

4. А. с. 1449 594 СССР. Способ переработки фосфорного шлама / А. Баешов, М. Ж. Журинов, Б. Ш. Сарсембаев. Оpubл. в Б.И. 1989. № 1.

5. Шарло Г. Методы аналитической химии. Количественный анализ неорганических соединений. М.: Химия, 1965.

6. Баешов А.Б., Баешова А.К. Электрохимические методы извлечения меди, халькогенов и синтеза их соединений. Алмата: Наука, 1990, 106 с.

7. Рипан Р., Четяну И. Неорганическая химия. В 2 т. М.: Мир, 1972. 871 с.

Резюме

Түз қышқылында өндірістік айнымалы токпен поляризациялау кезіндегі алтынның электрохимиялық қасиеті зерттелді.

Айнымалы токпен поляризациялау кезінде алтынның ерігіштігі көрсетілді.

Резюме

Исследовано электрохимическое поведение золота в соляной кислоте методом электролиза при поляризации промышленным переменным током. Показано, что золото интенсивно растворяется при электролизе под действием переменного тока.

УДК 541.13

Институт катализа
и электрохимии МОН РК

Поступила 2.02.06г.

Г. В. АБРАМОВА

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЦЕТАМИДА, ЕГО ЗАМЕЩЕННЫХ И ГОМОЛОГОВ

Поиск взаимосвязей между строением и свойствами полифункциональных органических молекул и их термодинамическими характеристиками остается актуальной задачей современной химии.

Особенности строения амидной группы и ее кислотно-основные свойства во многом определяют структурное многообразие производных биологически важных белков [1]. Физические свойства амидной группы исследовались достаточно интенсивно, особенно в последние несколько лет, что нашло свое отражение в ряде монографий и обзоров [2, 3]. Детально описана стереохимия амидов. В работе [2] отмечается, что структура амидной группы в газовой фазе и в растворах имеет ряд особенностей, которые необходимо учитывать при интерпретации результатов исследования свойств этих соединений. Во-первых, в молекулах амидов имеет место частичная двоевязанность связи C(O)N, возникающая в результате смещения неподеленной электронной пары атома азота к л-электронам карбонильной группы. Во-вторых, амиды в растворах могут существовать в виде цис- и транс-изомеров [4].

В литературе описаны три типа ассоциатов амидов: димеры и полимеры, образованные за счет водородной связи, а также диполь-дипольные димеры [2].

В противоположность исследованию физических свойств амидов имеется гораздо меньше работ, посвященных изучению их основных свойств, несмотря на широкое практическое использование амидов в качестве пластификаторов бумаги, искус-

ственной кожи, поливинилхлорида, сырья в производстве полимеров, экстрагентов некоторых радиоактивных металлов, электронодонорных растворителей [5]. Амиды являются удобными модельными соединениями, содержащими фрагменты белков.

Форма́мид (ФА) способен к образованию четырех водородных связей, что приводит к возникновению трехмерных ассоциированных структур [6–8]. Протонодонорные свойства формамида и воды достаточно близки. Расчеты молекулярных конфигураций формамида, N-метилформамида, проведенные методом компьютерного моделирования Монте-Карло [7], показали, что наряду с ассоциатами в изученных жидкостях сохраняются фрагменты кристаллических структур.

К важнейшим характеристикам любого вещества относят энтальпии его растворения, сольватации и коэффициенты парных взаимодействий в растворе [9]. Характерные термодинамические и структурные особенности водных растворов неэлектролитов обусловлены в первую очередь наличием трехмерной сетки водородных связей в жидкой воде.

В работах [10,11] показано, что в случае апротонных молекул, образующих более прочные Н-связи вода–неэлектролит по сравнению со связями вода–вода, наблюдается совместная стабилизация структуры воды за счет полярной и неполярных групп. В монографии [12] показано, что энтальпии гидратации полифункциональных неэлектролитов определяются главным образом вкладом гидро-

фильной и гидрофобной гидратации соответствующих фрагментов их молекул. Определение энергетических эффектов гидрофобной гидратации проводят калориметрическим методом [13].

Интерес к системе вода–формамида во многом вызван изучением вопроса о влиянии добавок гидрофильного формамида на структуру воды [8]. Вывод о дестабилизации водного окружения около группы NH_2 формамида сделан авторами работ [14–16].

