circ HCONH_{2(ж)}$ вычислена стандартная энтропия $S^\circ HCONH_{2(к)}$, равная $125,4 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Стандартные энтропии мочевины и глицина взяты из справочных данных [439].

Стандартные энтропии аддуктов $MCl_2 \cdot nL_{(к)}$ рассчитаны, исходя из предположения о том, что энтропия кристаллосольватов приблизительно равна сумме энтропий соли и кристаллического лиганда L :

$$S^\circ [MCl_2 \cdot nL_{(к)}, 298.15 K] = S^\circ [MCl_{2(к)}, 298.15 K] + nS^\circ [L_{(к)}, 298.15 K].$$

Рассчитанные значения S° [298.15K] аддуктов $MCl_2 \cdot nL_{(к)}$ приведены в табл. 77.

Таблица 77

Стандартные энтропии S° кристаллических аддуктов $MCl_2 \cdot nL$, Дж·моль⁻¹·К⁻¹

Аддукт	S° [298.15 K]
$MnCl_2 \cdot 2\Phi$	369.0
$MnCl_2 \cdot 4\Phi$	619.0
$CoCl_2 \cdot 2\Phi$	359.7
$CoCl_2 \cdot 4\Phi$	611.2
$CuCl_2 \cdot 2\Phi$	358.8
$CuCl_2 \cdot 4\Phi$	609.6
$MnCl_2 \cdot 4Mч$	555.8
$CoCl_2 \cdot 2 Mч$	318.0
$CoCl_2 \cdot 4 Mч$	528.1

NiCl ₂ ·2 Мч	307.7
NiCl ₂ ·4 Мч	516.5
NiCl ₂ ·10 Мч	1144.1
CuCl ₂ ·2 Мч	317.3
ZnCl ₂ ·2 Мч	311.5
CdCl ₂ ·2 Мч	219.9
MnCl ₂ ·2Gly	322.0

Температурные зависимости термодинамических функций аддуктов $MCl_2 \cdot nL_{(K)}$ в интервале температур 298.15-473 К рассчитаны на основании полученных значений стандартных энтропий аддуктов и уравнений температурных зависимостей теплоемкостей аддуктов (табл. 78).

Таблица 78

Термодинамические функции аддуктов $MCl_2 \cdot nL_{(K)}$
 $(C_p^\circ(T), S^\circ(T), \Phi^{\#\#}(T) [\text{Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}], H^\circ(T) - H^\circ(298,15) [\text{Дж} \cdot \text{моль}^{-1}])$

T, К	$C_p^\circ(T)$	$S^\circ(T)$	$H^\circ(T) - H^\circ(298,15)$	$\Phi^{\#\#}(T)$
1	2	3	4	5

MnCl₂·2Φ

298,15	343±26	369,0±31	-	369,0±31
300	345±26	374±31	700±50	372±31
310	349±27	397±33	4200±300	383±32
320	353±27	420±35	7700±600	396±33
330	356±27	443±37	11200±800	409±34
340	358±27	464±39	14800±1100	420±35
350	359±27	486±40	18500±1400	433±36

Продолжение табл. 78

1	2	3	4	5
360	360±28	508±42	21900±1600	447±37
370	360±28	530±44	25500±1900	461±38
380	360±28	551±46	29100±2200	474±39
390	361±28	571±48	32700±2500	487±41
400	362±28	592±49	36300±2800	501±42

MnCl₂·4Φ

298,15	521±40	619,0±52	-	619,0±51
300	522±40	627±52	1000±80	624±52
310	530±41	668±56	6300±500	648±54
320	538±41	708±59	11600±900	672±56
330	543±42	748±62	11700±1300	696±58
340	547±42	790±66	22500±1700	724±60
350	547±42	827±69	28800±2200	745±62
360	548±42	869±72	33400±2500	776±65
370	549±42	904±75	39000±3000	799±66
380	550±42	943±78	44500±3400	826±69

390	551±42	981±82	50000±3800	853±71
400	552±42	1017±85	55500±4200	878±73

CoCl₂·2Φ

298,15	290±22	359,7±30	-	359,7±30
300	291±22	367±30	500±40	365±30
310	298±23	402±33	3500±300	391±33
320	306±23	437±36	6500±500	417±35
330	309±24	472±39	9600±700	443±37
340	312±24	506±42	12700±1000	467±39
350	314±24	541±45	15800±1200	496±41
360	315±24	575±48	19100±1400	522±43
370	316±24	609±51	22100±1700	549±46
380	317±24	643±54	25300±1900	576±48
390	318±24	676±56	28400±2100	603±51
400	319±24	709±59	31500±2400	630±53

