

Методы анализа качества воды

Филимонова Антонина

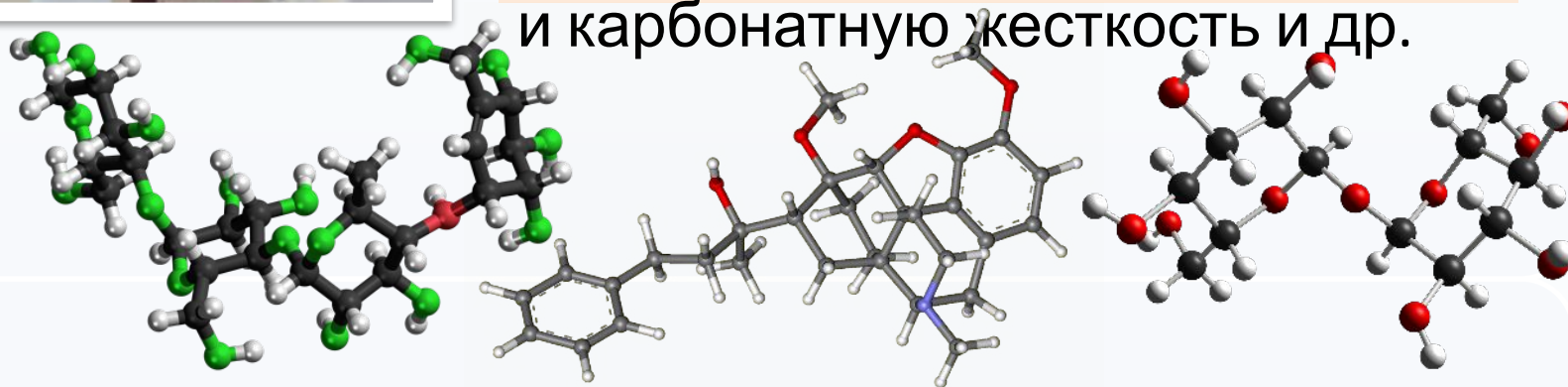
Андреевна

Кисотно-основное титрование



Метод определения концентрации кислот или оснований, основанный на реакции *нейтрализации*.

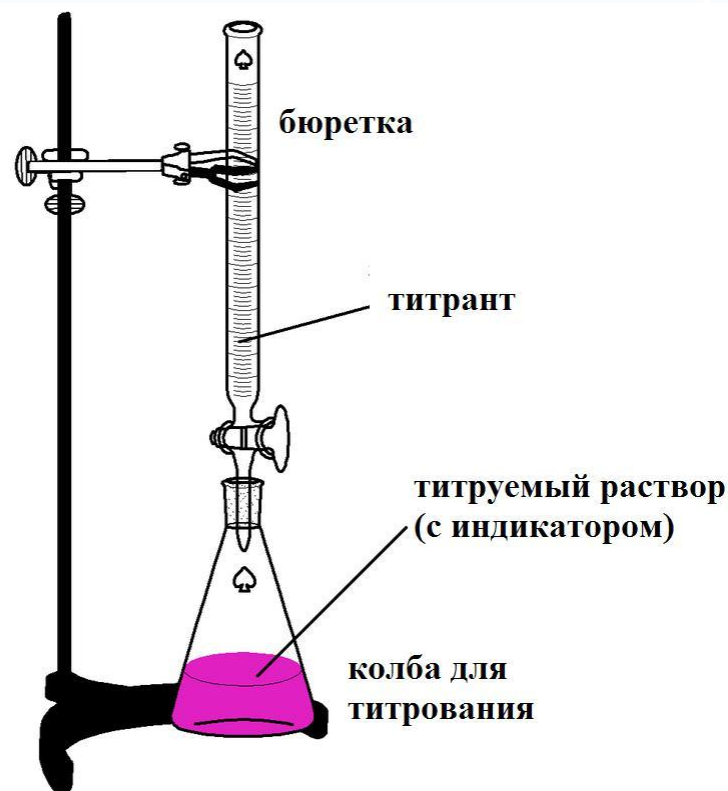
В теплоэнергетике методом кислотно-основного титрования определяют показатели качества воды - кислотность, щелочность и карбонатную жесткость и др.



