



003492598

На правах рукописи

Понамарева Татьяна Николаевна

**ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ВОДНЫХ
РАСТВОРОВ АЦЕТАТА НАТРИЯ,
ХЛОРУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ, СМЕСЕЙ
УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ С МУРАВЬИНОЙ
КИСЛОТОЙ И ГЛИЦИНОМ**

02.00.01 – неорганическая химия

02.00.04 – физическая химия

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук

Москва 2009

Работа выполнена на кафедре общей и неорганической химии Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева

Научный руководитель – доктор химических наук, профессор
Щербаков Владимир Васильевич

Официальные оппоненты:

доктор химических наук, профессор **Конюхов Валерий Юрьевич** (Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева);

доктор химических наук, ведущий научный сотрудник **Лилеев Александр Сергеевич** (Институт общей и неорганической химии РАН им. Н.С. Курнакова).

Ведущая организация – Федеральное государственное универсальное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт химических реактивов и особо чистых химических веществ» (ИРЕА).

Защита состоится «10» декабря 2009 г. в 14 час. на заседании диссертационного совета Д 212.204.07 в Российском химико-технологическом университете им. Д.И. Менделеева (125047, Москва, Миусская пл., д.9), в ауд.

кафедра общей химии - З.В.В.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-библиотечном центре РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Автореферат диссертации разослан «5» ноября 2009 г.

Ученый секретарь
Специализированного совета Д 212.204.07



С.В. Кожевникова

Актуальность работы. Важнейшими характеристиками растворов электролитов являются их удельная электропроводность (ЭП) и диэлектрическая проницаемость (ДП). Несмотря на значительный интерес к проблеме ЭП и ДП проводящих растворов, до сих пор окончательно не объяснены установленные экспериментально закономерности изменения ЭП и ДП растворов электролитов в зависимости от концентрации и температуры, и не установлена связь ЭП с диэлектрическими характеристиками растворителя. Выше изложенное объясняет **актуальность работы**, посвященной изучению ЭП и диэлектрических характеристик водных растворов некоторых ассоциированных и неассоциированных электролитов. Работа выполнена в рамках аналитической ведомственной программы «Развитие научного потенциала высшей школы 2009-2010 годы», проект № 3305.

Цель работы. Установление закономерностей в электропроводности водных растворов некоторых ассоциированных и неассоциированных электролитов в широком интервале концентраций и температур, а также связи между электропроводностью исследованных растворов и диэлектрическими характеристиками растворителя.

Научная новизна. В настоящей работе впервые в широком интервале концентраций и температур проведены систематические исследования электропроводности водных растворов хлоруксусной кислоты, ацетата натрия, смесей муравьиной и уксусной кислот, уксусной кислоты и глицина. При температурах 20, 40 и 60 °С на частоте 6 ГГц измерены диэлектрические характеристики концентрированных водных растворов хлоруксусной кислоты и глицина. Установлены закономерности изменения ЭП исследованных растворов ассоциированных и неассоциированных электролитов, которые с использованием литературных данных распространены на широкий круг водных растворов органических кислот и их солей. Установлены закономерности изменения диэлектрических характеристик исследованных растворов.

Практическая значимость. Установленные в работе закономерности в электропроводности водных растворов сильных и слабых электролитов позволяют без проведения измерений оценивать величины удельной ЭП растворов хлоруксусной кислоты, смесей уксусной и муравьиной кислот, ацетата натрия в широком интервале температур и концентраций, а также некоторых других рассмотренных в данной работе водных растворов кислот и солей. Полученные в настоящей работе численные величины удельной ЭП и диэлектрических характеристик растворов могут служить в качестве справочных данных при проведении термодинамических расчетов процессов, протекающих в растворах.

На защиту выносятся:

- результаты измерений удельной электропроводности водных растворов ацетата натрия, хлоруксусной кислоты, смесей уксусной кислоты с муравьиной кислотой и глицином в широком интервале температур и концентраций;
- результаты измерений диэлектрических характеристик водных растворов хлоруксусной кислоты и глицина в широком интервале концентраций при температурах 20, 40 и 60 °С на частоте 6 ГГц;
- установленные закономерности изменения удельной электропроводности исследованных растворов ассоциированных и неассоциированных электролитов в зависимости от температуры и концентрации;
- установленные закономерности изменения диэлектрических характеристик водных растворов хлоруксусной кислоты и глицина в зависимости от состава.

