

УДК 54

DOI: 10.21685/2307-9150-2017-3-6

Ю. П. Перельгин, С. В. Кабанов

О ВЗАИМОСВЯЗИ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ РАСТВОРА ТРУДНОРАСТВОРИМОЙ СОЛИ И ЕЕ ПРОИЗВЕДЕНИЯ РАСТВОРИМОСТИ

Аннотация.

Актуальность и цели. Установление математической зависимости между удельной электропроводностью и произведением растворимости труднорастворимой соли является достаточно актуальной задачей, поскольку это позволяет быстро определить концентрацию соли в растворе.

Результаты. Теоретически получена математическая зависимость между удельной электропроводностью и произведением растворимости труднорастворимой соли, которая подтверждена имеющимися в литературе данными.

Выводы. Результаты проведенных исследований позволяют использовать полученное уравнение для определения произведения растворимости и концентрации труднорастворимой соли.

Ключевые слова: удельная электропроводность, произведение растворимости труднорастворимых солей.

Yu. P. Perehygin, S. V. Kabanov

ON THE INTERRELATION OF THE SPARINGLY SOLUBLE SALT SOLUTION'S SPECIFIC CONDUCTIVITY AND ITS SOLUBILITY PRODUCT

Abstract.

Background. Establishing a mathematical relationship between the electrical conductivity and solubility product of sparingly soluble salts is a quite topical problem as it allows to quickly determine the concentration of salt in a solution.

Results. The article describes a theoretically obtained mathematical dependence between the conductivity and the product of solubility of sparingly soluble salts, which is confirmed by the available published data.

Conclusions. The results of these studies allow to use the derived equation to determine the product of solubility and the concentration of sparingly soluble salts.

Key words: electrical conductivity, solubility product of sparingly soluble salts.

В работе [1] приводится методика определения произведения растворимости (ПР) труднорастворимых неорганических соединений через определение удельной электропроводности (χ) его насыщенного раствора. Таким

образом, имеется непосредственная связь между произведением растворимости и удельной электропроводностью. Однако математической зависимости между данными параметрами до настоящего времени не выявлено, что и послужило причиной проведения данной работы.

Эквивалентная электропроводность раствора (λ) [2] определяется уравнением $\lambda = \frac{\chi}{c}$ (c – концентрация соли в растворе, моль-экв/м³). Концентрация (моль/л) труднорастворимой соли $[M_m A_n]$ (M^{+n} – катион металл, A^{-m} – анион кислоты) в насыщенном растворе определяется уравнением [3]

$$[M_m A_n] = m+n \sqrt[m \cdot n]{\frac{\text{ПР}}{m^m \cdot n^n}}.$$

Принимая во внимание, что раствор в данном случае является очень разбавленным, то эквивалентная электропроводность при бесконечном разведении (λ_0) равна эквивалентной электропроводности в данном растворе $\lambda_0 = \lambda$ [1]. Получим следующее уравнение зависимости удельной электропроводности от величины произведения растворимости соли:

$$\chi = \lambda_0 m+n \sqrt[m \cdot n]{\frac{\text{ПР}}{m^m \cdot n^n}} 1000 \cdot \left(\frac{1}{f}\right) \text{ или}$$
$$\lg \chi = \lg \lambda_0 + \frac{1}{m+n} \lg \text{ПР} - \frac{1}{m+n} \lg (m^m \cdot n^n) + 3 - \lg (f), \quad (1)$$

где f – фактор эквивалентности соли.

Данное уравнение может быть применимо к различным веществам, эквивалентная электропроводность при бесконечном разбавлении (λ_0) которых практически равна. Последнее имеет место при температуре 25 °С для веществ, приведенных в табл. 1 ($\lambda_0 = 130 \cdot 10^{-4} \dots 148 \cdot 10^{-4}$ См м²/моль-экв) [4]. Объединив все постоянные уравнения (1), получим уравнение следующего вида:

$$\lg \chi = a + b \lg \text{ПР},$$

где постоянные $a = \lg \lambda_0 - \frac{1}{m+n} \lg (m^m \cdot n^n) + 3 - \lg (f)$ и $b = \frac{1}{m+n}$ зависят от типа соли.