Согласно калориметрическим данным [17] абсолютная величина энтальпии Н-связи в воде на 0,5 кДж/моль меньше, чем энтальпия Н-связи, образуемой водой с карбонильной группой формамида.

Стандартные энтальпии растворения ($\Delta_r H^\circ$) формамида (ФА), метил-(МФА), диметил-(ДМФА), диэтилформамида (ДЭФА) в воде при 298К, полученные авторами [8, 14–16], соответственно равны 1,97±0,05; –6,98±0,07; –15,22±0,06; –17,97±0,04 кДж/моль. Эндотермичность энтальпии растворения формамида в воде [8, 16] свидетельствует о том что Н-связи в формамиде заменяются более слабыми гетерокомпонентными. Амидная группа вносит значительный экзотермический вклад в донорно-энтальпии растворения и сольватации амидов из-за способности к акцепторному взаимодействию с растворителем [18].

Ацетамид (АА) представляет собой бесцветное вещество. Температура его плавления – 82–83°C, температура кипения – 221,2 °С, плотность при 20 °С – 1,159–10,3 кг/м³. Дипольный момент молекулы равен 3,72 Д [19]. Ацетамид кристаллизуется в 2-х модификациях: устойчивой а-модификации и метастабильной модификации. Первая относится к ромбоэдрической, вторая – к ромбической сингонии. Структура кристаллического ацетамида изучена авторами работ [20, 21]. Ими установлены параметры элементарной ячейки ацетамида: $a = 11,56$, $c = 13,091$ А, $z = 18$, ф. гр. R 3C. Расстояния между атомами в кристаллической решетке ацетамида С-С, С-О, С-N, N-Н', Н'-Н'' соответственно равны: 1,509; 1,247; 1,335; 0,88; 0,87 А. Гомологи формамида- гидрофобные неэлектролиты [16].

Термодинамические свойства ацетамида в литературе изучены достаточно полно в отличие от его гомологов. Так, измерены энтальпии растворения ацетамида, его N-алкилзамещенных и а-хлорацетамида в воде, водных растворах электролитов и водно-органических растворителях [8, 14–16, 18, 22–33]. Энтальпии растворения в воде ацетамида изучены в области 298–343 К, а-хлорацетамида, метил-,

диметил-, диэтилацетамида, диметилпропионамида [7, 8, 14–16, 18, 27–29], этил-, пропил-, бутилацетамида [33] – при 298 К. Концентрационные зависимости энтальпий растворения указанных амидов имеют линейный характер. Данные по энтальпиям растворения ацетамида, некоторых замещенных ацетамида и пропионамида в воде приведены в таблице.

Стандартные энтальпии растворения ацетамида, замещенных ацетамида и пропионамида в воде в области 298–343 К

Амид	Авторы, год публикации	Т, К	$\Delta_r H^\circ$, кДж·моль ⁻¹	Лит-ра
CH_3CONH_2	Стимсон, Шриер, 1974	298	9,644±0,007	23
	Роу, 1982	298	9,73±0,02	22
	Вольдан, Таневска-Осинска, 1982	298	9,96±0,04	24
		313	11,21±0,05	
		323	11,97±0,04	
		333	12,64±0,04	
	Абрамова, 1985	298	9,37±0,08	27–29
Зайчиков и др., 2001–2003		298	9,63±0,07	8, 11, 14–16
$\text{CH}_3\text{CONH}(\text{CH}_3)$	Зайчиков и др., 2001–2003	298	-13,36±0,04	4–16
$\text{CH}_3\text{CON}(\text{CH}_3)_2$	Стимсон, Шриер, 1974	298	21,405±0,008	23
	Роу, 1982	298	-21,46±0,04	22
$\text{CH}_3\text{CON}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$	Зайчиков и др., 2001–2003	298	-21,42±0,048	11, 14–16
$\text{C}_2\text{H}_5\text{CON}(\text{CH}_3)_2$	Зайчиков и др., 2001–2003	298	-22,34±0,058	14–16
$\text{CH}_2\text{ClCONH}_2$	Абрамова, 1985	298	-24,08±0,11	27–29

На герметическом качающемся калориметре с изотермической оболочкой при температурах 298, 308, 318 К измерены энтальпии смешения N,N-диметилацетамида с водой [32]. Полученные данные свидетельствуют о незначительном убывании экзотермичности процесса смешения амида с водой с ростом температуры. На основании полученных значений энтальпий смешения [32] рассчитаны значения энтальпий образования комплексов в системе ДМАА·Н₂О, ДМАА·2Н₂О, ДМАА·3Н₂О, а также концентрации свободной воды и воды, входящей в состав гидрата при заданных концентрациях ДМАА. Так, энтальпия образования комплекса ДМАА·2Н₂О равна – 19,8 кДж/моль.

