

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ОСНОВЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Основы водоснабжения промышленных предприятий»
для обучающихся в бакалавриате по направлению 08.03.01 «Строительство»*

Составители: А.Г. Первов, А.П. Андрианов

Москва 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа 1. Умягчение воды ионообменным методом.....	3
Лабораторная работа 2. Определение характеристик мембранных аппаратов. Влияние давления, температуры и солесодержания на характеристики мем- бран.....	7
Библиографический список.....	15
ПРИЛОЖЕНИЯ:	
1. Определение общей жесткости.....	16
2. Определение общей минерализации.....	18

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

УМЯГЧЕНИЕ ВОДЫ ИОНООБМЕННЫМ МЕТОДОМ

Общие положения

Этот метод основан на способности синтетических полимерных смол определенного строения (катионитов) обменивать входящие в их состав ионы H^+ , Na^+ и др. на ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} , содержащиеся в воде.

Процесс умягчения воды происходит при пропускании ее через слой катионита, содержащего ионы H^+ или Na^+ , связанные с кислотными группами Кат. Na-катионирование можно представить следующей схемой:



Ионный обмен происходит в эквивалентных количествах и является процессом обратимым. Это значит, что отработанный катионит $CaКат_2$ можно регенерировать, пропуская через него раствор хлористого натрия (при Na-катионировании) или соляную кислоту (при H-катионировании).

Основные характеристики ионитов – рабочая обменная емкость и полная обменная емкость. Рабочую обменную емкость E_p^k , г-экв/м³, определяют количеством ионов жесткости, поглощенных единицей объема ионита до проскока ионов Ca^{2+} в фильтрат.

Расчет величины рабочей обменной емкости производят по формуле

$$E_p^k = \frac{Ж_o \cdot v_1}{v_2}, \quad (1)$$

где $Ж_o$ – общая жесткость исходной воды, мг-экв/л;

v_1 – объем воды, пропущенной через катионит до «проскока», мл;

v_2 – объем катионита, загруженного в колонку, мл;

Полная обменная емкость E_n^k , г-экв/м³, представляет собой количество миллиграмм-эквивалентов катионов жесткости, поглощенных катионитом до момента, когда жесткость фильтрата станет равна жесткости исходной воды.

Полную обменную емкость определяют по формуле:

$$E_{\text{п}}^{\text{к}} = \frac{Ж_{\text{о}} \cdot v_1}{v_2} + \frac{Ж_{\text{о}} \cdot v_3}{v_2}, \quad (2)$$

где v_3 – объем воды, пропущенной через катионит с момента проскока в фильтрат Ca^{2+} до момента, когда жесткости фильтрата и исходной воды будут одинаковы.

Реактивы, посуда, аппараты

1. Колонка диаметром 2–3 см, высотой слоя катионита 50 см.
2. Бутыль с нижним тубусом 5 л – 2 шт.
3. Цилиндры мерные на 100 мл – 3 шт.
4. Колбы конические на 500 мл – 20 шт.
5. Секундомер.
6. Бюретки на 25 мл с оливой – 2 шт.
7. Сульфуголь или катионит КУ-2.
8. Хлорид кальция – 0,1 н. раствор (55,5 г CaCl_2 растворяют в 5 л воды).
9. Хлорид натрия – 6...8 %-ный раствор (60...80 г NaCl растворяют в 1 л дистиллированной воды).
10. Реактивы и посуда для определения жесткости (см. приложения 8 и 9).
11. Хромат калия – 10 %-ный раствор (100 г хромата растворяют в 1 л дистиллированной воды).
12. Нитрат серебра 0,1 н раствор (3,55 г AgNO_3 растворяют в дистиллированной воде и доводят до 1 л). Хранят в темной стеклянной посуде.

Ход определения

Для определения используют лабораторные колонки длиной 50 см (рис. 1). В их нижней части находится слой стеклянной ваты или мелкий гравий. Скорость прохождения воды через колонку ($v = 50$ мл/мин) регулируют винтовым зажимом.