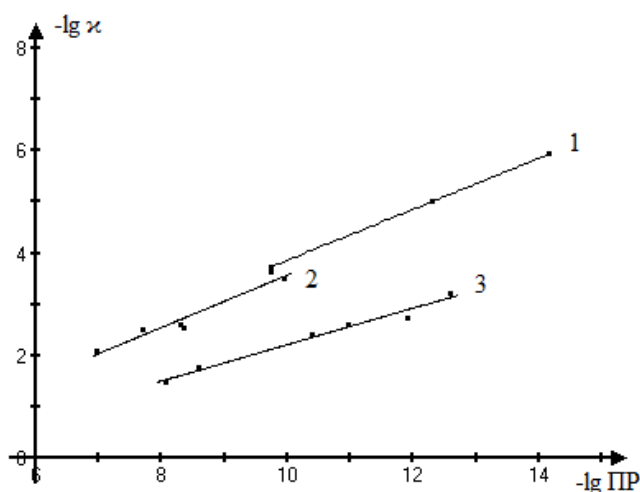
Из данного уравнения следует, что с уменьшением произведения растворимости соли удельная электропроводность насыщенного раствора труднорастворимой соли уменьшается, а углы наклона зависимости $\lg \chi - \lg \text{ПР}$ для соли типа МА и соли типа МА₂ или М₂А соответственно равны 0,5 и 0,33.

В табл. 1 приведены значения удельной электропроводности [4, с. 73] и произведения растворимости солей серебра, бария, меди, стронция, кальция и свинца [5].

Таблица 1

Соли типа МА (к прямой 1)			Соли типа МА ₂ или М ₂ А (к прямой 3)		
Вещество	ПР	Электро- проводность, См/м	Вещество	ПР	Электро- проводность, См/м
AgCl	$1,8 \cdot 10^{-10}$	$1,85 \cdot 10^{-4}$	Ag ₂ CrO ₄	$1,2 \cdot 10^{-12}$	$18,58 \cdot 10^{-4}$
AgBr	$5 \cdot 10^{-13}$	$0,99 \cdot 10^{-5}$	Ag ₂ C ₂ O ₄	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$25,475 \cdot 10^{-4}$
AgCN	$7 \cdot 10^{-15}$	$1,176 \cdot 10^{-6}$	CaF ₂	$4 \cdot 10^{-11}$	$39,96 \cdot 10^{-4}$
(к прямой 2)			PbJ ₂	$8,7 \cdot 10^{-9}$	$338,4 \cdot 10^{-4}$
BaSO ₄	$1,8 \cdot 10^{-10}$	$2,4 \cdot 10^{-4}$	Pb(JO ₃) ₂	$2,6 \cdot 10^{-13}$	$5,96 \cdot 10^{-4}$
BaCrO ₄	$1,1 \cdot 10^{-10}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	SrF ₂	$2,5 \cdot 10^{-9}$	$171,8 \cdot 10^{-4}$
BaCO ₃	$4,9 \cdot 10^{-9}$	$2,548 \cdot 10^{-3}$			
PbSO ₄	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$3,26 \cdot 10^{-3}$			
BaC ₂ O ₄	$1,1 \cdot 10^{-7}$	$7,82 \cdot 10^{-3}$			
CaCO ₃	$4,4 \cdot 10^{-9}$	$28,84 \cdot 10^{-4}$			

Зависимость удельной электропроводности от произведения растворимости в координатах $\lg \chi = f(\lg \text{ПР})$ представлена на рис. 1.