Энтальпия структурирующего воздействия на воду метильной группы N-алкиламида приблизительно равна 7 кДж / моль, а алкильных фрагментов молекулы амида – около 14 кДж/ моль [8]. Энтальпия структурирующего воздействия на воду алкильных

фрагментов молекулы N,N-диметилацетамида оценена как ~19 кДж/моль, а ДМФА – как ~16 кДж/моль [14–16].

Энтальпия сольватации, как известно, равна разности энтальпии растворения и энтальпии испарения вещества моль [14–16]. Энтальпии испарения формамида, ацетамида и их N-алкилзамещенных приведены в работе [30]. Энтальпии гидратации амидов [7, 8, 14–16, 18, 30] становятся более экзотермичными в ряду: формамид < ДМФА < N,N-диэтилформамид < N,N-диметилацетамид < N,N-диэтилацетамид.

Такая последовательность может быть обусловлена, во-первых, усилением гидрофобной гидратации веществ при возрастании размера углеводородного радикала, во-вторых, увеличением основных свойств амидов [14–16, 18, 30] (донорные числа формамида, ДМФА, N,N-диэтилформамида, N,N-диметилацетамида, N,N-диэтилацетамида соответственно равны 24,0, 26,6, 31,0, 27,8 и 32,1 ккал/моль [14–16, 30].

Установлено, что удлинение алкильных радикалов у атома азота формамидов и ацетамидов сопровождается усилением гидрофобной и гидрофильной составляющей гидратации третичных амидов [8, 14–16, 18, 30].

Ряд относительной гидрофобности амидов алифатических карбоновых кислот [16] выглядит:



Авторы работы [15] предложили схему аддитивно-группового метода для расчета энтальпий растворения, энтальпий испарения и сольватации формамида, ацетамида и их алкилзамещенных.

Экспериментальное и рассчитанное аддитивно-групповым методом значения (равные) стандартной энтальпии образования формамида в газообразном состоянии ($\Delta_f H^0(\text{г}) = -186,19$ кДж/моль) приведены в работе [29].

Стандартная энтальпия сгорания N,N-диметилацетамида при 298 К, его теплоемкость и другие термодинамические функции определены в работах [40, 43].

В работах [29, 34–38] приведены практически одинаковые данные по определению энтальпии сгорания и образования кристаллического ацетамида при 298 К: $\Delta_f H^0 = -316,73 \pm 0,78$ [37] и $-316,19 \pm 0,82$ кДж/моль. Энтальпия и энтропия сублимации в области 298–349 К [21] соответственно равны $77,49 \pm 0,33$ кДж/моль и $171,54 \pm 0,84$ Дж/моль·К. Энтальпия сублимации ацетамида, по данным авторов [39], ($78,659 \pm 1,255$ кДж/моль) близка к данным работы [21].

Некоторые термодинамические свойства N,N-диметилацетамида приведены в работах [40–42]. Полученные авторами значения $\Delta_c H^0$ и $\Delta_f H^0$ хорошо согласуются с данными Васильевой и др. [43], которые в изотермическом калориметре типа В-06 измерили энтальпии сгорания ($\Delta_c H^0$) и рассчитали энтальпии образования ($\Delta_f H^0$) жидких N,N-диметилацетамида и N,N-диметилацетамида:

$$\begin{aligned} \Delta_c H^0(\text{CH}_3\text{CON}(\text{CH}_3)_2, \text{ж}, 298,15 \text{ К}) = \\ = -2581,99 \pm 1,51 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_f H^0(\text{CH}_3\text{CON}(\text{CH}_3)_2, \text{ж}, 298,15 \text{ К}) = \\ = -278,32 \pm 1,51 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}. \end{aligned}$$

