

УО «Белорусский государственный медицинский университет»
г. Минск.

Колориметрический метод определения остаточного хлора в воде

Кафедра радиационной медицины и экологии, кафедра общей химии,
Слободенюк Р. С., 2 курс, лечебный факультет, группа 1213,
Долгинин Э. О., 2 курс, лечебный факультет, группа 1204.

Научные руководители:

Канд. биол. наук, доц. Хрусталеv В. В.,

Канд. мед. наук, доц. Кейс Г. Д.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Существование современного города невозможно без водоснабжения. Вода, поступающая из поверхностных источников, проходит через очистную водонапорную станцию, где подвергается различным методам очистки. Один из этих методов – хлорирование – характеризуется тем, что оставляет после себе в очищенной воде какое-то количество молекулярного хлора и его производных. Некоторые из них, особенно хлороформ, способны оказывать негативное воздействие, в том числе канцерогенное, на организм человека.

Цель: предложить методику, основанную на колориметрическом методе, для количественного определения остаточного хлора в проточной воде в качестве альтернативы существующим экспресс-методам.

Задачи:

- Изучить доступную информацию про хлорирование и остаточный хлор;
- Приготовить пробы с «потенциальным хлором» и раствор сравнения;
- На основании определенной с помощью спектрофотометра оптической плотности проб построить калибровочный график;
- Произвести расчеты для определения реального хлора в проточной воде на основании калибровочного графика;
- Выделить преимущества колориметрического метода по сравнению с существующими экспресс-методами.

Материалы и методы

Спектрофотометр SOLAR PV1251C, автоматическая пипетка на 1 мл, мерные колбы на 100 мл - 5 штук, пипетки Мора на 5 мл – 3 штуки, пипетаторы, плоскодонные термостойкие колбы на 500 мл – 2 штуки, электрическая плитка, электронные весы, раствор йодида калия с концентрацией 10%, раствор серной кислоты с массовой долей 10%, раствор йодата калия с молярной концентрацией 0,0001 моль/л, крахмал, вода дистиллированная, соляная кислота с концентрацией HCl 0,01 моль/л; перманганат калия с концентрацией 0,0001 моль/л; метод построения калибровочного графика в спектрофотометрии; серия из 7 проб была повторена 10 раз и были выделены средние значения.

