

і $\text{Cs}_3\text{As}_2\text{Br}_9$ [17]. Слід також зазначити, що СТ $\text{Cs}_3\text{Bi}_2\text{Br}_9$ і $\text{Cs}_3\text{As}_2\text{Cl}_9$ неможливо надійно розрізнити на рентгенограмах, оскільки їх просторові групи ($P3m1$ і $P321$) належать до одного й того ж дифракційного класу [18]. Такі поліморфні переходи, що супроводжуються лише зміною міжатомних відстаней і валентних кутів без суттєвого порушення кристалохімічної топології, прийнято називати нереконструктивними [19]. Очевидно, саме такий тип поліморфізму і характерний для сполуки $\text{Cs}_3\text{Sb}_2\text{Br}_9$. На користь цієї гіпотези свідчить факт успішного вирощування крупних високоякісних монокристалів $\text{Cs}_3\text{Sb}_2\text{Br}_9$ методом Бріджмена [2], що було б неможливо за умови реконструктивного фазового переходу цієї сполуки.

Таким чином, з використанням методів ДТА і РФА нами досліджено фазові рівноваги в системі $\text{Rb}_3\text{Sb}_2\text{I}_9$ — $\text{Cs}_3\text{Sb}_2\text{Br}_9$ та побудовано відповідну діаграму стану. Встановлено неквазібінарність розрізу $\text{Rb}_3\text{Sb}_2\text{Br}_9$ — $\text{Cs}_3\text{Sb}_2\text{I}_9$. Характер взаємодії у дослідженій системі пояснено кристалохімічними особливостями вихідних тернарних галогенідів.

РЕЗЮМЕ. Методами дифференціального термічного (ДТА) і рентгенофазового (РФА) аналізів дослідовані фазові рівноваги в системі $\text{Rb}_3\text{Sb}_2\text{I}_9$ — $\text{Cs}_3\text{Sb}_2\text{Br}_9$, побудована відповідна діаграма стану. Встановлено неквазібінарний характер розрізу $\text{Rb}_3\text{Sb}_2\text{Br}_9$ — $\text{Cs}_3\text{Sb}_2\text{I}_9$. Характер взаємодії в дослідженій системі пояснено кристалохімічними особливостями вихідних трійних компонентів.

SUMMARY. Using differential thermal analysis (DTA) and X-ray powder diffraction techniques (XRD), the phase equilibria of the system $\text{Rb}_3\text{Sb}_2\text{I}_9$ — $\text{Cs}_3\text{Sb}_2\text{Br}_9$ have been studied, and the temperature-composition diagram of this system has been mapped. The system $\text{Rb}_3\text{Sb}_2\text{Br}_9$ — $\text{Cs}_3\text{Sb}_2\text{I}_9$ was found to be non-quasibinary.

Ужгородський національний університет

Надійшла 23.02.2004

УДК 541.8

И.А. Ренский, А.А. Рудницкая, Ю.Я. Фиалков

О ТЕМПЕРАТУРНОМ КОМПЕНСАЦИОННОМ ЭФФЕКТЕ В ТЕРМОДИНАМИКЕ АКТИВАЦИИ ВЯЗКОГО ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ

На основании анализа зависимостей между энтальпиями и эмпирическими энтропиями активации вязкого течения воды в интервале температур 273.15—373.15 К показана, а также математически обоснована несос-

© И.А. Ренский, А.А. Рудницкая, Ю.Я. Фиалков, 2005

The type of interaction in the studied system has been explained by the structural peculiarities of the starting ternary components.