Стандартные энтальпии сгорания и образования жидкого N-метилацетамида при 301,15 К, по данным работы [44], соответственно равны $-1867,7 \pm 1,3$ и $-308,4 \pm 1,3$ кДж/моль. Методом бомбовой калориметрии определены энтальпии сгорания и рассчитаны энтальпии образования при 298 К и $p = 101,325$ кПа кристаллических а-фенилацетамида [45–46]: $\Delta_c H^0 = -4210,40 \pm 3,79$ кДж/моль; $\Delta_f H^0 = -224,02 \pm 3,79$ кДж/моль и а-этоксацетамида [47]: $-\Delta_c H^0 = 2369,4 \pm 0,4$ кДж/моль; $-\Delta_f H^0 = 491,0 \pm 0,4$ кДж/моль; энтальпия его плавления при 298 К равна $25,1$ кДж/моль. Чистота сжигаемых образцов составляла соответственно 99,83 и 99,98%.

Изобарная теплоемкость кристаллического ацетамида изучена в области 14–300 К [48]:

$$C_p^0(\text{CH}_3\text{CONH}_2, \text{к}, 298 \text{ К}) = 65,14 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1};$$

$$S^0(\text{CH}_3\text{CONH}_2, \text{к}, 298 \text{ К}) = 288,36 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$$

и в области 0–330 К [49–50]:

$$C_p^0(\text{CH}_3\text{CONH}_2, \text{к}, 298 \text{ К}) = 91,3 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1};$$

$$S^0(\text{CH}_3\text{CONH}_2, \text{к}, 298 \text{ К}) = 115,0 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}.$$

Как видно, данные авторов [48–50] значительно отличаются между собой.

Термодинамические свойства кристаллического ацетамида [29, 34–39] находятся в хорошем соответствии с его характеристиками в идеальном газовом состоянии [51, 52], найденными на основе полуэмпирических расчетов и обработки спектральных данных, а также рассчитанных по методу групповых вкладов [53].

Методом статистической термодинамики [51] рассчитаны термодинамические функции (теплоемкость, энтропия, энергия Гиббса) газообразного ацетамида в широком температурном интервале 298–1500 К. Энергия стабилизации молекулы газообразного ацетамида, рассчитанная как разность

экспериментальной (238,3 кДж/моль) и рассчитанной для гипотетической структуры (155,5 кДж/моль) энтальпий образования ацетамида в газообразном состоянии, составляет 82,8 кДж/моль [29].

Кривая теплоемкости N,N-диметилацетамида в области 12–330 К [40] имеет две аномальные области, связанные с фазовыми переходами в твердом состоянии. Стандартные теплоемкость и энтропия N,N-диметилацетамида при 298 К соответственно равны 177,61 и 227,40 Дж/моль·К.

Теплоемкость кристаллического а-хлорацетамида, изученная в области 60–330 К [29, 53], плавно возрастает с повышением температуры. Теплоемкость и энтропия кристаллического а-хлорацетамида при 298 К и $p = 101,325$ кПа соответственно равны 107,3 и 124,3 Дж/моль·К.

Цианацетамид (М.м. = 83,99). В литературе сведения об этом амиде крайне малочисленны: а-цианацетамид представляет собой вещество белого цвета с характерным специфическим запахом.

Ряд работ [54–57] посвящен изучению гидролиза а-цианацетамида и его взаимодействию с некоторыми органическими веществами. Так, в работе [57] изучена кинетика основного гидролиза а-цианацетамида в смесях метанол-вода с содержанием метанола 10–70 % при температурах 20–45 °С. Скорость гидролиза а-цианацетамида выше скорости гидролиза ацетамида в аналогичных условиях. Реакция замедляется с увеличением содержания метанола. Так, константы скорости гидролиза $CNCH_2CONH_2$ при температуре 20 °С и содержании метанола 10, 30, 50 и 70 % равны соответственно 9,77; 6,91; 3,46 и $1,31 \cdot 10^4$ $dm^3 \cdot mоль^{-1} \cdot c^{-1}$.

Вычислены активационные, термодинамические параметры и изодиелектрические энергии, которые обсуждены с позиций эффектов растворителей. По-видимому, основной гидролиз $CNCH_2CONH_2$ протекает по механизму щелочного гидролиза ацетамида. Наличие же группы CN, действующей как электроноакцепторный заместитель, облегчает атаку ОН по карбонильной группе.

