

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич
Должность: ректор
Дата подписания: 25.09.2022 14:09:42
Уникальный программный ключ:
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра фундаментальной химии и химической технологии



ЖЁСТКОСТЬ ВОДЫ. МЕТОДЫ КОРРЕКТИРОВКИ СОДЕРЖАНИЯ СОЛЕЙ ЖЁСТКОСТИ

методические указания по выполнению лабораторных работ студентами направления подготовки 08.03.01 Строительство

Курск – 2019

УДК 540

Составитель Е. А. Фатьянова

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент *Н.В. Кувардин*

Жёсткость воды. Методы корректировки содержания солей жёсткости: методические указания по выполнению лабораторных работ студентами направления подготовки 08.03.01 Строительство/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Е.А. Фатьянова. - Курск, 2019. – 17 с.: табл. 2.- Библиогр.: с. 17.

Предназначены для подготовки к выполнению лабораторных работ по теме «Жёсткость воды. Методы корректировки содержания солей жёсткости» по дисциплинам «Химия воды и микробиология», «Анализ природных и сточных вод».

Содержат описание методик выполнения указанных лабораторных работ, оборудование, реактивы, а также требования к оформлению отчета.

Методические указания предназначены для студентов направления 08.03.01 Строительство.

Текст печатается в авторской рецензии

Подписано в печать 22.07.19. Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 0,7. Уч.-изд. л. 0,6. Тираж 100 экз. Заказ 538. Бесплатно.

Юго–Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Жёсткость воды. Её виды	5
Способы умягчения воды	8
Лабораторная работа №1. <i>Жёсткость воды.</i> <i>Определение отдельных видов жёсткости</i>	10
Лабораторная работа №2. <i>Методы умягчения</i> <i>воды. Безреагентный и реагентные методы</i>	14
Вопросы для самоподготовки	17
Список рекомендуемой литературы	17

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для студентов направления подготовки бакалавров 08.03.01 Строительство, профиль – водоснабжение и водоотведение, изучающих дисциплины «Химия воды и микробиология» и «Анализ природных и сточных вод». Указания будут востребованы ими при подготовке к лабораторным работам, а также при непосредственном их выполнении в ходе лабораторного практикума указанных дисциплин.

Жёсткость воды является одним из показателей, нормируемым в ряде производственных процессов, в которых используется природная, питьевая вода. В виду этого тема «Жёсткость воды. Способы её корректировки» занимает значимое место в разделе «Физико-химические основы процессов обработки природных и сточных вод» дисциплины «Химия воды и микробиология».

В методических указаниях представлено описание двух лабораторных работ: «Жёсткость воды. Определение отдельных видов жёсткости», «Методы умягчения воды. Безреагентный и реагентные методы».

В описании лабораторных работ содержится перечень необходимого для выполнения работы оборудования и реактивов, ход выполнения работы, формулы для расчётов и требования к оформлению работы.

Кроме описания лабораторных работ, в методические указания включены краткий теоретический материал по данной теме, вопросы для подготовки к лабораторным занятиям и список литературы.

Использование данных методических указаний позволит полноценно подготовиться к лабораторным занятиям.

ЖЁСТКОСТЬ ВОДЫ. ЕЁ ВИДЫ

Жёсткостью воды (согласно ГОСТ Р 52029-2003. Вода. Единица жёсткости) называется совокупность свойств, обусловленных концентрацией в ней щелочноземельных элементов, преимущественно ионов кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}).

Жёсткость воды выражается в градусах жёсткости ($^{\circ}\text{Ж}$). Градус жёсткости соответствует концентрации щелочноземельного элемента, численно равной 1/2 его моля, выраженной в мг/дм^3 (г/м^3). Устаревшая единица измерения жёсткости воды мг-экв/л . Возможно использование в качестве единиц измерения жёсткости ммоль-экв/л. Все указанные единицы измерения равнозначны.

