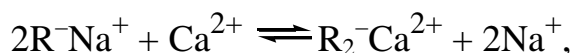


Практическое занятие № 13

Определение жесткости и солесодержания воды после Na-катионирования

Пример 6. Природная вода имеет следующие исходные показатели качества: общая жесткость 5,15 ммоль/л, солесодержание 0,47 г/л. Солевой состав воды: 1386 мг $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, 500 мг MgCl_2 , 480 мг NaCl . Объем воды 5 л. Определите жесткость и солесодержание после Na-катионирования.

Решение. При Na-катионировании исходная вода пропускается через слой Na-катионита. При этом ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} из природной воды обмениваются на ионы Na^+ из катионита:



Обмен происходит по закону эквивалентов:

$$N_{\text{э,Me}^{2+}} = N_{\text{э,Na}^+}$$

или

$$J_{\text{общ.}} \cdot V = N_{\text{э,Na}^+}$$

Молярные массы эквивалентов солей жесткости и солей натрия:

$$M(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = 162,11 \text{ г/моль}, M_{\text{э}}(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = 162,11 / 2 = 81,05 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{MgCl}_2) = 95,21 \text{ г/моль}, M_{\text{э}}(\text{MgCl}_2) = 95,21 / 2 = 47,62 \text{ г/моль};$$

$$M_{\text{э}}(\text{NaHCO}_3) = 84 \text{ г/моль}, M_{\text{э}}(\text{NaCl}) = 58,5 \text{ г/моль}.$$

Тогда солесодержание Na-катионированной воды будет определяться содержанием в воде солей Na^+ :

$$\rho = \frac{m(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2)}{M_{\text{э}} \cdot V} \cdot M_{\text{э}}(\text{NaHCO}_3) + \frac{m(\text{MgCl}_2)}{M_{\text{э}} \cdot V} \cdot M_{\text{э}}(\text{NaCl}) + \frac{m(\text{NaCl})}{V} =$$

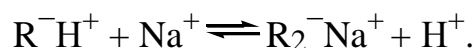
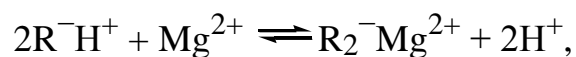
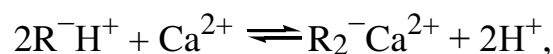
$$= \frac{1386 \cdot 10^{-3}}{81,05 \cdot 5} \cdot 84 + \frac{500 \cdot 100^{-3}}{47,62} \cdot 58,5 + \frac{480 \cdot 10^{-3}}{5} = 0,5 \text{ г/л.}$$

Как видим, после полного Na-катионирования воды ее солесодержание осталось примерно, как в исходной воде. Жесткость воды стала практически нулевой.

Определение жесткости, солесодержания и pH воды после H-катионирования

Пример 7. Определите жесткость, солесодержание и pH воды после ее обработки методом H-катионирования, если природная вода имеет следующий состав: 1386 мг $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, 500 мг MgCl_2 , 480 мг NaCl . Объем воды 5 л.

Решение. При H-катионировании природная вода пропускается через слой H-катионита. При этом катионы из обрабатываемой воды обмениваются на ионы H^+ из катионита:



Как видим, после полного H-катионирования в обработанной воде практически не остается растворенных солей, т.е. солесодержание и жесткость становятся близкими к нулю: $\rho = 0$, $\text{Ж}_{\text{общ}} = 0$. Однако обработанная вода в результате образования избытка ионов H^+ становится более коррозионно-агрессивной, так как уменьшается pH среды. Обмен катионов происходит по закону эквивалентов:

$$\sum N_{\text{э}, \text{Me}^{2+}} = N_{\text{э}, \text{H}^+},$$

поэтому концентрация ионов H^+ в обрабатываемой воде будет равна

$$C_{\text{H}^+} = \frac{N_{\text{Э, H}^+}}{V} = \frac{m(\text{CaHCO}_3)_2}{M_{\text{Э}} \cdot V} + \frac{m(\text{MgCl}_2)}{M_{\text{Э}} \cdot V} + \frac{m(\text{NaCl})}{M_{\text{Э}} \cdot V} =$$

$$= \frac{1386 \cdot 10^{-3}}{81,05 \cdot 5} + \frac{500 \cdot 10^{-3}}{47,62 \cdot 5} + \frac{480 \cdot 10^{-3}}{58,5 \cdot 5} = 7,1 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Определим рН обработанной воды:

$$\text{pH} = -\lg a_{\text{H}^+} = -\lg 7,1 \cdot 10^{-3} = 2,2 - \text{кислая реакция среды.}$$

Контрольные задания

6-1. Образец воды объемом 1 л содержит 48,6 мг гидрокарбоната кальция и 29,6 мг сульфата магния. Рассчитайте чему равна общая жесткость и солесодержание воды?

6-2. Рассчитайте общую жесткость воды (ммоль/л) и солесодержание воды, если в 0,25 л воды содержится 11,50 мг гидрокарбоната кальция, 1,92 мг гидрокарбоната магния, 13,30 мг хлорида кальция и 7,50 мг хлорида магния.

6-3. Образец воды объемом 0,5 л содержит 25 мг гидрокарбоната магния и 13,5 мг хлорида магния. Рассчитайте чему равна общая жесткость и солесодержание воды.

6-4. Рассчитайте общую жесткость (ммоль/л) и солесодержание воды, если в 0,20 л воды содержится 10,50 мг гидрокарбоната кальция, 2,10 мг гидрокарбоната магния, 5,5 мг хлорида железа (II) и 6,30 мг сульфата магния.