Кислотность



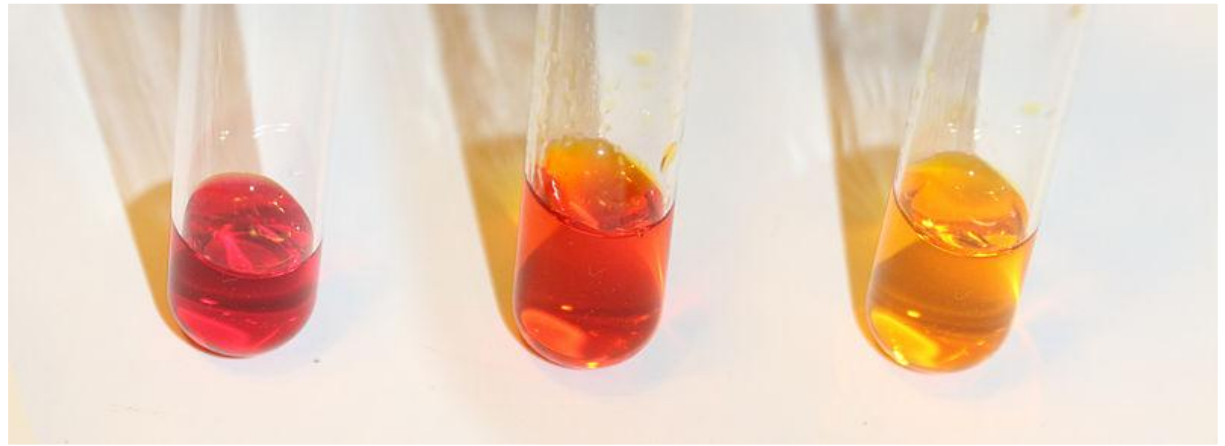
- показатель качества воды
- определяется методом кислотно-основного титрования
- единицы измерения – моль-экв/л
- титруемое вещество – кислоты в растворе
- титрант – щелочь NaOH