Жесткость воды при отдельном количественном определении ионов щелочноземельных элементов вычисляют по формуле

$$\text{Ж} = \sum(C_i/C_{i0}),$$

где C_i - концентрация щелочноземельного элемента (кальция или магния) в пробе воды, мг/дм^3 (г/м^3);

C_{i0} - концентрация щелочноземельного элемента (кальция или магния), численно равная 1/2 его моля, выраженная в мг/дм^3 (г/м^3).

Соотношения национальных единиц жесткости воды, принятых в других странах, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Соотношения национальных единиц жесткости воды, принятых в других странах

Страна	Обозначение единицы жесткости воды	Россия	Германия	Великобритания	Франция	США
Россия	$^{\circ}\text{Ж}$	1	2,80	3,51	5,00	50,04
Германия	$^{\circ}\text{DH}$	0,357	1	1,25	1,78	17,84
Великобритания	$^{\circ}\text{Clark}$	0,285	0,80	1	1,43	14,3
Франция	$^{\circ}\text{F}$	0,20	0,56	0,70	1	10
США	ppm	0,02	0,056	0,070	0,10	1

Примечание

$^{\circ}\text{Ж} = 20,04 \text{ мг } \text{Ca}^{2+} \text{ или } 12,15 \text{ мг } \text{Mg}^{2+} \text{ в } 1 \text{ дм}^3 \text{ воды};$

$^{\circ}\text{DH} = 10 \text{ мг } \text{CaO} \text{ в } 1 \text{ дм}^3 \text{ воды};$

$^{\circ}\text{F} = 10 \text{ мг } \text{CaCO}_3 \text{ в } 1 \text{ дм}^3 \text{ воды};$

ppm = 1 мг CaCO₃ в 1 дм³ воды;
 °Clark = 10 мг CaCO₃ в 0,7 дм³ воды

По значению жёсткости выделяют следующие виды воды:

1. очень мягкая (0-1,5 ммоль-экв/л),
2. мягкая (1,5-3 ммоль-экв/л),
3. средней жёсткости (3-4,5 ммоль-экв/л),
4. довольно жёсткая (4,5-6,0 ммоль-экв/л),
5. жёсткая (6,0-10,0 ммоль-экв/л),
6. очень жёсткая (свыше 10 ммоль-экв/л).

Значения жёсткости для природных вод разного происхождения колеблются в широком интервале. Жёсткость вод рек и озёр зоны тундры и тайги составляет 0,1 – 0,2 ммоль-экв/л, для подземных вод, а также вод морей и океанов достигает 80-100 ммоль экв/л. Обычно в водах с невысоким солесодержанием преобладает жесткость, обусловленная ионами кальция. С увеличением общего солесодержания концентрация ионов кальция (Ca²⁺) быстро падает и редко превышает 1 г/л. Содержание же ионов магния (Mg²⁺) в высокоминерализованных водах может достигать нескольких граммов, а в соленых озерах — десятков граммов на один литр воды.

Различают несколько видов жёсткости воды, а именно общую, кальциевую, магниевую, карбонатную (временную) и некарбонатную (постоянную).

Общая жесткость определяется суммарной концентрацией ионов кальция и магния. Представляет собой сумму карбонатной (временной) и некарбонатной (постоянной) жесткости.

Кальциевая жёсткость определяется содержанием в воде ионов кальция, магниевая жёсткость - ионов магния.

Карбонатная жесткость определяется наличием в воде гидрокарбонатов и карбонатов (при pH>8,3) кальция и магния. Данный вид жесткости почти полностью устраняется при кипячении воды и поэтому называется временной жесткостью.

Некарбонатная жесткость обусловлена присутствием кальциевых и магниевых солей сильных кислот (серной, азотной, соляной) и при кипячении не устраняется (постоянная жесткость).

Повышение жесткости воды способствует образованию накипи в паровых котлах, отопительных приборах, что значительно

снижает интенсивность теплообмена и приводит к большому перерасходу топлива.