1. Кун С.В., Переш Е.Ю., Лазарев В.Б. и др. // Неорганические материалы. -1988. -**24**, № 11. -С. 1899—1903.
2. Кун С.В., Переш Е.Ю., Лазарев В.Б., Кун А.В. // Там же. -1991. -**27**, № 3. -С. 611—615.
3. Кун С.В., Лазарев В.Б., Переш Е.Ю. и др. // Там же. -1993. -**29**, № 3. -С. 410—413.
4. Переш Е.Ю., Лазарев В.Б., Кун С.В. и др. // Там же. -1997. -**33**, № 4. -С. 431—435.
5. Sidey V.I., Voroshilov Yu.V., Kun S.V., Peresh E.Yu. // Red Book. Constitutional Data and Phase Diagrams of Metallic Systems. -1999. -**41**. -Р. 2034—2035.
6. Сідей В.І. // Наук. вісн. Ужгород. ун-ту. Сер. хім. -1998. -Вип. 3. -С. 30—33.
7. Сідей В.І., Кун С.В., Переш Е.Ю. // Там же. -1999. -Вип.4. -С. 21—25.
8. Sidey V.I., Voroshilov Yu.V., Kun S.V., Peresh E.Yu. // J. Alloys Compd. -2000. -**296**. -Р. 53—58.
9. Сідей В.І. Автореф. дис. ... канд. хім. наук. -Львів, 2000.
10. Сідей В.І., Кун С.В., Переш Е.Ю. // Наук. вісн. Ужгород. ун-ту. Сер. хім. -2001. -Вип. 6. -С. 116—120.
11. Стерчо І.П., Сідей В.І., Кун С.В., Переш Е.Ю. // Там же. -2002. -Вип. 7. -С. 22—26.
12. Nolze G., Kraus W. // Powder Diffraction. -1998. -**13**. -Р. 256—259.
13. Dong C., Langford J.I. // J. Appl. Crystallogr. -2000. -**33**. -Р. 1177—1179.
14. Бокій Г.Б. Кристаллохимия. -М.: Наука, 1971.
15. Зубака О.В., Переш Е.Ю., Сідей В.І. та ін. // Укр. хім. журн. -2003. -**58**, № 8. -С. 84—88.
16. Lazarini F. // Acta Crystallogr. (B). -1977. -**33**. -Р. 2961—2964.
17. Hoard J.L., Goldstein L. // J. Chem. Phys. -1935. -**3**. -Р. 117—122.
18. Миркин Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. -М.: Изд-во физ.-мат. лит., 1961.
19. Лодиз Р., Паркер Р. Рост монокристаллов: Пер. с англ. -М.: Мир, 1974.

тоятельность методики определения трансмиссионных коэффициентов и истинных параметров активации вязкого течения в жидких средах по температурным изокинетическим зависимостям.

Одним из методов исследования структуры индивидуальных жидкостей и растворов является анализ термодинамических параметров активации их вязкого течения, расчет которых обычно проводится по уравнению теории переходного состояния Эйринга [1], имеющего для рассматриваемого процесса следующий вид:

$$\eta = \frac{hN_A}{\chi V_M} \exp\left(\frac{\Delta G_{\eta}^{\ddagger}}{RT}\right), \quad (1)$$

где η — динамическая вязкость, V_M — молярный объем жидкости, χ — трансмиссионный коэффициент.

При этом χ в подавляющем большинстве случаев принимается равным единице. Однако, как показано в работах [2, 3], это допущение справедливо лишь тогда, когда жидкость ведет себя как идеальный газ [4].

Для расчетов термодинамических параметров активации вязкого течения уравнение (1) приводят к виду:

$$\Delta G_{\eta}^{\ddagger} = RT(\ln \eta + \ln V_M - \ln(hN_A) + \ln \chi), \quad (2)$$

из анализа которого следует, что значения $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}$, а также

$$\Delta S_{\eta}^{\ddagger} = -\left(\frac{\partial \Delta G_{\eta}^{\ddagger}}{\partial T}\right)_P \quad (3)$$

зависят от χ , в то время как на значения $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$, определяемые из соотношения

$$\Delta H_{\eta}^{\ddagger} = \Delta G_{\eta}^{\ddagger} + T\Delta S_{\eta}^{\ddagger}, \quad (4)$$

величина трансмиссионного коэффициента не влияет. В рамках теории Эйринга энтальпия активации вязкого течения описывается уравнением:

$$\Delta H_{\eta}^{\ddagger} = -RT^2\left(\frac{\partial \ln v}{\partial T}\right)_P = R\left(\frac{\partial \ln v}{\partial 1/T}\right)_P, \quad (5)$$

где $v = \eta/\rho$ — кинематическая вязкость.

