

Задания практического тура

Девятый класс

Определение общей жесткости, содержания ионов кальция и магния в природных водах

Одной из важных характеристик природных вод, во многом определяющих возможности их использования человеком, является жесткость воды. Она определяется концентрациями эквивалентов ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} и измеряется в моль/л. Под эквивалентом понимают условную или реальную частицу, замещающую при протекании реакции (кислотно-основное взаимодействие, ионный обмен, образование комплекса) 1 атом водорода. Например, $1/2\text{Ca}^{2+}$, $1/2\text{Mg}^{2+}$ - это эквиваленты кальция и магния, их молярные массы равны 20.04 и 12.15 г/моль соответственно.

По величине общей жесткости природные воды принято классифицировать на группы (Таблица 1).

Таблица 1. Классификация природных вод по величине общей жесткости

Общая жесткость, моль/м ³	Группа воды
< 1.5	Очень мягкая
1.5-3.0	Мягкая
3.0-5.4	Средней жесткости
5.4-10.7	Жесткая
>10.7	Очень жесткая

Сущность метода определения общей жесткости, содержания ионов кальция и магния в природных водах. В основе определения общей жесткости и содержания ионов кальция лежит комплексометрическое титрование анализируемой воды раствором трилона Б (динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты, условно обозначаемая как $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$). Точку эквивалентности определяют с помощью металлоиндикаторов, которые представляют собой органические вещества, образующие с ионами металла соединения, окраска которых отличается от окраски самого индикатора. В случае определения общей жесткости в качестве металлоиндикатора используется эриохром черный Т, в случае определения содержания ионов

кальция – мурексид. Соединение металлоиндикатора с ионом металла менее прочное, чем соединение металла с трилоном Б, в процессе титрования металлоиндикатор высвобождается из соединения и окрашивает раствор в другой цвет. Содержание ионов магния определяется по разности общей жесткости и содержания ионов кальция.

Задание. Ознакомьтесь с методиками определения. Используя имеющееся оборудование и реактивы, определите общую жесткость и содержание ионов кальция и магния (ммоль/л) в анализируемой воде. По величине общей жесткости отнесите анализируемую природную воду к одной из групп (табл.1).

Ответьте на теоретические вопросы:

1. Что такое общая, карбонатная, некарбонатная жесткости?
2. Определите значения общей, карбонатной, некарбонатной жесткостей в воде реки Северная Двина в осеннюю межень (табл.2). К какой группе вод по величине общей жесткости следует отнести воды Северной Двины?

Таблица 2.

Ионы	Содержание, ммоль/л
Катионы:	
Na ⁺	0.56
Mg ²⁺	0.92
Ca ²⁺	2.10
Анионы	
Cl ⁻	1.42
SO ₄ ²⁻	1.54
HCO ₃ ⁻	2.10

3. Почему при определении содержания кальция в присутствии магния в колбу для титрования добавляют 2М NaOH (см. методику)?
4. Объясните присутствие коэффициента «2» в формуле для вычисления общей жесткости и коэффициента «1/2» в формуле для вычисления содержания ионов магния.
5. Какую массу соды Na₂CO₃, необходимо добавить к 10 л воды, чтобы устранить жесткость, обусловленную содержанием ионов кальция и

магния с концентрацией 60 мг/л и 30 мг/л соответственно?

Оборудование: бюретка на 25 мл, шпатель, мерные пипетки на 2, 5, 100 мл, груша, колба Эрленмейера на 250 мл, воронка для бюретки, промывалка с дистиллированной водой, стакан для слива.

Реактивы: 0.05 М (точной концентрации) раствор трилона Б; аммиачный буферный раствор (рН = 10); 2 М раствор гидроксида натрия, металлоиндикаторы: эриохром черный Т (растертый с хлоридом натрия), мурексид (растертый с хлоридом натрия).

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Определение общей жесткости. В коническую колбу объемом 250 мл отбирают мерной пипеткой 100 мл анализируемой воды. Затем с помощью мерной пипетки к анализируемой воде добавляют 5 мл аммиачного буферного раствора и на кончике шпателя эриохром черный Т до получения вишнево-красного окрашивания. После чего титруют 0.05 М раствором трилона Б до появления синего окрашивания. Титрование повторяют до достижения трех результатов, отличающихся не более чем на 0.1 мл. Эти результаты усредняют.

Общую жесткость воды (X, ммоль/л) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{2 \cdot V_{\text{трБ}} \cdot C_{\text{трБ}} \cdot 1000}{V_{\text{пр}}}$$

где $V_{\text{трБ}}$ – объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование, мл;

$C_{\text{трБ}}$ – концентрация трилона Б, моль/л;

$V_{\text{пр}}$ – объем воды, взятый на определение, мл.

Определение содержания ионов кальция.

В коническую колбу объемом 250 мл отбирают мерной пипеткой 100 мл анализируемой воды. Затем с помощью мерной пипетки к анализируемой воде добавляют 2 мл 2 М раствора NaOH и на кончике шпателя мурексид до получения красного окрашивания. После чего титруют 0.05 М раствором трилона Б до появления фиолетового окрашивания. Титрование повторяют до достижения трех результатов, отличающихся не более чем на 0.1 мл. Эти

результаты усредняют.

Содержание кальция (Y , ммоль/л) рассчитывают по формуле:

$$Y = \frac{V_{\text{трБ}} \cdot C_{\text{трБ}} \cdot 1000}{V_{\text{пр}}}$$

где $V_{\text{трБ}}$ – объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование, мл;

$C_{\text{трБ}}$ – концентрация трилона Б, моль/л;

$V_{\text{пр}}$ – объем воды, взятый на определение, мл.

Определение содержания ионов магния.

Содержание ионов магния (Z , ммоль/л) вычисляют по разности между общей жесткостью и содержанием ионов кальция по следующей формуле:

$$Z = 1/2 \cdot X - Y$$