Жесткость воды увеличивает расход при стирке, поскольку часть его образует с ионами Ca^{2+} и Mg^{2+} нерастворимый осадок. Ухудшается качество тканей, для стирки и отделки которых используется жёсткая вода. В воде с высокой жесткостью плохо развариваются овощи и мясо, так как ионы Ca^{2+} образуют с белками пищевых продуктов нерастворимые соединения. Ионы магния придает воде горький привкус, оказывая отрицательное действие на органы пищеварения. Всемирная Организация Здравоохранения не предлагает какой-либо рекомендуемой величины жесткости по показаниям влияния на здоровье.

Однако мягкая вода с жесткостью менее 2 ммоль-экв/л имеет низкую буферную емкость (щелочность) и может, в зависимости от уровня рН и ряда других факторов, оказывать повышенное коррозионное действие на водопроводные трубы. Поэтому, в ряде случаев проводится специальная обработка воды с целью достижения оптимального соотношения между жесткостью воды и ее коррозионной активностью.

Общая жесткость питьевой воды должна быть не более 7 ммоль-экв/л; по согласованию с санитарно-эпидемиологическими органами иногда допускается увеличение общей жесткости воды до 10 ммоль- экв/л.

Для определения общей и кальциевой жесткости воды применяют метод комплексонометрического титрования с использованием в качестве рабочего раствор комплексона III (двунатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА), трилон Б) (рис.).

Для определения общей жёсткости воды используют в качестве индикатора эриохром черный Т (хромогеновый черный ЕТ), кальциевой жесткости – мурексид (пурпурат аммония). Магниевою жесткость воды определяют по разнице общей и кальциевой жёсткости.

Эриохром в присутствии ионов кальция и магния окрашивается в вино-красный цвет. При титровании воды комплексон III образует внутриклеточное соединение, связывая ионы жёсткости. Поэтому в конце титрования раствор приобретает синюю окраску – цвет несвязанного с ионами Ca^{2+} и Mg^{2+} эриохрома чёрного Т.

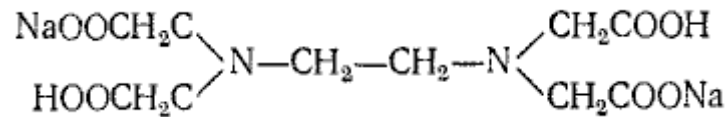


Рисунок - Структурная формула ЭДТА

Определение кальциевой жёсткости производят в щелочной среде, при этом ионы магния связываются гидроксид – ионами, а в реакции с комплексоном вступают только ионы Ca^{2+} .

Карбонатная жёсткость определяется прямым титрованием раствором соляной или серной кислоты в присутствии метилового оранжевого. При этом протекает реакция: $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$.

Некарбонатная жёсткость ($\text{Ж}_{\text{НК}}$) определяется по разнице общей ($\text{Ж}_{\text{О}}$) и карбонатной ($\text{Ж}_{\text{К}}$). Если при анализе $\text{Ж}_{\text{К}} > \text{Ж}_{\text{О}}$, считают, что вся жёсткость карбонатная.

СПОСОБЫ УМЯГЧЕНИЯ ВОДЫ

Для умягчения воды используют безреагентный (термический) и реагентный способы. Кроме них, для снижения содержания в воде ионов кальция и магния применяют метод обмена ионов (катионирование), обратный осмос, электродиализ, дистилляция.

Термический способ умягчения состоит в нагревании воды до температур близких к температуре кипения. При этом гидрокарбонаты распадаются с образованием угольной кислоты и выпадением в осадок карбоната кальция и гидроксида магния.

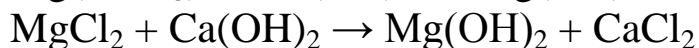
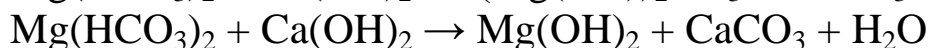
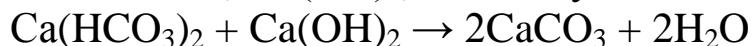


Последняя реакция протекает в две стадии: первоначально $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ разлагается до MgCO_3 , затем карбонат магния гидролизуеться до гидроксида магния и CO_2 .

