

УДК 541.11:536.7

ТЕРМОХИМИЯ РАСТВОРЕНИЯ ТЕТРА-4-КАРБОКСИФТАЛОЦИАНИНА ГИДРОКСОАЛЮМИНИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ КОН ПРИ 298.15 К

© 2025 г. П. Д. Крутов^а, В. Е. Майзлиш^а, О. Н. Крутова^а, Т. Р. Усачева^а, М. И. Базанов^а,
М. В. Числов^б, Е. Е. Киптикова^а

^аИвановский государственный химико-технологический университет, Иваново, Россия

^бРесурсный центр “Термогравиметрические и калориметрические методы исследования”.

Научный парк Санкт-Петербургского государственного университета,
Санкт-Петербург, Россия

e-mail: kdykonkpd@yandex.ru

Поступила в редакцию 04.06.2024 г.

После доработки 04.09.2024 г.

Принята к публикации 09.09.2024 г.

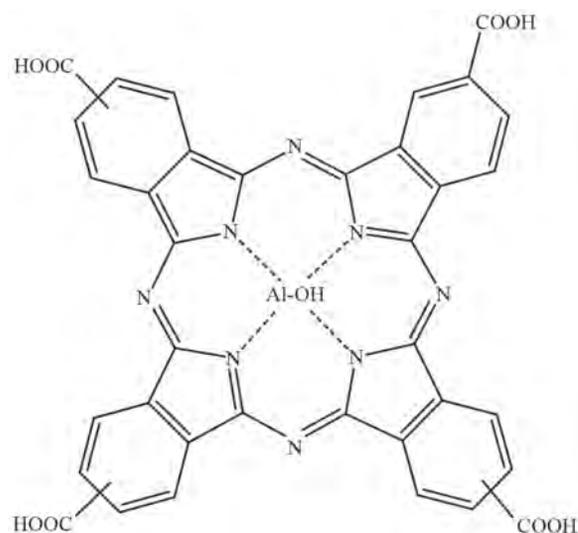
Объектом исследования служил тетра-4-карбоксифталоцианин гидроксоалюминия. Тепловые эффекты растворения кристаллических фталоцианина в водных растворах различной концентрации КОН при температуре 298.15 К определяли прямым калориметрическим методом. Значения тепловых эффектов ступенчатой диссоциации $AlONPc(4-COOH)_4$ были рассчитаны с помощью компьютерной программы HEAT. Энтальпии сгорания исследуемого соединения определены с использованием калориметра ИКА С6000 изопериболический (метод бомбовой калориметрии), они необходимы для расчета стандартных энтальпии образования $AlONPc(4-COOH)_4$ и продуктов его диссоциации в водном растворе.

Ключевые слова: термодинамика, растворы, калориметр, энтальпия образования, константа диссоциации, фталоцианины

DOI: 10.31857/S0044453725020032, **EDN:** DELELK

Металлокомплексы фталоцианинов зарекомендовали себя как эффективные маркеры для элементов оптических устройств и электронных систем, стабильные красители, сенсibilизаторы и, наконец, высокоселективные катализаторы. Подобное широкое применение связано со спецификой и уникальностью свойств соединений данного класса, что, в свою очередь, обуславливается их структурой. За счет варьирования центрального атома металла и заместителей по периферии макроциклического остова возможна тонкая настройка свойств получаемого соединения [1–8]. Таким образом, разработка различных гибридных материалов на основе фталоцианинов и исследование их характеристик является весьма актуальным научным направлением. Физико-химические свойства макроциклических соединений существенно зависят от их агрегационной формы и межмолекулярных взаимодействий [9–13].

В данной работе в качестве объекта исследования были выбраны комплексы: $AlONPc(4-COOH)_4$



Целью данной работы было определение стандартных энтальпий образования комплексов состава $AlONPc(4-COOH)_4$ и продуктов их диссоциации в водном растворе по тепловым эффектам

растворения препарата в водных растворах КОН при 298.15 К. Определение стандартной энтальпии образования кристаллического AlONP-c(4-COOH)_4 методом бомбовой калориметрии. Сочетание данных по калориметрии растворения и калориметрии сгорания позволило получить надежные термодинамические параметры для данного соединения.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Синтез тетра-4-карбокситфалочианина гидроксоалюминия осуществляли по методике [14,15].

