

УДК 547.42:544.623

А.Ф. Тодрин*, Е.В. Тимофеева

Термофизические свойства криопротекторов.

VII. Электропроводность ряда криопротекторов, их водных растворов и смесей

UDC 547.42:544.623

A.F. Todrin*, E.V. Timofeyeva

Thermophysical Properties of Cryoprotectants. VII. Electrical Conductivity of Some Cryoprotectants, Their Aqueous Solutions and Mixtures

Реферат: Систематизированы литературные данные по удельной электропроводности воды, чистых криопротекторов, их водных растворов и смесей. Построены эмпирические полиномиальные уравнения для расчета удельной электропроводности воды и чистых криопротекторов в зависимости от температуры. Для водных растворов и смесей некоторых криопротекторов получены эмпирические полиномиальные уравнения в зависимости от температуры при фиксированных концентрациях или от концентрации при фиксированных температурах.

Ключевые слова: криопротектор, удельная электропроводность, эмпирические полиномиальные уравнения.

Реферат: Систематизовано літературні дані по питомій електропровідності води, чистих криопротекторів, їх водних розчинів і сумішей. Побудовано емпіричні поліноміальні рівняння для розрахунку питомої електропровідності води і чистих криопротекторів в залежності від температури. Для водних розчинів і сумішей деяких криопротекторів отримано емпіричні поліноміальні рівняння в залежності від температури при фіксованих концентраціях або від концентрації при фіксованих температурах.

Ключові слова: криопротектор, питома електропровідність, емпіричні поліноміальні рівняння.

Abstract: The paper classifies the reference data on specific electrical conductivity of water, pure cryoprotectants, their aqueous solutions and mixtures. We obtained empirical polynomial equations for calculating the specific electrical conductivity of water and pure cryoprotectants depending on temperature. Empirical polynomial equations were obtained for aqueous solutions and mixtures of cryoprotectants depending on the temperature and constant concentrations or the one and constant temperature.

Key words: cryoprotectant, specific electrical conductivity, empirical polynomial equations.

Электропроводность жидких диэлектриков тесно связана со строением молекул жидкости. В неполярных жидкостях электропроводность определяется наличием диссоциированных примесей, в том числе воды. В полярных жидкостях электропроводность зависит не только от примесей, но иногда она вызывается диссоциацией молекул самой жидкости. При этом полярные жидкости по сравнению с неполярными всегда имеют повышенную удельную электропроводность.

Удельная электропроводность любой жидкости в значительной степени зависит от температуры. С увеличением температуры в результате уменьшения вязкости возрастает подвижность ионов и может увеличиваться степень тепловой диссоциации.

The electrical conductivity of liquid dielectrics is closely associated with the structure of molecules in liquid. In non-polar liquids the conductivity is determined by the presence of dissociated impurities, including water. In polar liquids, electrical conductivity depends not only on impurities; sometimes it is caused by dissociation of molecules in liquid. Herewith polar liquids if compared with non-polar ones always have a higher specific conductivity.

Specific electrical conductivity of any liquid significantly depends on temperature. With temperature increasing and subsequent viscosity reduction the mobility of ions rises and a degree of thermal dissociation can increase.

The research aim was to summarize and systematize the reference data on the base of deriving

Отдел низкотемпературного консервирования, Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины, г. Харьков

Department of Low Temperature Preservation, Institute for Problems of Cryobiology and Cryomedicine of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkov, Ukraine

*Автор, которому необходимо направлять корреспонденцию:
ул. Переяславская, 23, г. Харьков, Украина 61015;
тел.: (+38 057) 373-38-71, факс: (+38 057) 373-30-84,
электронная почта: todrin@mail.ru

*To whom correspondence should be addressed:
23, Pereyaslavskaya str., Kharkov, Ukraine 61015;
tel.: +380 57 373 3871, fax: +380 57 373 3084,
e-mail: todrin@mail.ru

Поступила 16.09.2014
Принята в печать 02.10.2014

Received September, 16, 2014
Accepted October, 02, 2014

Проблемы криобиологии и криомедицины. – 2015. – Т. 25, №1. – С. 33–44.
© 2015 Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины

Probl. Cryobiol. Cryomed. 2015. 25(1): 33–44.
© 2015 Institute for Problems of Cryobiology and Cryomedicine

Цель работы – обобщение и систематизация литературных данных на основе построения эмпирических уравнений для расчета значений удельной электропроводности чистых криопротекторов, их водных растворов и смесей в зависимости от массовой концентрации криопротектора и температуры.

Экспериментальные данные по удельной электропроводности криопротекторов, водных растворов и смесей, приведенные в литературе, были обработаны с помощью программы «Excel 2003» («Microsoft», США). Вместе с данными для криопротекторов были проанализированы и значения удельной электропроводности воды и ряда растворов веществ, которые важны как для криобиологии, так и для жизнедеятельности человека.

В данной работе концентрации приведены в массовых процентах для вещества, указанного первым.

В статье приняты следующие условные обозначения:

БСА – бычий сывороточный альбумин,
 ДМАц – диметилацетамид,
 ДМСО – диметилсульфоксид,
 ДМФА – диметилформамид,
 ДЭГ – диэтиленгликоль,
 ПД – пропандиол,
 ПЭГ – полиэтиленгликоль,
 ТЭГ – триэтиленгликоль,
 ФА – формамид,
 ЭГ – этиленгликоль,
 м. д. – массовая доля,
 С – массовая концентрация, %,
 R – дисперсия аппроксимации,
 t – температура, °C,
 χ – удельная электропроводность, См/м.

empirical equations to calculate the values of specific electrical conductivity of pure cryoprotective agents, their aqueous solutions and mixtures depending on cryoprotectant mass concentration and temperature.

The reported experimental data on specific electrical conductivity of cryoprotective agents, their aqueous solutions and mixtures were processed with MS Excel 2003 software (Microsoft, USA). Along with the data for cryoprotective agents we also processed the values of specific electrical conductivity for water and some aqueous solutions of the substances, which are essential both for cryobiology and human vital activity.

In this paper the concentrations are presented in weight percentage for the first mentioned substance.

The following abbreviations are used in the paper:

BSA – bovine serum albumin,
 DMAc – dimethyl acetamide,
 DMSO – dimethyl sulfoxide,
 DMFA – dimethyl formamide,
 DEG – diethylene glycol,
 PD – propane diol,
 PEG – polyethylene glycol,
 TEG – triethylene glycol,
 FA – formamide,
 EG – ethylene glycol,
 MF – mass fraction,
 C – mass concentration, %,
 R – approximation dispersion,
 t – temperature, °C,
 χ – specific electrical conductivity, Sm/m.