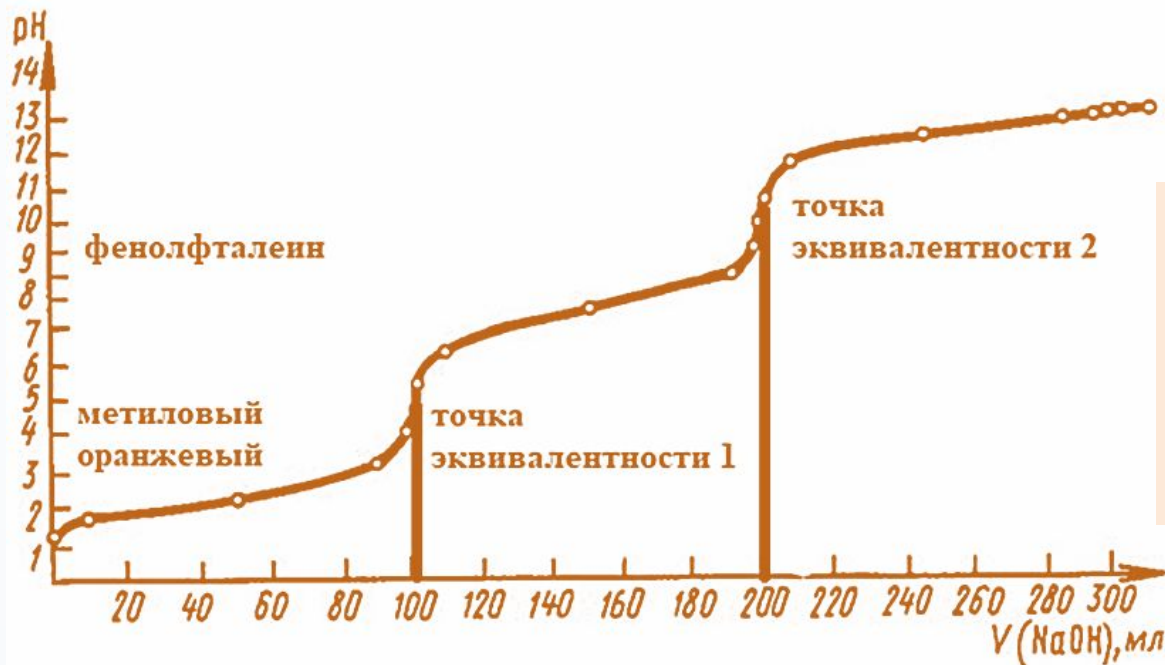
Кислотность



- Индикаторы –
фенолфталеин
($\text{pH}=8,0-10,0$)
метилоранж
($\text{pH}=3,1-4,4$)



Кислотность



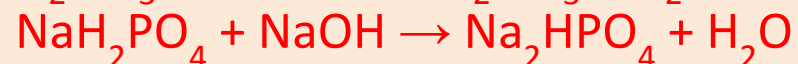
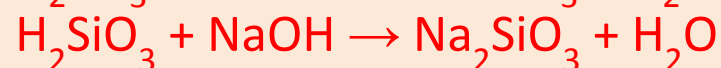
Одновременное присутствие сильных и слабых кислот в воде - два скачка титрования на кривой.

Кривая титрования смеси кислот (HCl и CH₃COOH) раствором NaOH

1 точка эквивалентности – сильные кислоты:



2 точка эквивалентности – слабые кислоты:



Кислотность



- Чтобы узнать концентрацию угольной кислоты по II ступени и фосфорной по III используется **метод обратного титрования**.
- Для этого к анализируемому раствору добавляют заведомый избыток NaOH. Щелочь взаимодействует со всеми кислотами, находящимися в растворе. Непрореагировавший остаток щелочи титруют соляной кислотой.
- Разность между результатом обратного титрования и результатом прямого титрования будет соответствовать концентрации угольной кислоты по второй ступени и фосфорной по третьей.





Щелочность

- показатель качества воды
- определяется методом кислотно-основного титрования
- единицы измерения – *моль-экв/л*



Щелочность



Виды

щелочности

Гидратная

- NaOH ; Ca(OH)_2 ; NH_4OH ; $\text{N}_2\text{H}_5\text{OH}$

Гидрокарбонатная

- NaHCO_3 ; $\text{Ca(HCO}_3)_2$; $\text{Mg(HCO}_3)_2$
- $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$

Карбонатная

- Na_2CO_3 ; MgCO_3 ; CaCO_3
- $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$

Фосфатная

- Na_3PO_4 ; $\text{PO}_4^{3-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HPO}_4^{2-} + \text{OH}^-$
- Na_2HPO_4 ; $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^-$
- NaH_2PO_4 ; $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^-$