Группой японских ученых [55] описана реакция взаимодействия глюкозы с а-цианацетамидом. Продуктами реакции являются производные пиридинов и пирролидонов, которые способны к флуоресцентному свечению, поглощению и электрохимическому окислению. Поэтому этот тип реакций дает возможность к широкому применению послеклоночного анализа продуктов, образованных из восстанавливающихся углеводов. Анализ можно проводить

флюорографическими, фотометрическими или электрохимическими методами.

Измерена энергия сгорания и рассчитана стандартная энтальпия образования кристаллического цианацетамида при 298К [42]:

$$-\Delta_c H^0 = 1565,43 \pm 2,52 \text{ кДж/моль};$$

$$-\Delta_f H^0 = 186,80 \pm 2,52 \text{ кДж/моль}.$$

Пропионамид представляет собой белое кристаллическое вещество. Из хлороформа выделяется в виде ромбических пластин. Температура плавления – 79 °С, температура кипения – 213 °С, плотность при 20 °С – $0,915 \cdot 10^{-3}$ $кг \cdot м^3$ [58].

Изучена кристаллическая структура пропионамида [59]. Показано, что кристаллы пропионамида моноклинные, параметры элементарной ячейки: $a = 8,728$; $b = 5,734$; $c = 9,790$ А; $\gamma = 115,74$; $p_{изм.} = 1,046$; $p = 4$. Молекулы в кристалле пропионамида так же, как и у ацетамида, связаны межмолекулярными Н-связями (2,948 А), но в отличие от него образуют центросимметричные димеры [60].

Связи С=О (1,254 А) в молекуле пропионамида удлинены по сравнению со стандартными (1,23 А), а связи С-N (1,326 А), наоборот, короче обычных (1,47 А), что указывает, по мнению авторов [59], на вклад цвиттерионной формы О-С-NH₂. Установлено также и существование сокращения связей С-С (1,476 и 1,502 А) по сравнению с их обычным значением (1,54 А), что обусловлено вкладом другой резонансной формы +С=C(NH₂)-О-.

Нами [61] проведено сжигание в калориметрической бомбе высокочистого кристаллического пропионамида и определены его стандартные энтальпия сгорания и энтальпия образования при 298К:

$$-\Delta_c H^0 = 3550,10 \pm 0,82 \text{ кДж/моль};$$

$$-\Delta_f H^0 = 291,37 \pm 0,82 \text{ кДж/моль}.$$

Экспериментально полученные стандартные энтальпия сгорания и энтальпия образования жидкого монометилпропионамида при 298К [44] соответственно равны (кДж/моль): $-2539,7 \pm 0,8$ и $-320,1 \pm 0,8$.

Валерамид (М.м.=73,15) представляет собой слегка желтоватые пластинчатые кристаллы. В литературе нами найдены лишь следующие свойства валерамида: температура плавления - 114 °С; плотность при 20 °С – $1,026 \cdot 10^{-3}$ $кг/м^3$ [58].

Валерамид получают при нагревании на водяной бане н-валерхлорида с диодидом магния в эфире с последующей кристаллизацией в виде пластинок из воды. Данных по другим физико-химическим

свойствам валерамида в литературе нами не обнаружено. Стандартные энтальпия сгорания и энтальпия образования кристаллического валерамида, определенные методом бомбовой калориметрии [62], равны:

$$-\Delta_c H^0 = 3140,62 \pm 0,84 \text{ кДж/моль};$$

и

$$-\Delta_f H^0 = 329,04 \pm 0,84 \text{ кДж/моль}.$$

Изовалерамид образует бесцветные кристаллы, которые из этанола выпадают в виде моноклинных пластин. Температура плавления – 230–232 °С, плотность при 20 °С – $0,965 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ [58]. Кристаллические структуры валерамида и изовалерамида не изучены. Однако имеются сведения о кристаллической структуре производного изовалерамида – 2-(N,N-диацетилгидразина)-N-метилизовалерамида [63]. Кристаллы этого соединения ромбические, все три амидные группы приблизительно плоские и имеют цис-конфигурацию. В кристалле молекулы объединяются Н-связями NH...О (длина Н-связи 2,884 и 2,979 А).