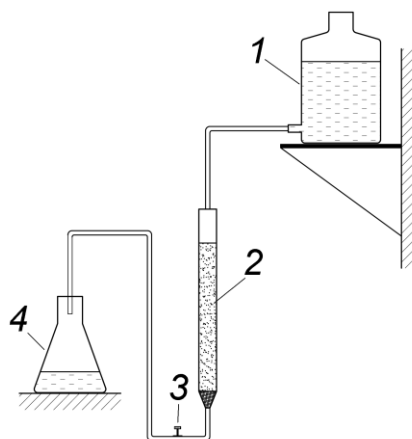


Рис. 1. Установка с лабораторным ионитовым фильтром: 1 – склянка с фильтруемой жидкостью; 2 – ионитовый фильтр; 3 – резиновая трубка с винтовым зажимом; 4 – колба-приемник фильтрата

Фактическую скорость фильтрования v , м/ч, определяют по формуле

$$v = \frac{50 \cdot 4 \cdot 60}{\pi \cdot d^2}, \quad (3)$$

где d – внутренний диаметр колонки, мм;

50 – скорость прохождения воды, мл/мин.

В колонку, наполовину заполненную дистиллированной водой, помещают набухший катионит в Na-форме на $\frac{3}{4}$ ее высоты.

Исходную воду, представляющую собой 0,1 н. раствор хлористого кальция, из склянки с нижним тубусом пропускают через слой катионита и следят за тем, чтобы уровень воды над катионитом был постоянным. Предварительно в исходной воде определяют общую жесткость J_0 (прил. 1).

Фильтрат собирают в цилиндром и переливают в конические колбы. В каждой пробе (50 мл) проводят качественное определение присутствия ионов кальция.

Появление синей окраски после прибавления к пробе 5 мл аммонийной буферной смеси и 6...7 капель эриохрома черного указывает на то, что ионы Ca^{2+} поглощаются катионитом полностью. Фильтрацию проводят до тех пор, пока после прибавления реактивов к очередной пробе фильтрата появится фиолетовая окраска, что свидетельствует о «проскоке» ионов Ca^{2+} . После этого фильтрование временно прекращают и вычисляют объем пропущенного через

катионит раствора. Рабочую обменную емкость E_p^k катионита определяют по формуле (1).

Затем фильтрование продолжают до тех пор, пока жесткость в фильтрате не станет равна жесткости исходной воды. При этом необходимо определять жесткость воды в каждой пробе. Полную обменную емкость определяют по формуле (2).

Результаты определения жесткости сводят в табл. 1. По данным табл. 1 строят график работы катионитового фильтра в координатах «объем пропущенного раствора (абсцисса) – общая жесткость (ордината)».

Таблица 1

Экспериментальные данные для построения графика работы катионитового фильтра

№ п/п	Объем пропущенного с начала фильтрования раствора, мл	Объем пробы, мл	Объем 0,1 н. раствора трилона Б, пошедший на титрование, мл	Жесткость общая, мг-экв/л

После окончания фильтрования катионит осторожно взрыхляют обратным током дистиллированной воды и регенерируют 6 %-ным раствором хлористого натрия, пропуская через катионит 700 мл раствора со скоростью 25 мл/мин (можно заполнить колонку раствором на 5 мин, а затем доливать его мерным цилиндром). Затем отмывают катионит дистиллированной водой до исчезновения ионов Cl^- . Качественное определение ионов Cl^- проводится следующим образом.

В коническую колбу на 500 мл отмеряют цилиндром 100 мл исследуемой воды, приливают 2 мл 10 %-ного раствора хромата калия и титруют 0,1 н раствором AgNO_3 . Появление грязно-розовой окраски свидетельствует о наличии

ионов Cl^- .

После исчезновения ионов Cl^- катионит может быть снова использован для умягчения воды.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МЕМБРАННЫХ АППАРАТОВ. ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ, ТЕМПЕРАТУРЫ И СОЛЕСОДЕРЖАНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕМБРАН

Общая информация о мембранных технологиях

Для проектирования систем питьевого и промышленного водоснабжения с использованием баромембранных систем важно представлять себе область применения различных типов мембран, их возможности и характеристики. Применению мембранных установок в проекте, как правило, должен предшествовать ряд экспериментальных исследований, предназначенных для определения необходимых характеристик мембран для рассматриваемого случая.

Основные параметры, на основе которых ведется проектирование:

1. **Удельная производительность мембран J** – количество профильтрованной через мембрану воды – измеряется в л на м^2 поверхности мембран в час. Зависит для *нанофльтрационных* и *обратноосмотических* мембран от:

- величины рабочего давления, атм (обычно от 7 до 16 атм для нанофльтрации и низконапорного обратного осмоса);
- величины общего солесодержания исходной воды (обычно от 100 до 10000 мг/л);
- температуры обрабатываемой воды (0–35 °C).

