

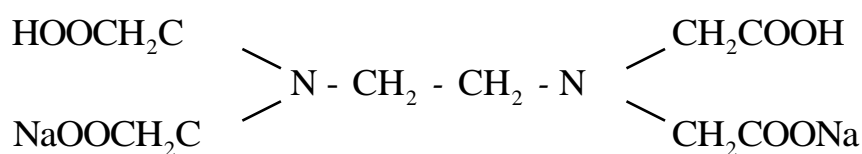
## Лабораторная работа № 8. Определение общей жесткости воды методом комплексонометрии

**Цель работы.** Определить общую жесткость природной или водопроводной воды титрованием рабочим раствором трилона Б

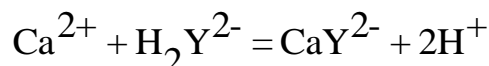
### Теоретическая часть

Комплексонометрическое титрование (комплексонометрия), основанное на применении реакций образования прочных комплексных соединений катионов с органическими реактивами, называемыми *комплексонами*.

На практике обычно применяют динатриевую соль этилендиаминтетрауксусной кислоты, которую называют *комплексомом III*, ЭДТА, или трилоном Б (сокращенно  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ ):



Реакции взаимодействия различных катионов с ЭДТА в растворе протекают по уравнениям



Независимо от заряда катиона ЭДТА образует комплексные соединения в соотношении 1:1. Молярные массы эквивалента титранта и определяемого катиона равны их молярным массам. В комплексах с ЭДТА часть связей носит ионный характер, часть – донорно-акцепторный.

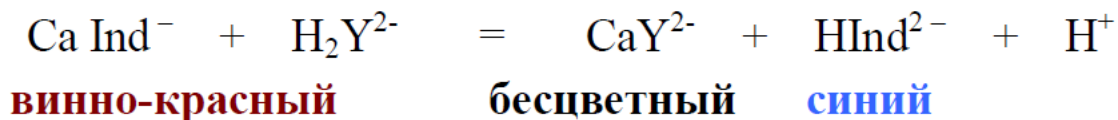
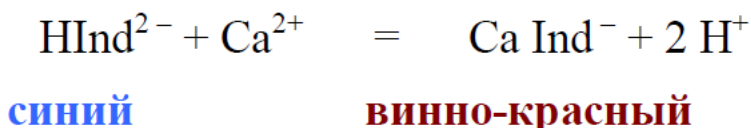
В комплексонометрии в качестве индикаторов используют *металлохромные индикаторы*. Это органические соединения, содержащие в своих молекулах хромофорные группы и, вследствие этого, окрашенные. Такие индикаторы образуют с ионами металлов менее прочные, чем титрант, комплексы, цвет которых отличается от цвета самих индикаторов.

#### *Эриохром черный Т.*

Он представляет собой трехосновную кислоту. При  $\text{pH} < 6,3$  эриохром черный Т находится в виде иона  $\text{H}_2\text{Ind}^-$  (красного цвета), при  $6,3 < \text{pH} < 11,6$  – в виде иона  $\text{HInd}^{2-}$  (синего цвета), при  $\text{pH} > 11,6$  – в виде иона  $\text{Ind}^{3-}$  (желтого цвета). Применяют эриохром черный Т в виде 0,05 - 0,5 %-го спиртового раствора или в виде смеси 1:100 с хлоридом натрия.

В интервале  $\text{pH} 7-11$  эриохром черный Т окрашен в синий цвет, а его комплекс с ионами металлов – в винно-красный цвет. При титровании ЭДТА комплекс индикатора с ионами металла разрушается. Ионы металла связываются ЭДТА в более прочное, обычно бесцветное, комплексное соединение. При этом анион индикатора переходит в раствор и окрашивает его в синий цвет.

*В интервале pH 7-11*



Важное значение при титровании ЭДТА имеет соблюдение требуемого значения pH титруемого раствора. В сильнокислых растворах с  $\text{pH} < 3$  образуются менее устойчивые комплексные соединения.

Следует также иметь в виду, что при образовании комплекса определяемого компонента с индикатором и с ЭДТА высвобождаются ионы водорода, и pH раствора понижается.

Поэтому процесс комплексометрического титрования ведут в присутствии буферных растворов для поддержания pH раствора на заданном уровне. Титрование большинства катионов обычно проводят в аммиачной буферной среде ( $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ ) при pH 8-9.

Жесткость воды зависит от присутствия в ней растворимых солей магния, кальция (чаще всего гидрокарбонатов, сульфатов, хлоридов и др.).