Таким образом, рассчитанные на основе уравнения (2) при $\chi=1$ термодинамические параметры активации вязкости, за исключением $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$, имеют относительный характер. По этой причине их называют кажущимися [3] или эмпирическими [5, 6] и обозначают как $\Delta G_{\eta^{\ddagger}}^{\ddagger}$ и $\Delta S_{\eta^{\ddagger}}^{\ddagger}$. С истинными значениями энергии Гиббса $\Delta G_{\eta(\text{ист})}^{\ddagger}$ и энтропии активации $\Delta S_{\eta(\text{ист})}^{\ddagger}$ они связаны соотношениями:

$$\Delta G_{\eta(\text{ист})}^{\ddagger} = \Delta G_{\eta^{\ddagger}}^{\ddagger} + RT \ln \chi; \quad (6)$$

$$\Delta S_{\eta(\text{ист})}^{\ddagger} = \Delta S_{\eta^{\ddagger}}^{\ddagger} - R \ln \chi. \quad (7)$$

Используя методы статистической физики и неравновесной термодинамики, М.И. Шахпаронов получил [2] для расчета констант скоростей реакций в неидеальных системах уравнение, которое для вязкого течения, если его рассматривать как множество однотипных элементарных процессов разрыва определенных межмолекулярных связей в жидкостях [3, 5], записывается как

$$\eta = \frac{hN_A}{4\pi e\chi'V_M} \exp\left(\frac{\Delta G_{\eta}^{\ddagger}}{RT}\right), \quad (8)$$

где χ' — трансмиссионный коэффициент в теории Шахпаронова.

Из сравнения уравнений (1) и (8) видно, что

$$\chi = 4\pi e\chi'. \quad (9)$$

Шахпаронов также показал [2, 5, 7], что χ' может быть найден, если между $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$ и $\Delta S_{\eta^{\ddagger}}^{\ddagger}$ в изотермических сериях однотипных объектов наблюдается линейная зависимость:

$$\Delta H_{\eta}^{\ddagger} = A + B\Delta S_{\eta^{\ddagger}}^{\ddagger}, \quad (10)$$

которая именуется изокинетической зависимостью или кинетическим компенсационным эффектом. Параметры A и B уравнения (10) связаны с трансмиссионным коэффициентом χ' соотношением:

$$\frac{A}{B} = -R \ln 4\pi e\chi'. \quad (11)$$

Параметр B , называемый изокинетической температурой, согласно Шахпаронову, является колебательной температурой реакционного центра активного комплекса [2, 7].

Таким образом, наличие изокинетической зависимости дает возможность по формуле (11) рассчитывать χ' и далее по уравнениям (9), (6) и (7) находить истинные величины $\Delta G_{\eta(\text{ист})}^{\ddagger}$ и $\Delta S_{\eta(\text{ист})}^{\ddagger}$.

Кинетический компенсационный эффект в вязком течении жидкостей наблюдается в гомологических рядах [5, 6, 8], в сериях одинаковых растворов различных концентраций [6, 9], в случае растворов, близких по химической природе солей [9]. При этом компенсационный эф-

фект характеризует линейную зависимость между $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$ и $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}$ в изотермических сериях однотипных объектов, для которых и была разработана соответствующая методика Шапаронова.

В работах [10, 11] показано, что для индивидуальных ассоциированных жидкостей существует температурная изокинетическая зависимость, названная "собственным компенсационным эффектом". В этом случае в линейную зависимость вида (10) укладываются значения $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$ и $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}$, относящиеся к разным температурам. По этой зависимости, по мнению автора указанных работ, можно рассчитывать величины трансмиссионных коэффициентов и истинные активационные характеристики процесса вязкого течения так же, как и по изотермической изокинетической зависимости, используя методику, описанную выше.

Однако, как утверждается в работе [6], температурная изокинетическая зависимость, например, для N-метил-пропионамида не совпадает с гомологической для N-метилзамещенных амидов жирных кислот. На этом основании авторы делают вывод о том, что "собственный компенсационный эффект" не может быть использован для определения истинных термодинамических параметров активации вязкого течения в жидкостях.