Таблица 1. Уравнения для расчета удельной электропроводности воды в зависимости от температуры; дисперсии аппроксимаций и диапазоны температур применения уравнения

Table 1. Equations to calculate specific electrical conductivity of water depending on temperature, approximation dispersions and temperature ranges of equation application

Вещество Substance	Уравнение (χ , 10^{-5} См/м) Equation (χ , 10^{-5} Sm/m)	R ²	Диапазон температур, °C Temperature range, °C	Источник	References
Деионизированная вода Deionised water	$\chi = 9,062 \times 10^{-4} t^2 - 0,0169 t + 0,3135$	0,9995	-2...170	[6, 11, 12, 15, 23, 25, 34, 44, 46, 47, 59, 60, 64]	[8, 10, 12, 20, 33, 35, 36, 42, 43, 56, 57, 59, 64]
Дистиллированная вода Distilled water	$\chi = -3,621 \times 10^{-4} t^2 + 0,2861 t + 5,974$	0,9956	0...100	[23]	[8]



Таблица 2. Уравнения для расчета удельной электропроводности ряда водных растворов криопротекторов и смесей криопротекторов в зависимости от концентрации при фиксированных температурах; дисперсии аппроксимаций и диапазоны температур применения уравнения

Table 2. Equations to calculate specific electrical conductivity of some aqueous solutions of cryoprotectants and mixtures of cryoprotective agents depending on concentrations under fixed temperatures, approximation dispersions and temperature ranges of equation application

Раствор Solution	Температура, °C Temperature, °C	Уравнение (χ , 10^{-5} См/м) Equation (χ , 10^{-5} Sm/m)	R ²	Диапазон концентраций, масс. % Concentration range, % w/w	Источник	References
1,2-ПД – вода 1,2-PD – water	0	$\chi = 0,4367C^3 - 46,76C^2 + 1369C + 6$	1,0	0...50	[36]	[22]
	25	$\chi = 0,6178C^3 - 74,327C^2 + 2583,5C + 13$	1,0	0...50		
БСА-вода BSA-water	25	$\chi = -39,535C^2 + 1181,7C + 13$	0,9983	0...4,8	[21]	[6]
	37	$\chi = 4721,26C^3 - 104,51C^2 + 1,4845C + 0,003127$	0,9932	0,000255...0,01174	[18]	[3]
Валин-вода Valine-water	25	$\chi = -33,922C^2 + 353C + 13$	0,9964	0...6	[10]	[55]
Глицин-вода Glycine-water	25	$\chi = -1,5434C^2 + 64,098C + 13$	0,9992	0...7,5	[8]	[51]
Глицерин-вода Glycerol-water	25	$\chi = 3,882 \times 10^{-6}C^4 - 6,794 \times 10^{-4}C^3 - 3,058 \times 10^{-2}C^2 - 0,8213C + 68,66$	0,9982	9...100	[11, 47, 58]	[36, 42, 54]
		$\chi = -0,0291C^2 + 2,8983C + 99,565$	0,9984	1...18	[11, 47, 56, 64]	[36, 42, 49, 64]
		$\chi = 1,193 \times 10^{-5}C^4 - 2,59 \times 10^{-5}C^3 - 0,1725C^2 - 5,212C + 194,7$	0,9995	18...100		
Глюкоза-вода Glucose-water	22	$\chi = -2,109 \times 10^{-2}C^2 + 0,9188C + 12,1$	0,9974	0...32	[66]	[66]
Глюкоза – 0,9% NaCl Glucose – 0.9% NaCl	22	$\chi = 25,13C^2 - 35,1C + 138410$	0,9999	0,1...32	[66]	[66]
ДМФА-вода DMFA-water	26	$\chi = 1,679 \times 10^{-2}C^2 - 0,7198C + 13$	0,9998	0...100	[3, 20, 41, 47, 64]	[5, 29, 31, 36, 64]
ДЭГ-вода DEG-water	20	$\chi = -9,314 \times 10^{-6}C^4 + 2,586 \times 10^{-3}C^3 - 0,2439C^2 + 7,763C + 11,6$	0,995	0...100	[50]	[40]
Мочевина- ДМСО Urea-DMSO	20	$\chi = -3,601 \times 10^{-4}C^4 + 2,756 \times 10^{-2}C^3 - 0,9554C^2 + 12,83C + 15,5$	0,9896	0...26	[1]	[26]
	40	$\chi = -9,554 \times 10^{-4}C^4 + 5,553 \times 10^{-2}C^3 - 1,342C^2 + 17,85C + 26,8$	0,9903	0...26		
ТЭГ-вода TEG-water	20	$\chi = -1,375 \times 10^{-4}C^4 + 1,332 \times 10^{-2}C^3 - 0,5238C^2 + 9,142C + 11,6$	1,0	0...40	[63]	[63]
		$\chi = 1,25 \times 10^{-5}C^4 - 3,861 \times 10^{-3}C^3 + 0,4421C^2 - 22,59C + 451,2$	0,9988	40...100		
ЭГ-вода EG-water	25	$\chi = -5,17 \times 10^{-3}C^4 + 0,2592C^3 - 4,935C^2 + 42,96C + 13$	0,9944	0...20	[3, 11, 50, 53]	[31, 40, 42, 46]
		$\chi = 1,329 \times 10^{-5}C^4 - 3,196 \times 10^{-3}C^3 + 0,3C^2 - 14,44C + 342,9$	0,9979	20...100		

Таблица 3. Уравнения для расчета удельной электропроводности растворов солей в воде и криопротекторах в зависимости от концентрации солей при фиксированной температуре; дисперсии аппроксимаций и диапазоны концентраций применения уравнений

Table 3. Equations to calculate specific electrical conductivity of saline solutions in water and cryoprotective agents depending on salt concentrations under fixed temperature, approximation dispersions and concentration ranges of equation application

Раствор Solution	Температура, °C Temperature, °C	Уравнение (χ , См/м) Equation (χ , Sm/m)	R ²	Диапазон концентраций, масс. % Concentration range, % w/w	Источник	References
CaCl ₂ -вода CaCl ₂ -water	5	$\chi = -0,0267C^2 + 1,147C + 0,000073$	0,9999	0...4,02	[23, 49]	[8, 39]
	10	$\chi = -0,0325C^2 + 1,3076C + 0,00009$	1,0	0...4,02		
	18	$\chi = -3,152 \times 10^{-2}C^2 + 1,496C + 0,00011$	0,9989	0...35	[12, 34]	[20, 43]
	20	$\chi = -3,101 \times 10^{-2}C^2 + 1,505C + 0,000116$	0,9997	0...40	[23]	[8]
	25	$\chi = -3,421 \times 10^{-2}C^2 + 1,666C + 0,00013$	0,9994	0...40	[9, 12, 27, 32, 49]	[13, 18, 39, 43, 52]
	35	$\chi = -0,0701C^2 + 2,2205C + 0,000156$	1,0	0...4,02	[23, 49]	[8, 39]
	37	$\chi = -7,243C^2 + 2,735C + 0,000161$	1,0	0...0,08	[23]	[8]
	45	$\chi = -0,0886C^2 + 2,6182C + 0,00018$	1,0	0...4,02	[23, 49]	[8, 39]
	70	$\chi = -0,1401C^2 + 3,713C + 0,00025$	1,0	0...4,02		
	90	$\chi = -0,1818C^2 + 4,6069C + 0,000289$	1,0	0...4,02		
CaCl ₂ -ФА CaCl ₂ -FA	25	$\chi = 6,136 \times 10^{-4}C^3 - 2,724 \times 10^{-2}C^2 - 0,315C + 0,1952$	0,9997	3,5...18	[6]	[59]
KCl-вода KCl-water	0	$\chi = -8,079 \times 10^{-3}C^2 + 0,9769C + 0,00006$	1,0	0...7,1	[4, 9, 34]	[20, 50, 52]
	5	$\chi = -0,2798 \times 10^{-2}C^2 + 1,237C + 0,000073$	1,0	0...0,2	[52]	[45]
	15	$\chi = -2,765 \times 10^{-3}C^2 + 1,322C + 0,0001$	0,9997	0...23	[5]	[38]
	18	$\chi = -2,615 \times 10^{-3}C^2 + 1,396C + 0,000105$	0,9996	0...21	[9, 12, 23, 30, 34]	[8, 16, 20, 43, 52]
	20	$\chi = -7,183 \times 10^{-3}C^2 + 1,478C + 0,000116$	0,9956	0...23	[4, 5, 27, 30, 33, 35, 39, 46, 48]	[13, 16, 19, 21, 27, 35, 37, 38, 50]
	23	$\chi = -2,76 \times 10^{-2}C^2 + 1,866C + 0,00012$	0,9999	0...20	[43]	[12]
	25	$\chi = -1,031 \times 10^{-2}C^2 + 1,595C + 0,00013$	0,9895	0...25,1	[4, 9, 12, 13, 23, 29, 33, 34, 40, 46, 49, 52, 61]	[8, 15, 19, 20, 28, 35, 39, 43, 45, 50, 52, 60, 62]