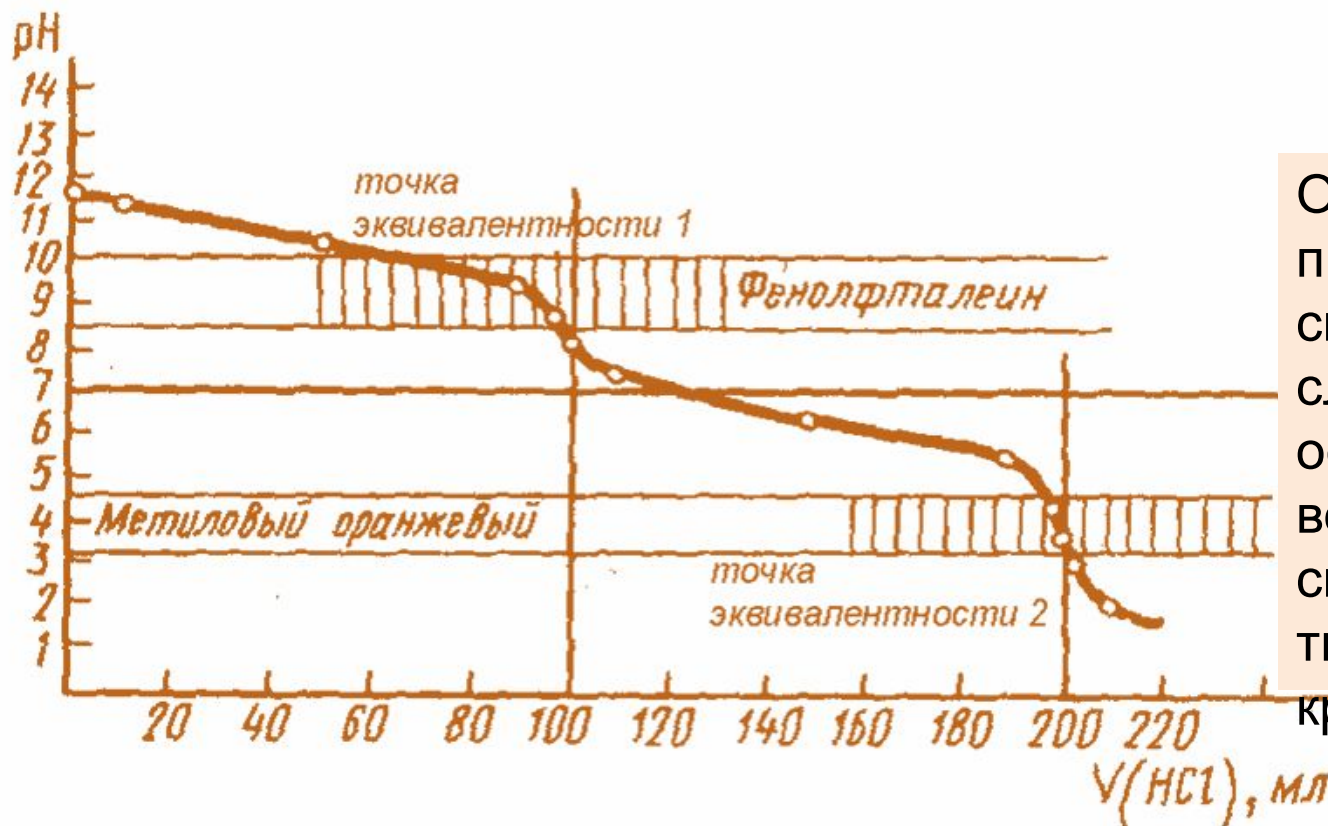
Силикатная

- Na_2SiO_3 ; $\text{SiO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HSiO}_3^- + \text{OH}^-$
- NaHSiO_3 ; $\text{HSiO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 + \text{OH}^-$

Гуматная

- NaHum ; $\text{Hum}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HHum} + \text{OH}^-$

Щелочность



Одновременное присутствие сильных и слабых оснований в воде - два скачка титрования на кривой.

Кривая титрования раствора Na_2CO_3 сильной кислотой (HCl)

1 точка эквивалентности —
сильные основания

2 точка эквивалентности —
слабые основания

Щелочность



С **фенолфталеином** можно оттитровать щелочи, а также анионы, обуславливающие высокую щелочность в результате гидролиза в водном растворе ($\text{pH} > 8$):

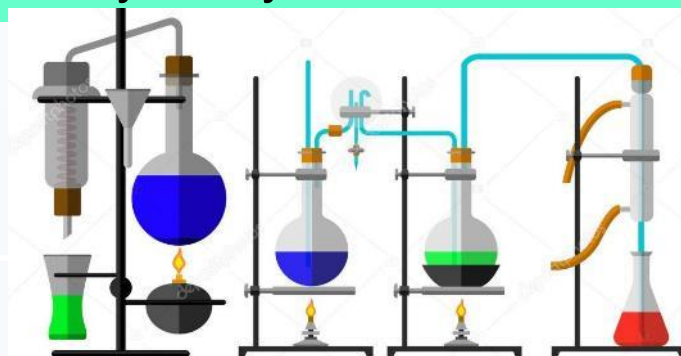
- Основания
- $\text{OH}^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$
- Карбонаты
- $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ = \text{HCO}_3^-$
- Фосфаты
- $\text{PO}_4^{3-} + \text{H}^+ = \text{HPO}_4^{2-}$
- Силикаты
- $\text{SiO}_3^{2-} + \text{H}^+ = \text{HSiO}_3^-$
- Гидросиликаты
- $\text{HSiO}_3^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{SiO}_3$

