

# Определение активного хлора в водопроводной воде города Иркутска

**Автор работы:** Татарников Алексей,  
МАОУ ДО г. Иркутска  
«Дворец творчества»,  
Лицей ИГУ, 7 класс

**Руководитель:** Зеленкова Наталья  
Александровна,  
п.д.о. МАОУ ДО г. Иркутска  
«Дворца творчества»;  
Яхненко Алена Сергеевна  
п.д.о. МАОУ ДО г. Иркутска  
«Дворца творчества».

## Содержание

Введение.....	3
1. Литературный обзор.....	4
2. Измерения массовой концентрации «Активного хлора».....	5
2.1. Методика измерений.....	5
2.2. Приготовление вспомогательных растворов.....	6
2.3. Практическая часть.....	7
3. Обработка результатов и результаты исследования.....	7
3.1. Результаты исследования.....	8
Вывод.....	9
Список литературы.....	10

## Введение

Вода - важнейший элемент среды обитания человека, без которого само существование высокоорганизованных форм жизни невозможно. Не имея пищевой ценности, вода обеспечивает прохождение всех жизненных процессов в организме. Пищеварение, обмен веществ, синтез тканей и т.п. совершаются при активном участии воды. Она служит растворителем в организме для органических и неорганических веществ, необходимых для поддержания его функций. Вода используется человеком для обеспечения жизнедеятельности, в технологических процессах, в системах охлаждения и теплоснабжения, в сельском хозяйстве и т. д. В зависимости от назначения используемой воды, качественный и количественный состав примесей, содержащихся в воде, может быть различным. К сожалению, мы не можем полагаться на чистоту воды прямо из крана. Как правило, питьевая вода перед подачей потребителю подвергается одному или нескольким видам очистки.

Планомерные поиски наиболее эффективного способа обеззараживания воды были начаты после того, как на Международном гигиеническом конгрессе, прошедшем в Вене в 1888 г. было признано, что заразные болезни, в том числе холера, могут распространяться с питьевой водой. К тому времени было установлено, что хлорная вода, образующаяся при взаимодействии газообразного хлора с водой, обладает дезинфицирующим действием. Это и определило то обстоятельство, что, когда в больших городах появился водопровод, газообразный хлор нашёл применение для обеззараживания питьевой воды. Впервые хлорирование стали использовать в 1895 г. на водопроводе Нью-Йорка. В России начало работ по обеззараживанию питьевой воды городского водопровода связано с именем талантливого ученого-гигиениста Симона-Леонарда Конрадовича Держговского (1866-1928). В своей научной деятельности С.К. Держговский уделял много сил разработке методов обеззараживания, в том числе и методам обеззараживания питьевой водопроводной воды. Проводились опыты по использованию для этих целей хлора, озона и ультрафиолетового облучения. В 1905 г. на VII Водопроводном съезде в Москве С.К. Держговский доложил о способе обеззараживания воды в Царском селе, которая поступала в императорские дворцы [1].

Активный хлор – вещество ядовитое, поэтому пить водопроводную воду в сыром виде не рекомендуют, так как концентрация хлора в воде может меняться в течение суток и в разные сезоны года. Перед использованием водопроводной воды для питья ее желательно подвергать дополнительной очистке, в том числе и от хлора (отстаивать, кипятить, очищать с помощью бытовых фильтров).

Хлор в воде (и особенно в водопроводной) существует во многих формах. Самая распространенная форма хлора – это “активный” хлор, которым насыщают водопроводную воду в целях дезинфекции. Хлорирование воды для ее дезинфекции применяется со второй половины XIX века и является наиболее эффективным и дешевым средством для борьбы с водными патогенными микроорганизмами. [1]

Активный хлор обладает ярко выраженным бактерицидным и бактериостатическим свойствами. Для полного обеззараживания воды необходимо, чтобы после хлорирования воды в ней содержалось 0,3-0,2 мг/л свободного активного хлора. [2] Однако поскольку он ядовит и способен оказывать негативное воздействие на организм человека, высокие концентрации активного хлора в воде недопустимы. Так, в СанПиН 2.1.4.1074-01, концентрация активного хлора не должна превышать 1,2 мг/дм<sup>3</sup> [3] И так можно сказать не только о питьевой воде, но и о воде для душа. Ведь активный хлор относится к таким веществам, растворы которых в состоянии пара легко проникают в организм. А в питьевой воде, попадая через желудочно-кишечный тракт, активный хлор способен раздражать слизистую желудка и оказывать токсическое действие на весь организм.