Различают:

- 1) временную (устраняемую) карбонатную жесткость, обусловленную наличием в растворе гидрокарбонатов:  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ;
- 2) постоянную жесткость, обусловленную присутствием в растворе сульфатов, хлоридов кальция и магния;
- 3) общую жесткость, которая равна сумме временной и постоянной.

Жесткость воды измеряется в мэкв/л.

Для характеристики природных вод по их степени жесткости принята следующая классификация:

1. Очень мягкая, если жесткость  $< 1,5$  мэкв/л;
2. Мягкая, если жесткость равна  $1,5 - 3,0$  мэкв/л;
3. Умеренно-жесткая, если жесткость равна  $3,0-6,0$  мэкв/л;
4. Жесткая, если жесткость равна  $6,0-9,0$  мэкв/л;
5. Очень жесткая вода, если жесткость более  $9,0$  мэкв/л.

### **Выполнение работы:**

*Посуда:*

- бюретка для титрования объемом 25 мл;
- пипетка Мора объемом 100 мл;
- колба для титрования;
- мерный цилиндр.

*Реактивы:*

- стандартный раствор ЭДТА (0,05 моль-экв/л);
- аммиачная буферная смесь (NH<sub>4</sub>OH + NH<sub>4</sub>Cl);
- контрольный раствор водопроводной воды;
- сухая смесь эриохрома черного с NaCl

**1.** Подготовить бюретку к работе.

Бюретку промывают дистиллированной водой, а затем ополаскивают 2 раза небольшим количеством стандартного раствора ЭДТА. Наполняют бюретку раствором ЭДТА, удаляют пузырьки воздуха и устанавливают уровень жидкости на нуле по нижнему краю мениска.

**2.** Приготовить контрольный раствор.

В чистую коническую колбу переносят пипеткой 100,0 мл водопроводной воды, предварительно ополоснув пипетку этим же раствором.

**3.** Титрование контрольного раствора соли аммония.

В коническую колбу с контрольным раствором водопроводной воды добавляют мерным цилиндром 5 мл аммиачной буферной смеси. Вносят сухую смесь эриохрома черного с NaCl (раствор должен иметь винно-красный цвет) и титруют рабочим раствором трилона Б до появления синей окраски от одной капли титранта.

**4.** Титрование повторяют до получения 3-х сходимых результатов.

**5.** Рассчитывают объем раствора ЭДТА, пошедший на титрование (*V*, мл), и рассчитывают жесткость воды.

**6.** При написании вывода по лабораторной работе необходимо отразить:

- следать вывод о степени жесткости воды;
- какой метод титриметрического анализа изучили;
- какой прием и способ выполнения титрования использовали;
- как определяли конечную точку титрования;
- какие уравнения реакций протекают при титровании.

<i>Исходные данные</i>	<i>Расчеты</i>
$V_{ал}(\text{воды}) = 100,0 \text{ мл}$ $C_H(\text{ЭДТА}) =$ $V_1(\text{ЭДТА}) =$ $V_2(\text{ЭДТА}) =$ $V_3(\text{ЭДТА}) =$	$\bar{V}(\text{ЭДТА}) = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} \text{ (мл)}$ $Ж_{H_2O} = \frac{(\bar{V} \cdot C_H)_{\text{ЭДТА}} \cdot 1000}{V_a(H_2O)} \text{ (мЭКВ/л)}$

### ***Вопросы к лабораторной работе:***

1. В чем заключается сущность метода комплексонометрии?
2. Способы комплексонометрического титрования (прямое, заметительное, обратное, кислотное)
3. Какие титранты используют в методе комплексонометрии? Приведите структурные формулы.
4. Как готовят стандартизованный раствор трилона Б? Какие вещества сравнения могут быть использованы для стандартизации раствора трилона Б?
5. Какие индикаторы используют в методе комплексонометрии? От чего зависит их окраска и почему она в определённый момент титрования меняется?
6. Как фиксируют конечную точку титрования при титровании анализируемого раствора трилоном Б? Объясните, с чем связано изменение окраски раствора при трилонометрическом определении общей жесткости воды?
7. Почему комплексонометрическое титрование проводится в присутствии буферной смеси?
8. Напишите уравнения реакций протекающие при комплексонометрическом титровании.
9. Что такое показатель жесткости воды, в каких единицах он измеряется?
10. Какая бывает жесткость воды по химической природе? Чем отличается общая жесткость воды от карбонатной жесткости? Как классифицируют природные воды по степени жесткости?