С **метилоранжем** анионы слабых кислот:

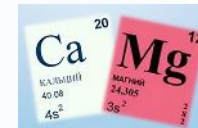
- гидрокарбонаты
- $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{CO}_3$
- гидрофосфаты
- $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{PO}_4^-$
- дигидрофосфаты
- $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}^+ = \text{H}_3\text{PO}_4$

Обратным титрованием:

- гуматную щелочность



Жесткость



Для определения общей жесткости воды используется метод

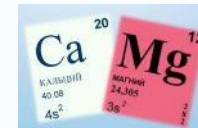


комплексометрического

Комплексометрическое титрование – титриметрический метод количественного анализа, основанный на реакции комплексообразования ионов металлов с полидентантными хелатообразующими агентами – комплексонами.



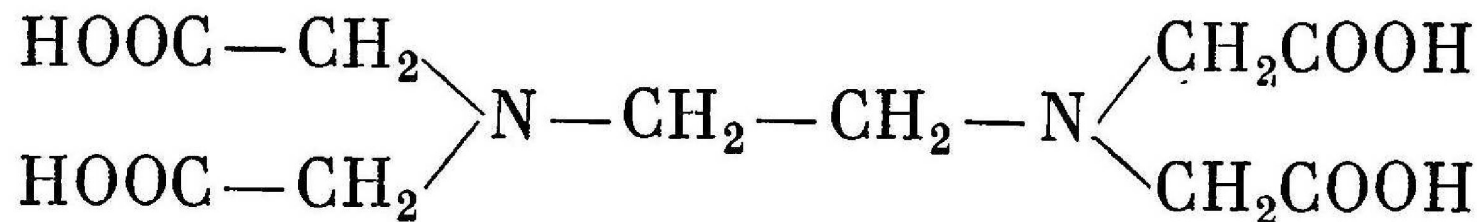
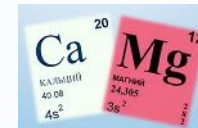
Жесткость



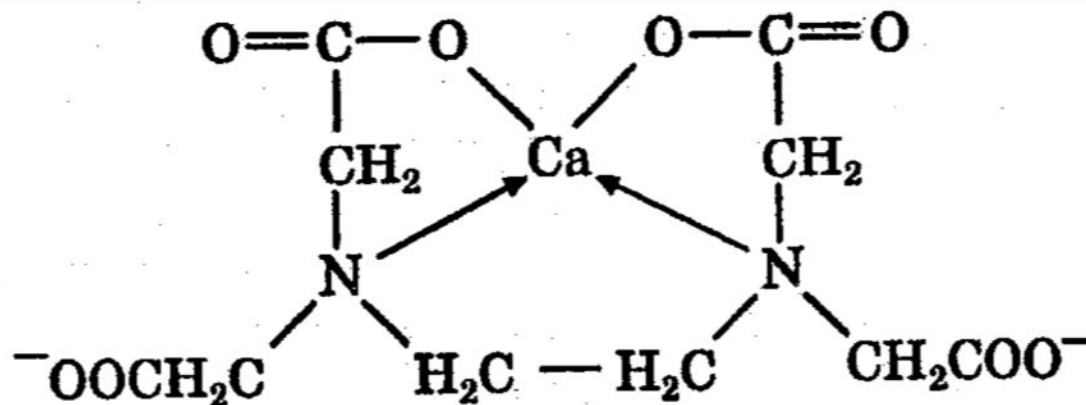
- Хелатные (клешневидные) полидентантные комплексные соединения – это те, в которых лиганды при взаимодействии с комплексообразователем образуют замкнутые циклы.
- Центральный ион в таких соединениях оказывается внутри молекулы. Поэтому подобные соединения называются внутрикомплексными.
- Одним из наиболее важных полидентантных лигандов (гексадентантных) является анион ЭДТА (трилон Б).