Продолжение на следующей странице
Continued on next page



Продолжение таблицы 3
Table 3. (Continued)

Раствор Solution	Температура, °C Temperature, °C	Уравнение (χ , См/м) Equation (χ , Sm/m)	R ²	Диапазон концентраций, масс. % Concentration range, % w/w	Источник	References
KCl-вода KCl-water	30	$\chi = -6,864 \times 10^{-3} C^2 + 1,751 C + 0,00014$	1,0	0...23	[5]	[38]
	35	$\chi = -8,581 \times 10^{-3} C^2 + 1,902 C + 0,000156$	1,0	0...23		
	55	$\chi = -1,56 \times 10^{-2} C^2 + 2,513 C + 0,00021$	1,0	0...23		
	80	$\chi = -2,419 \times 10^{-2} C^2 + 3,273 C + 0,000267$	1,0	0...23		
	90	$\chi = -2,699 \times 10^{-2} C^2 + 3,561 C + 0,000289$	0,9999	0...23		
KCl-метанол KCl-methanol	5	$\chi = -0,0208 C^2 + 0,815 C + 0,0074$	1,0	0,2...3,22	[19]	[4]
	15	$\chi = -0,0239 C^2 + 0,9363 C + 0,0073$	1,0	0,2...3,1		
	25	$\chi = -0,0494 C^2 + 1,0777 C + 0,002$	1,0	0,0015... 2,54	[9, 19]	[4, 52]
	35	$\chi = -0,0412 C^2 + 1,1624 C + 0,0121$	1,0	0,17...2,5	[19]	[4]
	45	$\chi = -0,0433 C^2 + 1,3162 C + 0,0097$	1,0	0,15...2,4		
NaCl-вода NaCl-water	1,5	$\chi = -0,0093 C^2 + 0,8932 C + 0,000063$	0,9974	0...24,62	[40]	[28]
	5	$\chi = -0,0222 C^2 + 1,108 C + 0,000073$	0,9999	0...5,52	[49]	[39]
	10	$\chi = -0,0206 C^2 + 1,2185 C + 0,00009$	0,9997	0...5,52		
	15	$\chi = -0,0218 C^2 + 1,3525 C + 0,0001$	1,0	0...37,44	[5, 12, 28]	[14, 38, 43]
	18	$\chi = -0,0232 C^2 + 1,438 C + 0,000105$	0,9997	0...38	[2, 7, 12, 28, 34]	[14, 20, 23, 43, 44]
	20	$\chi = -0,0234 C^2 + 1,4809 C + 0,000116$	0,9984	0...38	[5, 23, 28, 30, 35, 37, 38, 54]	[8, 14, 16, 21, 24, 25, 38, 47]
	21	$\chi = -0,0293 C^2 + 1,5843 C + 0,000118$	0,9996	0...24,6	[40]	[28]
	25	$\chi = -0,0256 C^2 + 1,6119 C + 0,00013$	0,9967	0...37,5	[9, 12, 23, 24, 26-28, 31, 32, 42, 45, 49, 51, 55, 61, 62]	[8, 9, 11, 13, 14, 17, 18, 30, 34, 39, 41, 43, 48, 52, 60, 61]
30	$\chi = -0,027 C^2 + 1,7789 C + 0,00014$	0,9996	0...22,6	[5, 16, 40]	[1, 28, 38]	

Продолжение на следующей странице
Continued on next page

Продолжение таблицы 3
Table 3. (Continued)

Раствор Solution	Температура, °C Temperature, °C	Уравнение (χ , См/м) Equation (χ , Sm/m)	R ²	Диапазон концентраций, масс. % Concentration range, % w/w	Источник	References
NaCl-вода NaCl-water	35	$\chi = -0,0322C^2 + 1,9993C + 0,000156$	0,9999	0...22,6	[49]	[39]
	45	$\chi = -0,0669C^2 + 2,5312C + 0,00018$	1,0	0...5,52		
	55	$\chi = -0,0441C^2 + 2,6352C + 0,00021$	0,9979	0...22,6	[5]	[38]
	70	$\chi = -0,09903C^2 + 3,58803C + 0,000244$	0,9999	0...5,52	[49]	[39]
	80	$\chi = -0,0558C^2 + 3,4869C + 0,000267$	0,9984	0...22,6	[5]	[38]
	90	$\chi = -0,07005C^2 + 4,02C + 0,000289$	0,9979	0...22,6	[49]	[39]
NaCl – 8,31 % метанол NaCl – 8,31 % methanol	30	$\chi = 1,7093C + 0,0022$	0,9997	0,15...0,574	[16]	[1]
NaCl – 16,55% метанол NaCl – 16,55% methanol		$\chi = 1,42C + 0,01784$	0,9996			
NaCl – 24,88% метанол NaCl – 24,88% methanol		$\chi = 1,2581C + 0,0213$	0,9996			
NaCl – 33,47% метанол NaCl – 33,47% methanol		$\chi = 1,1936C + 0,0068$	0,9982			
NaCl – 42,48% метанол NaCl – 42,48% methanol		$\chi = 1,1518C + 0,0046$	0,9985			
NaCl-метанол NaCl-methanol	25	$\chi = -0,5916C^2 + 1,0445C + 0,0015$	0,9998	0,0014...0,023	[6, 9, 12]	[43, 52, 59]
NaCl-этанол NaCl-ethanol	25	$\chi = -7,2532C^2 + 0,5366C + 1,01 \times 10^{-5}$	1,0	0,0008...0,0051	[12]	[43]
NaCl-ФА NaCl-FA	22	$\chi = -0,8707C^2 + 0,8176C + 6,008 \times 10^{-5}$	1,0	0,003...0,0184	[17]	[2]
Глицерин – 0,736% KCl Glycerol – 0,736% KCl	25	$\chi = 9,777 \times 10^{-5}C^2 - 0,02341C + 1,38$	0,9962	1,4...28	[57]	[53]
Глюкоза – 0,736% KCl Glucose – 0,736% KCl	25	$\chi = 1,024 \times 10^{-4}C^2 - 0,02354C + 1,35$	0,9997	1,4...28	[57]	[53]
ПЭГ-300 – 0,736% KCl PEG-300 – 0,736% KCl	25	$\chi = 6,187 \times 10^{-5}C^2 - 0,02525C + 1,307$	0,9957	1,4...28	[57]	[53]

