

Практическое занятие № 2

Значение водоподготовки и водного режима тепловых электрических станций для обеспечения их надежной и экономичной эксплуатации

Большинство задач связано с определением концентраций компонентов в контурах тепловых электрических станций, показателей качества пара и воды. Поэтому в начале пособия приводится ряд задач по расчету концентраций примесей в воде, в том числе на стадии предварительной очистки водоподготовительной установки ТЭС.

Например:

$$C_{\text{Ca}^{2+}} = 392 \text{ мг/л}$$

пересчет концентраций ионов ведется следующим образом:

$$C_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{392}{A_{\text{M}}} = \frac{392}{40} = 9,8 \quad C_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{392}{\text{Эм}} = \frac{392}{\frac{A_{\text{M}}}{z}} = \frac{392}{\frac{40}{2}} = 19,6$$

где A_{M} – атомный вес кальция, по периодической таблице элементов Д.И. Менделеева $A_{\text{M}}(\text{Ca}) = 40$; Эм – эквивалентная масса; z – заряд иона, $z(\text{Ca}) = 2$.

$$C_{\text{Ca}^{2+}} = 392 \frac{\text{мг}}{\text{л}} = 19,6 \frac{\text{мг} - \text{ЭКВ}}{\text{л}} = 9,8 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Моль}}{\text{л}}$$

Ионная сила раствора определяется по формуле:

$$\mu = 0,5 \sum_{i=1}^n C_i z_i^2,$$

где C_i – концентрация данного вида ионов в растворе, моль/л или г-ион/л (1 моль=1 г-ион).

Коэффициент активности можно определить по справочным данным или по формуле Дебая-Гюккеля:

$$\lg f_i = -Az_i^2 \frac{\sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}},$$

где $A = 1,823 \cdot 10^6 / (\epsilon T)^{3/2}$; μ – ионная сила; z_i – валентность ионов данного вида; ϵ – диэлектрическая проницаемость; T – температура, К.

При температуре воды 298 К $\epsilon = 78,5$ а коэффициент $A = 0,5$.

Тогда активность ионов H^+

$$a_{\text{H}^+} = C_{\text{H}^+} \cdot f_{\text{H}^+}, \text{ г-ион/л}$$

Водородный показатель

$$\text{pH} = -\lg a_{\text{H}^+}$$

Задачи

Задача 1.

Определить ионную силу воды, которая имеет следующий ионный состав:

$$C_{\text{Ca}^{2+}} = 392 \text{ мг/л}, C_{\text{Mg}^{2+}} = 230,4 \text{ мг/л}, C_{\text{Na}^+} = 151,8 \text{ мг/л}, C_{\text{SO}_4^{2-}} = 624 \text{ мг/л},$$

$$C_{\text{Cl}^-} = 802,3 \text{ мг/л}, C_{\text{HCO}_3^-} = 536,8 \text{ мг/л}.$$

Решение

$$C_{\text{Ca}^{2+}} = 392 \frac{\text{мг}}{\text{л}} = 19,6 \frac{\text{мг-экв}}{\text{л}} = 9,8 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Моль}}{\text{л}}$$

$$C_{\text{Mg}^{2+}} = 230,4 \frac{\text{мг}}{\text{л}} = 19,2 \frac{\text{мг-экв}}{\text{л}} = 9,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Моль}}{\text{л}}$$

$$C_{\text{Na}^+} = 151,8 \frac{\text{мг}}{\text{л}} = 6,6 \frac{\text{мг-экв}}{\text{л}} = 6,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Моль}}{\text{л}}$$

$$C_{\text{SO}_4^{2-}} = 624 \frac{\text{мг}}{\text{л}} = 13 \frac{\text{мг-экв}}{\text{л}} = 6,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Моль}}{\text{л}}$$

$$C_{\text{Cl}^-} = 802,3 \frac{\text{мг}}{\text{л}} = 22,6 \frac{\text{мг-экв}}{\text{л}} = 22,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Моль}}{\text{л}}$$

$$C_{\text{HCO}_3^-} = 536,8 \frac{\text{мг}}{\text{л}} = 8,8 \frac{\text{мг-экв}}{\text{л}} = 8,8 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Моль}}{\text{л}}$$

Ионная сила воды

$$\mu = 0,5 \sum_{i=1}^n C_i z_i^2 = 0,5 \cdot 10^{-3} (9,8 \cdot 4 + 9,6 \cdot 4 + 6,6 + 6,5 \cdot 4 + 22,6 + 8,8) = 0,071$$

Задача 2.