Апробация работы и публикации. По теме диссертации опубликовано 18 печатных работ, в том числе 3 статьи из перечня ВАК. Результаты работы были представлены на X Международной конференции по проблемам сольватации и

комплексобразования в растворах (Суздаль, 2007), на Международной конференции «Современные проблемы химии начала XXI века» (Санкт-Петербург, 2009), на IV Международной конференции по химической термодинамике (Казань, 2009), а также на I, II, III и IV Международных конгрессах молодых ученых по химии и химической технологии (Москва, 2006, 2007, 2008, 2009).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, литературного обзора, экспериментальной части, обсуждения результатов, выводов, списка цитированной литературы (137 наименований) и приложения. Работа изложена на 143 страницах машинописного текста и содержит рисунков – 91, таблиц – 34. Приложение (36 страниц) содержит 25 рисунков и 45 таблиц.

Личный вклад автора. Все приведенные в экспериментальной части измерения удельной ЭП и диэлектрических характеристик, обработка полученных результатов и их трактовка выполнены автором лично. Для подтверждения полученных закономерностей и их обобщения в работе были использованы результаты выполненных ранее на кафедре общей и неорганической химии РХТУ им. Д.И. Менделеева исследований Н.Н. Барботиной и Ю.М. Артемкиной. и результаты измерений ЭП растворов ассоциированных и неассоциированных электролитов опубликованных в литературе. Во всех случаях использования литературных данных в работе приведены ссылки на соответствующие публикации.

Основное содержание работы

Во введении сформулированы актуальность, цель, научная новизна, практическая значимость работы, а также личный вклад автора.

Литературный обзор диссертации содержит два раздела. В первом разделе проанализированы современные представления об электропроводности растворов неассоциированных и ассоциированных электролитов. Особое внимание в нем уделено рассмотрению результатов исследований ЭП водных растворов аммиака,

органических кислот и их солей. Показано, что при повышении концентрации удельная ЭП этих растворов проходит через максимум, положение которого на оси концентраций для ассоциированных электролитов не зависит от температуры. На примере водных растворов муравьиной, уксусной, пропионовой кислот и аммиака показано, что максимальная при данной температуре удельная ЭП слабых электролитов может быть использована в качестве параметра, позволяющего обобщить результаты кондуктометрических исследований в широком интервале концентраций и температур. В случае водных растворов неассоциированных электролитов – солей органических кислот, такое обобщение не представляется возможным, поскольку положение максимума удельной ЭП при повышении температуры смещается по оси в сторону более высоких концентраций.

Во втором разделе литературного обзора рассмотрена связь ЭП водных растворов и диэлектрических характеристик воды. Показано, что для описания температурной зависимости удельной ЭП растворов перспективным является использование величины предельной высокочастотной (ВЧ) ЭП κ_{∞} - отношение статической ДП ϵ , к времени диэлектрической релаксации τ , т.е.:

$$\kappa_{\infty} = \epsilon_s \epsilon_0 / \tau. \quad (1)$$

В уравнении (1) ϵ_0 – абсолютная ДП вакуума. Использование величины κ_{∞} позволяет объяснить температурную зависимость удельной ЭП водных растворов неорганических солей. При повышении температуры их удельная ЭП возрастает прямо пропорционально значению κ_{∞} воды:

$$\kappa = k \kappa_{\infty} = k \epsilon_s \epsilon_0 / \tau. \quad (2)$$

В заключение литературного обзора высказана необходимость продолжения систематических исследований ЭП ассоциированных и неассоциированных электролитов, в частности, водных растворов хлоруксусной кислоты, смесей муравьиной и уксусной кислот, уксусной кислоты и глицина, ацетата натрия, а

также диэлектрических характеристик водных растворов хлоруксусной кислоты и глицина.

Во второй части диссертации – экспериментальной, охарактеризованы объекты исследований и описаны методики измерений. Электропроводность растворов измерялась с помощью цифровых автоматических мостов переменного тока Р-5083 и Е 7-20 в интервале частот 0,5 – 50 кГц. Влияние поляризационных процессов на результаты кондуктометрических измерений исключались путем экстраполяции измеренного значения сопротивления раствора R к бесконечной частоте F в координатах $R - 1/F$. Калибровка кондуктометрических ячеек проводилась с использованием растворов КСl, ЭП которых измерена с высокой точностью. Погрешность измерения ЭП растворов не превышала 0,5 %.

