

Казанская государственная архитектурно–строительная академия

Кафедра химии

ЖЁСТКОСТЬ ВОДЫ И ЕЁ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Методические указания
для студентов 1 курса
дневной и заочной форм обучения

Казань
2003

Составитель Громаков Н.С.
УДК 628.1(075):075.0)

Жёсткость воды и её определение: Методические указания по химии для студентов 1 курса дневной и заочной форм обучения/ Каз.гос.арх.–строит. академия; Сост.Н.С.Громаков, Казань, 2003, 7с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы по определению жёсткости воды титриметрическим методом. Рекомендованная литература позволит глубже ознакомиться с основами методов водоподготовки и умягчения воды.

Рецензент проф.КГТУ Евгеньев М.И.

©Казанская государственная архитектурно–
строительная академия, 2003.

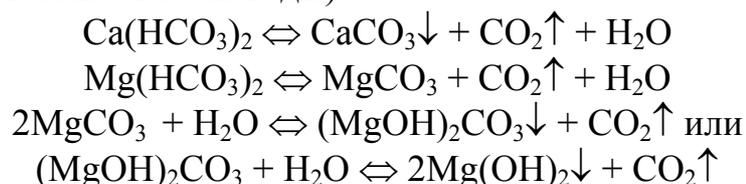
ЖЕСТКОСТЬ ВОДЫ

На практике часто приходится сталкиваться с понятием "жёсткость воды". Известно, что использование жёсткой воды приводит к образованию накипи в котлах и других водонагревательных устройствах, вызывает повышенный расход мыла и другие нежелательные явления. Связано это, главным образом, с наличием в воде растворенных солей Ca^{2+} и Mg^{2+} . Жёсткость воды могут вызывать и растворенные в воде соли бария, стронция, железа и тяжелых металлов, но их содержание в большинстве используемых для водопотребления источников незначительно, поэтому жёсткость природных вод характеризуется суммарным содержанием катионов кальция и магния. Сумма их концентраций, выраженная в ммоль/л (миллимоль на литр), называется общей жёсткостью.

По величине общей жёсткости природные воды делятся на очень мягкие, мягкие (<3,0 ммоль/л), средней жёсткости (3,0—5,4 ммоль/л), жёсткие и очень жёсткие (>10,7 ммоль/л). Верхний предел жёсткости питьевой воды в системах водоснабжения по действующим санитарным нормам не должен превышать 7 ммоль/л.

Виды жёсткости воды могут быть весьма различными. В основном это связано с содержанием в воде тех или иных соединений или ионов (кальциевая, магниевая карбонатная, некарбонатная и др.). Выделяют также временную и постоянную жёсткость.

Временная или устранимая жёсткость ($J_{\text{вр}}$) — это часть общей жёсткости, которая удаляется кипячением воды. Природа ее связана с наличием в воде растворимых гидрокарбонатов кальция и магния, которые при кипячении переходят в нерастворимые соединения (карбонат кальция, карбонатгидроксо- и гидроксид магния выпадают в осадок в виде накипи, уменьшая при этом жёсткость воды).



Сдвиг равновесия вправо в данной реакционной системе при нагревании связан с уменьшением растворимости CO_2 в воде, его дегазацией и образованием малорастворимых соединений (главным образом, карбонатов). Ввиду того, что эти соединения не являются абсолютно нерастворимыми, какая-то их часть, хотя и незначительная, остаётся в воде и после кипячения, поэтому между временной и карбонатной жёсткостью имеется определенное различие, которое называется остаточной жёсткостью.

Постоянная или неустраняемая жёсткость ($J_{\text{п}}$) – это часть общей жёсткости, которая не удаляется кипячением. Исходя из изложенного выше, она складывается из некарбонатной и остаточной жёсткости.

В зависимости от целей практического применения природная вода проходит различные виды водоподготовки, подвергаясь очистке и умягчению до соответствующей глубины. Основы системы водоподготовки, в том числе и методы умягчения, достаточно подробно изложены в пособиях [1–4], поэтому рассмотрим основные методические указания по выполнению экспериментальной части работы.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для экспериментального определения той или иной формы или вида жёсткости воды наиболее широко используется метод титриметрического анализа, в связи с чем данная лабораторная работа выполняется после практического ознакомления с его основами [5] на предыдущих занятиях. Следует напомнить, что для повышения точности измерений опыты повторяют до получения надёжных результатов, т.е. таких, у которых объёмы титранта, израсходованного на титрование одинаковых объёмов исследуемого раствора, различаются между собой не более чем на 0,1 мл (цена одного деления бюретки в данном практикуме). Точка эквивалентности между количеством исследуемых соединений в анализируемом растворе и раствором титранта определяется по характерному для каждого конкретного случая аналитическому сигналу (изменению окраски и т.д.). Титрование вблизи точки эквивалентности ведут по каплям. В точке эквивалентности имеет место равенство:

$$N_x V_x = N_T V_T$$

где x – анализируемое вещество,

T – титрант,

N – нормальность соответствующего раствора
(моль экв/л)

V – объём соответствующего раствора (мл).

Ввиду того, что жёсткость воды измеряется в ммоль/л эквивалентов кальция и магния, то справедливо: $N = J \cdot 1000$,

где J – тот или иной вид жёсткости, ммоль /л.