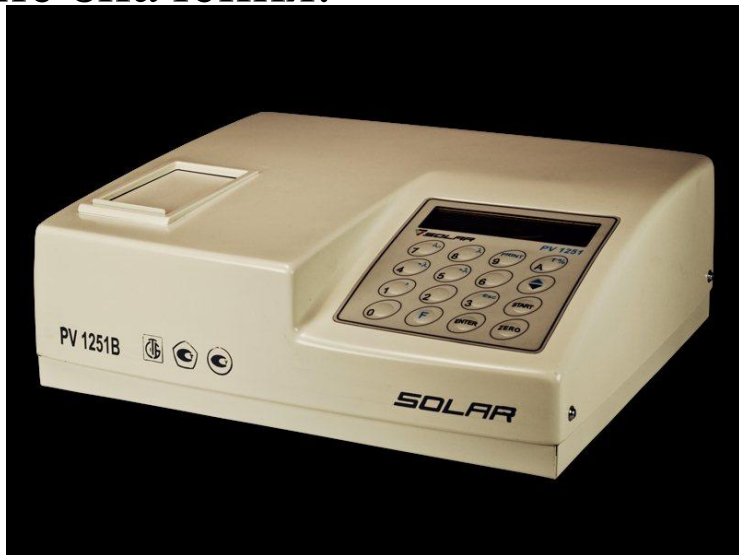


Рисунок 1. Спектрофотометр SOLAR PV1251C

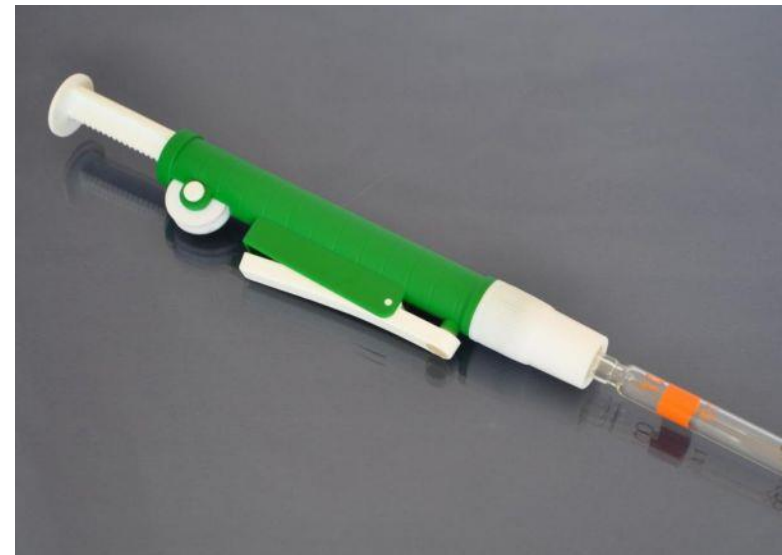


Рисунок 2. Пипетатор

Хлорирование

- Химический (реагентный) метод;
- Высокая эффективность;
- Экономичность технологического процесса;
- Эффект «последствия»;
- Образование побочных продуктов.



Рисунок 3. Жидкий хлор



Рисунок 4. Хлорная известь

Терминология остаточного хлора

Остаточный хлор - количество хлора присутствующее в обеззараженной воде и свидетельствующее о завершении процесса обеззараживания.

Свободный хлор – остаточный хлор, присутствующий в воде в виде ионов хлорноватистой кислоты, ионов гипохлорита или растворенного элементарного хлора.

Связанный хлор - часть общего остаточного хлора, присутствующего в воде в виде органических и неорганических хлораминов.

Таблица 1. Предельно допустимые концентрации вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки.

Наименование показателя	Единица измерения	Нормативы (предельно допустимые концентрации (ПДК), не более	Показатель вредности	Класс опасности
Хлор -остаточный свободный	мг/дм ³	в пределах 0,3- 0,5	орг.	3
-остаточный связанный	мг/дм ³	в пределах 0,8- 1,2	орг.	3

*В случаях одновременного присутствия в воде остаточного свободного и связанного хлора их предельно допустимая концентрация составляет не более 1,2 мг/л.

Воздействие остаточного хлора на организм человека

- Хлорорганические соединения способны оказывать мутагенное и канцерогенное воздействие на организм человека.
- Наибольшую угрозу представляет хлороформ. Его класс опасности – 2. Из-за чего он нормируется отдельно – не более **0,2 мг/л**.

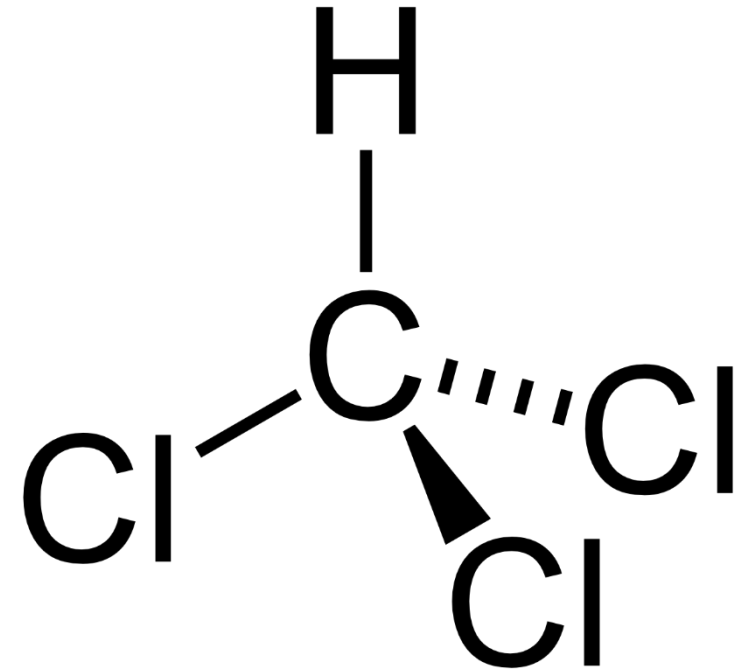
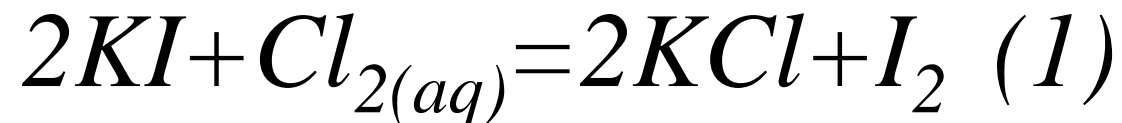