Активная ϵ' и реактивная ϵ'' составляющие комплексной диэлектрической проницаемости водных растворов хлоруксусной кислоты и глицина определялись на частоте 6 ГГц методом цилиндрического стерженька в волноводе при температурах 20, 40 и 60 °С. На основе измеренных величин ϵ' и ϵ'' рассчитывались статическая диэлектрическая проницаемость (ДП) ϵ_s , время дипольной диэлектрической релаксации τ и предельная высокочастотная ЭП κ_∞ этих растворов. В этой части работы приведены таблицы основных результатов измерений и проведена оценка погрешностей измерений и расчетов. Ряд второстепенных таблиц и рисунков вынесены в приложение диссертации.

Обсуждение результатов работы проведено в третьей части диссертации. В водных растворах ацетата натрия, хлоруксусной кислоты, смесей муравьиной и уксусной кислот, содержащих постоянное количество CH_3COOH и смесей уксусной кислоты с глицином, содержащих постоянное количество $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ при повышении концентрации электролита, удельная ЭП проходит через максимум. Положение максимума удельной ЭП водных растворов ассоциированных электролитов и их смесей на оси концентраций не зависит от

температуры, рис. 1. Этот факт позволяет использовать максимальную при данной температуре удельную ЭП κ_{\max} в качестве обобщающего параметра.

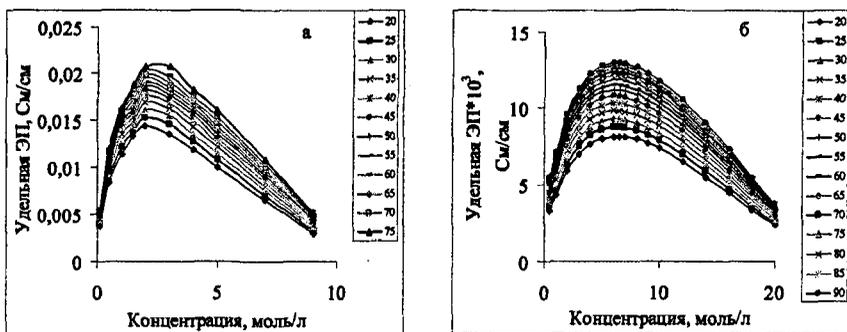


Рис. 1. Зависимость удельной ЭП водных растворов $C1H_2COOH$ (а) и смесей $HCOOH-CH_3COOH$ при $C(CH_3COOH) = 1M$ (б) от концентрации; значения температур указаны на графиках

Для всех концентраций и температур в работе рассчитаны значения приведенной ЭП κ/κ_{\max} водных растворов ассоциированных электролитов и их смесей и проанализирована зависимость $\kappa/\kappa_{\max} - C$, рис. 2. Как следует из полученных данных, во всем исследованном интервале концентраций и температур экспериментальные значения приведенной ЭП укладываются на единые кривые, рис. 2. Для всех изученных растворов получены аналитические зависимости приведенной ЭП κ/κ_{\max} от концентрации и максимальной удельной ЭП от температуры. Например, для водных растворов смесей $HCOOH-CH_3COOH$, содержащих 1 моль CH_3COOH эти уравнения имеют следующий вид:

$$\kappa/\kappa_{\max} = 0,267 + 0,321C - 5,08 \cdot 10^{-2}C^2 + 3,70 \cdot 10^{-3}C^3 - 1,44 \cdot 10^{-4}C^4 + 2,26 \cdot 10^{-6}C^5, \quad (3)$$

$$\kappa_{\max} = 5,58 \cdot 10^{-3} + 1,33 \cdot 10^{-4}T - 1,06 \cdot 10^{-8}T^3 + 4,75 \cdot 10^{-11}T^4. \quad (4)$$

В диссертации, для всех исследованных растворов проведено сопоставление экспериментальных значений удельной ЭП, и значений, рассчитанных по полученным уравнениям, и показано, что их расхождение не превышает 3 %. Для

смеси $\text{НСООН}-\text{СН}_3\text{СООН}$, содержащей 1 моль $\text{СН}_3\text{СООН}$, экспериментальные и рассчитанные по уравнениям (3) и (4) величины ЭП представлены в таблице.

