

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ В ПЛАЗМЕННО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

Ринчинова Д., Базарова С.

научный руководитель канд.техн.наук Жигжитова С.Б.

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления

В последние годы теория растворов электролитов получила широкое развитие в теоретическом и практическом плане. Интерес исследователей к теории растворов вызван важной ролью этих систем в природных физико-химических, биологических процессах. Растворы электролитов, представляющие собой систему зарядов, можно рассматривать в плазмоподобном приближении, поскольку ионы в качестве основных структурных единиц вещества являются основой плазменного состояния вещества. Совокупность таких свойств ионов, как заряды и их радиусы, энергетические характеристики и многие другие, определяет специфику поведения их как в растворах, так и в газообразном и твердом состояниях. Поэтому в настоящее время одной из наиболее *актуальных задач*, как для теории растворов, так и для технологических процессов является установление количественных закономерностей влияния физических и химических свойств растворителей и электролитов, состава и температуры на макроскопическое поведение в процессах переноса.

Электрическая проводимость электролитов определяется числом ионов, их зарядами и скоростью движения их в направлении поля.

Поэтому *предметом* изучения является исследование концентрационной зависимости электрической проводимости растворов электролитов.

Целью работы было ознакомление с разработанной проф. Балдановым М.М. плазменно-гидродинамической моделью в растворах электролитов и апробирование ее на электролитных системах 1:1, 1:2, 1:3.

Создавая электрическое поле в электролите, мы получаем направленное тепловое движение ионов в электрическом поле. При этом сила, создаваемая электрическим полем, уравновешивается силой сопротивления среды. В растворах электролитов это есть сила вязкости растворителя, которая в гидродинамике дается в следующем виде [1]:

$$F_e = 6\pi\eta Rv \left(1 + \frac{R}{r_D} \right)$$

В рамках указанной концепции плазменно-гидродинамического состояния ионов в растворах, проф. Балдановым М.М. было получено уравнение, позволяющее без подгоночных параметров количественно определять электрические проводимости водных растворов электролитов [2].

$$\lambda = \frac{N_A e^2 \exp\left(-\frac{\hbar\omega}{k_B T}\right)}{6\pi\eta R \left(1 + \frac{R}{r_D}\right)} \cdot 1,11 \cdot 10^{-12},$$

где N_A – постоянная Авогадро; e -элементарный заряд ($4.8 \cdot 10^{-10}$ СГС);

$$\hbar\omega = \left(\frac{4\pi \cdot z^2 e^2 \hbar^2 C N_A}{\mu \cdot 1000} \right)^{1/2}$$

есть потенциальная энергия взаимодействия ионов или иначе, полная энергией плазменных колебаний, в которой включена концентрация электролита C ; z –

эффективный заряд; \hbar – постоянная Планка; μ - приведенная масса ионов; k_B - постоянная Больцмана ($1.38 \cdot 10^{-16}$ эрг/град); T -абсолютная температура в К; η - динамическая вязкость в пуаз ($\text{пуаз} = \text{г} \cdot \text{сек}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$); R - приведенный радиус сольватированных ионов:

$$R = \frac{R_{Kt} R_{An}}{R_{Kt} + R_{An}},$$

где R_{Kt} и R_{An} - радиусы сольватированных ионов; r_D - дебаевский радиус экранирования зарядов [3], равный :

$$r_D = \left(\frac{\epsilon 1000 k_B T}{4\pi z_i^2 e^2 C N_A} \right)^{1/2},$$

где e - диэлектрическая постоянная растворителя (например, для воды при 25°C $e = 78$).

Экспериментальные значения электрических проводимостей растворов электролитов были получены контактным кондуктометрическим методом с использованием кондуктометра - кислородомер «Анион-410D» фирмы ИНФРА-СПАК-АНАЛИТ (Россия) с погрешностью измерения $\pm 2\%$.

Для этого готовились растворы индивидуальных электролитов весовым методом (смешиванием навесок исходного раствора и растворителя, взятых с высокой точностью на аналитических весах). Растворы рабочих концентраций готовились из исходных растворов, разбавляя дистиллированной водой. Для исследований использовались свежеприготовленные растворы, которые подвергались перед экспериментом специальной термообработке. Она заключалась в нагреве раствора до 70°C с последующим охлаждением до комнатной температуры и с выдержкой при данной температуре не менее 12 часов. Предварительная термообработка существенно улучшает воспроизводимость результатов измерения удельной электропроводности, без чего наблюдается значительный разброс значений электропроводности при повторных исследованиях одного и того же раствора.

Результаты исследований приведены на рис.1 и 2 и в табл. 1 и 2.