Рис. 1. Зависимость $\lg \chi = f(\lg \text{ПР})$

Математическая обработка данных для веществ, приведенных в табл. 1, с использованием метода наименьших квадратов, позволила установить, что наиболее точно зависимость удельной электропроводности раствора χ (См/м) от ПР описывается уравнениями следующих видов:

$$\lg \chi = 1,25 + 0,5 \lg \text{ПР} \quad (\text{соль МА} - \text{прямая 1});$$

$$\lg \chi = 1,58 + 0,52 \lg \text{ПР} \quad (\text{соль МА} - \text{прямая 2});$$

$$\lg \chi = 1,34 + 0,355 \lg \text{ПР} \quad (\text{соль М}_2\text{А или МА}_2 - \text{прямая 3}).$$

Коэффициент корреляции данных уравнений равен 0,98.

Постоянные в последних трех уравнениях несколько отличаются от значений, рассчитанных по уравнению (1), в то же время угол наклона прямой $\lg \chi = f(\lg(\text{ПР}))$ практически точно совпадает с величиной, приведенной в уравнении (1). Это может свидетельствовать о достоверности уравнения (1).

Таким образом, полученное уравнение (1) может быть использовано для определения произведения растворимости и концентрации труднорастворимой соли.

Библиографический список

1. Практикум по электрохимии : учеб. пособие для хим. спец. вузов / под ред. Б. Б. Дамаскина. – М. : Высш. шк., 1991. – 288 с.
2. **Дамаскин, Б. Б.** Электрохимия / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. – М. : Химия : КолосС, 2006. – 672 с.
3. **Крешков, А. П.** Основы аналитической химии. Теоретические основы. Качественный анализ / А. П. Крешков. – М. : Химия, 1965. – Т. 1. – 472 с.
4. Справочник по электрохимии / под ред. А. М. Сухотина. – Л. : Химия, 1981. – 486 с.
5. **Лидин, Р. А.** Константы неорганических веществ : справочник / Р. А. Лидин, Л. Л. Андреева, В. А. Молочко ; под ред. Р. А. Лидина. – М. : Дрофа, 2006. – 685 с.

References

1. *Praktikum po elektrokhemii: ucheb. posobie dlya khim. spets. vuzov* [Electrochemistry laboratory work: tutorial for special chemical universities]. Ed. by B. B. Damaskin. Moscow: Vyssh. shk., 1991, 288 p.
2. Damaskin B. B., Petriy O. A., Tsirlina G. A. *Elektrokhemiya* [Electrochemistry]. Moscow: Khimiya: KolosS, 2006, 672 p.
3. Kreshkov A. P. *Osnovy analiticheskoy khimii. Teoreticheskie osnovy. Kachestvennyy analiz* [Basic analytical chemistry. Theoretical basis. Qualitative analysis]. Moscow: Khimiya, 1965, vol. 1, 472 p.
4. *Spravochnik po elektrokhemii* [Electrochemistry reference book]. Ed. by A. M. Sukhotin. Leningrad: Khimiya, 1981, 486 p.
5. Lidin R. A., Andreeva L. L., Molochko V. A. *Konstanty neorganicheskikh veshchestv: spravochnik* [Constants of nonorganic matter: reference book]. Moscow: Drofa, 2006, 685 p.

Перелыгин Юрий Петрович

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой химии,
Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: pyp@pnzgu.ru

Pereygin Yuriy Petrovich

Doctor of engineering sciences, professor,
head of sub-department of chemistry,
Penza State University (40 Krasnaya street,
Penza, Russia)

Кабанов Станислав Викторович

кандидат технических наук, доцент,
кафедра химии, Пензенский
государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: pyp@pnzgu.ru

Kabanov Stanislav Viktorovich

Candidate of engineering sciences, associate
professor, sub-department of chemistry,
Penza State University (40 Krasnaya street,
Penza, Russia)

УДК 54

Перельгин, Ю. П.

О взаимосвязи удельной электропроводности раствора труднорастворимой соли и ее произведения растворимости / Ю. П. Перельгин, С. В. Кабанов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2017. – № 3 (19). – С. 63–67. DOI: 10.21685/2307-9150-2017-3-6