Используя термический метод, устраняется только временная жёсткость.

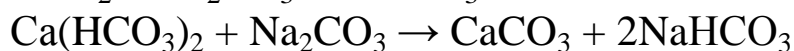
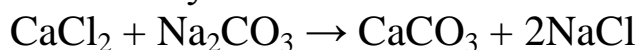
Реагентный способ предполагает добавление в воду химических соединений, при взаимодействии которых с ионами кальция и магния образуются трудно растворимые вещества. К реагентным методам относятся известкование, известково-содовый метод, фосфатный метод, бариевый метод, щелочной метод.

1. Известкование (умягчающий реагент – гидроксид кальция (гашёная известь) $\text{Ca}(\text{OH})_2$). В ходе умягчения протекают реакции:

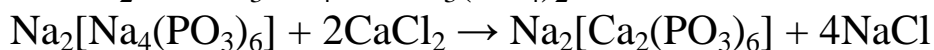
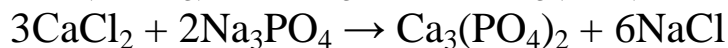
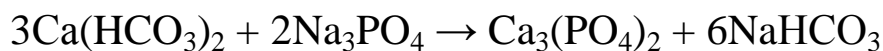


При известковании воды снижается карбонатная жёсткость, концентрация CO_2 и общее солесодержание.

2. Известко-содовый метод (умягчающие реагенты – гидроксид кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и карбонат натрия (кальцинированная сода) Na_2CO_3). Используя данный метод можно снижать как временную, так и постоянную жёсткость.

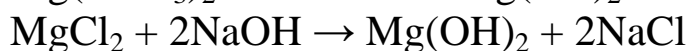
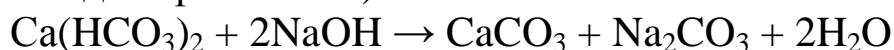


3. Фосфатные методы (умягчающие реагенты - ортофосфат натрия Na_3PO_4 , гидроортофосфат натрия Na_2HPO_4 , гексаметафосфат натрия $\text{Na}_2[\text{Na}_4(\text{PO}_3)_6]$). Устраняют все виды жёсткости.



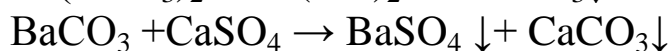
В основном фосфатный метод используют для доумягчения воды.

4. Умягчение гидроксидом натрия (умягчающий реагент - гидроксид натрия NaOH).



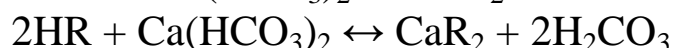
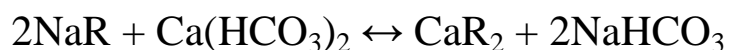
Образующийся карбонат натрия также участвует в умягчении воды. Данный метод позволяет устранить все виды жёсткости.

5. Бариевый метод (умягчающий реагент – $\text{Ba}(\text{OH})_2$). Метод позволяет устранить все виды жёсткости. Достоинством метода является то, что побочные продукты, например, BaCO_3 , BaSO_4 , выпадают в осадок и удаляются из воды.



Метод ионного обмена состоит в том, что воду пропускают через катионные фильтры (ионнообменники).

Катиониты обмениваются с раствором электролита катионами. Различают H- и Na – катиониты. При пропускании воды катионы, содержащиеся в ней, занимают место подвижных ионов катионита, подвижные ионы которого переходят в воду.



Ионнообменник представляет собой резервуар, заполненный ионитом. Диаметр такого фильтра от 1 до 3 метров, высота слоя катионита 2-4 метра, скорость фильтрации 4-25 м³/ч, рабочее давление до 6 Атм.

Жёсткость воды при натрий-катионировании снижается до 0,1 - 0,01 ммоль-экв/л. После умягчения воды катионированием изменяется солесодержание воды.