Рисунок 5. Структурная формула хлороформа

Методика работы

Методика предполагает определение йода, который вытесняет хлор из реакции:

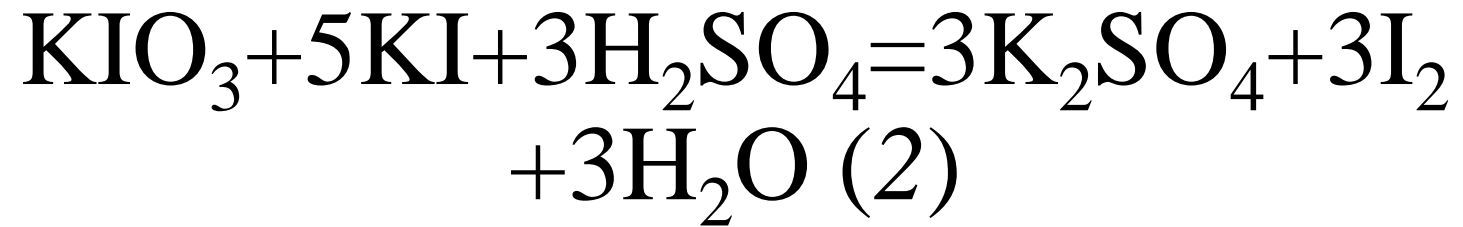


Была выполнена следующая последовательность действий:

- Был приготовлен раствор крахмала;
- Было приготовлено 7 проб и раствор сравнения:

	Раствор крахмала	Раствор 10% H_2SO_4	Раствор KIO_3 10^{-4} М	Дистиллированная вода	Раствор 10% KI	Общий объём	Концентрация потенциально го хлора	Оптическая плотность
Проба №1	300 мкл	150 мкл	30 мкл	2,37 мл	150 мкл	3 мл	0,213 мг/л	0
Проба №2	300 мкл	150 мкл	60 мкл	2,34 мл	150 мкл	3 мл	0,426 мг/л	0,063
Проба №3	300 мкл	150 мкл	90 мкл	2,31 мл	150 мкл	3 мл	0,639 мг/л	0,172
Проба №4	300 мкл	150 мкл	120 мкл	2,28 мл	150 мкл	3 мл	0,852 мг/л	0,283
Проба №5	300 мкл	150 мкл	150 мкл	2,25 мл	150 мкл	3 мл	1,065 мг/л	0,351
Проба №6	300 мкл	150 мкл	180 мкл	2,22 мл	150 мкл	3 мл	1,268 мг/л	0,457
Проба №7	300 мкл	150 мкл	210 мкл	2,19 мл	150 мкл	3 мл	1,491 мг/л	0,608
Раствор сравнения	300 мкл	150 мкл	0 мкл	2,4 мл	150 мкл	3 мл	0	

Методика работы



При добавлении раствора крахмала окраска поменялась на тёмно-синюю, что объясняется наличием в растворе йода (условного хлора).

