

Бегунов Данила Алексеевич,
обучающийся, Иркутский национальный исследовательский технический университет,
e-mail: lbegunova@mail.ru

Соболева Вероника Геннадьевна,
к.т.н, доцент, Иркутский национальный исследовательский технический университет
e-mail: nika.sobolek@mail.ru

СИСТЕМА $\text{H}_2\text{O}-\text{HCl}-\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ И ЕЕ ИОННЫЕ РАВНОВЕСИЯ

Begunov D.A., Soboleva V.G.

CHEMICAL EQUILIBRIUM IN THE SYSTEM $\text{H}_2\text{O}-\text{HCl}-\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Аннотация. Определены значения pH растворов тройной системы $\text{H}_2\text{O}-\text{HCl}-\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Рассчитаны константы ионизации комплексов. Получены эмпирические зависимости, позволяющие рассчитать константу ионизации растворов различных концентраций.

Ключевые слова: катионный аквакомплекс, анионный гидроксокомплекс, гидролиз, константа ионизации, pH растворов тройной системы $\text{H}_2\text{O}-\text{HCl}-\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Abstract. The pH values of the solutions of the ternary system $\text{H}_2\text{O}-\text{HCl}-\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ were determined. The ionization constants of the complexes were calculated. Empirical dependences are obtained, allowing to calculate the ionization constant of solutions of various concentrations.

Keywords: cationic aquacomplex, anionic hydroxocomplex, hydrolysis, ionization constant, pH of solutions of the ternary system $\text{H}_2\text{O}-\text{HCl}-\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

В настоящее время алюминий занимает лидирующее место среди современных материалов. Оборудование для производства алюминия практически не модернизируется, технология электролиза не совершенствуется и имеет ряд существенных недостатков. Развитие новых, экономически более выгодных и экологически чистых способов получения алюминия и усовершенствование уже существующих методов имеет большое значение.

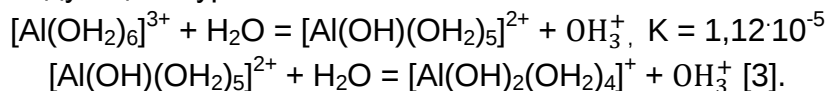
Динамикой флюидных фаз в алюминиевых электролизерах определяются технико-экономические показатели промышленного электролиза [1]. Предложен новый экологически чистый метод выделения алюминия из кислых водных растворов совместно с водородом на капельном галлиевом электроде [2]. Такое решение основано на четких физических представлениях о динамике электролита, металла и газа в лабораторном электролизере.

Основная цель современных исследований состоит в определении характеристик микроструктуры растворов, в оценке изменений свойств систем при варьировании внешних условий. Отсутствие этих сведений не позволяет правильно понять механизм образования ближайшего окружения иона.

Перечисленные выше проблемы определяют, на наш взгляд, актуальность представляемого исследования.

Алюминий – типичный амфотерный элемент, склонный к образованию различных аквакомплексов. В зависимости от pH водного раствора существуют катионный аквакомплекс $[\text{Al}(\text{OH}_2)_6]^{3+}$ и анионный гидроксокомплекс $[\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$ [3].

При растворении AlCl_3 в воде происходит гидролиз соли с образованием октаэдрических акваионов $[\text{Al}(\text{OH}_2)_6]^{3+}$ и соляной кислоты. Начальные стадии гидролиза можно описать следующими уравнениями:



О влиянии природы катиона (его размера и заряда) на степень ионизации координированных молекул воды можно судить по значению константы кислотной ионизации аквакомплекса:

$$K = \frac{[M(\text{OH}_2)_5 (\text{OH})]^{n-1} [\text{H}^+]}{[M(\text{OH}_2)_6^{n+1}]} \quad (1)$$

В исследуемой системе по результатам измерений плотности ($\rho \cdot 10^3$, кг/м³) и вязкости ($\eta \cdot 10^{-3}$, Па·с) были выбраны разрезы, где существует максимальное отклонение от аддитивности [4]. По этим разрезам измерены pH растворов и рассчитаны константы ионизации (таблица 1).

Таблица 1 – Зависимость pH растворов и константы ионизации от концентрации соли при 20 °С.

C_{HCl} , 10 % масс.	$C_{\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}$, % масс.						
	0	2,5	5	10	15	20	30
pH	0,44	0,53	0,60	0,79	1,05	1,18	1,63
K	-	$2,31 \cdot 10^{-1}$	$0,69 \cdot 10^{-1}$	$0,09 \cdot 10^{-1}$	$0,09 \cdot 10^{-2}$	$0,03 \cdot 10^{-2}$	$0,06 \cdot 10^{-5}$
C_{HCl} , 15 % масс.	$C_{\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}$, % масс.						
	0	2,5	5	10	15	20	30
pH	0,72	0,75	0,88	1,15	1,31	1,49	1,71
K	-	$0,49 \cdot 10^{-1}$	$0,97 \cdot 10^{-2}$	$0,7 \cdot 10^{-3}$	$0,15 \cdot 10^{-3}$	$0,3 \cdot 10^{-5}$	$0,3 \cdot 10^{-5}$

Были получены уравнения зависимости константы ионизации от концентрации соли (табл.2).

Таблица 2 – Зависимость константы ионизации от концентрации $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Уравнение зависимости	10 % масс. HCl		15 % масс. HCl	
	a	b	a	b
$k = a \cdot e^{-bc}$	0,4472	-0,378	0,0872	-0,4463

Численные значения эмпирических коэффициентов отвечают $R^2 = 0,97 \div 1,0$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бегунов А.И., Белых П.Д., Филатова Е.Г., Соболева В.Г. Электропроводность растворов системы вода–соляная кислота–хлорид магния // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. 2003. № 3, С.30-32.
2. Пат. РФ № 2138582 (1997). Способ получения алюминия / Бегунов А.И.
3. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. М.: Высшая школа, 2012. 743 с.
4. Бегунов А.И., Скобеева Н.И., Рыбникова В.Г. Плотность и вязкость тройной системы вода–соляная кислота–хлорид алюминия // Деп.ВИНИТИ 26.03.2002 г., № 540-В 2002.