Определение временной жёсткости воды

Данная методика основана на титровании гидрокарбонат– и карбонат–ионов стандартным титрованным раствором соляной кислоты в присутствии индикатора метилоранжа.

Для этого в колбу ёмкостью 200–250 мл отмерить пипеткой 100 мл исследуемой воды (водопроводной или другой предложенной преподавателем). Ввести 1–2 капли раствора метилоранжа. Титровать пробу из бюретки 0,1 н раствором HCl до перехода окраски из жёлтой в оранжевую.

Опыт повторить до получения нескольких совпадающих результатов (с точностью до 0,1 мл).

Расчёт временной жёсткости воды производится по формуле:

$$Ж_{вр} = \frac{V_{HCl} \cdot N_{HCl} \cdot 1000}{V_{H_2O}}$$

где $Ж_{вр}$ – временная жёсткость воды, ммоль/л.

V_{HCl} – объём стандартного раствора HCl, израсходованный на титрование, мл.

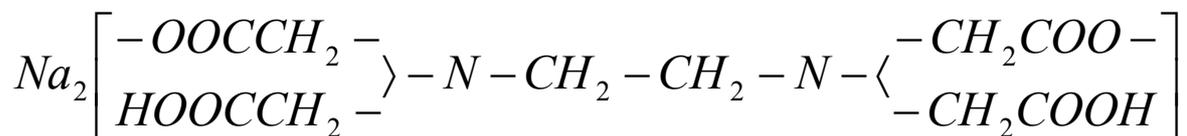
N_{HCl} – нормальность стандартного раствора HCl (титранта).

V_{H_2O} – объём пробы исследуемой воды, мл.

Напишите уравнение реакции, протекающей при титровании. Полученные данные представьте в виде таблицы (для расчёта используйте только надёжные результаты).

Определение общей жёсткости воды

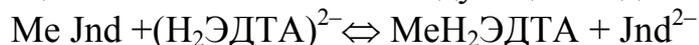
Методика основана на комплексометрическом титровании катионов жесткости раствором трилона Б. Трилон Б представляет собой двузамещённую натриевую соль этилендиаминтетрауксусной кислоты:



и образует достаточно прочные бесцветные комплексные соединения с ионами жёсткости ($MeH_2ЭДТА$). В качестве индикатора в данной работе используется раствор хромогена или «кислотного тёмносинего» или эриохром чёрного.

Суть методики заключается в том, что в слабощелочной среде анионы индикатора (условно обозначим как Ind^{2-}) образуют с ионами кальция и

магния комплексные соединения (MeJnd), окрашенные красно–вишнёвый цвет. В процессе титрования они разрушаются вследствие образования более прочных комплексных соединений ионов кальция и магния с трилоном Б (титрантом). При этом в точке эквивалентности анионы освобожденного индикатора (Jnd^{2-}) окрашивают раствор в чернильно–синий цвет. Схему протекающей реакции можно записать в следующем виде:



Для проведения опыта в колбу ёмкостью 200–250 мл отмерить пипеткой 100 мл исследуемой воды. Прибавить 5–10 мл аммиачно–буферной смеси, обеспечивающей поддержание постоянным $\text{pH}=9\div 10$. После этого добавить 7–8 капель раствора индикатора. Раствор должен окраситься в вишнёво–красный цвет. Далее титровать пробу из бюретки 0,05 н раствором трилона Б до перехода окраски в чернильно–синюю.

Опыт повторить до получения совпадающих результатов.

Расчёт общей жёсткости производится по формуле:

$$J_{\text{об}} = \frac{V_T \cdot N_T}{V_{\text{H}_2\text{O}}} 1000,$$

где $J_{\text{об}}$ – общая жёсткость воды, ммоль/л.

V_T – объём три лона Б, затраченный на титрование пробы.

N_T – нормальность рабочего раствора три лона Б.

$V_{\text{H}_2\text{O}}$ – объём пробы исследуемой воды, мл.

Напишите уравнение реакции, протекающей при титровании. Полученные данные представьте в виде таблицы (для расчёта используйте только надёжные результаты).

Литература

1. Глинка Н.Л. Общая химия.– М.: Химия, 1990.— 730 с., ил.
2. Коровин Н.В. Общая химия: Учеб. для технических направ. и спец. вузов.– М.: Высш. шк., 1998.— 559 с., ил.
3. Таубе П.Р., Баранова А.Г. Химия и микробиология воды.–М.: Высш. шк., 1983.—280 с., ил.
4. Определение жёсткости воды и умягчение воды реагентным методом: Методические указания. Сост. Чуриков Ф.И., Казань; КИСИ, 1986.
5. Основы объёмного (титриметрического) анализа. Титрование.: Методические указания. Сост. Громаков Н.С., Казань; КГАСА, 1997.

ЖЁСТКОСТЬ ВОДЫ И ЕЁ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
Методические указания
для студентов 1 курса

Составитель: Громаков Н.С.

Редактор Попова В.В.

Редакционно-издательский отдел
Казанской государственной архитектурно–строительной академии
Лицензия ЛР № 020379 от 22.01.92 г.

Подписано в печать	Формат 60×84/16
Заказ	Тираж 200 экз. Усл.–печ.л. 0,4
Печать офсетная	Бумага тип.№2 Уч.–изд.л.0,4

Печатно-множительный отдел КГАСА
Лицензия № 03/380 от 16.10.95 г.
420043, Казань, Зелёная, 1