Экспериментально определены значения стандартных энтальпии сгорания ($-3149,68 \pm 1,73 \text{ кДж/моль}$) и энтальпии образования ($-390,02 \pm 1,73 \text{ кДж/моль}$) изовалерамида [42, 45, 46]. Как показали Янг и др. [64], энтальпия сгорания ацетамида и его гомологов может быть описана уравнением: $-\Delta_c H = 216,73s$ (кДж/моль), где s – число атомов кислорода, необходимых для сгорания 1 моль вещества. Энтальпии сублимации (кДж/моль) пропанамида, бутанамида и октанамида при 298 К соответственно равны $79,08 \pm 0,42$; $86,19 \pm 0,84$; $110,46 \pm 2,93$ [39]. Энтальпии образования пропионамида, валерамида и изовалерамида в газообразном состоянии при 298 К, рассчитанные квантово-механическими методами [65], находятся в хорошем соответствии с данными работ [39, 61, 62]. На прецизионной калориметрической установке В-Об [66] измерены энтальпии сгорания жидких N-метилпропанамида и N,N-диметилзамещенных пропанамида и бутанамида, а также экспериментально определены их энтальпии испарения. Автором для расчета энтальпии образования газообразных диметилзамещенных амидов предложено уравнение:

$$\Delta_f H^0 = -229,5 - 20,6 K,$$

где K – число CH_2 -групп.

Как видно из выше изложенного, термодинамические свойства замещенных и гомологов ацетамида изучены на сегодняшний день весьма недостаточно.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Страйер Л.* Биохимия. М.: Мир, 1985. Т. 3. 920 с.
2. Общая органическая химия / Под ред. Д. Бартона, У. Д. Оллиса. М.: Химия, 1983. Т. 4. С. 728.
3. *Bull W.E., Madan S.K.* // Inorg. Chem. 1963. V. 2, N 2. P. 303.
4. *Planche L.A.* // J. Am. Chem. Soc. 1964. V. 86, N 2. P. 337.
5. *Лебедева Н.Ш., Вьюгин А.И., Михайловский К.Б.* // Ж. общ. химии. 2003. Т. 33, вып. 6. С. 1022-1028.
6. *Puhovski Y.P., Rode B.N.* // Chem. Phys. 1995. V. 990, N 1. P. 61-82.
7. *Бушуев Ю.Г., Давлетбаева С.В., Королев В.П.* Международная научная конференция “Кинетика и механизм кристаллизации”, (Иваново), 12-14 сент., 2000: Тез. докл. Иваново, 2000. С. 3.
8. *Зайчиков А.М.* Ж. общ. химии. 2001. Т. 71, №2. С. 185-189.
9. *Колесов В.П.* Термохимия. 1996. 231 с.
10. *Бушуев В.Г., Зайчиков А.М.* // Изв. РАН. Сер. хим. 1998. №10. С. 1911-1917.
11. *Батов Д.В., Манин Н.Г., Зайчиков А.М.* Международная научная конференция “Кинетика и механизм кристаллизации”, (Иваново), 12–14 сент., 2000: Тез. докл. Иваново, 2000. С. 69.
12. *Кесслер Ю.М., Зайцев А.Л.* Сольвофобные эффекты. Л.: Химия, 1989. 312 с.
13. Всероссийский научный симпозиум по термохимии и калориметрии, 1–3 июля, 2004: Тезисы докладов. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2004. 250 с.
14. *Зайчиков А.М.* // Ж. общ. химии. 2002. Т. 72, вып. 10. С. 1603.
15. *Батов Д.В., Зайчиков А.М.* // Ж. общ. химии. 2003. Т. 73, вып. 4. С. 545-552.
16. *Зайчиков А.М., Манин Н.Г.* // Изв. РАН. Сер. хим. 2001. №5. С. 747-751.
17. *Spencer J.N., Berger S.K., Powell S.R.* // J. Phys. Chem. 1981. V. 85, N9. P. 1236-1241.
18. *Зайчиков А.М.* // Ж. физ. химии. 2003. Т. 77, №4. С. 617-622.
19. *Zhao Jan, Lynch Benjamin J, Nruhtar Donald G.* // J. Phys. Chem. A. 2004. 108. N 21. С. 4786-4791.
20. *Klimkowski V.I., Sellers H.L., Schafer L.* // J. Mol. Structure. 1979. V. 54. P. 299-301.
21. *Davies M., Jones A.Y., Thomas G.H.* // Trans. Far. Soc. 1959. V. 55, N 7. P. 1100-1108.
22. *Rouw A., Somsen G.* // J. Chem. Soc. Far. Trans. 1982. P. 1. V. 78, N 11. P. 3397-3408.
23. *Stimson E.R., Schrier E.E.* // J. Chem. Eng. Data. 1974. V. 19, N 4. P. 354-358.
24. *Woldan M., Taniewska-Osinska S.* // Acta UL. Folia chem. 1982. N 1. P. 3-18.
25. *Wood R., Hiltzik L.H.* // J. Solut. Chem. 1980. V. 9, N 1. P. 45-57.
26. *Bury R., Mayaffre A.* // J. Chem. Phys. 1977. V. 74. P. 745-747.
27. *Абрамова Г.В., Васильев В.П., Раскова О.Г., Нурахметов Н.Н., Беремжанов Б.А.* Кислотно-основные свойства лигандов типа ацетамида и его производных: Тез. докл. XIV Всесоюз. Чугаевского совещания по химии комплексных соединений. Иваново, 1981. С. 521.
28. *Нурахметов Н.Н., Беремжанов Б.А., Абрамова Г.В.* Энтальпия растворения некоторых амидов и тиоамидов в воде: Тез. докл. III Всесоюз. конф. по термодинамике органических соединений. Горький, 1982. С. 187.