Продолжение на следующей странице
Continued on next page



Продолжение таблицы 3
Table 3. (Continued)

Раствор Solution	Температура, °C Temperature, °C	Уравнение (χ , См/м) Equation (χ , Sm/m)	R ²	Диапазон концентраций, масс. % Concentration range, % w/w	Источник	References
ПЭГ-1000 – 0,736% KCl PEG-1000 – 0,736% KCl	25	$\chi = 2,733 \times 10^{-4} C^2 - 0,03298C + 1,357$	0,9958	1,4...28	[57]	[53]
ПЭГ-2000 – 0,736% KCl PEG-2000 – 0,736% KCl	25	$\chi = 1,704 \times 10^{-4} C^2 - 0,03064C + 1,327$	0,9997	1,4...28	[57]	[53]
ПЭГ-4000 – 0,736% KCl PEG-4000 – 0,736% KCl	25	$\chi = 2,967 \times 10^{-4} C^2 - 0,0335C + 1,309$	0,9942	1,4...28	[57]	[53]
Сахароза – 0,736 % KCl Sucrose – 0,736 % KCl	25	$\chi = 7,903 \times 10^{-5} C^2 - 0,02259C + 1,372$	0,9979	1,4...28	[57]	[53]
ЭГ – 0,736% KCl EG – 0,736% KCl	25	$\chi = 1,286 \times 10^{-4} C^2 - 0,0227C + 1,361$	0,9997	1,4...28	[57]	[53]
(1 м.д. NaCl + 1 м.д. CaCl ₂) – вода (1 MF NaCl + 1 MF CaCl ₂) – water	5	$\chi = -0,02293C^2 + 1,042C + 0,000073$	0,9997	0...10	[45]	[34]
	25	$\chi = -0,04052C^2 + 1,674C + 0,00013$	0,9995	0...10		

Таблица 4. Уравнения для расчета удельной электропроводности водных растворов солей и маннита в зависимости от температуры при фиксированной концентрации; дисперсии аппроксимаций и диапазоны температур применения уравнений

Table 4. Equations to calculate specific electrical conductivity of aqueous solutions of salts and mannite depending on temperature under fixed concentration, approximation dispersions and temperature ranges of equation application

Раствор Solution	Концентрация, масс. % Concentration, % w/w	Уравнение (χ , См/м) Equation (χ , Sm/m)	R ²	Диапазон температур, °C Temperature range, °C	Источник	References
CaCl ₂ -вода CaCl ₂ -water	4,019	$\chi = 2,399 \times 10^{-4} t^2 + 0,1119t + 3,594$	0,9999	5...90	[23, 49]	[8, 39]
	0,831	$\chi = 6,497 \times 10^{-5} t^2 + 0,02647t + 0,7934$	0,9999	5...90		
	0,0837	$\chi = 9,375 \times 10^{-6} t^2 + 3,1749 \cdot 10^{-3} t + 0,0938$	1,0	5...90		
	0,00838	$\chi = 1,089 \times 10^{-6} t^2 + 3,462 \cdot 10^{-4} t + 0,01013$	0,9999	5...90		
	0,000843	$\chi = 1,518 \times 10^{-7} t^2 + 3,165 \cdot 10^{-5} t + 0,0011$	0,9999	5...90		
KCl-вода KCl-water	7,121	$\chi = 2,726 \times 10^{-4} t^2 + 0,176t + 6,522$	0,9963	0...90	[4, 9, 22, 28, 29, 34, 46, 49]	[7, 14, 15, 20, 35, 39, 50, 52]
	3,626	$\chi = 1,247 \times 10^{-4} t^2 + 0,1053t + 3,085$	0,9949	0...90	[9, 34, 38, 40, 49, 61]	[20, 25, 28, 39, 52, 60]

Продолжение на следующей странице
Continued on next page

Продолжение таблицы 4
Table 4. (Continued)

Раствор Solution	Концентрация, масс. % Concentration, % w/w	Уравнение (χ , См/м) Equation (χ , Sm/m)	R ²	Диапазон температур, °С Temperature range, °C	Источник	References
KCl-вода KCl-water	0,736	$\chi = 5,02 \times 10^{-5} t^2 + 0,0218 t + 0,7117$	0,9998	0...90	[4, 9, 23, 2829, 30, 49, 61]	[8, 14, 15, 16, 39, 50, 52, 60]
	0,148	$\chi = 1,451 \times 10^{-4} t^2 + 4,619 \times 10^{-3} t + 0,1519$	0,9999	0...36	[4, 9, 23, 28, 30, 33]	[8, 14, 16, 19, 50, 52]
	0,0738	$\chi = 5,976 \times 10^{-6} t^2 + 2,413 \times 10^{-3} t + 0,07732$	0,9997	0...90	[4, 9, 23, 28, 30, 34, 49]	[8, 14, 16, 20, 39, 50, 52]
	0,00738	$\chi = 5,4 \times 10^{-7} t^2 + 2,633 \times 10^{-4} t + 7,827 \times 10^{-3}$	0,9998	0...90	[49]	[39]
	0,000738	$\chi = 8,094 \times 10^{-8} t^2 + 2,498 \times 10^{-4} t + 8,161 \times 10^{-4}$	1,0	0...90		
NaCl - вода NaCl-water	37,44	$\chi = 1,789 \times 10^{-3} t^2 + 0,4243 t + 13,39$	1,0	0...36	[12]	[43]
	21,576	$\chi = -4,358 \times 10^{-6} t^3 + 1,276 \times 10^{-3} t^2 + 0,444 t + 14,7$	0,9999	25...350	[55]	[48]
	10,344	$\chi = -2,741 \times 10^{-6} t^3 + 9,874 \times 10^{-4} t^2 + 0,162 t + 8,489$	0,9991	25...350		
	5,521	$\chi = 4,354 \times 10^{-4} t^2 + 0,1419 t + 4,678$	0,9999	5...90	[49]	[39]
	3,7273	$\chi = 4,997 \times 10^{-4} t^2 + 9,234 \times 10^{-2} t + 3,275$	0,9993	0...40	[40]	[28]
	3	$\chi = -8,132 \times 10^{-7} t^3 + 1,442 \times 10^{-4} t^2 + 0,1216 t + 1,718$	0,9997	25...350	[55]	[48]
	2,839	$\chi = 2,406 \times 10^{-4} t^2 + 8,026 \times 10^{-2} t + 2,523$	1,0	5...90	[49]	[39]
	0,9	$\chi = 9,256 \times 10^{-5} t^2 + 1,99 \times 10^{-2} t + 1,109$	0,9894	0...37,5	[37]	[24]
		$\chi = -8,431 \times 10^{-7} t^5 - 5,52 \times 10^{-5} t^4 - 1,11 \times 10^{-3} t^3 - 2,527 \times 10^{-3} t^2 + 0,141 t + 1,102$	0,9991	-25...0		
	0,581	$\chi = 5,865 \times 10^{-5} t^2 + 1,842 \times 10^{-2} t + 0,5623$	1,0	5...90	[9, 49, 54]	[39, 47, 52]
	0,4997	$\chi = 1 \times 10^{-4} t^2 + 1,99 \times 10^{-2} t + 0,6768$	1,0	5...30	[45]	[34]
	0,0584	$\chi = -3,934 \times 10^{-6} t^2 + 2,856 \times 10^{-3} t + 5,706 \times 10^{-2}$	0,9851	5...110	[49, 65]	[39, 65]
	0,05	$\chi = 6,302 \times 10^{-6} t^2 + 1,745 \times 10^{-3} t + 5,393 \times 10^{-2}$	1,0	0...50	[28]	[14]
0,00578	$\chi = 6,59 \times 10^{-7} t^2 + 2,176 \times 10^{-4} t + 6,391 \times 10^{-3}$	1,0	5...90	[49]	[39]	
0,000608	$\chi = 7,015 \times 10^{-8} t^2 + 2,334 \times 10^{-5} t + 6,988 \times 10^{-4}$	0,9997	5...90	[49]	[9]	
Маннит-вода Mannite-water	5,37	$\chi = 0,01882 t^2 + 0,908 t + 39,01$	0,9954	7...38	[14]	[58]