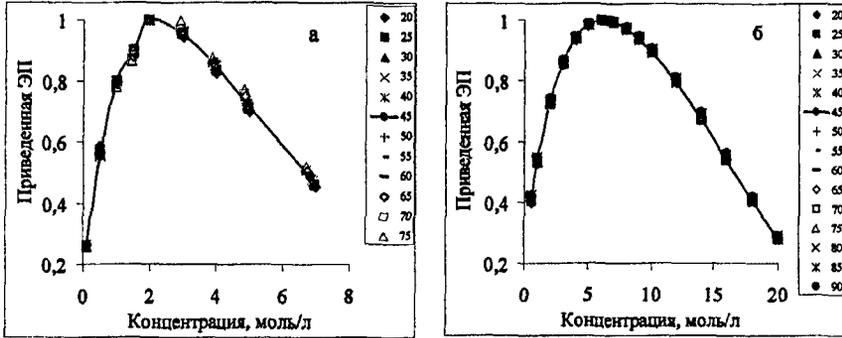


Рис. 2. Зависимость приведенной ЭП водных растворов $\text{С1СН}_2\text{СООН}$ (а) и смесей $\text{НСООН}-\text{СН}_3\text{СООН}$ при $\text{С}(\text{СН}_3\text{СООН}) = 1\text{M}$ (б) от концентрации; значения температур указаны на графиках

Таблица

Измеренные $\kappa(\text{эксп.})$ и рассчитанные $\kappa(\text{расчет})$ величины удельной ЭП смесей $\text{НСООН} - \text{СН}_3\text{СООН}$ при $\text{С}(\text{СН}_3\text{СООН}) = 1$ моль/л

Температура, °С	$\text{С}(\text{НСООН}),$ моль/л	$\kappa \cdot 10^3, \text{См/см}$ (эксп.)	$\kappa \cdot 10^3, \text{См/см}$ (расчет)	$\delta, \%$
20	4	7,628	7,69	0,8
25	10	7,874	7,89	0,2
30	3	8,016	8,05	0,4
35	2	7,220	7,234	0,2
40	4	9,767	9,77	0
45	6,5	10,799	10,8	0,01
50	8	10,882	10,9	0,2
55	18	4,702	4,75	1,0
60	1	6,489	6,43	0,9
65	3	10,51	10,5	0,2
70	9	11,68	11,7	0,1
75	5	12,43	12,4	0
80	14	8,784	8,71	0,9
85	7	12,79	12,8	0,1
90	16	7,285	7,13	2,2

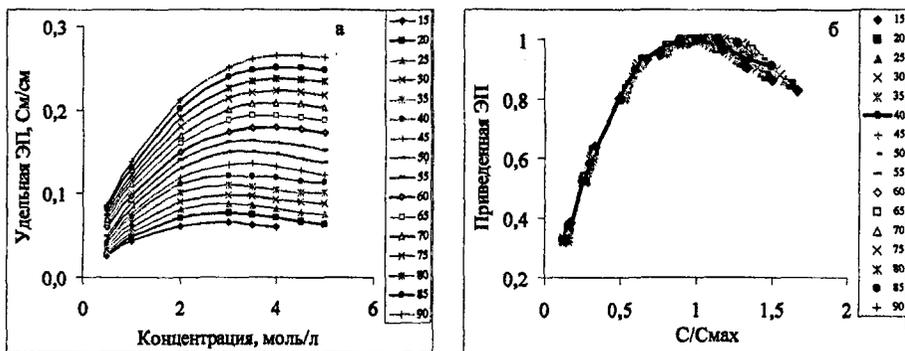


Рис. 3. Зависимость удельной (а) и приведенной (б) ЭП водного раствора ацетата натрия от концентрации (а) и приведенной концентрации (б); значения температур указаны на графиках

Максимум удельной ЭП водного раствора ацетата натрия при повышении температуры смещается в сторону более высоких концентраций, рис. 3а. Для этого раствора, также как и для водных растворов других солей органических кислот, как показано в литературном обзоре, не наблюдается единой зависимости приведенной ЭП (κ/κ_{\max}) от концентрации. Для обобщения зависимостей $\kappa - C$ смеси $\text{CH}_3\text{COONa} - \text{H}_2\text{O}$, помимо приведенной ЭП κ/κ_{\max} , предложено использовать приведенную концентрацию C/C_{\max} . В результате полученные в широком интервале концентраций и температур величины приведенной ЭП укладываются на единую кривую, рис. 3б.

