

Практическое занятие № 3

Определение общей щелочности и жесткости

Общей щелочностью воды Щ_o называется выраженная в мг-экв/кг суммарная концентрация содержащихся в воде анионов OH^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , HSiO_3^- , SiO_3^{2-} и некоторых слабых органических кислот (гуматов).

Общая щелочность воды

$$\text{Щ}_o = \sum C_{\text{An}}^{\text{C.k}} + C_{\text{OH}^-} - C_{\text{H}^+}$$

Жесткость – один из технологических показателей, принятых для характеристики состава и качества природных вод.

Жесткой называют воду с повышенным содержанием ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} .

Суммарная концентрация ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} является количественной мерой жесткости воды:

$$\text{Ж} = C_{\text{Ca}^{2+}} + C_{\text{Mg}^{2+}}$$

Измеряют жесткость числом миллимолей эквивалентов ионов жесткости (Ca^{2+} и Mg^{2+}) в 1 кг воды (ммоль/кг). В связи с тем, что плотность воды близка к единице, жесткость можно измерять в ммоль/дм³ или ммоль/л.

Задачи

Задача 1.

Определить общую щелочность воды, если в ней сумма анионов слабых кислот

$$\sum C_{\text{An}}^{\text{C.k}} = 1,5 \frac{\text{мг} - \text{ЭКВ}}{\text{л}}, \text{ а ее } \text{pH} = 5,5 \text{ и ионная сила воды } \mu = 0,1.$$

Решение

Активность ионов H^+

$$a_{\text{H}^+} = 10^{-\text{pH}} = 10^{-5,5} = 3,16 \cdot 10^{-6}$$

Коэффициент активности ионов водорода

$$\lg f_{\text{H}^+} = -Az^2 \frac{\sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}} = -0,5 \cdot 1^2 \cdot \frac{\sqrt{0,1}}{1 + \sqrt{0,1}} = -0,12 \quad f_{\text{H}^+} = 0,758$$

Концентрация ионов водорода

$$C_{\text{H}^+} = \frac{a_{\text{H}^+}}{f_{\text{H}^+}} = \frac{3,16 \cdot 10^{-6}}{0,758} = 4,03 \cdot 10^{-6} \text{ Моль/л} = 4,03 \cdot 10^{-3} \frac{\text{мг} - \text{ЭКВ}}{\text{л}}$$

Показатель ионов OH^-

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 14 - 5,5 = 8,5$$

Активность ионов OH^-

$$a_{\text{OH}^-} = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-8,5} = 3,16 \cdot 10^{-9}$$

Концентрация ионов OH^-

$$C_{\text{OH}^-} = \frac{a_{\text{OH}^-}}{f_{\text{OH}^-}} = \frac{3,16 \cdot 10^{-9}}{0,785} = 4,03 \cdot 10^{-9} \text{ Моль/л} = 4,03 \cdot 10^{-6} \frac{\text{МГ} - \text{ЭКВ}}{\text{Л}}$$

Общая щелочность воды

$$\text{Щ}_0 = \sum C_{\text{An}}^{\text{C.k}} + C_{\text{OH}^-} - C_{\text{H}^+} = 1,5 + 4,03 \cdot 10^{-6} - 4,03 \cdot 10^{-3} = 1,496 \frac{\text{МГ} - \text{ЭКВ}}{\text{Л}}$$

Задача 2.

Определить некарбонатную щелочность воды, которая имеет следующий ионный состав:

$$C_{\text{Ca}^{2+}} = 9,8 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Моль}}{\text{Л}}, C_{\text{Mg}^{2+}} = 9,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Моль}}{\text{Л}}, C_{\text{Na}^+} = 6,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Моль}}{\text{Л}},$$

$$C_{\text{SO}_4^{2-}} = 6,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Моль}}{\text{Л}}, C_{\text{Cl}^-} = 22,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Моль}}{\text{Л}}, C_{\text{HCO}_3^-} = 8,8 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Моль}}{\text{Л}}.$$

Решение

Общая жесткость

$$\text{Ж}_0 = \text{Ж}_{\text{Ca}} + \text{Ж}_{\text{Mg}} = 19,6 \left(\frac{\text{МГ} - \text{ЭКВ}}{\text{Л}} \right) + 19,2 \left(\frac{\text{МГ} - \text{ЭКВ}}{\text{Л}} \right) = 38,8 \left(\frac{\text{МГ} - \text{ЭКВ}}{\text{Л}} \right)$$

Некарбонатная жесткость

$$\text{Ж}_{\text{нк}} = \text{Ж}_0 + \text{Ж}_{\text{к}} = 38,8 \left(\frac{\text{МГ} - \text{ЭКВ}}{\text{Л}} \right) + 8,8 \left(\frac{\text{МГ} - \text{ЭКВ}}{\text{Л}} \right) = 30 \left(\frac{\text{МГ} - \text{ЭКВ}}{\text{Л}} \right)$$

Задача 3.

Во сколько раз коэффициент активности однозарядных ионов больше коэффициента активности двухзарядных ионов в воде имеющей 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

Ионная сила воды

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

Коэффициент активности однозарядных ионов

$$\lg f_1 = -Az^2 \frac{\sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}} = -0,5 \cdot 1^2 \cdot \frac{\sqrt{0,071}}{1 + \sqrt{0,071}} = -0,105 \quad f_1 = 0,785$$

Коэффициент активности двухзарядных ионов

$$\lg f_2 = -Az^2 \frac{\sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}} = -0,5 \cdot 2^2 \cdot \frac{\sqrt{0,071}}{1 + \sqrt{0,071}} = -0,421 \quad f_2 = 0,379$$

Отношение коэффициентов активности

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{0,785}{0,379} = 2,07$$