Литература

1. Галстян А.С., Габриелян Л.С., Маркарян Ш.А. Диэлектрическая релаксация растворов карбамида в диметилсульфоксиде // Химический журнал Армении. – 2003. – Т. 56, №3. – С. 27–33.
2. Ермаков В.И., Фенин С.А. Применение метода исчисления конечных разностей для описания зависимости «электропроводность-концентрация» растворов электролитов // Электронный журнал «Исследовано в России». – 2005. – С. 482–485/ [Электронный документ] // [веб-сайт] <http://www.ebiblioteka.lt/resursai/Uzsenio%20leidiniai/MFTI/2005/043.pdf> [доступ 23.02.2014].
3. Карапетян Ю.А., Эйчис В.М. Физико-химические свойства электролитных неводных растворов. – М.: Химия, 1989. – 256 с.
4. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. А.А. Равделя и А.М. Пономаревой. – Л.: Химия, 1983. – 232 с.
5. Максимова И.Н., Пак Ч.С., Правдин Н.Н. и др. Свойства электролитов. – М.: Металлургия, 1987. – 128 с.
6. Новый справочник химика и технолога. Химическое равновесие. Свойства растворов / Под ред. С.А. Симановой. – СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2004. – 998 с.
7. Отто М. Современные методы аналитической химии. – М.: Техносфера, 2003. – Т. 1. – 412 с.
8. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка малоотходных мембранно-сорбционных технологий очистки и концентрирования L-аминокислот для пищевой промышленности и медицины» (заключительный) НИЧ-1027 (N государственной регистрации 01.200.116727) [Электронный документ] // [веб-сайт] <http://www.igoraristov.narod.ru/references/TR03.pdf> [доступ 2.04.2014].
9. Робинсон Р., Стокс Р. Растворы электролитов. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. – 647 с.
10. Селифонова Е.И. Электрофоретическое разделение и тест-определение L-α-аминокислот в водных и организованных средах: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. – Саратов, 2011. – 25 с.
11. Справочник химика / Под ред. Б.П.Никольского. – М.–Л.: Химия, 1966. – Т.1. – 1072 с.
12. Справочник химика. Химическое равновесие и кинетика. Свойства растворов. Электродные процессы / Под ред. Б.П.Никольского. – М.–Л.: Химия, 1965. – Т. 3. – 1008 с.
13. Танасюк Д.А., Магомедбеков Э.П., Бяков В.М. и др. Роль структуры растворов электролитов при гамма-облучении и ее влияние на электропроводность и pH растворов // Электронный научный журнал «Исследовано в России». – 2011. – С. 798–814. [Электронный документ] // [веб-сайт] <http://www.sci-journal.ru/articles/2011/061.pdf> [доступ 9.06.2014].
14. Шигимага В.А., Мегель Ю.Е. Метод определения проводимости ооцитов и эмбрионов в различных условиях диэлектрической среды // Вестник НТУ «ХПИ» «Новые решения в современной технологии». – 2011. – №9. – С. 140–144.
15. Электропроводность воды на линии насыщения [Электронный документ] // [веб-сайт] http://twf.mpei.ac.ru/tthb/2/OIVT/HB_v201/GLAVA3/Table3_8.pdf [доступ 11.06.2014].
16. Ajaya B., Kumar S.S. Effects of concentration and relative permittivity on the transport properties of sodium chloride in pure water and ethanol-water mixed solvent media // Res. J. Chem. Sci. – 2011. – Vol. 1, №6. – P. 48–52.
17. Akhter M.S., Alawi S.M. Aggregation of ionic surfactants in formamide // Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects. – 2000. – Vol. 173, № 1–3. – P. 95–100.
18. Akrawi B.A., Ali A.M.J., Hani A.A.M. Study of albumin conductivity in water and its reactions with transition metal ions // Natl. J. Chem. (Iraq). – 2010. – Vol. 40. – P. 752–769.
19. Akrawi B.A., Khalil S.M., Dawod A.M. The electrical conductivity of potassium halides in methanol at different temperatures // Raf. Jour. Sci. – 2006. – Vol. 17, №4. – P. 68–75.