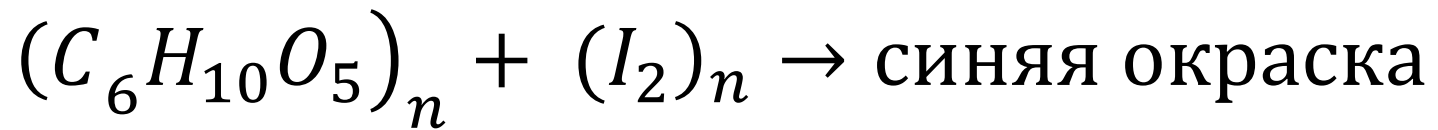
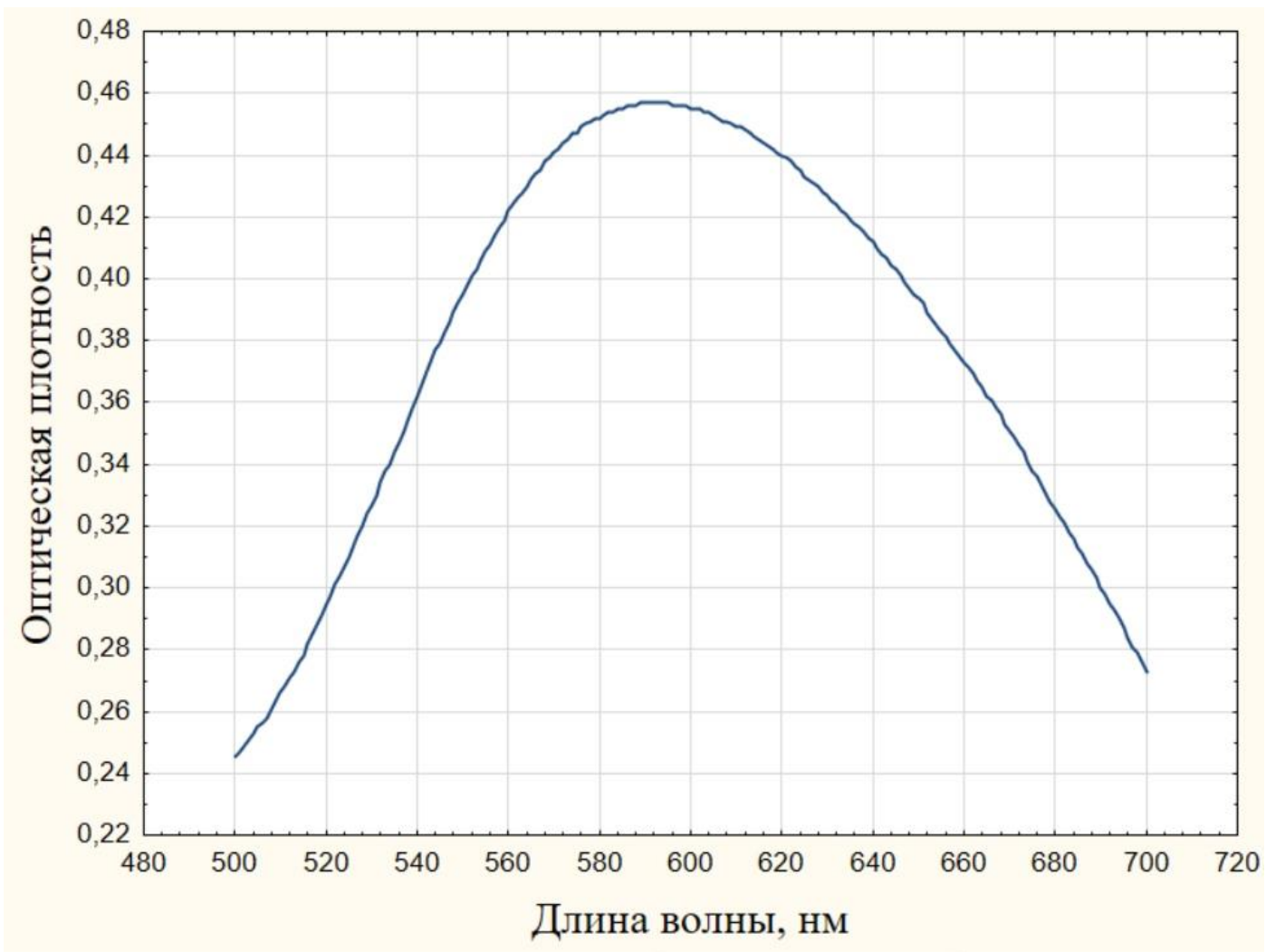


Рисунок 6. Пробы и раствор сравнения

Выделяющийся йод в комплексе с крахмалом даёт синее окрашивание раствора, с максимумом поглощения при длине волны 590 нм.