Жесткость



Трилон Б связывает анализируемые ионы металлов в воде в прочные внутрикомплексные соединения.
На этом основана реакция комплексонометрического титрования.



Металлоиндикаторы

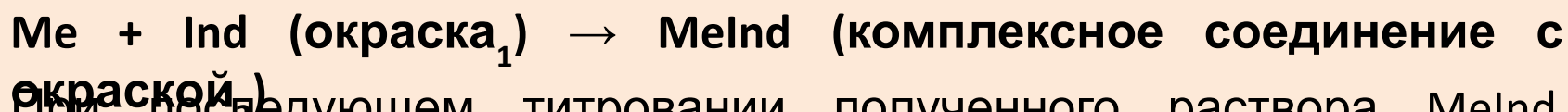


Для обнаружения конечной точки титрования обычно используют **металлоиндикаторы** – вещества, которые образуют с ионами металлов интенсивно окрашенные комплексные соединения, цвет которых отличается от окраски самого металлоиндикатора.

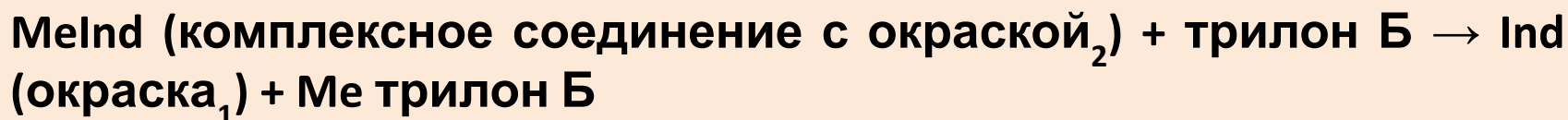
Металлоиндикаторы



При добавлении в анализируемую на ионы металла воду металлоиндикатора он связывается в комплексное соединение с определяемым металлом по реакции:



При последующем титровании полученного раствора MeInd трилоном Б комплекс индикатора с металлом полностью разрушается, замещаясь более прочным комплексом металла с титрантом (трилоном Б), при этом раствор приобретает окраску свободного индикатора:



По объему трилона Б, израсходованного до изменения окраски индикатора, рассчитывают концентрацию ионов кальция и магния.

Металлоиндикаторы

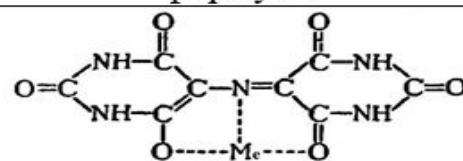
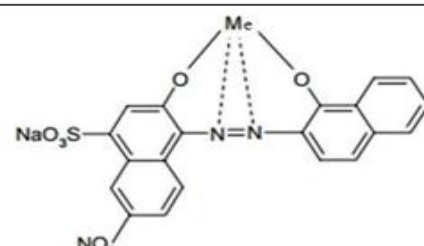
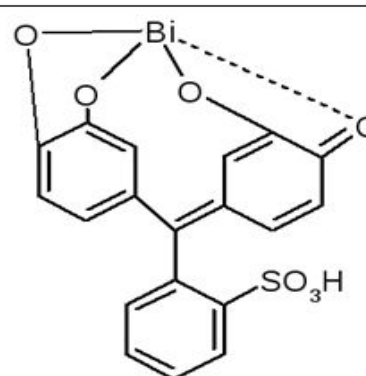
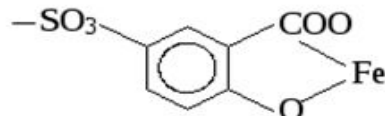


Для успешного обнаружения конечной точки титрования с помощью металлохромного индикатора необходимы условия:

- комплекс $MeInd$ должен быть достаточно устойчив, и образовываться уже при малых концентрациях индикатора;
- устойчивость комплекса $MeInd$ должна быть меньше, чем устойчивость комплекса MeT ;
- комплекс $MeInd$ должен быть кинетически лабильным, и его разрушение при взаимодействии с трилоном Б должно происходить быстро;
- окраска комплекса $MeInd$ должна отличаться от окраски свободного индикатора при данном значении pH .