References

1. Ajaya B., Kumar S.S. Effects of concentration and relative permittivity on the transport properties of sodium chloride in pure water and ethanol-water mixed solvent media. Res J Chem Sci 2011; 1(6): 48–52.
2. Akhter M.S., Alawi S.M. Aggregation of ionic surfactants in formamide. Colloids and Surfaces A: Physicochem Eng Aspects 2000;173(1–3): 95–100.
3. Akrawi B.A., Ali A.M.J., Hani A.A.M. Study of albumin conductivity in water and its reactions with transition metal ions. Natl J Chem (Iraq) 2010; 40: 752–769.
4. Akrawi B.A., Khalil S.M., Dawod A.M. The electrical conductivity of potassium halides in methanol at different temperatures. Raf J Sci 2006; 17(4): 68–75.
5. Alawi S.M. Thermodynamics studies of cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) in N, N-dimethyl acetamide-water mixtures. Orient J Chem 2010; 26(4): 1235–1240.
6. Alshami A.S. Dielectric properties of biological materials: a physical-chemical approach [dissertation]. Washington; 2007.
7. Bhattarai A., Sapkota D., Subedi N.T. et al. Conductance of sodium nitrate in methanol-water mixtures at different temperatures. Nepal J Sci and Tech 2011; 12: 187–192.
8. Bruttel P.A. Conductometry – conductivity measurement. Herisau: Metrohm Ltd; 2004.
9. Caprita R., A. Caprita A. Monitoring the milk acidification by the conductometric method // Universitatea de Stiinte Agricole si Medicina Veterinara Iasi Lucrari Stiintifice. Vol. 52, Seria Zootehnie: 635–638. Available from: URL: www.univagro-iasi.ro/revista_zoo/ro/documente/Pdf_vol/Z129_Rodica_Catpriata.pdf [cited 9.05.2014].
10. Characteristics of deionised water. Available from: URL: http://pro-analitica.hu/haracteristics_of_deionised_water.pdf [cited 19.05.2014].
11. CHEM 334L – Conductance of solutions – estimating Ka for a weak acid. Available from: URL: http://web.campbell.edu/faculty/bryan/CHEM334/CHEM334L%20Handouts/CHEM334L%20Conductivity_2005.pdf [cited 29.05.2014].
12. Conductivity of water ont saturation line. Available from: URL: http://twf.mpei.ac.ru/tthb/2/OIVT/HB_v201/GLAVA3/Table3_8.pdf (cited 11.06.2014).
13. Conductivity ordering guide. [Electronic document // web-site <http://myweb.wit.edu/sandinic/Research/conductivity%20v%20concentration.pdf>] (cited 17.04.2014).
14. Conductivity: theory and practice Available from: URL: http://www.tcd.ie/Biochemistry/courses/js_conductivity.pdf [cited 29.06.2014].
15. Conductometric titration. Available from: URL: <http://www.nt.ntnu.no/users/floban/KJ%20%202051/Conductometry.pdf> [cited 21.06.2014].
16. Conductometry. Metrohm. Application Bulletin 102/2 e. Available from: URL: http://partners.metrohm.com/GetDocument?action=get_dms_document&docid=692931 [cited 5.06.2014].
17. Contacting conductivity analyzers/inductive conductivity analyzers, general. Available from: URL: http://www.yokogawa.com/an/faq/sc_isc/sc_isc_general.htm [cited 5.06.2014].
18. CRC Handbook of chemistry and physics. Boca Raton: CRC Press; 2005.
19. Crook J., King D., Weyh J. Electrical conductivity of electrolytes [Electronic document // web-site <http://whatcom.ctc.edu/files/3712/8681/2044/Electrica%20Conductivity%202008.pdf>] [cited 12.06.2014].
20. Dean J.A. Lange's handbook of chemistry. New York: McGRAW-HILL, 1999.
21. Electrical conductivity of aqueous solutions electrolytes Available from: URL: http://sites.chem.colostate.edu/diverdi/all_courses/CRC%20reference%20data/electrical%20conductivity%20of%20aqueous%20solutions.pdf [cited 13.04.2014].



20. Alawi S.M. Thermodynamics studies of cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) in N,N-dimethyl acetamide-water mixtures // *Orient. J. Chem.* – 2010. – Vol. 26, №4. – P. 1235–1240.
21. Alshami A.S. Dielectric properties of biological materials: a physical-chemical approach: Dissertation ... PhD. – Washington State University. – 2007. – 173 p.
22. Bhattarai A., Sapkota D., Subedi N.T. et al. Conductance of sodium nitrate in methanol-water mixtures at different temperatures // *Nepal J. Sci. and Tech.* – 2011. – Vol. 12. – P. 187–192.
23. Bruttel P.A. Conductometry – conductivity measurement. – Herisau: Metrohm Ltd. – 2004. – 48 p.
24. Caprita R., A. Caprita A. Monitoring the milk acidification by the conductometric method // *Universitatea de Stiinte Agricole si Medicina Veterinara Iasi Lucrari Stiintifice.* – Vol. 52, Seria Zootehnie – P.635–638. [Электронный документ] // [веб-сайт] www.univagro-iasi.ro/revista_zoo/ro/documente/Pdf_vol/Z129_Rodica_Catpriata.pdf (доступ 9.05.2014).
25. Characteristics of deionised water [Электронный документ] // [веб-сайт] http://pro-analitica.hu/harakteristics_of_deionised_water.pdf (доступ 19.05.2014).
26. CHEM 334L – Conductance of solutions – estimating Ka for a weak acid [Электронный документ] // [веб-сайт] http://web.campbell.edu/faculty/bryan/CHEM334/CHEM334L%20Handouts/CHEM334L%20Conductivity_2005.pdf (доступ 29.05.2014).
27. Conductivity ordering guide [Электронный документ] // [веб-сайт] <http://myweb.wit.edu/sandinic/Research/conductivity%20v%20concentration.pdf> (доступ 17.04.2014).
28. Conductivity: theory and practice [Электронный документ] // [веб-сайт] http://www.tcd.ie/Biochemistry/courses/js_conductivity.pdf (доступ 29.06.2014).
29. Conductometric titration [Электронный документ] // [веб-сайт] <http://www.nt.ntnu.no/users/floban/KJ%20%202051/Conductometry.pdf> (доступ 21.06.2014).
30. Conductometry // Metrohm. Application Bulletin 102/2 e [Электронный документ] // [веб-сайт] http://partners.metrohm.com/GetDocument?action=get_dms_document&docid=692931 (доступ 5.06.2014).
31. Contacting conductivity analyzers/inductive conductivity analyzers, general [Электронный документ] // [веб-сайт] http://www.yokogawa.com/an/faq/sc_isc/sc_isc_general.htm (доступ 5.06.2014).
32. CRC Handbook of chemistry and physics – Boca Raton, CRC Press, 2005. – 2661 p.
33. Crook J., King D., Weyh J. Electrical conductivity of electrolytes [Электронный документ] // [веб-сайт] <http://whatcom.ctc.edu/files/3712/8681/2044/Electrica%20Conductivity%202008.pdf> (доступ 12.06.2014).
34. Dean J.A. Lange's handbook of chemistry. – New York: McGRAW-HILL, 1999. – 1521 p.
35. Electrical conductivity of aqueous solutions electrolytes [Электронный документ] // [веб-сайт] http://sites.chem.colostate.edu/diverdi/all_courses/CRC%20reference%20data/electrical%20conductivity%20of%20aqueous%20solutions.pdf (доступ 13.04.2014).
36. Engineering and operating guide for DOWFROST and DOWFROST HD inhibited propylene glycol-based heat transfer fluids electrolytes [Электронный документ] // [веб-сайт] http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_010e/0901b8038010e417.pdf?filepath=/heattrans/pdfs/noreg/180-01286.pdf&fromPage=GetDoc (доступ 14.04.2014).
37. Foster K.R., Bell R.T., III, Whittington R., Denysyk B. Effect of DMSO on the dielectric properties of canine kidney tissue // *Cryobiology.* – 1976. – Vol. 13, №5. – P. 581–585.
38. Gaiduk V.I., Tseitlin B.M., Vij J.K. Orientational/translational relaxation in aqueous electrolyte solutions: a molecular model for microwave/far-infrared ranges // *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2001. – Vol. 3, №4. – P. 523–534.
22. Engineering and operating guide for DOWFROST and DOWFROST HD inhibited propylene glycol-based heat transfer fluids electrolytes Available from: URL: http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_010e/0901b8038010e417.pdf?filepath=/heattrans/pdfs/noreg/180-01286.pdf&fromPage=GetDoc [cited 14.04.2014].
23. Ermakov V.I., Fenin S.A. Using a method of calculus of end differences for description of dependency 'concentration-concentration' electrolytes an solutions // *Electron. Sci. J. "Investigated in Russia" 2005: 482-485.* Available from: URL: <http://www.ebiblioteka.lt/resursai/Uzsienio%20leidiniai/MFTI/2005/043.pdf> [cited 23.02.2014].
24. Foster K.R., Bell R.T., III, Whittington R., Denysyk B. Effect of DMSO on the dielectric properties of canine kidney tissue. *Cryobiology* 1976; 13(5): 581–585.
25. Gaiduk V.I., Tseitlin B.M., Vij J.K. Orientational/translational relaxation in aqueous electrolyte solutions: a molecular model for microwave/far-infrared ranges. *Phys Chem Chem Phys* 2001; 3(4): 523–534.
26. Galstyan A. S., Gabrielyan L. S., Markaryan Sh. A. A dielectric relaxation of urea/ dimethylsulfoxide mixtures. *Chem J Armenia* 2003; 56(3): 27–33.
27. General tests, processes and apparatus. Available from: URL: http://www.pmda.go.jp/english/pharmacopoeia/pdf/fifteenth_edition/General%20Tests,%20Processes%20and%20Apparatus.pdf [cited 11.04.2014].
28. Hasted J.B., Ritson D.M., Collie C.H. Dielectric properties of aqueous ionic solutions. Parts I and II. *J Chem Phys* 1948; 16(1): 1–21.
29. Jarusuwannapoom T., Hongrojjanawiwat W., Jitjaicham S. et al. Effect of solvents on electro-spinnability of polystyrene solutions and morphological appearance of resulting electrospun polystyrene fibers. *Eur Polym J* 2005; 41(3): 409–421.
30. Jonsson P. Road status sensors: A comparison of active and passive sensors. Available from: URL: <http://miun.diva-portal.org/smash/get/diva-2-278005/FULLTEXT01.pdf> [cited 14.04.2014].
31. Karapetyan Yu.A., Eychis V. Physical -chemical properties of electrolyte non-aqueous solutions. Moscow: Khimia; 1989.
32. Kim E.-H., Chow W.S., Horton P. et al. Entropy-assisted stacking of thylakoid membranes. *Biochim Biophys Acta* 2005; 1708(2): 187–195.
33. Lee F.-M., Lahti L.E., Stoops C.E. Solution properties of urea-alcohol-water mixtures. *J Chem Eng Data* 1976; 21(1): 36–40.
34. Mantynen M. Temperature correction coefficients of electrical conductivity and of density measurements for saline groundwater sensors. Available from: URL: http://www.posiva.fi/files/2094/POSIVA-2001-15_Working-report_web.pdf [cited 12.05.2014].
35. Manual of electrochemical analysis. Part 3. Electric conductivity. Available from: URL: http://www.pg.gda.pl/chem/Dydaktyka/Analityczna/ELECTRO/ElectrochemicalAnalysis_Manual_Part_3.pdf [cited 14.06.2014].
36. Marcus Y. The properties of solvent. New York: Jon Wiley & Sons; 1999.
37. Mason W.A., Shutt W.J. The dielectric capacity of electrolytes in mixed solvents: ion association in solutions of magnesium sulphate. *Proc R Soc Lond A* 1940; 175(961): 234–253.
38. Maximova I.N., Pak Ch.S., Pravdin N.N. et al. Properties of electrolytes. Moscow: Metallurgia; 1987.
39. McCleskey R.B. Electrical conductivity of electrolytes found in natural waters from (5 to 90)°C. *J Chem Eng Data* 2011; 56(2): 317–327.
40. MEGlobal. Ethylene. Available from: URL: <http://www.meglobal.biz/product-literature> [cited 24.05.2014].
41. Nagarajan R., Wang C.-C. Theory of surfactant aggregation in water/ethylene glycol mixed solvents. *Langmuir* 2000; 16(12): 5242–5251.
42. Nikolsky B.P., editor. Handbook of chemistry. Vol.1. Moscow-Leningrad: Khimia; 1966.



