

**СТАНДАРТНАЯ ЭНТАЛЬПИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ИОНА Cu^{2+}
В ВОДНОМ РАСТВОРЕ**Е.А. Горчакова¹А.А. Гуров²С.Н. Соловьёв¹

snsol@muctr.ru

¹ Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
Москва, Российская Федерация² МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация**Аннотация**

В калориметре с изотермической оболочкой измерены при температуре 298,15 К значения следующих характеристик: энтальпии взаимодействия избытка $\text{Zn}_{(к)}$ с CuCl_2 в его водном растворе молярной концентрации, равной 0,001963 моль/кг; энтальпии растворения $\text{CuCl}_{2(к)}$ в воде с образованием растворов различной молярной концентрации. На основе полученных значений и литературных данных двумя независимыми способами вычислена стандартная энтальпия образования иона Cu^{2+} в водном растворе. Найдено ее рекомендуемое средневзвешенное значение

Ключевые слова

Энтальпия взаимодействия, энтальпия растворения, термодинамические уравнения, стандартная энтальпия образования иона

Поступила в редакцию 29.11.2017
© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018

Введение. Современное успешное развитие как научных исследований, так и прогрессивных технологий неизбежно требует высокоточных и надежных значений термодинамических характеристик различных соединений и ионов в водных растворах, в частности их энтропий, а также энтальпий и энергий Гиббса их образования. Последний фундаментальный отечественный справочник термодинамических величин «Термические константы веществ» был создан более полувека назад [1]. Сходная ситуация наблюдается и за рубежом [2]. В результате более поздние справочные издания, например [3, 4], также содержат преимущественно результаты анализа литературы полувековой давности. При этом даже беглое рассмотрение приведенных в них числовых данных показывает, что многие значения имеют большую погрешность, малонадежны, а порой и просто неверны. Так, в указанных справочниках фигурирует явно ошибочное значение энтальпии образования иона Sn^{2+} в водном растворе, в то время как значение энтальпии образования иона Pb^{2+} указано точно; стандартные энтальпии образования многих ионов даны в них с большими погрешностями, и даже в пределах этих погрешностей отмечаются значения, не совпадающие в отечественной и иностранной литературе. Например, значение стандартной энтальпии образования иона F^- в водном растворе отличается на 4 кДж/моль.

На кафедре общей и неорганической химии РХТУ им. Д.И. Менделеева с участием преподавателей кафедры «Химия» МГТУ им. Н.Э. Баумана проводится систематическая работа по уточнению и переопределению энтальпий образования ионов и соединений, представляющих тот или иной научный прикладной интерес. Так, были

1) заново определена стандартная энтальпия образования такого соединения, как $\text{SnF}_{2(\text{к})}$ [5], являющегося сильнейшим фторирующим агентом жидкофазных реакций;

2) выполнены термохимические измерения, позволившие найти стандартные энтальпии образования целой группы веществ, среди которых мощные окислители [6] и перспективные в качестве катализаторов дожигания моторного топлива некоторые соединения редкоземельных элементов [7–9];

3) практически завершена работа по новому определению важнейших характеристик термохимии соединений олова — стандартных энтальпий образования ионов Sn^{2+} и Sn^{4+} [10, 11].

Цель настоящей работы — уточнение стандартной энтальпии образования иона Cu^{2+} в водном растворе, поскольку ее значения, приведенные в справочнике [1] и в работе [4], отличаются на 2 кДж/моль.

Экспериментальная часть. Для термохимических опытов использовали образец хлорида меди (II) $\text{CuCl}_{2(\text{к})}$, полученный нагревом в токе осушенного хлороводорода при температуре 120...130 °С кристаллогидрата состава $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ марки «х.ч.». Остаточное содержание воды в приготовленном таким способом образце $\text{CuCl}_{2(\text{к})}$, найденное титрованием по методу Фишера, не превышало 0,05 % (масс.); при этом точность метода составляла 0,01 % (масс.).

Термохимические измерения выполняли в герметичном высокочувствительном калориметре с изотермической оболочкой [12], имевшем следующие характеристики:

- термометрическая чувствительность $8 \cdot 10^{-5}$ К;
- калориметрическая чувствительность 0,08 Дж;
- точность поддержания постоянной температуры изотермической оболочки $\pm 0,005$ К;
- систематическая погрешность определения теплового значения калориметра электрическим способом менее 0,1 %;
- сопротивление полупроводникового термометра сопротивления 10 020 Ом при температуре 298,15 К;
- температурный коэффициент сопротивления термометра 350 Ом/К.