Тщательно растертую смесь 0.5 г (2.4 ммоль) тримеллитовой кислоты, 0.78 г (13 ммоль) мочевины, 0.064 г (1.2 ммоль) хлорида аммония, 0.008 г (0.05 ммоль) молибдата аммония (в качестве катализатора) и 0.1335 г (1.0 ммоль) безводного хлорида алюминия помещали в кварцевую пробирку, нагревали до температуры 463.15–483.15 К и выдерживали при этой температуре до затвердения массы. После охлаждения реакцию массу растирали и промывали 5%-ным раствором соляной кислоты до бесцветного фильтрата, а затем водой до нейтральной среды. Продукт кипятили в 5%-ном спиртовом растворе щелочи, фильтровали, осадок растворяли в воде и снова фильтровали. Фильтрат подкисляли соляной кислотой, выпавший осадок промывали водой до нейтральной среды и отсутствия в промывных водах ионов хлора, сушили под вакуумом при температуре 373.15–383.15 К. Полученный комплекс очищали переосаждением из концентрированной серной кислоты с последующей экстракцией примесей ацетоном и этанолом в аппарате Сокслета. Выход: 0.1111 г (24%). Элементный анализ: Найдено, %: С – 59.1; Н – 2.5; N – 15.2. $\text{C}_{36}\text{H}_{17}\text{N}_8\text{O}_9\text{Al}$. Вычислено, %: С – 59.0; Н – 2.3; N – 15.3. Элементный анализ в пределах $\pm 0.4\%$ от расчетного значения необходим для подтверждения 95% чистоты образца и подтверждения изомерной чистоты. ИК-спектр, ν , см^{-1} : 1699 (COOH). Электронный спектр поглощения, λ_{max} , нм: 785 (H_2SO_4).

Известно, что в результате темплатного синтеза образуется смесь рандомеров, разделение которых представляет собой сложную задачу. В нашем случае разделение и выделение индивидуальных рандомеров не проводилось.

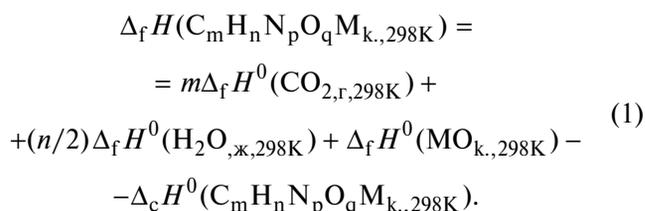
Измерения проводились в калориметре с изотермической оболочкой, снабженном реакционным сосудом объемом 60 см³, электрической градуировкой при $T = (293.15\text{--}308.15) \pm 0.01$ К и $P = 100.5 \pm 0.7$ кПа и автоматической регистрацией температуры [16, 17]. В качестве датчика температуры использовался термистор КМТ-14. Температурный контроль в калориметрической ячейке осуществлялся в термостате, снабженном ПИД-регулятором с точностью 0.002 К.

Датчиком температуры термостата служил платиновый термометр сопротивления. Калориметр калибровали по току. Объем калориметрической жидкости 42.83 мл. Рабочий объем ампулы 1–1.6 см³, максимальная термометрическая чувствительность калориметрической установки составила $(0.5\text{--}2) \times 10^{-2}$ Дж мм⁻¹ шкалы самописца. Работу установки проверяли по интегральной энтальпии растворения кристаллического хлорида калия в воде и считали годной для измерения, если определяемое в ней значение $\Delta_{\text{sol}}H(\infty\text{H}_2\text{O}) = 17.25 \pm 0.06$ кДж/моль отличалось от нормативного $\Delta_{\text{sol}}H(\infty\text{H}_2\text{O}) = 17.22 \pm 0.04$ кДж/моль на 0.3% [18]. Доверительный интервал среднего значения ΔH рассчитывали с вероятностью 0.95.