39. General tests, processes and apparatus [Электронный документ] // [веб-сайт] http://www.pmda.go.jp/english/pharmacopoeia/pdf/fifteenth_edition/General%20Tests,%20Processes%20and%20Apparatus.pdf (доступ 11.04.2014).
40. Hasted J.B., Ritson D.M., Collie C.H. Dielectric properties of aqueous ionic solutions. Parts I and II // *J. Chem. Phys.* – 1948. – Vol. 16, №1. – P. 1–21.
41. Jarusuwannapoom T., Hongrojjanawiwat W., Jitjaicham S. et al. Effect of solvents on electro-spinnability of polystyrene solutions and morphological appearance of resulting electro-spun polystyrene fibers // *Eur. Polym. J.* – 2005. – Vol. 41, №3. – P. 409–421.
42. Jonsson P. Road status sensors: A comparison of active and passive sensors [Электронный документ] // [веб-сайт] <http://miun.diva-portal.org/smash/get/diva-2-278005/FULLTEXT01.pdf> (доступ 14.04.2014).
43. Kim E.-H., Chow W.S., Horton P. et al. Entropy-assisted stacking of thylakoid membranes // *Biochim. Biophys. Acta.* – 2005. – Vol. 1708, №2. – P. 187 – 195.
44. Lee F.-M., Lahti L.E., Stoops C.E. Solution properties of urea-alcohol-water mixtures // *J. Chem. Eng. Data.* – 1976. – Vol. 21, №1. – P. 36–40.
45. Mantynen M. Temperature correction coefficients of electrical conductivity and of density measurements for saline ground-water sensors [Электронный документ] // [веб-сайт] http://www.posiva.fi/files/2094/POSIVA-2001-15_Working-report_web.pdf (доступ 12.05.2014).
46. Manual of electrochemical analysis. Part 3. Electric conductivity [Электронный документ] // [веб-сайт] [http://www.pg.gda.pl/chem/Dydaktyka/Analizyczna/ELECTRO/Electrochemical Analysis_Manual_Part_3.pdf](http://www.pg.gda.pl/chem/Dydaktyka/Analizyczna/ELECTRO/Electrochemical%20Analysis_Manual_Part_3.pdf) (доступ 14.06.2014).
47. Marcus Y. The properties of solvent. – New York: John Wiley & Sons, 1999. – 242 p.
48. Mason W.A., Shutt W.J. The dielectric capacity of electrolytes in mixed solvents: ion association in solutions of magnesium sulphate // *Proc. R. Soc. Lond. A.* – 1940. – Vol. 175, №961. – P. 234–253.
49. McCleskey R.B. Electrical conductivity of electrolytes found in natural waters from (5 to 90)°C // *J. Chem. Eng. Data.* – 2011. – Vol. 56, №2. – P. 317–327.
50. MEGlobal. Ethylene [Электронный документ] // [веб-сайт] <http://www.meglobal.biz/product-literature> (доступ 24.05.2014).
51. Nagarajan R., Wang C.-C. Theory of surfactant aggregation in water/ethylene glycol mixed solvents // *Langmuir.* – 2000. – Vol. 16, №12. – P. 5242–5251.
52. Owen B.B., Zelde H. The conductance of potassium chloride, potassium bromide and potassium iodide in aqueous solutions from 5 to 55° // *J. Chem. Phys.* – 1950. – Vol. 18, №8. – P. 1083–1085.
53. Pelagic meg/water umbilical flushing and storage fluids [Электронный документ] // [веб-сайт] http://www.subseafluids.com/pdfs/Umbilical_Storage_fluids/Pelagic_MEG.Water/Pelagic_MEG-Water_Manual.pdf (доступ 2.06.2014).
54. Peyman A., Holden S., Gabriel C. Dielectric properties of tissues at microwave frequencies [Электронный документ] // [веб-сайт] http://www.mthr.org.uk/research_projects/documents/Rum3FinalReport.pdf (доступ 22.02.2014).
55. Phillips S.L., Igbene A., Fair J.A. et al. A technical databook for geothermal energy utilization. – Berkeley: University of California, 1981. – 56 p.
56. Physical properties of glycerine and its solutions. ACI Science. American Cleaning Institute [Электронный документ] // [веб-сайт] http://www.aciscience.org/does/Physical_properties_of_glycerine_and_its-solutions.pdf (доступ 21.02.2014).
57. Sabirov R.Z., Krasilnikov O.V., Ternovsky V.I. et al. Relation between ionic channel conductance and conductivity of media containing different nonelectrolytes. A novel method of pore size determination // *Gen. Physiol. Biophys.* – 1993. – Vol. 12, №2. – P. 95–111.
58. Nikolsky B.P., editor. Handbook of chemistry. Chemical equilibrium and kinetics. Properties of solutions. Electrode processes. Vol.3. Moscow-Leningrad: Khimia; 1965.
59. Otto M. Analytische chemie. Weinheim: Wiley-VCH; 2000.
60. Owen B.B., Zelde H. The conductance of potassium chloride, potassium bromide and potassium iodide in aqueous solutions from 5 to 550. *J Chem Phys* 1950; 18(8): 1083–1085.
61. Pelagic meg/water umbilical flushing and storage fluids. Available from: URL: http://www.subseafluids.com/pdfs/Umbilical_Storage_fluids/Pelagic_MEG.Water/Pelagic_MEG-Water_Manual.pdf (cited 2.06.2014).
62. Peyman A., Holden S., Gabriel C. Dielectric properties of tissues at microwave frequencies Available from: URL: http://www.mthr.org.uk/research_projects/documents/Rum3FinalReport.pdf (cited 22.02.2014).
63. Phillips S.L., Igbene A., Fair J.A. et al. A technical databook for geothermal energy utilization. Berkeley: University of California; 1981.
64. Physical properties of glycerine and its solutions. ACI Science. American Cleaning Institute. Available from: URL: http://www.aciscience.org/does/Physical_properties_of_glycerine_and_its-solutions.pdf (cited 21.02.2014).
65. Ravel A.A., Ponomareva A.M., editors. Quick reference of physical-chemical quantities. Leningrad: Khimia; 1983.
66. Report on the research project 'Development of low-waste technology of membrane-sorption purification and concentration of L-amino acids for food industry and medicine' (final) SRD-1027 (state registration N 01.200.116727) Available from: URL: <http://www.igoraristov.narod.ru/references/TR03.pdf> (cited 2.04.2014).
67. Robinson R.A., Stokes R.H. Electrolyte solutions. London: Butterworths Scientific Publications; 1959.
68. Sabirov R.Z., Krasilnikov O.V., Ternovsky V.I. et al. Relation between ionic channel conductance and conductivity of media containing different nonelectrolytes. A novel method of pore size determination. *Gen Physiol Biophys* 1993; 12(2): 95–111.
69. Saleh J.M., Khalil M., Hokmat N.A. Investigation of some physical properties of glycerol-water mixtures at 298.15 K. *J Iraqi Chem Soc* 1986; 11(1): 89–104.
70. Selifonova E.I. Electrophoretic separation and test-determination L- α -amino acids in water and organized media [dissertation]. Saratov; 2011.
71. Sengwa R.J., Choudhary S., Khatri V. Studies on hydrogen-bond interactions in ternary mixtures of polar solvents by dielectric constant measurements. *Int J Thermophys* 2011; 32(10): 2050–2061.
72. Sengwa R.J., Khatri V., Sankhla S. Structure and hydrogen bonding in binary mixtures of N,N-dimethylformamide with some dipolar aprotic and protic solvents by dielectric characterization. *Ind J Chem* 2009; 48A(4): 512–519.
73. Shigimaga V.A., Megel Yu.E. Method for determining the conductivity of oocytes and embryos in various conditions of dielectric medium. *Vestnik NTU 'KhPI' 'New solutions in modern technology.'* Kharkov: NTU 'KhPI'; 2011; (9): 140–144.
74. Simanova S.A. editor. New handbook of chemist and technologist. Chemical equilibrium. Properties of solutions. St. Petersburg: ANO NPO "Professional"; 2004.
75. Snyder K.A., Fenga X., Keen B.D. et al. Estimating the electrical conductivity of cement paste pore solutions from OH^- , K^+ and Na^+ concentrations. *Cement Concr Res* 2003; 33(6): 793–798.
76. Solazzo S.A., Liu Z., Lobo S.M. et al. Radiofrequency ablation: importance of background tissue electrical conductivity – an agar phantom and computer modeling study. *Radiology* 2005; 236(2): 495–502.
77. Tanasjuk D.A., Magomedbekov E.P., Byakov V.M. et al. The role of electrolyte structure on gamma-radiation effect and its influence at electroconductivity and pH of solutions // *Electron. Sci. J. "Investigated in Russia"* 2011. – P.798–814. Available from: URL: <http://www.sci-journal.ru/articles/2011/061.pdf> [cited 9.06.2014].



