

## Работа № 2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ

Одним из показателей качества воды является жесткость. *Жесткость* воды – содержание в ней солей кальция и магния. Различают временную и постоянную жесткость воды. *Временная (карбонатная)* жесткость обусловлена присутствием в воде гидрокарбонатов кальция и магния, а *постоянная* – наличием сульфатов и хлоридов этих металлов. Суммарное содержание солей постоянной и временной жесткости определяет величину *общей* жесткости воды.

Жесткость (Н) – это эквивалентная концентрация солей кальция и магния, выраженная в ммоль экв/л:

$$H = C_{\text{н}} \cdot 10^3 \quad (1)$$

Различают воду мягкую (общая жесткость до 2 ммоль экв/л), средней жесткости (2-10 ммоль экв/л) и жесткую (более 10 ммоль экв/л).

Слишком жесткая вода непригодна для многих технических целей. Она образует накипь на стенках теплообменных аппаратов, усиливает коррозию стенок паровых котлов, в некоторых случаях вызывает коррозию цементного камня. Допустимое содержание солей жесткости в технологической воде регламентируется ГОСТами и техническими условиями.

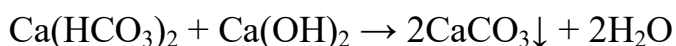
Для устранения жесткости воды используют физические и химические методы.

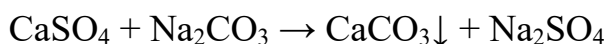
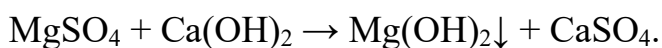
Временную жесткость можно устранить кипячением воды. При нагревании гидрокарбонаты переходят в нерастворимые карбонаты и выпадают в осадок:



*Термическое* умягчение воды связано со значительными затратами энергии и применяется в тех случаях, когда по условиям технологии вода должна подогреваться и не требуется ее глубокое умягчение.

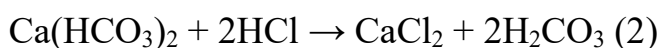
*Химические* методы умягчения основаны на использовании реагентов, образующих с ионами  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  малорастворимые соединения. Для этого природную воду обрабатывают гашеной известью ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) или содой ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Этот метод позволяет устранить как карбонатную, так и некарбонатную жесткость:





Широко распространенным методом устранения жесткости является *ионный обмен*. В этом методе используется способность некоторых природных и искусственных высокомолекулярных соединений (ионитов) обменивать входящие в их состав радикалы на ионы, находящиеся в растворе. Удаление катионов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) проводится на катионитах, анионов ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) – на анионитах.

Временную (карбонатную) жесткость можно определить кислотно-основным титрованием воды раствором соляной кислоты. Гидрокарбонаты количественно взаимодействуют с соляной кислотой:



Титрование ведут в присутствии метилового оранжевого, фиксируется переход желтой окраски в оранжевую.

Расчет жесткости ведется по закону эквивалентов для реакции (2):

$$C_{\text{H}}(\text{Ca}^{2+})V_{\text{B}} = C_{\text{H}}(\text{HCl})V_{\text{HCl}},$$

где  $V_{\text{B}}$  – объем анализируемой пробы воды.

Подставив в уравнение временную жесткость, выраженную по формуле (1), получим:

$$H_{\text{вр}} \cdot 10^{-3}V_{\text{B}} = C_{\text{H}}(\text{HCl})V_{\text{HCl}}$$

Выразив нормальную концентрацию через титр

$$C_{\text{H}} = \frac{T \cdot 1000}{M_{\text{э}}}$$

и учтя, что объем пробы воды  $V_{\text{B}} = 100$  мл, получаем окончательную формулу для расчета временной жесткости воды:

$$H_{\text{вр}} = \frac{T_{\text{HCl}} \cdot 10^4}{M_{\text{эHCl}}} V_{\text{HCl}}$$