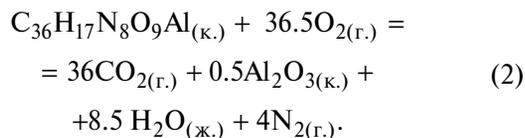
Теплоты сгорания исследуемого соединения измеряли в изопериболическом калориметре ИКА С6000 [19]. Теплоты сгорания исследуемого соединения измеряли путем сжигания в атмосфере чистого кислорода марки 5.0 при давлении 30 атм. в смарт-калориметре ИКА С6000 в изопериболическом режиме с встроенными алгоритмами для обработки данных и выдачей готового результата с нормировкой на единицу массы.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Значения энергии сгорания $\Delta_c U^B$ изучаемого соединения отнесены к реакции сгорания, которую можно представить следующей схемой:



Величина $\Delta_c U^B_{(k,298\text{K})}$ относится к реакции сгорания исследуемого соединения.



Погрешности в определении значений теплот сгорания фталочианинов и их структурных аналогов рассчитывались аналогично погрешности энергетического эквивалента калориметра с доверительной вероятностью 0.95.

Величина $\Delta_c U^B$, полученная в результате эксперимента, относится к изотермической реакции сгорания исследуемых соединений в реальных условиях протекания процесса. Для расчета изменения внутренней энергии реакции сгорания вещества

в стандартных условиях, то есть когда все исходные вещества и продукты сгорания находятся при давлении 1×10^5 Па и температуре 298.15 К, определяли поправку Уошберна, которая учитывала тепловые эффекты процессов компримирования газовой и жидкой фазы бомбы, растворение CO_2 и O_2 в жидкой фазе бомбы, испарение воды в газовую фазу бомбы [20, 21].

Стандартную энтальпию сгорания ($\Delta_c H^0$) исследуемых соединений вычисляли из соотношения:

$$\Delta_c H^0 = \Delta_c U^0 + \Delta nRT, \quad (3)$$

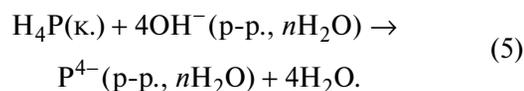
где Δn – изменение количества молей газа в химическом уравнении для процесса сгорания веществ.

Значение $\Delta_c H^0$, полученное по уравнению (3), -13745.8 кДж/моль, и было использовано для расчета энтальпии образования кристаллического $\text{AlONPc}(4\text{-COOH})_4$:

$$\begin{aligned} \Delta_f H^0(\text{C}_{36}\text{H}_{17}\text{O}_9\text{N}_8\text{Al}, \text{к.}, 298.15 \text{ К}) = & \\ = 36\Delta_f H^0(\text{CO}_2, \text{г.}, 298.15 \text{ К}) + & \\ + 8.5\Delta_f H^0(\text{H}_2\text{O}, \text{ж.}, 298.15 \text{ К}) + & \quad (4) \\ + 0.5\Delta_f H^0(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{к.}, 298.15 \text{ К}) - & \\ - \Delta_c H^0(\text{AlONPc}(4\text{-COOH})_4, \text{к.}, 298.15 \text{ К}). & \end{aligned}$$

Стандартные энтальпии образования $\Delta_f H^0(\text{CO}_2, \text{г.}, 298.15 \text{ К}) = -393.51 \pm 0.04$ кДж/моль, $\Delta_f H^0(\text{H}_2\text{O}, \text{ж.}, 298.15 \text{ К}) = -285.81 \pm 0.04$ кДж/моль и $\Delta_f H^0(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{к.}, 298.15 \text{ К}) = -1686.89 \pm 0.05$ кДж/моль взяты из справочника [22]. В результате значение $\Delta_f H^0(\text{C}_{36}\text{H}_{17}\text{O}_9\text{N}_8\text{Al}, \text{к.}, 298.15 \text{ К}) = -3693.4 \pm 0.05$ кДж/моль получено нами впервые.