Метод обратного осмоса основан на прохождении воды через полупроницаемые мембраны. Вместе с солями жёсткости удаляется и большинство других солей. Эффективность очистки может достигать 99,9 %. Этот метод нашёл наибольшее применение в бытовых системах подготовки питьевой воды. Недостатком данного метода является необходимость предварительной подготовки воды, подаваемой на обратноосмотическую мембрану.

Электродиализ основан на удалении из воды солей под действием электрического поля. Удаление ионов растворенных веществ происходит за счёт специальных мембран. Параллельно происходит удаление и других солей, помимо ионов жёсткости.

Полностью очистить воду от солей жёсткости можно дистилляцией – последовательным переводом воды в парообразную фазу, а затем конденсацией в жидкую.

Лабораторная работа №1

Жёсткость воды. Определение отдельных видов жёсткости

Реактивы

1. Комплексон III, 0,05 н. раствор
2. Соляная или серная кислота, 0,1 н. раствор

3. Аммиачный буферный раствор (смешать 20 г NH_4Cl и 100 – 150мл концентрированного раствора аммиака NH_4OH , развести до 1 л)
4. Гидроксид натрия или калия NaOH (KOH), 2 н. раствор
5. Эриохром черный Т (сухая смесь 1 г индикатора перетереть с 99г хлорида натрия NaCl)
6. Мурексид (сухая смесь 1 г индикатора перетереть с 99 г хлорида натрия NaCl)
7. Метилоранжевый, 0,05%-ный водный раствор
8. Вода дистиллированная

Оборудование

1. Титровальная установка (бюретка, коническая колба объёмом 250 – 300 мл, вспомогательная колба, химический стаканчик)
2. Мерные пипетки на 50 и 100 мл
3. Мерный цилиндр на 50 мл (или на 100 мл)
4. Мерная пробирка на 10 мл

Ход работы

Опыт 1. Определение общей жёсткости

В колбу для титрования поместите 50 мл анализируемой воды и 50 мл дистиллированной воды. Добавьте 5мл аммиачного буферного раствора (для поддержания рН в интервале 9-10) и 1 микрошпатель (несколько кристаллов) индикатора эриохром черного Т. Приготовленную пробу титруют раствором комплексона III до перехода винно-красной окраски в синюю. Титрование повторите не менее трёх раз.

Найдите среднее значение объёма раствора комплексона III, израсходованного на титрование. Общую жесткость воды рассчитывают по формуле:

$$J_0 = \frac{C_H \cdot V \cdot 1000}{V(\text{воды})}$$

где J_0 – общая жёсткость;

C_H – нормальная концентрация комплексона III, моль-экв/л;

V – объём комплексона III, мл;

V (воды) – объём анализируемой воды, мл.

Опыт 2. Определение кальциевой жёсткости

Отберите в коническую колбу 25 мл исследуемой воды, добавьте 6 – 8мл 2 н. раствора NaOH, сухую смесь мурексида с NaCl. Пробу титруют раствором комплексона III до перехода розовой окраски в фиолетово-сиреневую. Титрование повторите не менее трёх раз.

Найдите среднее значение объёма раствора комплексона III, израсходованного на титрование. Кальциевую жесткость воды рассчитывают по формуле:

$$Ж(Ca^{2+}) = \frac{C_H \cdot V \cdot 1000}{V(воды)}$$

где $Ж(Ca^{2+})$ – кальциевая жёсткость;

C_H – нормальная концентрация комплексона III, моль-экв/л;

V – объём комплексона III, мл;

V (воды) – объём анализируемой воды, мл.

В присутствии гидроксида натрия ионы Mg^{2+} осаждаются в виде $Mg(OH)_2$ и с комплексона III реагируют только ионы Ca^{2+} . Магниева жесткость определяется как разница между общей жёсткостью и кальциевой:

$$Ж(Mg^{2+}) = Ж_0 - Ж(Ca^{2+}).$$

Опыт 3. Определение карбонатной жёсткости

В колбу для титрования поместите 100 мл анализируемой воды. Добавьте 2-3 капли индикатора метилового оранжевого. Приготовленную пробу титруют 0,1 н. раствором хлороводородной кислоты до перехода жёлтой окраски в оранжевую. Титрование повторите не менее трёх раз.