Современные мембранные аппараты обычно имеют характеристики, которые были определены для «стандартных» условий испытаний (давление 7 или 16 атм, температура 25 °C, солесодержание 1500 мг/л). Для условий эксплуатации, предусмотренных проектом (величины общего солесодержания, температуры), производительность мембран выбирается либо на основе эксперимен-

тельно определенных данных, либо при наличии ранее полученных данных и зависимостях – расчетным путем.

Производительность мембран в большой степени определяется качеством очищаемой воды, в которой могут содержаться различные вещества, образующие осадки на мембранах. Осадкообразование снижает производительность мембран.

Для ультрафильтрационных мембран особенно важно знание параметров образующегося осадка, вызывающего снижение производительности. При эксплуатации ультрафильтрационных установок осадок, накапливающийся в течение времени фильтроцикла (15–45 мин) на поверхности мембран, удаляется с помощью промывки обратным током фильтрата в течение (10–30 секунд). Параметры эксплуатации установки: рабочее давление P , удельная производительность J , время фильтроцикла T и время обратной промывки t предопределяют расчетные эксплуатационные показатели работы установки: среднюю часовую производительность и расход воды на собственные нужды (на обратную промывку). Указанные параметры уточняются с помощью экспериментов.

2. Селективность мембран (коэффициент задержания) R – степень задержания мембраной различных загрязнений, выражается в процентах:

$$R = (C_{исх} - C_{ф}) / C_{исх} \cdot 100, \quad (4)$$

где $C_{исх}$ – концентрация загрязнений (солей, отдельных ионов, органических веществ и др.) в исходной воде, мг/л;

$C_{ф}$ – концентрация того же вещества в фильтрате, мг/л.

Селективность обратноосмотических и нанофильтрационных мембран определяют по солям $NaCl$, $MgSO_4$ и по отдельным ионам Ca^{2+} , F^- и др. Для ультрафильтрационных мембран селективность определяют по молекулам альбумина и декстрана с различной атомной массой.

Селективность мембран зависит от давления, а также гидравлического режима (скорость поперечного потока) в аппарате.

3. Величина выхода фильтрата α – выражается в доле исходной воды, прошедшей через мембрану в фильтрат:

$$\alpha = W_{\phi} / W_{исх}, \quad (5)$$

где $W_{исх}$ – объем исходной воды, пропущенной через мембранный аппарат за единицу времени, л, м³;

W_{ϕ} – объем фильтрата, полученный за единицу времени л, м³.

В зависимости от выбранной величины α меняется качество фильтрата. Выбранная величина α влияет на конструкцию установки (для поддержания требуемого скоростного режима в аппаратах). Величину α , так же как и другие параметры, назначают, основываясь на экспериментальных данных.

Общие положения

Для решения вопроса об использовании тех или иных мембранных аппаратов для очистки воды, важно уметь правильно определять их характеристики: производительность и селективность. Эти показатели работы мембран в большой степени зависят от условий эксплуатации аппаратов: величины рабочего давления и ионного состава исходной воды (величины общего солесодержания). Поэтому при проектировании мембранных установок важно уметь определять показатели работы мембран для различных условий эксплуатации.

Обычно производители мембранных аппаратов предоставляют результаты их испытаний при так называемых стандартных условиях. Стандартными условиями испытаний для низконапорных обратноосмотических мембран считают:

- давление 16 атм;
- температура 25 °С;
- соотношение потоков фильтрата и концентрата 1 : 5 (это соотношение необходимо поддерживать для уменьшения явления концентрационной поляризации);
- исходная вода – раствор NaCl 1500 мг/л.

Для нанофильтрационных мембран стандартные условия испытаний следующие:

- давление 6 атм;
- температура 25 °С;

- соотношение потоков фильтрата и концентрата 1 : 5;
- исходная вода – раствор MgSO_4 2000 мг/л + NaCl 1500 мг/л.