CoCl₂·4Φ

298,15	409±31	611,2±51	-	611,2±51
300	414±32	619±52	830±60	616±51
310	427±33	660±55	5000±400	644±54
320	434±33	700±58	9300±700	671±56
330	440±34	740±62	13700±1000	698±58
340	443±34	781±65	18100±1400	728±61
350	446±34	821±68	22600±1700	756±63

Продолжение табл. 78

1	2	3	4	5
360	447±34	859±72	27000±2000	784±65
370	447±34	898±75	31500±2400	813±68
380	448±34	938±78	36000±2700	843±70
390	449±34	975±81	40400±3100	871±73
400	451±35	1014±85	44900±3500	902±75

CuCl₂·2Φ

298,15	295±22	358,8±30	-	358,8±30
300	299±23	370±31	600±40	368±31
310	308±24	427±35	3600±300	411±34
320	313±24	477±40	6700±500	456±38
330	314±24	531±44	99000±700	501±42
340	315±24	583±48	13000±1000	545±45
350	316±24	635±53	16200±1200	589±49
360	318±24	688±57	19300±1500	634±53
370	321±25	740±62	22400±1700	679±56
380	326±25	792±66	25500±1900	723±60
390	328±25	843±70	28400±2100	770±64

400	329±25	895±76	31300±2400	817±68
410	329±25	945±79	34100±2600	862±72
420	330±25	995±83	36900±2800	907±76
430	331±25	1045±87	39500±3000	953±79

$\text{CuCl}_2 \cdot 4\Phi$

298,15	543±42	609,6±51	-	609,6±51
300	550±42	611±51	750±50	609±51
310	554±43	646±54	6600±500	625±52
320	558±43	676±56	12200±900	638±53
330	560±43	706±59	17800±1300	652±54
340	562±43	735±61	23400±1800	666±55
350	565±43	764±64	29000±2200	681±57
360	567±43	792±66	34600±2600	696±58
370	568±44	820±68	40300±3100	711±59
380	570±44	847±71	45900±3500	726±60
390	573±44	874±73	51500±3900	742±62
400	575±44	901±75	57200±4400	758±63
410	576±44	927±77	62800±4800	774±65
420	578±44	953±79	68300±5200	780±66
430	582±45	978±82	73900±5600	806±67

$\text{CoCl}_2 \cdot 2\text{Mч}$

298,15	288±24	318±26	-	318±26
--------	--------	--------	---	--------

Продолжение табл. 78

1	2	3	4	5
300	291±24	331±27	570±50	329±27
310	319±24	387±30	3600±300	375±28
320	343±26	446±34	6900±500	424±33
330	362±28	504±39	10400±800	472±36
340	377±29	562±43	14100±1000	521±40
350	386±30	621±46	18000±1400	570±44
360	389±30	681±52	21900±1700	620±48
370	393±30	739±57	26000±2000	669±51
380	396±30	790±61	30000±2300	711±55
390	398±31	857±66	34200±2600	770±59
400	400±31	915±70	38300±3000	819±63

$\text{MnCl}_2 \cdot 2\text{Gly}$

298,15	372±29	325±25	-	325±25
300	373±29	330±25	750±60	328±25
310	378±29	3601±28	4599±300	345±26
320	381±29	389±30	8300±600	363±28
330	384±30	417±32	12100±900	381±29
340	384±30	446±34	15900±1200	399±31

350	385±30	474±36	19800±1500	418±32
360	386±30	502±39	23600±1800	436±33
370	388±30	529±41	27400±2100	455±35
380	390±30	557±43	31300±2400	474±36
390	394±30	583±45	35100±2700	493±38
400	400±31	610±47	38900±3000	513±39
410	405±31	636±49	42600±3300	533±41
420				
430				

$\text{CdCl}_2 \cdot 2\text{Gly}$

298,15	433±33	322±25	-	322±25
300	434±33	335±25	850±60	332±25
310	448±34	418±32	5200±400	401±30
320	459±35	498±38	9800±700	468±36
330	468±36	572±44	14400±1100	535±41
340	469±36	659±51	19000±1400	603±46
350	475±36	738±57	23700±1800	671±52
360	478±37	818±63	28400±2100	739±57
370	481±37	896±69	33100±2500	806±62
380	486±37	924±75	37600±2800	875±67
390	489±38	1052±81	42200±3200	943±73

Продолжение табл. 78

1	2	3	4	5
400	493±38	1129±87	46600±3500	1012±78
410	498±38	1206±93	50800±3900	1083±83
420	511±39	1282±99	55000±4200	1151±88
430	515±39	1357±104	59000±4500	1219±94
440	516±40	1432±112	62900±4800	1289±99
450	517±40	1504±115	66600±5100	1356±104