Проведенный в работе анализ экспериментальных и литературных данных показал, что на единую кривую в координатах $\kappa/\kappa_{\max} - C/C_{\max}$ укладываются значения приведенной ЭП водных растворов формиатов, ацетатов и пропионатов щелочных металлов, рис. 4а. Установленная закономерность, рис. 4а, была использована для обобщения полученных в данной работе, и опубликованных в литературе результатов измерений удельной ЭП водных растворов неассоциированных электролитов. Как следует из проведенного анализа, на

единую кривую в координатах $\kappa/\kappa_{\max} - C/C_{\max}$ укладываются значения приведенной ЭП водных растворов аммиака, органических кислот и их смесей, рис. 4б. Существование обобщенных зависимостей, рис. 4 означает, что максимальная удельная ЭП раствора ассоциированного электролита κ_{\max} и соответствующая ей концентрация C_{\max} являются важными параметрами, которые определяют температурную и концентрационную зависимости удельной ЭП водных растворов ассоциированных и неассоциированных электролитов.

Энергия активации удельной ЭП E_k исследованных растворов ассоциированных и неассоциированных электролитов уменьшается при повышении температуры и возрастает с ростом содержания электролита в растворе. Этот характер изменения величины E_k связан с деструктурирующим действием температуры на исследуемые растворы и усилением ассоциации в концентрированных растворах.

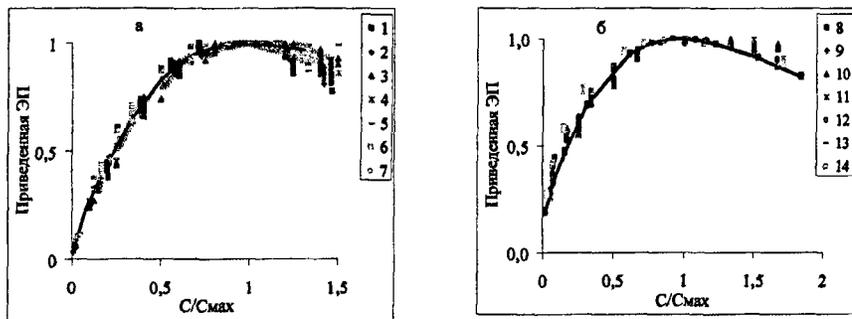


Рис. 4. Зависимость приведенной ЭП водных растворов солей органических кислот (а) и некоторых ассоциированных электролитов (б): 1 – HCOOK [1], 2 – CH_3COOK [1], 3 – HCOONa [2], 4 – CH_3COONa , $t = 15 - 90^\circ\text{C}$ (эксперимент), 5 – $\text{C}_2\text{H}_3\text{COONa}$ [3], 6 – CH_3COONa , $t = 25,40^\circ\text{C}$ [4], 7 – CH_3COONa , $t = 18^\circ\text{C}$ [5] 8 – HCOOH [6], 9 – CH_3COOH [6], 10 – $\text{C}_2\text{H}_3\text{COOH}$ [6], 11 – ClCH_2COOH (эксперимент) 12 – смесь $\text{HCOOH}-\text{CH}_3\text{COOH}$ при $C(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1\text{M}$ (эксперимент); 13 – смесь $\text{HCOOH}-\text{CH}_3\text{COOH}$ при $C(\text{CH}_3\text{COOH}) = 2\text{M}$ (эксперимент), 14 – NH_3 [7] от приведенной концентрации

Проведенный в работе анализ диэлектрических характеристик водных растворов хлоруксусной кислоты и глицина показал, что при увеличении концентрации органического компонента, статическая ДП изменяется различным образом – увеличивается с ростом содержания в растворе глицина и снижается при повышении концентрации хлоруксусной кислоты. Время же диэлектрической релаксации возрастает при повышении содержания органического компонента в исследованных системах. Установлено, что концентрационная и температурная зависимости статической ДП и времени диэлектрической релаксации могут быть обобщены с использованием диэлектрических свойств воды. При этом относительные изменения статической ДП $\epsilon_s/\epsilon_s(\text{H}_2\text{O})$ и времени диэлектрической релаксации $\tau/\tau(\text{H}_2\text{O})$ не зависят от температуры, рис. 5.

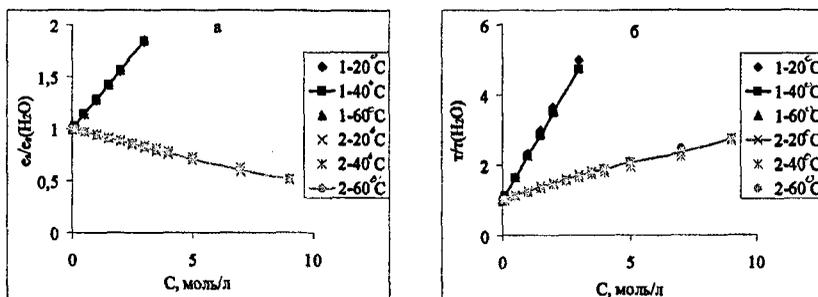


Рис. 5. Зависимость относительного изменения статической ДП (а) и времени диэлектрической релаксации (б) водных растворов глицина (1) и хлоруксусной кислоты (2) от концентрации; значения температур указаны на графиках