Стандартные условия используются для того, чтобы можно было сравнить показатели работы различных аппаратов и мембран. Для использования мембранных установок в конкретных условиях отдельные производители предлагают программы компьютерного расчета установок, позволяющие определить производительность мембран и составы фильтрата и концентрата в зависимости от ионного состава и температуры исходной воды, давления и выхода фильтрата. Такие программы составлены на основании обработки экспериментальных данных.

Цель работы

В настоящей работе предполагается построить экспериментальные зависимости производительности и селективности (см. формулу 4) мембран от величины общего солесодержания исходной воды и величины рабочего давления (см. рис. 2 и 3).

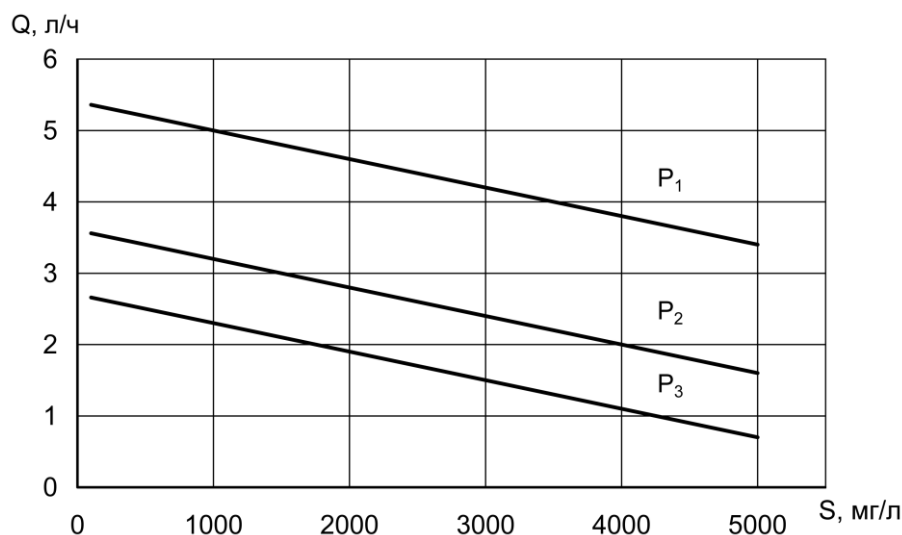


Рис. 2. Графики зависимости производительности мембранного аппарата от давления и общего солесодержания воды

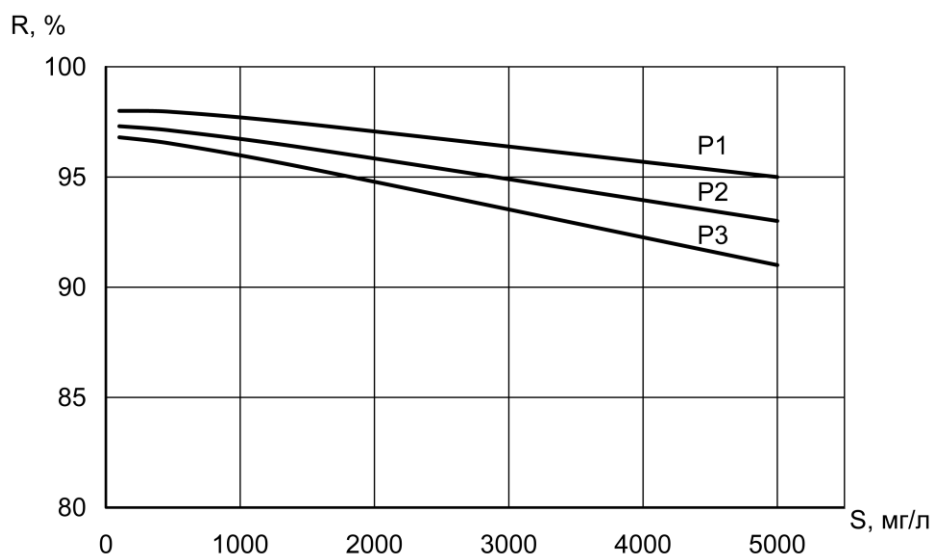


Рис. 3. Графики зависимости селективности мембранного аппарата от давления и общего солевого содержания воды

Схема лабораторной установки

Лабораторный стенд для испытаний показан на рис. 4 и состоит из бака исходного раствора, насоса, мембранного аппарата, манометра, регулировочного вентиля и вентиля байпаса.

Исходные растворы с концентрациями 500, 1500, 5000 мг/л готовятся на дистиллированной воде с добавлением NaCl.