29. *Абрамова Г.В.* Дис. ... канд. хим. наук. Алма-Ата, 1985.
30. *Батов Д.В., Манин Н.Г., Зайчиков А.М.* // Ж. общ. химии. 2001. Т. 71, вып. 6. С. 909-915.
31. *Lu Yan, Cheng Qingtang, Chen Yanbin* // *Thermochim. Acta*. 1999. V. 334, N 1-2. С. 29-32.
32. *Нурахметов Н.Н., Беремжанов Б.А., Абрамова Г.В., Лебедев Б.В.* Тез. докл. 8 Междунар. конф. по термическому анализу. Братислава, 1985. С. 329.
33. *Zhao Jan, Lynch Benjamin J., Nruhtar Donald G.* // *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2005. V. 7, N 1. С. 43-52.
34. *Nurachmetov N.N., Beremzhanov B.A., Abramova G.V., Lebedev B.V.* *Thermochim. Proc. 8 Int. Conf., Bratislava, 19-23 Aug. 1985.* Part A. P. 329-332.
35. *Беремжанов Б.А., Нурахметов Н.Н., Абрамова Г.В.* III Всес. конф. по термодинамике органических соединений: Тез. докл. Горький, 1982. С. 187.
36. *Calvet E.* // *J. Chim. Phys. et phys.-chim. biol.* 1933. V. 30. P. 140-166.
37. *Беремжанов Б.А., Нурахметов Н.Н., Абрамова Г.В., Лебедев Б.В.* Проблемы калориметрии и химической термодинамики. Черноголовка: ИНХП АН СССР, 1984. С. 460-462.
38. *Лебедев Ю.А., Мирошниченко Е.А.* Термохимия паробразования органических веществ. М.: Наука, 1981. 215 с.
39. *Мосеева Е.М., Николаев П.Н., Сеченова Т.А., Рабинович И.Б.* // Труды по химии и хим. технологии. Горький, 1973. Вып. 1(32). С. 153-155.
40. *Рыскалиева А.* Дис. ... канд. хим. наук. Алматы, 1998.
41. Энтальпия сгорания N,N-диметилформамида и N,N-диметилацетамида / *Васильева Т. Ф., Жильцова И. П., Введенский А. Н.*; НИИ химии при Горьковском ун-те. Горький, 1971. 3 с.; Библиогр. – 8 назв. Рус. Деп. в ВИНТИ 16.09.71, № 3727-71.
42. *Васильева Т.Ф., Жильцова Е.Н.* Термодинамика орган. соединений. Межвуз сборник. Горький, 1986. Вып. 16. С. 45-48.
43. *Airoidi C.* // *Inorg. Chem.* 1981. V. 20, N 4. P. 998-1002.
44. *Бушугев В.Г., Зайчиков А.М.* // Изв. РАН. Сер. хим. 1998. №10. С. 1911- 1917.
46. *Рыскалиева А.К., Абрамова Г.В., Нурахметов Н.Н., Еркасов Р.Ш.* Энтальпии сгорания и образования а-фенилацетамида и изовалерамида // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 1990. Т. 33, вып. 9. С. 17-19.
47. *Гутнер Н.М., Лебедев Н.Д., Добычин С.Л., Киселева Н.Н.* // Ж. п. х. 1980. Т. 53, №9. С. 2061-2065.
48. *Нурахметов Н.Н., Рыскалиева А.К., Абрамова Г.В., Еркасов Р.Ш., Усманова Г.И.* Энтальпии сгорания и образования а-фенилацетамида и изовалерамида // Тез. докл. 3-го Регионального совещания республик Средней Азии и Казахстана по химическим реактивам. Ташкент, 1990. Т. 1. Ч. 2. С. 220.