Процесс растворения в растворе КОН можно представить следующей схемой:



Графическая экстраполяция энтальпий растворения исследуемых соединений в растворах гидроксида калия к нулевой ионной силе представлена на рис. 1. Экспериментальные данные приведены в табл. 1. Погрешности рассчитывали по формуле: $S = t_{p,f} \times [\Sigma \Delta^2 / n(n-1)]^{1/2}$, где $t_{p,f}$ – критерий Стьюдента при доверительной вероятности 0.95 и числе степеней свободы $f = 5$.

Тепловые эффекты растворения кислоты в растворе КОН при нулевой ионной силе рассчитывали по уравнению [23]:

$$\Delta_f H_i - \Delta Z^2 \Psi(I) = \Delta_f H_i^0 + bI, \quad (6)$$

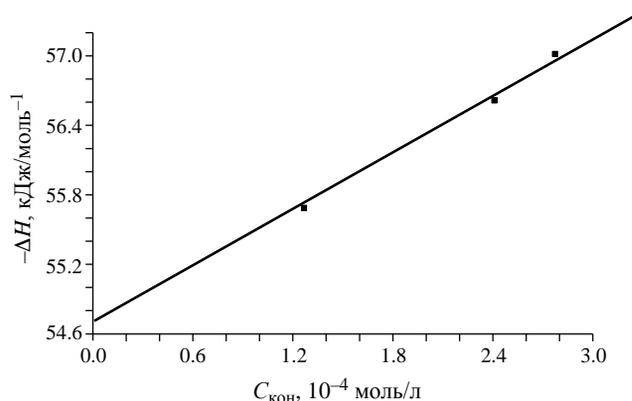


Рис. 1. Графическая экстраполяция энтальпий растворения в растворах гидроксида калия к нулевой ионной силе.

Таблица 1. Энтальпии растворения Pc в растворе КОН при различных концентрациях и $T = 298.15$ К

| $m \times 10^{-3}$, г | $C_{\text{КОН}} \times 10^4$, моль/л | $-\Delta_{\text{sol}} H$, кДж/моль |
|------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 0.0010 | 1.272 | 55.68 ± 0.28 |
| 0.0011 | | 55.66 ± 0.30 |
| 0.0010 | | 55.68 ± 0.29 |
| 0.0019 | 2.415 | 56.61 ± 0.31 |
| 0.0018 | | 56.52 ± 0.30 |
| 0.0018 | | 56.64 ± 0.35 |
| 0.0021 | 2.788 | 57.02 ± 0.32 |
| 0.0022 | | 57.06 ± 0.36 |
| 0.0021 | | 57.15 ± 0.36 |

где $\Delta_f H_i$ и $\Delta_f H_i^0$ – тепловые эффекты процесса (5) при конечных и нулевых значениях ионной силы.

Используя значения стандартных энтальпий образования гидроксид-иона $\Delta_f H^0(\text{OH}^-, \text{р-р.}, \text{H}_2\text{O}, \text{ст. с.}, 298.15 \text{ К}) = -230.04 \pm 0.08$ кДж/моль и воды в водном растворе $\Delta_f H^0(\text{H}_2\text{O}, \text{ж.}, 298.15 \text{ К}) = -285.83 \pm 0.04$ кДж/моль, рекомендованные справочником [22], была рассчитана стандартная энтальпия образования депротонированного P^{4-} аниона:

$$\begin{aligned} \Delta_f H^0(\text{P}^{4-}, \text{р-р.}, \text{H}_2\text{O}, \text{ст.с.}, 298.15 \text{ К}) = & \\ = \Delta_f H^0(\text{H}_4\text{P}, \text{к.}, 298.15 \text{ К}) + & \quad (7) \\ + 4\Delta_f H^0(\text{OH}^-, \text{р-р.}, \text{H}_2\text{O}, \text{ст.с.}, 298.15 \text{ К}) + & \\ + \Delta_f H^0(5) - 4 \Delta_f H^0(\text{H}_2\text{O}, \text{ж.}, 298.15 \text{ К}). & \end{aligned}$$

Стандартные энтальпии образования HP^{3-} , H_2P^{2-} , H_3P^- , H_4P в водном растворе рассчитывали по уравнениям:

Таблица 2. Энтальпии ступенчатой диссоциации Рс при температуре 298.15 К (кДж/моль)

| Процесс | $\Delta_f H_{\text{dis}}$ | pK_i |
|---|---------------------------|----------------|
| $\text{H}_4\text{P} \rightarrow \text{H}_3\text{P}^- + \text{H}^+$ | 39.1 ± 3.9 | 3.3 ± 1.5 |
| $\text{H}_3\text{P}^- \rightarrow \text{H}_2\text{P}^{2-} + \text{H}^+$ | 53.5 ± 3.8 | 5.2 ± 1.2 |
| $\text{H}_2\text{P}^{2-} \rightarrow \text{HP}^{3-} + \text{H}^+$ | 91.8 ± 4.3 | 7.1 ± 1.3 |
| $\text{HP}^{3-} \rightarrow \text{P}^{4-} + \text{H}^+$ | 126.7 ± 4.0 | 10.8 ± 1.1 |

Таблица 3. Стандартные энтальпии образования Рс и продуктов его диссоциации в водном растворе (кДж/моль)

| Частицы | Состояние | $-\Delta_f H^0(298.15 \text{ K})$ |
|---------------------------|--|-----------------------------------|
| H_4P | к. | 3693.4 ± 4.0 |
| | р-р., H_2O , ст. с., гип. недис. | 3835.6 ± 4.0 |
| H_3P^- | р-р., H_2O , ст. с., гип. недис. | 3796.5 ± 4.0 |
| H_2P^{2-} | р-р., H_2O , ст. с., гип. недис. | 3743.0 ± 4.0 |
| HP^{3-} | р-р., H_2O , ст. с., гип. недис. | 3651.2 ± 4.0 |
| P^{4-} | р-р., H_2O , ст. с. | 3524.5 ± 4.0 |

$$\Delta_f H^\circ(\text{HP}^{3-}, \text{р-р., H}_2\text{O, ст., гип., недис., 298.15 K}) = \Delta_f H^\circ(\text{P}^{4-}, \text{р-р., H}_2\text{O, ст., 298.15 K}) - \Delta_{\text{dis}} H^\circ(\text{HP}^{3-}, 298.15 \text{ K}), \quad (8)$$

$$\Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{P}^{2-}, \text{р-р., H}_2\text{O, ст., гип., недис., 298.15 K}) = \Delta_f H^\circ(\text{HP}^{3-}, \text{р-р., H}_2\text{O, ст., 298.15 K}) - \Delta_{\text{dis}} H^\circ(\text{H}_2\text{P}^{2-}, 298.15 \text{ K}), \quad (9)$$

$$\Delta_f H^\circ(\text{H}_3\text{P}^-, \text{р-р., H}_2\text{O, ст., гип., недис., 298.15 K}) = \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{P}^{2-}, \text{р-р., H}_2\text{O, ст., 298.15 K}) - \Delta_{\text{dis}} H^\circ(\text{H}_3\text{P}^-, 298.15 \text{ K}), \quad (10)$$

$$\Delta_f H^\circ(\text{H}_4\text{P}, \text{р-р., H}_2\text{O, ст., гип., недис., 298.15 K}) = \Delta_f H^\circ(\text{H}_3\text{P}^-, \text{р-р., H}_2\text{O, ст., 298.15 K}) - \Delta_{\text{dis}} H^\circ(\text{H}_4\text{P}, 298.15 \text{ K}). \quad (11)$$

Значения $\Delta_{\text{dis}} H(\text{H}_4\text{P}, 298.15 \text{ K})$; $\Delta_{\text{dis}} H(\text{H}_3\text{P}^-, 298.15 \text{ K})$; $\Delta_{\text{dis}} H(\text{H}_2\text{P}^{2-}, 298.15 \text{ K})$; $\Delta_{\text{dis}} H(\text{HP}^{3-}, 298.15 \text{ K})$, были рассчитаны с помощью компьютерной программы HEAT [24, 25]. Программа HEAT предназначена для обработки данных