При изучении термодинамики активации вязкости в водных растворах иодидов щелочных металлов [9] мы также обнаружили температурный компенсационный эффект, который наблюдался для всех изученных растворов с постоянной концентрацией соли в исследованном температурном интервале 298.15—353.15 К. При этом наше внимание обратил на себя тот факт, что изокинетические температуры во всех случаях — и для растворов одной и той же соли разных концентраций, и для растворов различных по природе солей — были приблизительно одинаковыми и соответствовали середине температурного интервала, в пределах которого выполняется соотношение (10). Аналогичными признаками характеризуются все без исключения параметры B , приведенные в работе [12], а также большинство изокинетических температур, представленных в работе [10].

В табл. 1 в качестве примера приводятся характеристики температурных изокинетических зависимостей для растворов иодида натрия и иодида цезия, полученные по данным работы [9]. Аналогичная картина наблюдается и в случае водных растворов LiI и KI. Результаты ис-

Т а б л и ц а 1

Параметры температурных изокинетических зависимостей вида (10), коэффициенты корреляции и величины трансмиссионных коэффициентов в вязком течении водных растворов иодида натрия и иодида цезия в интервале температур 298.15—353.15 К ($T_{cp}=325.65$ К)

Концентрация соли, мол. дол.	A , кДж/моль	B , К	r	$\chi' \cdot 10^3$
NaI				
0.01	8.707	322.1	0.9989	1.13
0.02	8.761	323.1	0.9994	1.12
0.03	8.894	320.2	0.9994	1.04
CsI				
0.01	8.538	324.4	0.9994	1.24
0.02	8.575	327.5	0.9994	1.26
0.03	8.695	322.0	0.9992	1.14
0.04	8.803	325.5	0.9995	1.13

следования температурного компенсационного эффекта в работу [9] не вошли, так как было решено обсудить этот вопрос в отдельной статье.

Настоящая работа посвящена доказательству того, что температурный компенсационный эффект не может быть использован для расчета истинных термодинамических параметров активации вязкого течения в жидкостях.

Обычно температурные зависимости $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}$ для структурированных жидкостей аппроксимируются полиномом второй степени [9, 12, 13]:

$$\Delta G_{\eta}^{\ddagger} = aT^2 + bT + c, \quad (12)$$

откуда следует, с учетом (3) и (4), что

$$\Delta S_{\eta}^{\ddagger} = -2aT - b; \quad (13)$$

$$\Delta H_{\eta}^{\ddagger} = -aT^2 + c. \quad (14)$$

Уже тот факт, что $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}$ зависит от температуры линейно, а $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$ — не линейно, указывает на то, что между этими параметрами не может быть строгой линейной зависимости.

Для проверки этого факта мы рассчитали по приводимым в работе [14] данным о плотности и вязкости воды, используя уравнения (2), (3) и (4) при $\chi=1$, активационные характеристики ее вязкого течения в диапазоне температур 273.15—373.15 К с шагом в 5 К.

Политерма $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}$ была аппроксимирована уравнением $\Delta G_{\eta}^{\ddagger} = 0.1409T^2 - 109.45T + 29300$

Т а б л и ц а 2

Параметры зависимостей вида (10), коэффициенты корреляции и величины трансмиссионных коэффициентов вязкости воды

ΔT , К	A , кДж/моль	B , К	T_{cp} , К	r	$\chi' \cdot 10^3$	$\Delta G_{\eta}^{\ddagger}(T_{cp})$, кДж/моль
273.15 – 373.15	8.50	323.4	323.15	0.9991	1.23	8.65
273.15 – 323.15	9.11	299.4	298.15	0.9996	0.75	9.16
323.15 – 373.15	8.20	350.2	348.15	0.9997	1.75	8.27

с коэффициентом корреляции $r = 0.9992$. Рассчитанные по этому уравнению значения энергии Гиббса активации вязкости воды отличаются от найденных по экспериментальным данным величин менее чем на 0.5 %.

В табл. 2 приведены параметры уравнений вида (10), описывающих зависимости между округленными до трех значащих цифр значениями $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$ и $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}$ воды для разных температурных интервалов.