Величина рабочего давления устанавливается с помощью регулировочного вентиля 4 и, при необходимости снижения давления, путем открывания вентиля байпаса 5. Величина рабочего давления в аппарате определяется по манометру 6. Фильтрат и концентрат после аппарата возвращается в бак исходной воды.

Расходы транзитного потока концентрата и фильтрата определяются объемным способом с помощью секундомера и мерного цилиндра.

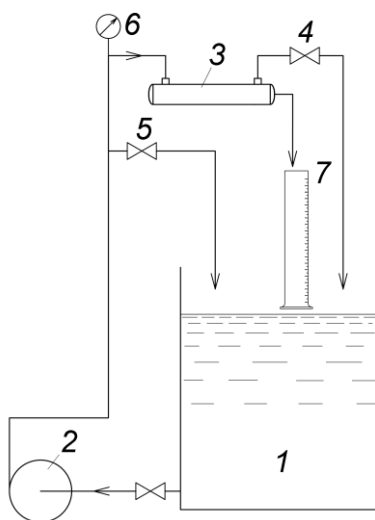


Рис. 4. Схема лабораторной установки: 1 – бак исходной воды; 2 – рабочий насос; 3 – мембранный аппарат; 4 – регулировочный вентиль сброса концентрата; 5 – вентиль для регулировки давления; 6 – манометр; 7 – мерный цилиндр (для отбора фильтрата)

Внимание! Во всех экспериментах расход транзитного потока должен в 10 раз превышать расход фильтрата.

Внимание! После каждого эксперимента полностью открывают вентиль 5, при каждом включении насоса вентиль 5 также должен быть открыт для избежания резкого скачка давления на мембранной ячейке.

Качество фильтрата (для расчета селективности) определяется с помощью портативного кондуктометра.

Оборудование, приборы, реактивы, посуда

1. Установка лабораторная:

- насос многоступенчатый центробежный WILO MVI108-1/25/E/1-230-5, подача 1 м³/ч, давление 25 атм, двигатель 0,75 кВт, 220 В;
- бак исходной воды – 100 л;
- рулонный элемент типа ЭРН-Б-45-350 с нанофильтрационными мембранами ОПМН-П («Владипор»), производительность по фильтрату не менее 8 л/ч, селективность по NaCl – 55 %;
- рулонный элемент типа ЭРО-КНИ-45-350 с обратноосмотическими мембранами Hydranautisc (ESPA), производительность по фильтрату 5-15

л/ч, селективность по NaCl – 98,5 %;

– трубопроводы, арматура.

2. Портативный TDS-метр (солемер).

3. NaCl, ч.д.а. – 420 г.

4. Мерный цилиндр 500 мл – 2 шт.

5. Колба 1 л.

6. Весы лабораторные.

7. Электрическая плитка.

8. Секундомер.

9. Термометр.

Ход определения

Растворы с исходной концентрацией 500, 1500 и 5000 мг/л объемом 30 л готовят путем добавления в дистиллированную воду NaCl в количестве 15, 45 и 150 г соответственно. Температура исходной воды должна быть 25 °С. Перед добавлением соли дистиллированную воду комнатной температуры доводят до требуемой температуры путем добавления некоторого количества подогретой или охлажденной дистиллированной воды.

Расход концентрата устанавливают не менее 50 л/ч при давлениях 6, 8 и 12 атм.

Замеры параметров (расхода фильтрата) производят через 5 минут после начала работы установки. Одновременно производится отбор проб фильтрата.

Определяют:

– величину рабочего давления, атм;

– расход фильтрата, л/ч;

– расход концентрата, л/ч;

– температуру исходной воды, °С;

– солесодержание исходной воды, мг/л;

– солесодержание фильтрата, мг/л.

Затем установка останавливается, производится замена исходного раство-

ра, цикл повторяется.

Результаты определений заносятся в таблицу 2.

По результатам экспериментов строят графики зависимости производительности и селективности мембранного аппарата от давления и общего соле- содержания воды (см. рис. 2 и 3).