Работу калориметрической установки проверяли измерением энтальпии растворения $\text{KCl}_{(\text{к})}$ в воде с образованием раствора состава $\text{KCl}:1100\text{H}_2\text{O}$. Полученное значение энтальпии, равное $17,5 \pm 0,1$ кДж/моль, в пределах погрешности совпадало со значением, указанным в наиболее надежном литературном источнике [1].

Результаты измерений энтальпии растворения соли CuCl_2 в воде и энтальпии взаимодействия $\text{Zn}_{(\text{пыль})}$ с этой солью в ее водном растворе приведены в табл. 1 и 2.

В табл. 1 представлены и значения энтальпии растворения $\Delta H'_p$, пересчитанные на одну и ту же моляльную концентрацию раствора, равную 0,0022 моль/кг. При пересчете были использованы значения энтальпии разбавления растворов CuCl_2 , взятые из справочника [1].

Таблица 1

Значения энтальпии растворения $\text{CuCl}_{2(\text{к})}$ в воде массой 180 г при температуре 298,15 К

Начальная температура калориметрического опыта (за вычетом 9900 Ом) t_0 , Ом	Поправка на теплообмен δ , Ом	Исправленное изменение (подъем) температуры $-\Delta R_{\text{испр}}$, Ом	Масса навески $\text{CuCl}_{2(\text{к})}$ m , мг	Количество выделяющейся теплоты в опыте при растворении Q , Дж	Энтальпия растворения $-\Delta H_p$, кДж/моль	Пересчитанная энтальпия растворения $-\Delta H'_p$, кДж/моль
134,70	2,55	7,098	52,50	19,95	51,08	51,08
29,73	-0,55	8,968	66,75	25,20	50,75	51,06
75,16	1,89	11,72	87,35	32,93	50,69	51,08
115,49	2,02	16,04	120,35	45,07	50,35	51,19
45,87	0,64	20,15	152,60	56,61	49,88	50,91
129,72	2,63	22,29	168,95	62,65	49,86	50,99
80,91	1,07	22,85	173,20	64,20	49,84	51,00
35,17	-0,51	32,22	245,85	90,55	49,52	50,95
94,76	2,14	48,32	368,90	135,80	49,49	51,13
131,57	2,62	60,13	460,02	169,0	49,38	51,10

Стандартное отклонение среднего результата $\sigma = 0,003$ кДж/моль; $\sigma_{t_{0,05}} = 0,07$ кДж/моль, где $t_{0,05}$ — критерий Стьюдента; $-\Delta H'_{p, \text{ср}} = 51,05$ кДж/моль.

Таблица 2

Значения энтальпии взаимодействия $\text{Zn}_{(\text{пыль})}$ с CuCl_2 в его водном растворе массой 180 г и моляльной концентрации, равной 0,001963 моль/кг

Начальная температура калориметрического опыта (за вычетом 9900 Ом) t_0 , Ом	Поправка на теплообмен δ , Ом	Исправленное изменение (подъем) температуры $-\Delta R_{\text{испр}}$, Ом	Масса навески $\text{Zn}_{(\text{пыль})}$ m , мг	Количество выделяющейся теплоты в опыте при взаимодействии Q , Дж	Энтальпия взаимодействия $-\Delta H$, кДж/моль
130,17	4,18	27,66	90,85	77,71	219,9
121,86	2,44	27,62	114,65	77,61	219,6
125,73	2,56	27,71	137,10	77,85	220,3
90,81	-0,59	27,64	145,25	77,68	219,8
95,68	0,41	27,72	153,75	77,89	220,4
100,56	1,02	27,69	170,20	77,82	220,2
85,47	-1,56	27,63	190,50	77,64	219,7
110,92	2,09	27,68	197,15	77,78	220,1
132,75	3,87	27,72	203,70	77,89	220,4
107,28	1,94	27,62	227,35	77,61	219,6

$\sigma = 0,1$ кДж/моль; $\sigma_{t_{0,05}} = 0,2$ кДж/моль; $-\Delta H_{\text{ср}} = 220,0$ кДж/моль