В результате проведенного анализа получены аналитические уравнения, позволяющие описать эти зависимости:

$$\epsilon_s = \epsilon_s(\text{H}_2\text{O}) (1 - A C), \quad (5)$$

$$\tau = \tau(\text{H}_2\text{O}) (1 + B C), \quad (6)$$

Для водного раствора глицина $A = -0,282$, $B = 1,275$. Для растворов хлоруксусной кислоты $A = 0,057$, $B = 0,217$. Уравнения (5) и (6) могут быть

использованы для оценки значений статической ДП и времени диэлектрической релаксации концентрированных растворов глицина и хлоруксусной кислоты в интервале температур 20 – 60°C.

Связь удельной ЭП растворов и диэлектрических характеристик растворителя (воды) следует из существования представленных на рис. 6 зависимостей удельной ЭП растворов ацетатов натрия и калия от предельной ВЧ ЭП воды. Как видно из приведенных на этом рисунке данных, при повышении температуры удельная ЭП рассматриваемых растворов возрастает прямо пропорционально значению κ_{∞} растворителя и описывается уравнением (2). В диссертации представлены аналогичные зависимости для водных растворов ацетатов других щелочных металлов, построенные по литературным данным.

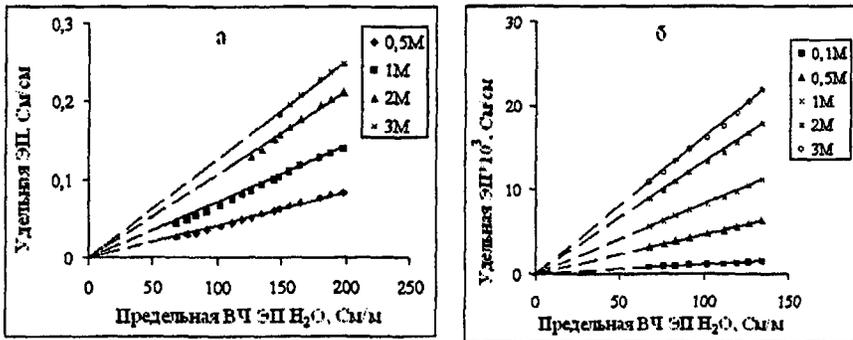


Рис. 6. Зависимость удельной ЭП водных растворов ацетатов натрия (а) и калия (б) [1] от предельной ВЧ ЭП воды в интервале температур 20 – 90°C (а) и 15 – 55°C (б)

Таким образом, температурная зависимость рассматриваемых водных растворов неассоциированных электролитов определяется изменением с температурой диэлектрических свойств (ϵ_s и τ) растворителя.

Выводы

1. В широком интервале температур и концентраций измерена удельная электропроводность (ЭП) к водных растворов ацетата натрия, хлоруксусной кислоты, смесей уксусной и муравьиной кислот, смесей глицина с уксусной кислотой. На основе полученных данных для всех растворов рассчитаны температурный коэффициент ЭП и энергия её активации E_a .
2. При температурах 20, 40 и 60°C методом цилиндрического стерженька в волноводе на частоте 6 ГГц измерены активная ϵ' и реактивная ϵ'' составляющие комплексной диэлектрической проницаемости водных растворов хлоруксусной кислоты и глицина. Рассчитаны значения статической диэлектрической проницаемости (ДП) ϵ_s , времени дипольной диэлектрической релаксации τ и предельной высокочастотной электропроводности (ВЧ ЭП) κ_∞ .
3. Установлено, что при повышении концентрации удельная ЭП водных растворов исследованных электролитов проходит через максимум, положение которого для ассоциированных электролитов не зависит от температуры. При повышении температуры максимум удельной ЭП водного раствора ацетата натрия смещается в сторону более высоких концентраций. Существование концентрационного максимума удельной ЭП в исследованных растворах объясняется процессами ионной и межмолекулярной ассоциации. Установлено, что энергия активации ЭП исследованных растворов возрастает при увеличении концентрации и уменьшается с ростом температуры.
4. Приведенная ЭП (κ/κ_{\max}) водных растворов хлоруксусной кислоты и смесей уксусной кислоты с муравьиной кислотой и глицином не зависит от температуры. Значения κ/κ_{\max} для этих растворов укладываются на единые кривые в координатах $\kappa/\kappa_{\max} - C$. Получены аналитические уравнения, позволяющие с погрешностью, не превышающей 3 %, оценивать значения ЭП растворов.
5. С использованием полученных в работе экспериментальных данных, а также взятых из литературы величин удельной ЭП водных растворов ассоциированных