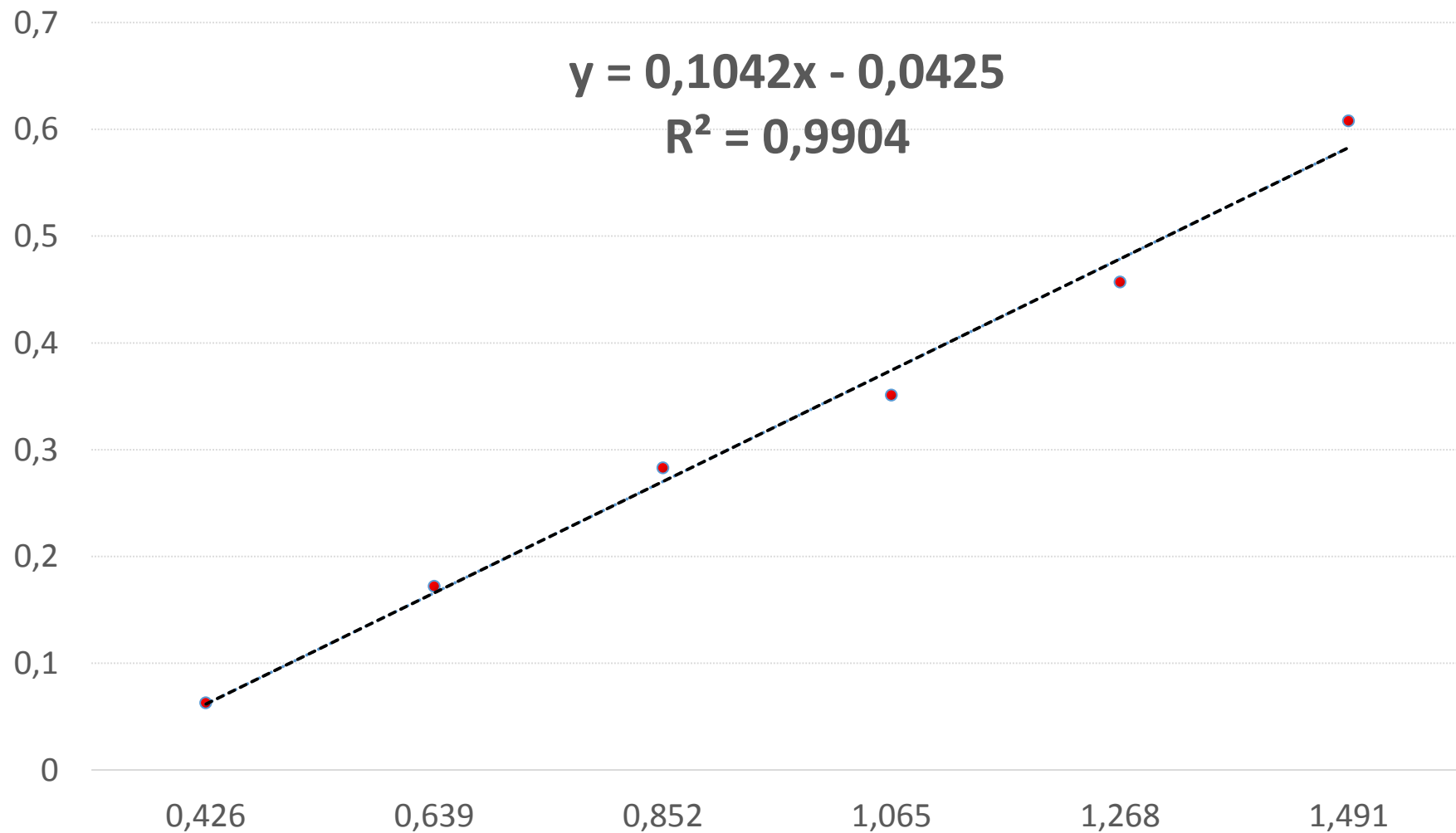


График 1. Калибровочный график зависимости оптической плотности от концентрации «потенциального хлора»

Расчеты

Исходя из реакций

- $\text{KIO}_3 + 5\text{KI} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$;
- $2\text{KI} + \text{Cl}_2 = 2\text{KCl} + \text{I}_2$

Можно сделать вывод, что

- $3\text{Cl}_2 = \text{KIO}_3$.