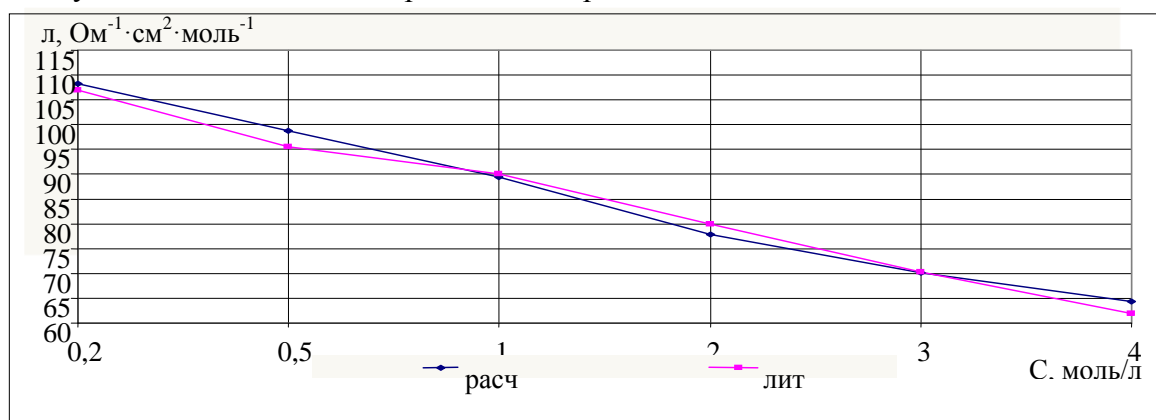


Рис.1. Концентрационная зависимость электропроводности (л, Ом·см²·моль⁻¹) NaBr при 298K

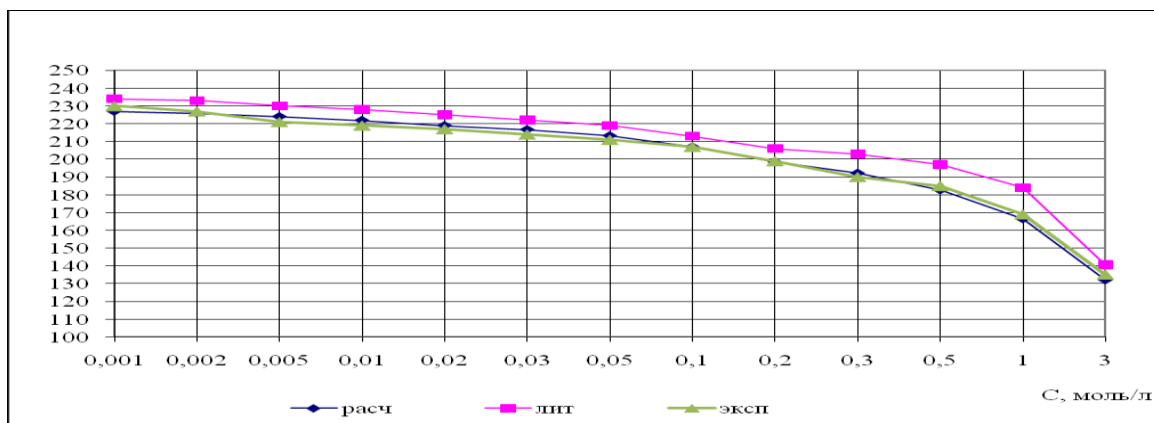


Рис.2. Концентрационная зависимость электропроводности (л, $\text{Ом}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$) КОН при 291K

Таблица 1

Концентрационная зависимость электропроводности
(л, $\text{Ом}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$) ZnCl_2 при 291K

$C, \text{моль/л}$	0,001	0,005	0,01	0,1	0,5	1
$L_{\text{теор}}$	105,1	103,2	101,7	91,7	76,2	66,5
$L_{\text{эксп}}$	103,9	101,1	99,6	89,3	78,1	65,7
$L_{\text{лит}} [4]$	107	101	98	82	65	55

Таблица 2

Концентрационная зависимость электропроводности
(л, $\text{Ом}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$) AlCl_3 при 298K

$C, \text{моль/л}$	0.01	0.1	0.5	1.0	2.000
$L_{\text{теор}}$	134	120	97	81	67
$L_{\text{эксп}}$	107,2	98,7	90	76,2	61
$L_{\text{лит}} [4]$	119	99	89	81	68

Приведенный выше анализ дает основание для утверждения об эффективности предлагаемой модели в описании электрической проводимости. Рассчитанные по разработанной модели величины соответствуют результатам экспериментов с точностью $\pm 2\%$ и литературным значениям от нулевых концентраций до насыщенных растворов. Полученные результаты могут быть использованы при различных теплотехнических расчетах, в технологических процессах, как снижении энергоемкости процессов, увеличение выхода конечной продукции и экспресс-контроле, с использованием электролитных растворов.