Найдите среднее значение объёма раствора HCl, израсходованного на титрование. Карбонатную жесткость воды рассчитывают по формуле:

$$Ж_K = \frac{C_H \cdot V \cdot 1000}{V(воды)}$$

где $Ж_K$ – карбонатная жёсткость;

C_H – нормальная концентрация HCl, моль-экв/л;

V – объём раствора HCl, мл;

V (воды) – объём анализируемой воды, мл.

Некарбонатную жесткость определяется как разница между общей жёсткостью и карбонатной: $J_{HK} = J_0 - J_K$.

Требования к оформлению отчёта

Письменный отчёт по данной лабораторной работе должен включать:

- 1) название лабораторной работы;
- 2) перечень реактивов и оборудования;
- 3) кратко изложенный ход выполнения работы;
- 4) экспериментальные данные и результаты, оформленные в виде таблицы, формулы и расчёты.

Таблица 2

Результаты анализа

Вид жёсткости	Объём пробы, мл	Объём рабочего раствора, мл	Концентрация рабочего раствора, моль-экв/л	Значение жёсткости, ммоль-экв/л
Общая				
	Среднее значение:			
Кальциевая				
	Среднее значение:			
Магниева	Среднее значение:			
Карбонатная				
	Среднее значение:			
Некарбонатная	Среднее значение:			

- 5) сделайте вывод о пригодности анализируемой воды для питьевых целей.

Лабораторная работа №2

Методы умягчения воды. Безреагентный и реагентные методы

Реактивы

1. Комплексон III, 0,05 н. раствор
2. Аммиачный буферный раствор (смешать 20 г NH_4Cl и 100 – 150мл концентрированного раствора аммиака NH_4OH , развести до 1 л)
3. Эриохром черный Т (сухая смесь 1 г индикатора перетереть с 99г хлорида натрия NaCl)
4. Карбонат натрия Na_2CO_3 или ортофосфат натрия Na_3PO_4 , 0,03 н. раствор
5. Вода дистиллированная

Оборудование

1. Титровальная установка (бюретка, коническая колба объёмом 250 – 300 мл, вспомогательная колба, химический стаканчик)
2. Мерные пипетки на 50 и 100 мл
3. Мерный цилиндр на 50 мл (или на 100 мл)
4. Мерная пробирка на 10 мл
5. Коническая колба объёмом 250 – 300 мл (помимо колбы в титровальной установке)
6. Воронка стеклянная
7. Фильтр бумажный (синяя лента)
8. Плитка электронагревательная
9. Асбестовая сетка

Ход работы

Отбирая воду для анализа, необходимо учитывать требования к объёмам проб для всех опытов!

Опыт 1. Определение общей жёсткости

В колбу для титрования поместите 50 мл анализируемой воды и 50 мл дистиллированной воды. Добавьте 5 мл аммиачного буферного раствора (для поддержания рН в интервале 9-10) и 1 микрошпатель (несколько кристаллов) индикатора эриохром черного Т. Приготовленную пробу титруют раствором комплексона III до перехода вино-красной окраски в синюю. Титрование повторите не менее трёх раз.

Найдите среднее значение объёма раствора комплексона III, израсходованного на титрование. Общую жесткость воды рассчитывают по формуле:

$$Ж_0 = \frac{C_H \cdot V \cdot 1000}{V(\text{воды})},$$

где $Ж_0$ – общая жёсткость;

C_H – нормальная концентрация комплексона III, моль-экв/л;

V – объём комплексона III, мл;

$V(\text{воды})$ – объём анализируемой воды, мл.