и неассоциированных электролитов, показано, что температурные и концентрационные зависимости ЭП могут быть обобщены при использовании в качестве аргумента приведенной концентрации (C/C_{\max}). В координатах $\kappa/\kappa_{\max} - C/C_{\max}$ на единые кривые укладываются экспериментальные данные для ассоциированных электролитов (карбоновых кислот и аммиака) и для неассоциированных электролитов (солей карбоновых кислот).

6. Показано, что при повышении концентрации ассоциированного электролита статическая ДП увеличивается в смесях вода – глицин и снижается в смесях вода – хлоруксусная кислота. Время дипольной диэлектрической релаксации повышается, а предельная ВЧ ЭП уменьшается при повышении содержания ассоциированного электролита в водном растворе. С использованием диэлектрических характеристик растворителя (воды) проведено обобщение температурной и концентрационной зависимостей диэлектрических свойств хлоруксусной кислоты и глицина. Получены аналитические уравнения, позволяющие рассчитывать значения ϵ , и τ в широком интервале концентраций и в диапазоне температур 20 – 60 °С.

7. Установлено, что при повышении температуры удельная ЭП растворов ацетатов щелочных металлов возрастает прямо пропорционально предельной ВЧ ЭП растворителя. Высказано предположение о том, что температурная зависимость удельной ЭП исследованных растворов определяются диэлектрическими характеристиками растворителя (воды).

Список цитированной литературы

1. Lobo V.M.M., Quaresma J.L. Handbook of electrolyte solutions. –Amsterdam:, Elsevier. –1989. Pt.A. –1268 p.p, Pt.B. p.1169-2353.
2. Барботина Н.Н. //Успехи в химии и химической технологии: сб. научн. тр.. Том 18, №. 5 М,: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2004, С. 69-71.
3. Щербаков В.В., Артёмкина Ю.М., Понамарева Т.Н. //Электрохимия. 2008. Том.44, № 10, С. 1275-1280.

4. Иванова К.С., Лященко А.К., Лилеев А.С. //Ж. неорг. химии. 1991, Том. 36, №10, С. 2724-2730.
5. Справочник химика. М.-Л.: Изд-во «Химия». 1964. –1005 с.
6. Понамарева Т.Н., Артемкина Ю.М., Барботина Н.Н., Щербаков В.В. //Физико-химические свойства растворов и неорганических веществ: сб. научн.тр. Вып. 182. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2008. С. 91-98.
7. Щербаков В.В., Артемкина Ю.М., Понамарева Т.Н., Кириллов А.Д. //Журн. неорг. химии. 2009. № 2, С. 321-323.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Барботина Т.Н. (Понамарева Т.Н.), Барботина Н.Н. Закономерности изменения электропроводности водных растворов $\text{HCOOH-CH}_3\text{COOH}$ при постоянной концентрации уксусной кислоты. //Успехи в химии и химической технологии: сб. научн. тр. Том. XIX, №3, М.: РХТУ им.Д.И.Менделеева 2005, С.12-15.
2. Барботина Т.Н. (Понамарева Т.Н.) Электропроводность водных растворов смесей $\text{HCOOH-CH}_3\text{COOH}$ при постоянной концентрации муравьиной кислоты. //Успехи в химии и химической технологии: сб. научн. тр. Том XIX, № 3, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2005, С. 16-18.
3. Артемкина Ю.М., Барботина Т.Н. (Понамарева Т.Н) Закономерности изменения электрической проводимости концентрированных водных растворов пропионовой кислоты в широком интервале температур. //Успехи в химии и химической технологии.: сб. научн. тр. Том 20, №. 3, М. РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2006, С. 27-33.
4. Барботина Т.Н.(Понамарева Т.Н), Барботина. Н.Н. Закономерности изменения электропроводности водных растворов смесей муравьиной и уксусной кислот. //Успехи в химии и химической технологии: сб. научн. тр. Том 20, №. 3, М. РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2006, С. 42-45.
5. Артемкина Ю.М., Барботина Т.Н. (Понамарева Т.Н), Гусева М.В., Кириллов А.Д. Кондуктометрическое исследование водных растворов аммиака в широком

интервале концентраций. //Успехи в химии и химической технологии: сб. научн. тр. Том 20, № 3, М. РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2006, С. 52-54.