Анализ данных табл. 2 свидетельствует о том, что зависимость между $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$ и $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}$ для воды в интервале температур 273.15—373.15 К, несмотря на весьма высокий коэффициент корреляции, не является строго линейной. Если бы это действительно была прямая, то параметры A и B для всех температурных интервалов были бы одинаковыми. Однако, как видно из таблицы, они различны для разных диапазонов T . При этом величины B совпадают в пределах погрешности расчетов со средними значениями температур изученных температурных интервалов. Кроме того, как видно из таблицы, значения параметра A практически совпадают с величинами энергии Гиббса активации вязкого течения воды, рассчитанными для средних температур каждого из интервалов. Все это позволяет утверждать, что коэффициенты уравнений вида (10), приведенные в таблице, определенным образом характеризуют геометрию "псевдолинейной" зависимости между $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$ и $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}$, которая на самом деле является выпуклой от оси $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}$.

Обнаруженные закономерности можно обосновать математически следующим образом. Пусть в некотором интервале температур $T_1 - T_2$ $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$ зависит от $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}$ по уравнению (10). Тогда

$$\Delta H_{\eta}^{\ddagger}(T_2) - \Delta H_{\eta}^{\ddagger}(T_1) = B[\Delta S_{\eta}^{\ddagger}(T_2) - \Delta S_{\eta}^{\ddagger}(T_1)]$$

или
$$\Delta(\Delta H_{\eta}^{\ddagger}) = B\Delta(\Delta S_{\eta}^{\ddagger}).$$

$$\text{Отсюда } B = \frac{\Delta(\Delta H_{\eta}^{\ddagger})}{\Delta(\Delta S_{\eta}^{\ddagger})}.$$

Но, согласно уравнениям (13) и (14),

$$\Delta(\Delta H_{\eta}^{\ddagger}) = -a(T_2^2 - T_1^2),$$

$$\Delta(\Delta S_{\eta}^{\ddagger}) = -2a(T_2 - T_1),$$

из чего следует, что

$$B = \frac{T_1 + T_2}{2} = T_{cp}.$$

Для энthalпии активации при изокINETической температуре B , то есть при средней температуре интервала T_{cp} , с учетом соотношения (10) получим выражение

$$\Delta H_{\eta}^{\ddagger}(T_{cp}) = A + T_{cp} \cdot \Delta S_{\eta}^{\ddagger}(T_{cp}),$$

а для энергии Гиббса активации при тех же условиях будем иметь:

$$\begin{aligned} \Delta G_{\eta}^{\ddagger}(T_{cp}) &= \Delta H_{\eta}^{\ddagger}(T_{cp}) - T_{cp} \cdot \Delta S_{\eta}^{\ddagger}(T_{cp}) = \\ &= A + T_{cp} \cdot \Delta S_{\eta}^{\ddagger}(T_{cp}) - T_{cp} \cdot \Delta S_{\eta}^{\ddagger}(T_{cp}) = A. \end{aligned}$$

Как видно из приведенного выше доказательства, параметр B , найденный по температурной изокINETической зависимости, полученной на основании уравнений (12)—(14), всегда будет соответствовать средней температуре исследуемого температурного интервала независимо от химической природы жидкости и специфики межмолекулярных взаимодействий в ней. Этот факт явно противоречит физическому смыслу понятия "изокINETическая температура", о котором упоминалось ранее. Кроме того, величины трансмиссионных коэффициентов, представленные в табл. 2, почти на порядок больше значений $\chi' = 2 \cdot 10^{-4} - 4 \cdot 10^{-4}$, которые приводятся для воды в работе [15].

Математический анализ температурных изокINETических зависимостей, представленный выше, позволяет утверждать следующее. Если вязкое течение двух жидкостей исследуется в одном и том же температурном интервале и полимеры $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}$ описываются полиномами второй степени, то изокINETические температуры, находимые по температурным изокINETическим зависимостям, для этих двух жидкостей будут одинаковыми. Значение же трансмиссионного коэффициента, связанное с этими температурами (параметр B) и величинами $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}$ при этих температурах (параметр A) уравнением (11), все-