49. *Нурахметов Н.Н., Беремжанов Б.А., Абрамова Г.В., Лебедев Б.В.* Термодинамические свойства ацетамида, тиосемикарбазида и гидронитрата тиокарбамида в области (0-330)К // Проблемы калориметрии и химической термодинамики: Докл. на X Всесоюз. конф. Черноголовка, 1984. С. 460-462.
50. *Абрамова Г.В., Васильев В.П., Беремжанов Б.А., Нурахметов Н.Н., Лебедев Б.В., Кулагина Т.Г.* Изобарная теплоемкость ацетамида в области температур 14–300 К. Рекомендуемые справочные данные. Всес. научно-исслед. Центр по материалам и веществам Госстандарта. Свидетельство № 180 ГСССД, 17.09.86.
51. *Антонов А.А.* // Ж. общ. химии. 1972. № 6. С. 325-327.
52. *Ruger C., Schwetlick R., Kammer H.* // *Acta Chim. Acad. Scient. Hungaricae*, 1975. Bd. 85(4). S. 347-359.
53. Краткий справочник физико-химических величин. Изд. 8-е, перераб. / Под ред. А. А. Равделя, А. М. Пономаревой. Л.: Химия, 1983. 232 с.
54. *Бенсон С.* Термохимическая кинетика. М., 1971. 308 с.
55. Термодинамические свойства семикарбазида, гидронитратов карбамида, ацетамида в области 13–330 К / *Лебедев Б.В., Кулагина Т.Г., Кипарисова Е.Т., Смирнова Н.Н., Нурахметов Н., Беремжанов Б. А., Абрамова Г.В.*; НИИ химии при Горьковском ун-те. Горький, 1984. 13 с.; Библиогр.: 11 назв. Рус. деп. в ОНИИТЭхим, г. Черкассы 11.10.84, № 968-хп84.
56. *Татевский В.М.* Химическое строение углеводов и закономерности в их физико-химических свойствах. М.: МГУ, 1973. 320 с.
57. *Папулов Ю.Т., Смоляков В.М.* Физические свойства и химическое строение. Калинин: КГУ, 1981. 239 с.
58. *Марч Дж.* Органическая химия. М.: Мир, 1987. Т. 1. 381 с.
59. *Петров А.А., Бальян Х.В., Троценко А.Т.* Органическая химия. М.: Высшая школа, 1981. 592 с.
60. *Konicek J., Wadso J.* // *Acta Chem. Scand.* 1971. V. 25, N 5. P. 1541-1551.
61. *Абрамова Г.В., Рыскалиева А.* Термохимия ацетамида и его гомологов // Ж. физ. хим. 1999. № 4. С. 212-214.
62. *Рыскалиева А., Абрамова Г.В.* Термохимия гомологов ацетамида и их соединений с кислотами // Ж. физ. хим. 2001. № 9. С. 518-520.
63. *Бенсон С.* Термохимическая кинетика. М.: Мир, 1971. 308 с.
64. *Joung J.A., Keith J.E., Stehle P., Dzombak W.C., Hunt H.* // *Ind. Eng. Chem.* 1956. 3A. N 8. P. 1375-1378.
65. *Омарова Р.А.* Дис. ... докт. хим. наук. Алматы.
66. *Васильева Т.Ф.* Термодинамика органических соединений. Горький, 1987. Вып. 19. С. 79-82.

Резюме

Ацетамидтің, оның орнын басушылардың және гомологтарының термодинамикалық қасиеттері бойынша автор эксперимент жүзінде алған нәтижелерге және әдеби мәліметтерге шолу жүргізілген.

Summary

Review of thermodynamic properties of acetamide, its substituted and homologs obtained by author and literature data.

УДК 541.11

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы

Поступила 10.12.05г.