6. Демидов М.В., Понамарева Т.Н., Барботина Н.Н. Электропроводность концентрированных водных растворов хлоруксусной кислоты. //Успехи в химии и химической технологии: сб. научн. тр. Том. 21, № 3, М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева. 2007, С. 54-57.

7. Шубнякова Е.Н., Понамарева Т.Н., Барботина Н.Н. Электропроводность концентрированных водных растворов смесей глицина и уксусной кислоты //Успехи в химии и химической технологии: сб. научн. тр. Том. 21, № 4, М. РХТУ им. Д.И. Менделеева 2007, С.45-47.

8. Shcherbakov V.V., Barbotina T.N. (Ponamareva T.N.), Artemkina U.M., Barbotina N.N. Patterns of the electrical conductivity concentration dependence of some associated electrolyte solutions. //XVI International Conference on Chemical Thermodynamics in Russia. X Internat.conf. on Problems of Solvation and Complex Formation in Solutions. Abstracts. 2007. V.1. P. 3/S-280-281.

9. Понамарева Т.Н., Барботина Н.Н. Приведенная электропроводность концентрированных водных растворов некоторых ассоциированных электролитов. //Успехи в химии и химической технологии: сб. научн. тр. Том XXII, №3, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева 2008. С, 107-110.

10. Артемкина Ю.М., Понамарева Т.Н., Щербаков В.В. Электропроводность концентрированных водных растворов некоторых ассоциированных электролитов. //Повышение ресурсо- и энергоэффективности: наука, технология, образование. Труды Международн. симпозиума, посвященного 175-летию со дня рождения Д.И. Менделеева. Т.1. М.: РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2009. С. 185-186.

11. Щербаков В.В., Артемкина Ю.М., Понамарева Т.Н. Закономерности в электропроводности водных растворов электролитов. //Международная конференция по химии «Основные тенденции развития химии вначале XXI века», посвященная 175-летию со дня рождения Д.И. Менделеева и 80-летию создания

химического факультета Санкт-Петербургского университета. Санкт-Петербург. 21 – 24 апреля 2009 г. С. 86.

12. Artyomkina Yu.M., Ponomareva T.N., Shcherbakov V.V. Electrical conductance of weak electrolytes. //XVII Internat. Conf. on Chemical Thermodynamics in Russia. Kazan, Russian Federation, June 29 – July 3, 2009. Abstracts. V.II. P. 480.

13. Понамарева Т.Н., Артемкина Ю.М., Ермаков В.И., Щербаков В.В. Диэлектрические характеристики водных растворов глицина и хлоруксусной кислоты. //Успехи в химии и химической технологии: сб. научн. тр. Том. 23, № 4, М.. РХТУ им. Д.И. Менделеева 2009.С. 41-44.

14. Артемкина Ю.М., Понамарева Т.Н., Кириллов А.Д., Щербаков В.В. Электропроводность концентрированных водных растворов аммиака. //Физико-химические свойства растворов и неорганических веществ: сб. научн.тр. Вып. 182. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2008. С. 83-90.

15. Понамарева Т.Н., Артемкина Ю.М., Барботина Н.Н., Щербаков В.В. Электропроводность концентрированных водных растворов муравьиной, уксусной и пропионовой кислот. //Физико-химические свойства растворов и неорганических веществ: сб. научн.тр. Вып. 182. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2008. С. 91-98.

16. Щербаков В.В., Артёмкина Ю.М., Понамарева Т.Н. Электропроводность концентрированных водных растворов пропионовой кислоты, пропионата натрия и их смесей. //Электрохимия. 2008. Том.44. № 10. С. 1275-1280.

17. Щербаков В.В., Артемкина Ю.М., Понамарева Т.Н., Кириллов А.Д. Электропроводность системы аммиак – вода. //Журн. неорг. химии. 2009. Том. 54, № 2, С. 321-323.

18. Щербаков В.В., Барботина Н.Н., Понамарева Т.Н. Закономерность изменения электропроводности концентрированных бинарных водных растворов муравьиной, уксусной кислот и тернарного раствора вода-муравьиная кислота-уксусная кислота. //Электрохимия. 2009. Том. 45, № 8, С. 989-992.



Заказ № 124

Объем 1 п.л.

Тираж 100 экз.

Издательский центр РХТУ им. Д.И. Менделеева