Таблица 2

Экспериментальные данные для определения характеристик мембранных аппаратов

№	Аппарат, тип мембраны	Концентрация исходного раствора, г/л	Рабочее давление, атм	Температура, °С	Расход концентрата, л/ч	Расход фильтрата, л/ч	Концентрация фильтрата, г/л	Селективность R, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1814, ESPA-1 (обратно-осмотическая)	0,5	6 8 12					
		1,5	6 8 12					
		5,0	6 8 12					
	1814, ОПМН-П (нанофиль-трационная)	0,5	6 8 12					
		1,5	6 8 12					
		5,0	6 8 12					

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Водоснабжение и водоотведение» направления подготовки дипломированных специалистов «Строительство» : в 3-х т. / М. Г. Журба, Л. И. Соколов, Ж. М. Говорова ; науч.-метод. рук-во и общ. ред. М. Г. Журбы. – 3-е изд., доп. и перераб. – Т. 2 : Очистка и кондиционирование природных вод. Москва : АСВ, 2010. 551 с.

Фрог Б.Н. Водоподготовка : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по программе бакалавриата по направлению подготовки 270800 – «Строительство» (профиль «Водоснабжение и водоотведение») / Б.Н. Фрог, А.Г. Первов. Москва : АСВ, 2014. 500 с.

Первов А.Г. Водоснабжение промышленных предприятий : учебник – Москва : АСВ, 2019. – 377 с.

Первов А.Г. Технологии очистки природных вод : учебник для студентов, обучающихся по программе бакалавриата, направление 27800 "Строительство", профиль "Водоснабжение и водоотведение" / А. Г. Первов. – Москва : АСВ, 2016. – 600 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ ЖЕСТКОСТИ

Жесткостью воды называется совокупность свойств, обусловленных содержанием в ней щелочноземельных элементов, преимущественно ионов кальция и магния. Различают карбонатную жесткость (карбонатные и бикарбонатные соли кальция и магния) и некарбонатную (некарбонатные соли кальция и магния – сульфаты, хлориды, нитраты и др.). Сумма карбонатной и некарбонатной жесткости определяет общую жесткость.

Жесткость воды выражается в градусах жесткости (°Ж). Градус жесткости соответствует концентрации щелочноземельного элемента, численно равной $\frac{1}{2}$ его моля, выраженной в мг/дм³ (г/м³, мг/л). Жесткость воды Ж, °Ж, при раздельном количественном определении ионов щелочноземельных элементов вычисляют по формуле:

$$Ж = \sum (C_i / C_{i\varnothing}), \quad (6)$$

где C_i – концентрация щелочноземельного элемента в пробе воды, мг/дм³ (г/м³, мг/л);

$C_{i\varnothing}$ – концентрация щелочноземельного элемента, численно равная $\frac{1}{2}$ его моля, выраженная в мг/дм³ (г/м³, мг/л).

Градус жесткости °Ж соответствует старой единице измерения жесткости, принятой в нашей стране до введения *ГОСТ 31865-2012 Вода. Единица жесткости* – мг-экв/л: 1 °Ж = 1 мг-экв/л. Ниже в работе будут использоваться единицы измерения жесткости мг-экв/л (как указано в СанПиН 1.2.3685-21).

Метод определения общей жесткости основан на образовании комплексных соединений трилона Б (динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты) с ионами щелочноземельных элементов. Определение проводят титрованием пробы раствором трилона Б при pH = 10 в присутствии индикатора эрио-

хрома черного Т, который образует с ионами Ca^{2+} и Mg^{2+} комплексы красно-малинового (фиолетового) цвета.

Реактивы

1. Аммиачный буферный раствор (к 10 г хлорида аммония NH_4Cl приливают 50 мл 25 %-ного раствора аммиака NH_4OH и доводят общий объем раствора до 500 см³);

2. Эриохром черный – индикатор (к 0,5 г индикатора приливают 10 мл аммиачного буферного раствора и доводят общий объем раствора этиловым спиртом до 100 мл);

3. Трилон Б – 0,1 н. раствор (навеску 18,6 г трилона растворяют в дистиллированной воде, переносят в мерную колбу на 1000 мл и доводят до метки).

Ход определения

К 100 мл исследуемой воды, отмеренной цилиндром в коническую колбу на 250 мл, приливают 5 мл аммиачного буферного раствора и 6–7 капель раствора индикатора эриохрома черного, который образует с ионами Ca^{2+} и Mg^{2+} комплексы красно-малинового цвета.