гда будет меньше для той жидкости, у которой $\Delta G_{\eta}^{\ddagger}$ при одной и той же изокINETической температуре больше или, как следует из соотношения (2), больше произведение ηV_M . Отсюда следует вывод, что у жидкостей с большой молярной массой и малой плотностью значения трансмиссионных коэффициентов должны быть низкими. Например, для *n*-октана, вязкое течение которого рассмотрено в работе [8], трансмиссионный коэффициент χ' , полученный из температурной изокINETической зависимости в интервале 273.15—333.15 К, равен $1.5 \cdot 10^{-4}$, что на порядок меньше, чем у воды (см. табл. 2). В то же время χ' в гомологическом ряду *n*-алканов, куда входит *n*-октан, по данным работ [5, 6, 8], составляет $1.1 \cdot 10^{-3}$ — $1.5 \cdot 10^{-3}$. Этот коэффициент больше соответствующего значения истинного χ' для воды, полученного Шахпароновым в работе [15] и равного $2 \cdot 10^{-4}$ — $4 \cdot 10^{-4}$. Такое соотношение между трансмиссионными коэффициентами вязкого течения в гомологическом ряду *n*-алканов и в воде в большей мере соответствует представлениям о связи между этим параметром и структурой жидкости [2].

Таким образом, полученные нами результаты политермического исследования термодинамических параметров активации вязкого течения воды, а также проведенный математический анализ используемых для описания их температурных зависимостей уравнений, подтверждают сделанный в работе [6] вывод о том, что температурные "псевдолинейные" зависимости между $\Delta H_{\eta}^{\ddagger}$ и $\Delta S_{\eta}^{\ddagger}$ не имеют ничего общего с действительным компенсационным эффектом и поэтому не могут быть использованы для расчета трансмиссионных коэффициентов и истинных величин термодинамических параметров активации вязкого течения в жидкостях.

РЕЗЮМЕ. На основі аналізу залежностей між ентальпіями та емпіричними ентропіями активації

в'язкої течії води в інтервалі температур 273.15—373.15 К показана, а також математично обрентована неспроможність методики визначення трансмісійних коефіцієнтів та істинних параметрів активації в'язкої течії в рідких середовищах по температурним ізокінетичним залежностям.

SUMMARY. The analysis of relationship between the enthalpies and empiric entropies of activation for water viscous flow within temperature range of 273.15—373.15 K has been carried out. The incorrectness of the often used method for determination of transmission coefficients and true viscous flow activation parameters in liquids, which based on their temperature isokinetic dependencies, has been found and mathematically verified.

1. Глестон С., Лейдлер К., Эйринг Г. Теория абсолютных скоростей реакций. -М.: Изд-во иностр. лит., 1948.
2. Шахпаронов М.И. Механизмы быстрых процессов в жидкостях. -М.: Высш. шк., 1980.
3. Шахпаронов М.И. // Журн. физ. химии. -1980. -54, № 2. -С. 307—311.
4. Шахпаронов М.И. // Там же. -1980. -54, № 3. -С. 582—584.
5. Шахпаронов М.И., Сперкач В.С. // Там же. -1980. -54, № 2. -С. 312—315.
6. Карапетян Ю.А., Эйчис В.Н. // Докл. АН УССР. Сер. Б. -1985. -№ 11. -С. 36—40.
7. Шахпаронов М.И., Павленко А.Л. // Журн. физ. химии. -1983. -57, № 10. -С. 2469—2474.
8. Renskii I.A., Rudnitskaya A.A., Fialkov Yu.Ya. // J. Molec. Liquids. -2003. -105/1. -P. 73—78.
9. Ренский И.А., Рудницкая А.А., Фиалков Ю.Я. // Журн. физ. химии. -2003. -77, № 2. -С. 370—372.
10. Житомирский А.Н. // Укр. хим. журн. -1979. -45, № 10. -С. 973—974.
11. Житомирский А.Н. // Журн. физ. химии. -1982. -56, № 9. -С. 2217—2220.
12. Глазкова Е.Н., Измайлова Г.А., Лебедь В.И., Рубцов В.И. // Там же. -1997. -71, № 4. -С. 616—619.
13. Tamatushi R., Isono T. // J. Chem. Faraday Trans. I. -1984. -80. -P. 2751—2758.
14. Робинсон Р., Стокс Р. Растворы электролитов. -М.: Изд-во иностр. лит., 1963.
15. Шахпаронов М.И., Сперкач В.С. // Журн. физ. химии. -1984. -58, № 9. -С. 2216—2220.