Вычислить pH 0,05 М раствора серной кислоты при температуре 25°C.

Решение

Ионная сила такого раствора

$$\mu = 0,5 \sum_{i=1}^n C_i z_i^2,$$

где C_i – концентрация данного вида ионов в растворе, моль/л или г-ион/л (1 моль=1 г-ион).

$$\mu = 0,5(2 \cdot 0,05 \cdot 1^2 + 0,05 \cdot 2^2) = 0,15$$

Коэффициент активности определяется по формуле Дебая-Гюккеля

$$\lg f_i = -Az_i^2 \frac{\sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}},$$

где $A = 1,823 \cdot 10^6 / (\epsilon T)^{3/2}$; μ – ионная сила; z_i – валентность ионов данного вида; ϵ – диэлектрическая проницаемость; T – температура, К.

При температуре воды 298 К $\epsilon = 78,5$ а коэффициент $A = 0,5$.

Коэффициент активности для одновалентных ионов

$$\lg f_1 = -\frac{0,5 \cdot 1^2 \sqrt{0,15}}{1 + \sqrt{0,15}} = -0,14, \text{ откуда } f_1 = 0,725$$

Тогда активность ионов H^+

$$a_{\text{H}^+} = C_{\text{H}^+} \cdot f_1 = 0,05 \cdot 2 \cdot 0,725 = 7,25 \cdot 10^{-2} \text{ г-ион/л}$$

Водородный показатель

$$\text{pH} = -\lg a_{\text{H}^+} \quad \text{pH} = 1,14.$$

Задача 3.

Вычислить pH раствора содержащего 0,01 М NaCl и 0,02М H_2SO_4

Решение

Ионная сила раствора

$$\mu = 0,5(0,01 \cdot 1^2 + 0,01 \cdot 1^2 + 0,02 \cdot 2 \cdot 1^2 + 0,02 \cdot 2^2) = 0,07$$

Коэффициент активности ионов водорода

$$\lg f_{\text{H}^+} = -\frac{0,5 \cdot 1^2 \sqrt{0,07}}{1 + \sqrt{0,07}} = -0,105 \quad f_{\text{H}^+} = 0,79$$

Активность ионов H^+

$$a_{\text{H}^+} = 0,02 \cdot 2 \cdot 0,79 = 3,16 \cdot 10^{-2} \text{ г-ион/л,}$$

Водородный показатель

$$\text{pH} = -\lg a_{\text{H}^+} \quad \text{pH} = 1,5$$

Задача 3.

Определить концентрацию ионов водорода и pH воды, в которой содержится

$$C_{\text{OH}^-} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ Моль/л, а коэффициент активности } f_{\text{OH}^-} = 0,8.$$

Решение

Активность ионов OH^-

$$a_{\text{OH}^-} = C_{\text{OH}^-} \cdot f_{\text{OH}^-} = 3 \cdot 10^{-4} \cdot 0,8 = 2,4 \cdot 10^{-4}$$

Показатель ионов OH^-

$$\text{pOH} = -\lg a_{\text{OH}^-} = -\lg(2,4 \cdot 10^{-4}) = 3,62$$

Водородный показатель

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 3,62 = 10,38$$

Активность ионов H^+

$$a_{\text{H}^+} = 10^{-\text{pH}} = 10^{-10,38} = 4,17 \cdot 10^{-11}$$

Концентрация ионов водорода

$$C_{\text{H}^+} = \frac{a_{\text{H}^+}}{f_{\text{H}^+}} = \frac{4,17 \cdot 10^{-11}}{0,8} = 5,21 \cdot 10^{-11} \text{ Моль/л} = 5,21 \cdot 10^{-8} \frac{\text{мг} - \text{ЭКВ}}{\text{л}}$$