Для корректного выполнения пересчета значений энтальпии растворения $\text{CuCl}_{2(\text{k})}$ с образованием раствора моляльной концентрации, равной 0,0022 моль/кг, на образование бесконечно разбавленного раствора (на основе представлений об ионной ассоциации) также были привлечены значения энтальпии ($\Delta H_{\text{ac}} = 40 \pm 8$ кДж/моль) и константы ($K_{\text{ac}} = 150 \pm 50$) ассоциации (ионные пары) CuCl_2 , вычисленные ранее в работе [13] по результатам измерений значений энтальпий разбавления растворов этого электролита.

Результаты и расчеты. Стандартную энтальпию растворения $\text{CuCl}_{2(\text{k})}$ в воде вычисляли по соотношению

$$\Delta H_{\infty}^0 = \Delta H_{\text{p } C_m} + (1 - \alpha)\Delta H_{\text{дис}} + \Delta H_{\text{разб. Д-X}(C_m \rightarrow 0)},$$

где $\Delta H_{\text{p } C_m}$ — энтальпия растворения $\text{CuCl}_{2(\text{k})}$ с образованием водного раствора моляльной концентрации C_m ; α — степень диссоциации ионных пар, рассчитанная по значению константы ассоциации K_{ac} ; $\Delta H_{\text{дис}}$ — энтальпия диссоциации ионных пар; $\Delta H_{\text{разб. Д-X}(C_m \rightarrow 0)}$ — энтальпия разбавления раствора моляльной концентрации C_m с образованием бесконечно разбавленного раствора, определенная на основе второго приближения теории Дебая — Хюккеля. Для раствора моляльной концентрации 0,0022 моль/кг $\alpha = 0,995$, а значение стандартной энтальпии растворения $\text{CuCl}_{2(\text{k})}$ в воде при температуре 298,15 К составляет $-51,52 \pm 0,09$ кДж/моль. Последнее значение совместно со значением стандартной энтальпии образования $\text{CuCl}_{2(\text{k})}$, равным $-215,56 \pm 1,38$ кДж/моль [1], а также со значением стандартной энтальпии образования иона Cl^- в водном растворе, составляющим $-167,11 \pm 0,21$ кДж/моль [1], позволяет вычислить стандартную энтальпию образования иона Cu^{2+} в водном растворе, основываясь на уравнении

$$\Delta_f H_{298}^0 (\text{CuCl}_{2(\text{k})}) + \Delta H_{\infty}^0 = \Delta_f H_{298}^0 (\text{Cu}_{(\text{p, ст.с})}^{2+}) + 2\Delta_f H_{298}^0 (\text{Cl}_{(\text{p, ст.с})}^-),$$

откуда

$$\begin{aligned} \Delta_f H_{298}^0 (\text{Cu}_{(\text{p, ст.с})}^{2+}) &= \Delta_f H_{298}^0 (\text{CuCl}_{2(\text{k})}) + \Delta H_{\infty}^0 - 2\Delta_f H_{298}^0 (\text{Cl}_{(\text{p, ст.с})}^-); \\ \Delta_f H_{298}^0 (\text{Cu}_{(\text{p, ст.с})}^{2+}) &= (-215,56 \pm 1,38) + (-51,52 \pm 0,09) - 2 \cdot (-167,11 \pm 0,21) = \\ &= 67,14 \pm 1,35 \text{ кДж/моль.} \end{aligned}$$

Результаты измерения энтальпии взаимодействия $\text{Zn}_{(\text{k})}$ с CuCl_2 позволили определить энтальпию образования иона меди в растворе другим независимым способом, основанным на системе следующих термодимических уравнений:

1. $\text{Zn}_{(\text{k})} + \text{CuCl}_{2(\text{p; CuCl}_2 \cdot 509,4\text{H}_2\text{O})} = \text{Cu}_{(\text{k})} + \text{ZnCl}_{2(\text{p; ZnCl}_2 \cdot 509,4\text{H}_2\text{O})}$ (избыточный цинк в уравнении реакции опущен),

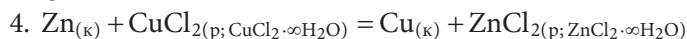
$$\Delta_r H_1 = -220,0 \pm 0,2 \text{ кДж/моль};$$