$\text{NiCl}_2 \cdot 2\text{Mч}$

5	1,457	0,8195	2,898	0,2398
10	5,648	2,463	15,41	0,9217
15	6,580	4,476	40,78	1,758
20	9,803	6,767	80,97	2,718
25	14,94	9,478	142,2	3,790
30	21,25	12,75	232,3	5,003
35	28,54	16,56	356,4	6,375
40	35,92	20,86	517,8	7,912
45	43,67	25,53	716,6	9,607
50	52,18	30,56	955,8	11,45
60	70,19	41,69	1569	15,54
70	84,30	53,63	2345	20,13

80	96,56	65,69	3249	25,07
90	108,92	77,79	4278	30,25
100	120,15	89,85	5424	35,61
120	139,63	113,5	8027	46,63
140	157,22	136,4	11000	57,83
160	173,38	158,5	14310	69,04
180	188,99	179,8	17930	80,17
200	203,83	200,5	21860	91,17
220	219,27	220,6	26090	102,0
240	237,14	240,5	30650	112,7
260	251,14	260,0	35550	123,3
273,15	258,87	272,6	38900	130,2
280	262,78	279,1	40690	133,8
298,15	275,56	296,0	45570	143,1

NiCl₂·4Mч

5	1,612	0,8202	2,943	0,2316
10	5,328	2,923	19,15	1,008
15	13,53	6,446	63,96	2,181
20	24,49	11,78	158,0	3,881

Продолжение табл. 78

1	2	3	4	5
25	37,42	18,61	312,3	6,122
30	51,19	26,64	533,6	8,858
35	65,26	35,59	824,7	12,03
40	79,18	45,22	1186	15,57
45	92,68	55,33	1616	19,42
50	105,9	65,78	2112	23,53
60	130,6	87,30	3296	32,36
70	152,8	109,1	4716	41,77
80	172,5	130,9	6345	51,55
90	190,9	152,2	8162	61,55
100	208,6	173,3	10160	71,68
120	239,4	214,1	14644	92,03
140	267,8	253,2	19731	112,3
160	294,2	290,7	25343	132,3
180	321,3	326,9	31503	151,9
200	347,2	362,1	38191	171,1
220	372,8	396,4	45393	190,1
240	397,2	429,9	53097	208,7
260	419,9	462,6	61267	226,9
273,15	434,6	483,7	66885	238,8
280	443,0	494,5	69891	244,9
298,15	471,9	523,2	78184	261,0

NiCl₂·10Mч

5	2,336	1,024	3,767	0,2708
10	10,83	4,762	33,10	1,452
15	29,17	12,22	128,17	3,677
20	55,03	24,03	336,52	7,206
25	85,36	39,51	686,2	12,06
30	117,4	57,89	1193	18,14
35	150,3	78,45	1862	25,26
40	182,7	100,7	2695	33,28
45	213,8	124,0	3687	42,06
50	243,3	148,1	4831	51,45
60	296,5	197,2	7536	71,64
70	342,6	246,5	10740	93,11
80	381,6	294,8	14360	115,3
90	417,0	341,8	18360	137,8
100	450,8	387,5	22700	160,6
120	510,4	475,1	32320	205,8
140	568,7	558,2	43120	250,2

Продолжение табл. 78

1	2	3	4	5
160	626,0	637,9	55060	293,7
180	683,4	714,9	68160	336,3
200	740,6	789,9	82400	377,9
220	797,9	863,2	97780	418,7
240	854,6	935,0	114300	458,7
260	912,1	1006	132000	498,1
273,15	948,1	1052	144200	523,6
280	966,6	1075	150800	536,9
298,15	1016	1138	168800	571,5

Стандартные значения термодинамических функций аддуктов
при 298.15 К

Соединение	$C_p^\circ(T)$	$S^\circ(T)$	$\Phi^\circ(T)$	$H^\circ(T)-H^\circ(0)$
	Дж/(моль К)			
$NiCl_2 \cdot 2CO(NH_2)_2$	$275,6 \pm 0,2$	$296,0 \pm 0,3$	$143,1 \pm 0,2$	45570 ± 50
$NiCl_2 \cdot 4CO(NH_3)_2$	$471,9 \pm 0,4$	$523,2 \pm 0,4$	$261,0 \pm 0,2$	78180 ± 50
$NiCl_2 \cdot 10CO(NH_2)_2$	1016 ± 1	1138 ± 1	$571,510,5$	168800 ± 100