калориметрических измерений с целью расчета констант равновесия и тепловых эффектов реакций в растворах. Помимо матрицы стехиометрических коэффициентов, логарифмов констант равновесия и общих концентраций базисных частиц в начальном и конечном состояниях, в расчет вводят экспериментально определенные изменения энтальпии, $\Delta H'_{\text{эксп}}$ и известные молярные тепловые эффекты $\Delta_f H$. Для изучаемых реакций в расчет вводят оценочные значения $\lg K$, приближенные значения $\Delta_f H$ вводить не требуется. Расчет $\Delta_f H$ изучаемых реакций проводится путем минимизации функции вида:

$$F = \sum (\Delta H'_{\text{эксп.}} - \Delta H'_{\text{расч.}})_i^2 \omega_i, \quad (12)$$

где $\Delta H'_{\text{эксп}}$ – изменение энтальпии системы в результате протекания исследуемых реакций. Минимизируемая функция F представляет собой остаточную сумму квадратов отклонений при решении системы линейных уравнений методом взвешенных наименьших квадратов. Полученные значения представлены в табл. 2.

Термодинамические характеристики растворения фталоцианина позволят нам получить много полезной информации о состоянии Рс в растворах. Значения стандартной энтальпии образования Рс в водном растворе получены в данной работе впервые. Они являются ключевыми величинами в термодинамике Рс и открывают возможность проведения строгих термодинамических расчетов в системах с Рс. Приведенные значения термодинамических характеристик существенно пополняют банк термодинамических данных для фталоцианинов. Полученные значения представлены в табл. 3.

Работа выполнена в Научно-исследовательском институте термодинамики и кинетики химических процессов Ивановского государственного химико-технологического университета в рамках Государственного задания (базовая часть), проект № FZZW-2023-0008. Теплоты сгорания определены при поддержке СПбГУ, шифр проекта АААА-А 19-119082790069-6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Wöhrl D., Schnurpfeil G., Makarov S.G. et al.* // Макрогетероциклы. 2012. № 5 (3). С. 191. <https://doi.org/10.6060/mhc2012.120990w>
2. *Зуев К.В., Перевалов В.П., Винокуров Е.Г. и др.* // Макрогетероциклы. 2016. Т. 9. № 3. С. 250. <https://doi.org/10.6060/mhc160212z>
3. *Лебедева Н.Ш., Юрина Е.С., Губарев Ю.А., Майзлиш В.Е.* // Биоорганическая химия. 2016. Т. 42. № 1. С. 36.
4. *Xie D., Pan W., Jiang Y.D., Li Y.R.* // Materials Letters. 2003. V. 57. P. 2395. [https://doi.org/10.1016/S0167-577X\(02\)01242-9](https://doi.org/10.1016/S0167-577X(02)01242-9)