2. $\text{CuCl}_{2(\text{p; CuCl}_2 \cdot 509,4\text{H}_2\text{O})} + \infty \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})} = \text{CuCl}_{2(\text{p; CuCl}_2 \cdot \infty \text{H}_2\text{O})}$

$$\Delta H_{\text{разб } 2} = -0,42 \pm 0,05 \text{ кДж/моль};$$



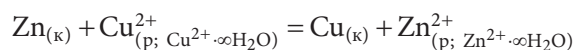
$$\Delta H_{\text{разб } 3} = -0,45 \pm 0,05 \text{ кДж/моль};$$



$$\Delta_r H_4 = \Delta_r H_1 - \Delta H_{\text{разб } 2} + \Delta H_{\text{разб } 3} = (-220,0 \pm 0,2) - (-0,42 \pm 0,05) + (-0,45 \pm 0,05) = -220,0 \pm 0,2 \text{ кДж}.$$

Энтальпии разбавления растворов CuCl_2 и ZnCl_2 конечной моляльной концентрации до образования бесконечно разбавленных растворов рассчитывали по уравнению, приведенному ранее. При расчете учитывался и вклад, связанный с диссоциацией ионных пар. Необходимые для этого значения энтальпии и константы ионной ассоциации для CuCl_2 приведены выше, а для ZnCl_2 взяты из работы [10].

Ионно-молекулярная форма уравнения 4 имеет вид



Отсюда в соответствии со следствием из закона Гесса и с учетом определенной ранее в работе [10] стандартной энтальпии образования иона цинка в водном растворе, равной $-152,81 \pm 0,80$ кДж/моль, определяют

$$\Delta_f H_{298}^0 (\text{Cu}_{(\text{p}, \text{ст.с})}^{2+}) = \Delta_f H_{298}^0 (\text{Zn}_{(\text{p}, \text{ст.с})}^{2+}) - \Delta_r H_4;$$

$$\Delta_f H_{298}^0 (\text{Cu}_{(\text{p}, \text{ст.с})}^{2+}) = (-152,81 \pm 0,80) - (-220,0 \pm 0,2) = 67,2 \pm 0,8 \text{ кДж/моль}.$$

Итак, получены два значения: $67,14 \pm 1,35$ и $67,2 \pm 0,8$ кДж/моль, погрешности которых определяются в основном погрешностями значений $\Delta_f H_{298}^0 (\text{CuCl}_{2(\text{к})})$ и $\Delta_f H_{298}^0 (\text{ZnCl}_{2(\text{к})})$. Средневзвешенное значение равно $67,2 \pm 0,7$ кДж/моль.

Заключение. Двумя независимыми методами определена стандартная энтальпия образования иона меди в водном растворе; получено надежное значение, причем с погрешностью, существенно меньшей, чем у используемых в настоящее время значений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глушко В.П., ред. Термические константы веществ. Вып. 1–10. М.: ВИНТИ, 1965–1982.
2. Selected values of chemical thermodynamic properties / F.D. Rossini, D.D. Wagman, W.H. Evans, S. Levine, J. Jaffe, eds. Washington: Government Printing Office, 1952. 320 p.
3. Cox J.D., Wagman D.D., Medvedev V.A., eds. CODATA key values of chemical thermodynamics. Washington: Hemisphere Publ. Corp., 1989. 295 p.
4. Chemical thermodynamics of tin / H. Gamsjäger, T. Gajda, J. Sangster, S.K. Saxena, W. Voigt. Issy-les-Moulineaux: OECD Nuclear Energy Agency, 2012. 609 p.
5. Соловьёв С.Н., Власова И.В., Горячева Т.В. Стандартная энтальпия образования фторида олова (II) // Журнал физической химии. 2001. Т. 75. № 4. С. 761–762.
6. Дунал А.Я., Соловьёв С.Н., Шаталов К.И. Термодинамика образования ряда соединений золота (V), никеля (IV), марганца (IV) // Физико-химические характеристики неорганических веществ и растворов. Т. 187. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2014. С. 124–131.