6-5. На титрование 0,05 л образца воды израсходовано $4,8 \cdot 10^{-3}$ л 0,1 н. HCl. Определите чему равна карбонатная жесткость воды.

6-6. При определении временной жесткости на титрование 0,1 л воды израсходовано $5,25 \cdot 10^{-3}$ л 0,101 н. HCl. Рассчитайте чему равна временную жесткость воды.

6-7. При определении общей жесткости воды на титрование 200 мл образца израсходовано 8 мл 0,1 н. раствора трилона Б. Вычислите общую жесткость воды.

6-8. Вычислите общую, карбонатную и постоянную жесткость воды, если на титрование 200 мл образца израсходовано 7,6 мл 0,05 н. трилона Б, а на титрование 100 мл воды израсходовано 1,5 мл 0,1 н. HCl.

6-9. Вычислите общую, карбонатную и постоянную жесткость воды, если на титрование 200 мл образца израсходовано 9,5 мл 0,05 н. трилона Б, а на титрование 200 мл воды израсходовано 2,5 мл 0,1 н. HCl.

6-10. На титрование 0,025 л образца воды израсходовано 3,5 мл 0,1 н. HCl. Вычислите чему равна карбонатная жесткость воды.

6-11. Определите, сколько мл 0,1 н. раствора трилона Б и 0,1 н. раствора HCl израсходовано при определении жесткости воды методом комплексонометрии, если объем пробы воды равен 100 мл. Результаты анализа: общая жесткость 3 ммоль/л, карбонатная жесткость 2,5 ммоль/л.

6-12. Определите, сколько мл 0,1 н. раствора трилона Б и 0,05 н. раствора HCl израсходовано при определении жесткости воды методом комплексонометрии, если объем пробы воды равен 100 мл. Результаты анализа: общая жесткость 2,5 ммоль/л, карбонатная жесткость 2 ммоль/л.

6-13. Общая жесткость волжской воды равна 6,52 ммоль/л, а временная 3,32 ммоль/л. Определите какую массу Ca(OH)₂ и Na₂CO₃ надо взять, чтобы устранить жесткость 5 л воды.

6-14. Некарбонатная жесткость воды равна 3,18 ммоль/л. Определите какую массу Na₃PO₄ надо взять, чтобы умягчить 1 м³ воды.

6-15. Для умягчения 100 л воды потребовалось 12,72 г Na₂CO₃. Рассчитайте чему равна жесткость воды (в ммоль/л)?

6-16. Определите какую массу гашеной извести надо прибавить в 2,5 л воды, чтобы устранить ее временную жесткость, равную 4,43 ммоль/л.

6-17. Жесткость некоторого образца воды обуславливается только нитратом кальция. При обработке 0,25 л образца воды карбонатом натрия в осадок выпало 37,8 мг CaCO₃. Рассчитайте чему равна жесткость воды.

6-18. Определите чему равна постоянная жесткость воды, если для ее устранения к 25 л воды добавлено 21,6 г буры Na₂B₄O₇ · 10H₂O.

6-19. Определите какую массу и каких реагентов нужно затратить на умягчение 7 л воды, имеющей следующие величины жесткости: общая жесткость 5 ммоль/л, карбонатная жесткость 4 ммоль/л. Составьте уравнения процессов умягчения.

6-20. Определите, какие реагенты и с какой массовой долей необходимы для умягчения 30 л воды, имеющей следующие величины жесткости: общая жесткость 2,75 ммоль/л, карбонатная жесткость 1,6 ммоль/л. Составьте уравнения процессов умягчения.

6-21. Рассчитайте изменение жесткости воды в результате H⁺ катионирования, если в воду перешло 10 мг/л ионов H⁺. Составьте уравнение процесса.

6-22. Рассчитайте, как изменилась в воде концентрация ионов Ca^{2+} , если в воду после фильтрования через Na-катионит перешло 23 мг/л Na^+ .

6-23. Рассчитайте, как изменилась в воде концентрация ионов Mg^{2+} , если в воду после фильтрования через Na-катионит перешло 46 мг/л Na^+ .

6-24. Определите жесткость, солесодержание и pH воды после ее обработки методом H-катионирования, если природная вода имеет следующий состав: 1200 мг $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, 550 мг MgCl_2 , 350 мг NaCl . Объем воды 3,5 л.

6-25. Определите жесткость, солесодержание и pH воды после ее обработки методом H-катионирования, если природная вода имеет следующий состав: 760 мг $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, 280 мг CaCl_2 , 270 мг NaCl . Объем воды 2,5 л.

6-26. Рассчитайте солесодержание воды, в которой было растворено 162 мг/л $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ после H-катионирования и OH-анионирования, если образовалось 1,95 ммоль/л воды.

6-27. Рассчитайте солесодержание воды, в которой было растворено 222 мг/л CaCl_2 после H-катионирования и OH-анионирования, если образовалось 3,8 ммоль/л воды.

6-28. Рассчитайте солесодержание воды, в которой было растворено 180 мг/л $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ после H-катионирования и OH-анионирования, если образовалось 1,5 ммоль/л воды.

6-29. Рассчитайте солесодержание воды, в которой было растворено 200 мг/л MgCl_2 после H-катионирования и OH-анионирования, если образовалось 3,0 ммоль/л воды.

6-30. Рассчитайте изменение солесодержания воды, в которой были растворены соли KCl –0,5 ммоль/л и CaCl_2 –1,5 ммоль/л после H-катионирования и OH-анионирования, если при этом образовалось 2,8 ммоль/л воды.