5. Lam M.K., Kwok K.L., Tse S.C. et al. // Optical Materials. 2006. V. 28. P. 709–713.
6. Koifman O.I. // Macroheterocycles. 2020. V. 13(4). P. 311.
<https://doi.org/10.6060/mhc200814k>
7. Березин Д.Б., Макаров В.В., Знойко С.А. и др. // Менделеевские сообщения. 2020. Т. 30. P. 621–623.
<https://doi.org/10.1016/j.mencom.2020.09.023>
8. Шапошников Г.П., Кулинич В.П., Майзлиш В.Е. // Модифицированные фталоцианины и их структурные аналоги. Монография / Под ред. О.И. Койфмана. М.: КРАСАНД. 2012. 480 с.
9. Карпова С.Г., Ольхов А.А., Кривандин А.В. и др. // Высокомолекуляр. соединения. Сер. А. 2019. Т. 61. № 1. С. 67.
10. Градова М.А., Жданова К.А., Брагина Н.А. и др. // Изв. АН. Сер. хим. 2015. № 4. С. 806.
11. Lobanov A.V., Nevrova O.V., Platovskii V.A. et al. // Macroheterocycles. 2011. V. 4. № 2. P. 132.
12. Чудинов А.В., Румянцева В.Д., Лобанов А.В. и др. // Биооргани. химия. 2004. Т. 30. № 1. С. 99.
13. Данилова Е.А., Галанин Н.Е., Исляйкин М.К. и др. // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2023. Т. 66. Вып. 7. С. 111.
<https://doi.org/10.6060/ivkkt.20236607.6826j>
14. Крутова О.Н., Майзлиш В.Е., Лыткин А.И. и др. // Журн. физ. химии. 2023. Т. 97. № 2. С. 199.
<https://doi.org/10.31857/S004445372302011>
15. Крутова О.Н., Майзлиш В.Е., Черников В.В. и др. // Журн. физ. химии. 2023. Т. 97. № 6. С. 794.
<https://doi.org/10.31857/S0044453723060134>
16. Lytkin A.I., Chernikov V.V., Krutova O.N., Skvortsov I.A. // J. Therm. Anal. Calorim. 2017. T. 130. P. 457.
<https://doi.org/10.1007/s10973017-6134-6>
17. Лыткин А.И., Черников В.В., Крутова О.Н. и др. // Изв. высших учебных заведений. Серия “Химия и химическая технология”. 2019. Вып. 62. № 8. С. 81.
<https://doi.org/10.6060/ivkkt.20196208.5911>
18. Wadsö I., Goldberg R.N. // Pure Appl. Chem. 2001. T. 73. P. 1625.
<https://doi.org/10.1351/pac200173101625>
19. Usacheva T.R., Krutova O.N., Batov D.V. et al. // J. of Thermal Analysis and Calorimetry. <https://doi.org/10.1007/s10973-024-13085-9>
20. Волков А.В., Платоночева О.Ю., Градусов В.Б., Крутова О.Н. // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2009. Т. 52. Вып. 4. С. 7.
21. Александров Ю.И., Олейник Б.Н., Усвяцева Т.Р. // Тр. метрологических институтов СССР. М. – Л.: Изд-во стандартов, 1971. В. 29 (189). С. 155.
22. Термические константы веществ / Спр. под ред. В.П. Глушко. Вып. III. М.: ВИНТИ, 1965–1971.
23. Васильев В.П. Термодинамические свойства растворов электролитов. М.: Наука, 1982. 262 с.
24. Tuuninaa E.Yu., Krutova O.N., Lytkin A.I. // Thermochimica Acta. 2020. T. 690. P. 178704.
<https://doi.org/10.1016/j.tca.2020.178704>
25. Бородин В.А., Васильев В.П., Козловский Е.В. // Математические задачи химической термодинамики. Новосибирск: Наука, 1985. С. 219.

ТЕРМОХИМИЯ РАСТВОРЕНИЯ ТЕТРА-4-КАРБОКСИФТАЛОЦИАНИНА ГИДРОХОАЛУМИНА В РАСТВОРАХ КОН В ВОДНОМ РАСТВОРЕ ПРИ 298.15 К

P. D. Krutov^a, V. E. Maizlish^a, O. N. Krutova^a, T. R. Usacheva^a,
M. I. Bazanov^a, M. V. Chislov^b, and E. E. Kiptikova^a

^aIvanovo State University of Chemistry and Technology, Ivanovo, Russia

^bThermogravimetric and Calorimetric Research Methods Resource Center,
Scientific Park of St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

e-mail: kdvkonkpd@yandex.ru

Abstract. Hydroxoaluminum tetra-4-carboxyphthalocyanine is studied. Heat effects of dissolution of crystalline phthalocyanine in aqueous solutions of different concentration of KOH at 298.15K are determined by the direct calorimetric method. The values of the heat effects of the stepwise dissociation of $\text{AlOHPC}(4\text{-COOH})_4$ are calculated using the HEAT computer program. The enthalpies of combustion of the compound involved are found using IKA C6000 isoperibolic calorimeter (the bomb calorimetry method); they are necessary for calculation of standard enthalpies of formation of $\text{AlOHPC}(4\text{-COOH})_4$ and products of its dissociation in an aqueous solution.

Keywords: thermodynamics, solutions, calorimeter, enthalpy of formation, dissociation constant, phthalocyanines