7. Соловьёв С.Н., Минасян К.А., Корунов А.А. Стандартная энтальпия образования $\text{La}_2\text{CoO}_{4(k)}$ // Журнал физической химии. 2006. Т. 80. № 4. С. 767–768.
8. Соловьёв С.Н., Власенко К.К., Минасян К.А. Стандартная энтальпия образования $\text{La}_x\text{Ce}_{1-x}\text{O}_{3(k)}$ // Журнал физической химии. 2006. Т. 80. № 12. С. 2298–2300.
9. Соловьёв С.Н., Дупал А.Я., Шаталов К.И. Стандартная энтальпия образования $\text{LaCoO}_{3(k)}$ // Журнал физической химии. 2006. Т. 80. № 12. С. 2295–2297.
10. Соловьёв С.Н., Горчакова Е.А., Степанов В.Н. Энтальпии образования ионов Sn^{2+} и Zn^{2+} в водном растворе // Журнал физической химии. 2017. Т. 91. № 6. С. 969–972.
11. Дупал А.Я., Соловьёв С.Н., Горчакова Е.А., Шаталов К.И. Стандартная энтальпия образования иона Sn^{2+} в водном растворе при 298,15 К // Физико-химические характеристики неорганических веществ и растворов. Т. 189. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2008. С. 106–109.
12. Соловьёв С.Н., Шаталов К.И., Дупал А.Я. Стандартная энтальпия образования кристаллов $\text{Ca}[\text{NiF}_6]$ // Журнал физической химии. 2014. Т. 88. № 5. С. 902–904.
13. Утарбаев С.С., Соловьёв С.Н., Супоницкий Ю.Л. Термодинамические характеристики ионной ассоциации в водных растворах хлоридов, нитратов и селенатов РЗЭ, Y, Sc, In и Cu // Журнал неорганической химии. 2001. Т. 46. № 12. С. 2104–2107.

Горчакова Екатерина Александровна — магистрант кафедры общей и неорганической химии Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева (Российская Федерация, 125047, Москва, Миусская пл., д. 9).

Гуров Александр Алексеевич — канд. хим. наук, доцент кафедры «Химия» МГТУ им. Н.Э. Баумана (Российская Федерация, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1).

Соловьёв Сергей Николаевич — д-р хим. наук, профессор, заведующий кафедрой общей и неорганической химии Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева (Российская Федерация, 125047, Москва, Миусская пл., д. 9).

Просьба сослаться на эту статью следующим образом:

Горчакова Е.А., Гуров А.А., Соловьёв С.Н. Стандартная энтальпия образования иона Cu^{2+} в водном растворе // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2018. № 3. С. 104–111. DOI: 10.18698/1812-3368-2018-3-104-111

STANDARD ENTHALPY OF ION Cu^{2+} FORMATION IN AQUEOUS SOLUTION

E.A. Gorchakova¹

A.A. Gurov²

S.N. Solovyev¹

snsol@muctr.ru

¹ Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia,
Moscow, Russian Federation

² Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The enthalpies of reaction of $Zn_{(c, \text{ excess})}$ with 0.001963 mole/kg aqueous solution of $CuCl_{2(c)}$ in water at different concentrations were measured in an isothermic-shell calorimeter. According to the results and literature data obtained standard enthalpy of ion Cu^{2+} formation in aqueous solution was determined by two independent methods at 298.15 K. Its recommended weighted average was also found

Keywords

Enthalpy of interaction, enthalpy of dissolution, thermochemical equations, enthalpy of ion formation