Содержание условного остаточного хлора в воде вычисляется по формуле:

- $c(\text{Cl}_2) = \frac{0,213 \cdot A}{30}$ мг/л, где A объём добавленного йодата калия в мкл.

Сравнение концентрации остаточного хлора в проточной воде с ПДК

- Метод также был проверен с раствором хлора и с проточной водой;
- Концентрация хлора менее 0,4 мг/л методом не определяется из-за ограниченных возможностей спектрофотометра;
- При измерении хлора в образце проточной воды, прибор не показал превышения ПДК(1,2 мг/л).



Рисунок 7. Пробы с раствором хлора

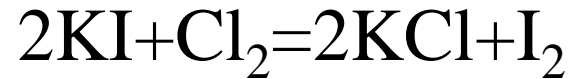
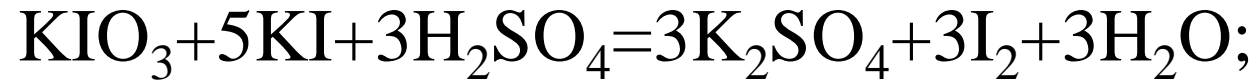
Преимущества колориметрического метода

- *Специфичность*
- *Доступность*
- *Чувствительность*

Вывод: колориметрический метод может быть рекомендован в качестве альтернативы существующим экспресс-методам (йодометрическому методу и титрованию метилоранжем) в силу высокой чувствительности, доступности и специфичности.

Спасибо за внимание!!!

Вывод формулы



$$n(\text{KIO}_3) = 30 * 10^{-6} * 10^{-4} = 3 * 10^{-9} \text{ моль}$$

$$n(\text{Cl}_2) = 3 * 3 * 10^{-9} = 9 * 10^{-9} \text{ моль}$$

$$m(\text{Cl}_2) = 71 \frac{\text{г}}{\text{моль}} * 9 * 10^{-9} = 639 * 10^{-9} \text{ г}$$

$$c(\text{Cl}_2) = 639 * 10^{-9} \text{ г} * \frac{1000}{3} = 0,213 * 10^{-3} \frac{\text{г}}{\text{л}} = 0,213 \frac{\text{мг}}{\text{л}}$$

На каждые за мкл йодата калия будет прирост 0,213 мг/л

потенциального хлора

Йодометрический метод



- Метод основан на окислении йодида активным хлором до йода, который титруют тиосульфатом натрия.
- Йодометрический метод предназначен для анализа воды с содержанием остаточного хлора более 0,3 мг/л при объеме пробы 250 см³.
- Используемые реактивы: калий йодистый в кристаллах, вода дистиллированная, хлороформ (трихлорметан), кислота салициловая, кислота уксусная ледяная, калий двухромовокислый, кислота серная, крахмал растворимый, натрий углекислый кристаллический, натрий серноватистокислый (тиосульфат натрия).
- Содержание суммарного остаточного хлора (X), мг/л, вычисляют по формуле:

$$X = \frac{v \cdot K \cdot 0,177 \cdot 1000}{V}$$

где v - количество 0,005 н. раствора тиосульфата натрия, израсходованное на титрование, см ;

K - поправочный коэффициент нормальности раствора тиосульфата натрия;

0,177 - содержание активного хлора, соответствующее 1 см³ 0,005 н. раствора тиосульфата натрия;

V - объем пробы воды, взятый для анализа, см .

Титрование метилоранжем

- Метод основан на окислении свободным хлором метилового оранжевого, в отличие от хлораминов, окислительный потенциал которых недостаточен для разрушения метилового оранжевого.
- Используемые реактивы: метиловый оранжевый (парадиметиламиноазобензолсульфонокислый натрий), вода дистиллированная, соляная кислота.
- Содержание свободного остаточного хлора (X_1) вычисляют по формуле:

$$X_1 = \frac{0,04 + (v \cdot 0,0217) \cdot 1000}{V}$$

Где v - количество 0,005%-ного раствора метилового оранжевого, израсходованное на титрование, см^3 ;

0,0217 - титр раствора метилового оранжевого;

0,04 - эмпирический коэффициент;

V – объем воды, взятый для анализа.