Металлоиндикаторы

название	формула	окраска	свойства
<u>мурексид</u> 		розово-фиолетовый 	Ca^{2+} - красный, с Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} - желтый
<u>эриохром черный Т</u> 		синеголубой 	Ca^{2+} , Cu^{2+} , Ba^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Mg^{2+} , Pb^{2+} , Co^{2+} (более 20 катионов) красно-розовый
<u>тиомочевина</u> 		желтый 	Bi^{3+} , Cu^{2+} , Mg^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} - синий
сульфосалициловый 		бесцветный	специфический индикатор Fe^{3+} (цвет зависит от pH)



Окисляемость



Определение окисляемости основано на методе **окислительно-восстановительного титрования**, т.е. определения анализируемого вещества в результате окислительно-

Концентрацию органических примесей выражают через **окисляемость** воды, которая показывает расход сильного окислителя, необходимого для окисления органические примесей, содержащихся в 1 л воды. Результаты выражают в кислородных единицах ($\text{мг/дм}^3 \text{O}_2$).



Окисляемость



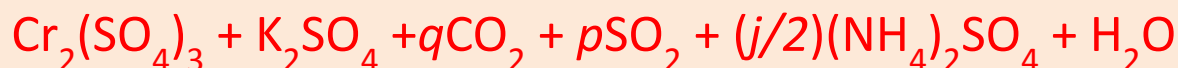
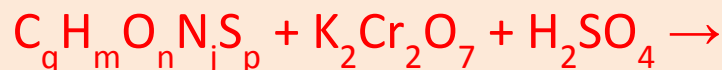
- В качестве сильного окислителя обычно применяют *перманганат калия* (KMnO_4) или *бихромат калия* ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), различая соответственно **перманганатную** и **бихроматную окисляемость**.
- **Бихроматная окисляемость** показатель более правильный, так как при взаимодействии с бихроматом окисляется около 90% органических примесей, а с перманганатом калия 30-50%.
- **Бихроматная окисляемость** – метод более трудоемкий, требующий наличия катализатора и индикаторов.
- Для определения как **бихроматной**, так и **перманганатной окисляемости** используют метод обратного титрования.
- Окисляемость показатель *условный*, так как кроме органических веществ при определении окисляемости происходит окисление содержащихся в воде ионов железа, сероводорода, нитритов, хлоридов.

Окисляемость

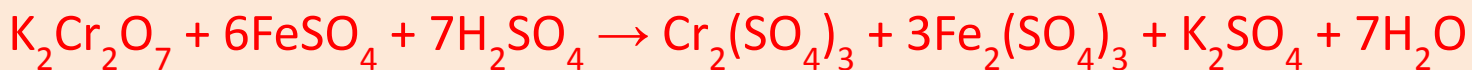


Бихроматная окисляемость:

Все органические примеси в воде окисляют избытком бихромата калия в кислой среде:



После того как все органические примеси окислились, в воде остался некоторый избыток бихромата калия, количество которого определяют титрованием с сульфатом железа в присутствии индикатора фенилантраниловой кислоты:

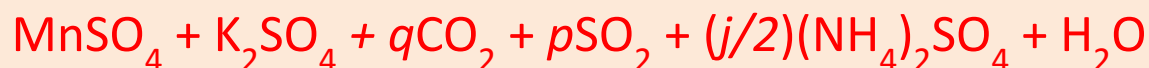


Окисляемость

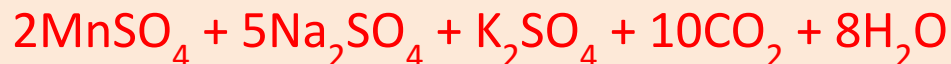


Перманганатная окисляемость:

Все органические примеси в воде окисляют избытком перманганата калия в кислой среде:



После того как все органические примеси окислились, в воде остался некоторый избыток перманганата калия, количество которого определяют добавлением оксалата натрия и последующим титрованием. Индикатор не требуется.



Спасибо за внимание