Received 29.11.2017

© BMSTU, 2018

REFERENCES

- [1] Glushko V.P., ed. Termicheskie konstanty veshchestv. Vyp. 1–10 [Thermal constants of substances. Iss. 1–10]. Moscow, VINITI Publ., 1965–1982.
- [2] Rossini F.D., Wagman D.D., Evans W.H., Levine S., Jaffe J., eds. Selected values of chemical thermodynamic properties. Washington, Government Printing Office, 1952. 320 p.
- [3] Cox J.D., Wagman D.D., Medvedev V.A., eds. CODATA key values of chemical thermodynamics. Washington, Hemisphere Publ. Corp., 1989. 295 p.
- [4] Gamsjäger H., Gajda T., Sangster J., Saxena S.K., Voigt W. Chemical thermodynamics of tin. Issy-les-Moulineaux, OECD Nuclear Energy Agency, 2012. 609 p.
- [5] Solov'yev S.N., Vlasova I.V., Goryacheva T.V. The standard enthalpy of formation of Tin (II) Fluoride. *Russian Journal of Physical Chemistry A*, 2001, vol. 75, iss. 4, pp. 679–680.
- [6] Dupal A.Ya., Solovyev S.N., Shatalov K.I. Termodinamika obrazovaniya ryada soedineniy zolota (V), nikelya (IV), margantsa (IV). Fiziko-khimicheskie kharakteristiki neorganicheskikh veshchestv i rastvorov. T. 187 [Formation thermodynamics of some compounds of gold (V), nickel (IV), manganese (IV). In: Physical-chemical properties of inorganic substances and ions. Vol. 187]. Moscow, Mendeleev UCTR Publ., 2014, pp. 124–131 (in Russ.).
- [7] Solov'ev S.N., Minasyan K.A., Korunov A.A. Standard enthalpy of formation of $La_2CoO_{4(cr)}$. *Russian Journal of Physical Chemistry A*, 2006, vol. 80, iss. 4, pp. 663–664. DOI: 10.1134/S0036024406040339
- [8] Solov'ev S.N., Vlasenko K.K., Minasyan K.A. Standard enthalpies of formation of $La_xCe_{1-x}CoO_3$ compounds. *Russian Journal of Physical Chemistry A*, 2006, vol. 80, iss. 12, pp. 2051–2053. DOI: 10.1134/S0036024406120326
- [9] Solov'ev S.N., Dupal A.Ya., Shatalov K.I. Standard enthalpy of formation of $LaCoO_{3(cr)}$. *Russian Journal of Physical Chemistry A*, 2006, vol. 80, iss. 12, pp. 2049–2050. DOI: 10.1134/S0036024406120314
- [10] Solov'ev S.N., Gorchakova E.A., Stepanov V.N. Enthalpy of ion Sn^{2+} and Zn^{2+} formation in aqueous solution. *Zh. fiz. khimii*, 2017, vol. 91, no. 6, pp. 969–972 (in Russ.).
- [11] Dupal A.Ya., Solovyev S.N., Gorchakova E.A., Shatalov K.I. Standartnaya ental'piya obrazovaniya iona Sn^{2+} v vodnom rastvore pri 298,15 K. Fiziko-khimicheskie kharakteristiki neorganicheskikh veshchestv i rastvorov. T. 189 [Standard enthalpy of formation of ion Sn^{2+} in aqueous solution at 298.15 K. In: Physical-chemical properties of inorganic substances and ions. Vol. 189]. Moscow, Mendeleev UCTR Publ., 2008, pp. 106–109 (in Russ.).

[12] Solov'ev S.N., Shatalov K.I., Dupal A.Ya. Standard enthalpy of formation of crystalline $\text{Ca}[\text{NiF}_6]$. *Russian Journal of Physical Chemistry A*, 2014, vol. 88, iss. 5, pp. 893–895.

DOI: 10.1134/S003602441405032X

[13] Utarbaev S.S., Solov'ev S.N., Suponitskiy Yu.L. Thermodynamic parameters of ion association in aqueous solutions of chlorides, nitrates, and selenates of some rare-earth elements, Y, Sc, In, and Cu. *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, 2001, vol. 46, iss. 12, pp. 1924–1927.

Gorchakova E.A. — Master's Degree student, Department of General and Inorganic Chemistry, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia (Miuskaya ploshchad 9, Moscow, 125047 Russian Federation).

Gurov A.A. — Cand. Sc. (Chem.), Assoc. Professor, Department of Chemistry, Bauman Moscow State Technical University (2-ya Baumanskaya ul. 5, str. 1, Moscow, 105005 Russian Federation).

Solovyev S.N. — Dr. Sc. (Chem.), Professor, Head of the Department of General and Inorganic Chemistry, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia (Miuskaya ploshchad 9, Moscow, 125047 Russian Federation).

Please cite this article in English as:

Gorchakova E.A., Gurov A.A., Solovyev S.N. Standard Enthalpy of Ion Cu^{2+} Formation in Aqueous Solution. *Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Baumana, Estestv. Nauki* [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Nat. Sci.], 2018, no. 3, pp. 104–111 (in Russ.).

DOI: 10.18698/1812-3368-2018-3-104-111