58. Saleh J.M., Khalil M., Hokmat N.A. Investigation of some physical properties of glycerol-water mixtures at 298.15 K // J. Iraqi Chem. Soc. – 1986. – Vol. 11, №1. – P. 89–104.
59. Sengwa R.J., Choudhary S., Khatri V. Studies on hydrogen-bond interactions in ternary mixtures of polar solvents by dielectric constant measurements // Int. J. Thermophys. – 2011. – Vol. 32, №10. – P. 2050–2061.
60. Sengwa R.J., Khatri V., Sankhla S. Structure and hydrogen bonding in binary mixtures of N,N-dimethylformamide with some dipolar aprotic and protic solvents by dielectric characterization // Ind. J. Chem. – 2009. – Vol. 48A, №4. – P. 512–519.
61. Snyder K.A., Fenga X., Keen B.D. et al. Estimating the electrical conductivity of cement paste pore solutions from OR^- , K^+ and Na^+ concentrations // Cement Concr. Res. – 2003. – Vol. 33, №6. – P. 793–798.
62. Solazzo S.A., Liu Z., Lobo S.M. et al. Radiofrequency ablation: importance of background tissue electrical conductivity – an agar phantom and computer modeling study // Radiology. – 2005. – Vol. 236, №2. – P. 495–502.
63. Triethylene glycol [Электронный документ] // [веб-сайт] http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_004d/0901b8038004d042.pdf (доступ 11.03.2014).
64. Woissetschlager J., Wexler A.D., Holler G. et al. Horizontal bridges in polar dielectric liquids // Exp. Fluids. – 2012. – Vol. 52, №1. – P. 193–205.
65. Xu Y., Xie H., Guo J. Conductivity of NaCl solution at 0.4–5.0 GPa and 25–500°C // Sci. China Earth. Sci. – 1997. – Vol. 40, №4. – P. 398–402.
66. Yoon G. Dielectric properties of glucose in bulk aqueous solutions: Influence of electrode polarization and modeling // Biosens. Bioelectron. – 2011. – Vol. 26, №5. – P. 2347–2353.