Опыт 2. Умягчение воды термическим способом

Умягчению подвергается вода, используемая в опыте 1 с известной жёсткостью. Воду, объёмом 0,5 – 1 л (в зависимости от числа студентов), нагревают до кипения, кипятят в течение 5 мин. Дают остыть, после чего фильтруют. Фильтр промывают дистиллированной водой до фильтрования, а также после него. Промывочную воду последнего промывания присоединяют к фильтрату.

В фильтрате определяют общую жёсткость так же, как и до умягчения воды, сравнивают полученную величину с её значением в исходной воде:

$$\Delta Ж = Ж_1 - Ж_2,$$

где $\Delta Ж$ – удалённые из анализируемой воды ионы кальция и магния, ммоль-экв/л;

$Ж_1$ – жёсткость исходной воды, ммоль-экв/л;

$Ж_2$ – жёсткость умягчённой воды, ммоль-экв/л.

Опыт 3. Реагентное умягчение воды

Умягчению подвергается вода, используемая в опыте 1 с известной жёсткостью. Умягчение производится содой или фосфатом натрия. Количество реагентов определяется по формуле:

$$V_1 = \frac{(Ж + 1) \cdot V_2}{C_N \cdot 1000},$$

где V_1 – объём раствора умягчающего реагента, мл;

$Ж$ – жёсткость воды, мэкв/л;

V_2 – объём обрабатываемой воды, мл;

C_N – нормальность раствора умягчающего реагента;

1 – избыток умягчающего реагента, мэкв/л.

К 100 мл пробы с известной жёсткостью добавляют рассчитанный объём раствора соды, нагревают до $40 - 50^{\circ} \text{C}$ (на ощупь), снимают с плитки, оставляют на 10 мин, а затем фильтруют. Фильтр перед этим необходимо промыть три раз дистиллированной водой. После фильтрования промывают фильтр один раз дистиллированной водой, присоединяя промывную воду к фильтрату.

В случае умягчения воды раствором Na_3PO_4 нагревание не производят.

В фильтрате определяют общую жёсткость, сравнивают полученную величину с исходной величиной (опыт 1):

$$\Delta Ж = Ж_1 - Ж_2,$$

где $\Delta Ж$ – удалённые из анализируемой воды ионы кальция и магния, ммоль-экв/л;

$Ж_1$ – жёсткость исходной воды, ммоль-экв/л;

$Ж_2$ – жёсткость умягчённой воды, ммоль-экв/л.

Требования к оформлению отчёта

Письменный отчёт по данной лабораторной работе должен включать:

- 1) название лабораторной работы;
- 2) перечень реактивов и оборудования;
- 3) кратко изложенный ход выполнения работы;
- 4) экспериментальные данные, формулы, расчёты и результаты.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Понятие жёсткости воды. Расчёт жёсткости воды.
2. Виды жёсткости: общая, карбонатная, некарбонатная, временная, постоянная, кальциевая, магниевая.
3. Комплексометрическое определение общей жёсткости: сущность метода, ход определения, расчёт результата.
4. Определение кальциевой жёсткости: сущность метода, ход определения, расчёт результата.
5. Определение временной жёсткости: сущность метода, ход определения, расчёт результата.
6. Виды воды по значению жёсткости.
7. Методы умягчения воды: безреагентный (термический), реагентные, ионообменный.
8. Характеристика безреагентного метода, химизм процесса.
9. Характеристика реагентных методов: известковый, известково-содовый, фосфатный, умягчение солями бария, щелочами и др.
10. Сущность ионно-сорбционного метода. Иониты. Катиониты.
11. Катионитовый фильтр. Обменная ёмкость катионита. Регенерация катионита.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивчатов А.Л., Малов В.И. Химия воды и микробиология. М.: ИНФРА-М, 2006 г.
2. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам: энциклопедический справочник. М.: Протектор, 2000 г.
3. Коровин Н.В., Мингулина Э.И., Рыжова Н.Г. Лабораторные работы по химии. М.: Высш. шк., 2001 г.
4. Задачи и упражнения по общей химии/ Под ред. Н.В. Коровина. М.: Высш. шк., 2004 г.
5. Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии. М.: Интграл-прес, 2002г.