При наличии Ca^{2+} и Mg^{2+} раствор окрашивается в красно-малиновый цвет. Этот раствор медленно титруют 0,05 н. раствором трилона Б до изменения окраски на синевато-серую. Это свидетельствует о том, что все ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} связаны с трилоном Б.

Общую жесткость $\text{Ж}_{\text{общ}}$, мг-экв/л, рассчитывают по формуле

$$\text{Ж}_{\text{общ}} = \frac{v_1 \cdot N \cdot 1000}{v}, \quad (7)$$

где v_1 – объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование исследуемой воды, мл;

N – нормальность раствора трилона Б;

v – объем исследуемой воды, мл.

Некарбонатная жесткость $\text{Ж}_{\text{нк}}$ равна:

$$Ж_{нк} = Ж_{общ} - Ж_{к} \quad (8)$$

где $Ж_{к}$ – карбонатная жесткость (см. определение щелочности).

Проводят не менее двух титрований, при этом расхождение между значениями общих объемов трилона Б, израсходованных на титрование, не должно превышать 0,1 см³. Если расхождение превышает указанное значение, то титрование повторяют до получения допустимого расхождения результатов.

За результат анализа принимают среднее арифметическое значение двух принятых определений. Результат округляют до десятых мг-экв/л.

Приложение 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

Кондуктометрический метод анализа основан на измерении электропроводности анализируемого раствора. Электропроводностью называют величину, обратную электрическому сопротивлению. Единицей измерения электропроводности является Ом⁻¹ или сименс (См). Сопротивление раствора прямо пропорционально расстоянию между электродами и обратно пропорционально площади их поверхности.

Величину, обратную удельному сопротивлению, называют удельной электропроводностью. Удельная электропроводность (См·см⁻¹) численно равна току (в амперах), проходящему через слой раствора с поперечным сечением, равным единице, под действием градиента потенциала 1 В на единицу длины.

Электропроводность разбавленных растворов электролитов зависит от числа ионов в растворе (т.е. от концентрации), числа элементарных зарядов, переносимых каждым ионом (т. е. от заряда иона), и от скорости движения одинаково заряженных ионов к катоду или аноду под действием электрического поля. С учетом всех этих факторов электропроводящие свойства ионов характеризуют эквивалентной ионной электрической проводимостью (подвижно-

стью).

Методы прямой кондуктометрии основываются на том, что в области разбавленных и умеренно концентрированных растворов электрическая проводимость растет с увеличением концентрации электролита. В практической работе обычно используют заранее построенную градуировочную кривую зависимости электрической проводимости раствора от концентрации электролитов. Эта зависимость автоматически формируется в памяти прибора при его калибровке с помощью раствора хлорида натрия. Кондуктометры, которые могут показывать результат сразу в единицах уловного солесодержания, называют также солемерами.

Для пересчета показаний кондуктометра-солемера при измерении электрической проводимости растворов, содержащих смеси различных солей, используют коэффициент пересчета. В используемом в настоящей работе кондуктометре этот коэффициент установлен равным 0,7.

При увеличении температуры раствора возрастает подвижность ионов и снижается вязкость растворителя, что приводит к повышению удельной электропроводности раствора. Чтобы учесть это явление, в измерительную ячейку встраивается термочувствительный элемент, а в измерительные схемы кондуктометров вводят устройства температурной компенсации, приводящие результат измерения к одной постоянной температуре, указываемой в паспорте прибора (обычно $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Ход определения

Готовят следующие приборы, материалы и посуду: лабораторный кондуктометр Cond 730 или аналогичный; стакан стеклянный лабораторный на 50 мл – 1 шт.; емкость с дистиллированной водой.

Включают кондуктометр. При необходимости кнопкой (М) выбирают режим измерения минерализации (результат измерения выводится на дисплее в mg/l – мг/л).

В стеклянный лабораторный стакан объемом 50 мл помещают около 30 мл

пробы анализируемой воды. Помещают датчик кондуктометра в стакан с водой, следя за тем, чтобы отверстие электрода (датчика) прибора было полностью погружено в раствор.

Измеряют удельную электрическую проводимость воды в режиме автоматической температурной компенсации. Результат измерений фиксируют, когда показания прибора за одну минуту изменяются не более чем на ± 2 мг/л. Результат округляют до целых мг/л.

После проведения измерений датчик промывают дистиллированной водой и обсушивают фильтровальной бумагой.