Поэтому нам было очень интересно на практике установить, не может ли то количество активного хлора, которое содержится в нашей водопроводной воде, нанести вред здоровью человека.

**Актуальность** исследования обусловлена важностью оценки уровня хлора в водопроводной воде для предотвращения его негативного влияния на здоровье населения.

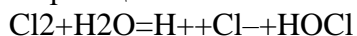
**Цель:** определить концентрацию активного хлора в водопроводной воде.

**Задачи исследования:**

1. Изучить методику измерения активного хлора в водопроводной воде.
2. Подготовить оборудование и реактивы
3. Провести недельный мониторинг массовой концентрации общего хлора

## 1. Литературный обзор

Хлор может существовать в воде не только в составе хлоридов, но и в составе других соединений, обладающих сильными окислительными свойствами. К таким соединениям хлора относятся свободный хлор ( $\text{Cl}_2$ ), гипохлорит-анион ( $\text{ClO}^-$ ), хлорноватистая кислота ( $\text{HClO}$ ), хлорамины (вещества, при растворении в воде которых образуются монохлорамин  $\text{NH}_2\text{Cl}$ , дихлорамин  $\text{NHCl}_2$ , трихлорамин  $\text{NCl}_3$ ). Суммарное содержание этих соединений называют термином «активный хлор». Содержащие активный хлор вещества подразделяют на две группы: сильные окислители – хлор, гипохлориты и хлорноватистая кислота – содержат так называемый «свободный активный хлор», и относительно менее слабые окислители – хлорамины – «связанный активный хлор». Благодаря сильным окислительным свойствам соединения, имеющие активный хлор, используются для обеззараживания (дезинфекции) питьевой воды и воды в бассейнах, а также для химической очистки некоторых сточных вод. Кроме того, некоторые содержащие активный хлор соединения (например, хлорная известь) широко используются для ликвидации очагов распространения инфекционных загрязнений. Наиболее широко для дезинфекции питьевой воды используется свободный хлор, который при растворении в воде диспропорционирует по реакции:



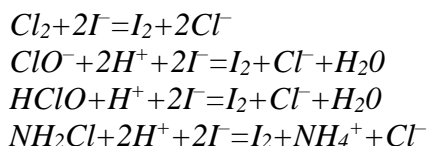
В природной воде содержание активного хлора не допускается; в питьевой воде его содержание установлено в пересчете на хлор на уровне 0,3–0,5 мг/л в свободном виде и на уровне 0,8–1,2 мг/л в связанном виде. Активный хлор в указанных концентрациях присутствует в питьевой воде непродолжительное время (не более нескольких десятков минут) и нацело удаляется даже при кратковременном кипячении воды. По этой причине анализ отобранной пробы на содержание активного хлора следует проводить немедленно. Интерес к контролю содержания хлора в воде, особенно в питьевой, возрос после осознания того факта, что хлорирование воды приводит к образованию заметных количеств хлоруглеводородов, вредных для здоровья населения. Особую опасность представляет хлорирование питьевой воды, загрязненной фенолом. ПДК для фенолов в питьевой воде при отсутствии хлорирования питьевой воды установлена 0,1 мг/л, а в условиях хлорирования (при этом образуются гораздо более токсичные и имеющие резкий характерный запах хлорфенолы) – 0,001 мг/л. Аналогичные химические реакции могут протекать с участием органических соединений природного или техногенного происхождения, приводя к различным токсичным хлорорганическим соединениям – ксенобиотикам.

## 2. Измерения массовой концентрации «Активного хлора».

### 2.1. Методика измерений.

В работе использована Методика измерений массовой концентрации «Активного хлора» в питьевых, поверхностных и сточных водах титриметрическим методом (ПНД Ф 14.1:2:4.113-97) [4]

Предлагаемый йодометрический метод (метод йодометрического титрования) определения активного хлора является адаптированным стандартным методом для анализа питьевой воды (ГОСТ 18190). Метод основан на свойстве всех содержащих активный хлор соединений в кислой среде выделять из йодида калия свободный йод:



Свободный йод оттитровывают тиосульфатом натрия в присутствии крахмала, как описано при определении растворенного кислорода. Реакцию проводят в буферном растворе при pH 4,5, и тогда определению не мешают нитриты, озон и другие соединения. Однако мешающими определению веществами являются другие сильные окислители, которые также выделяют йод из йодида калия, – хроматы, хлораты и др. Концентрации, в которых указанные окислители оказывают мешающее действие, могут присутствовать в сточных водах, но маловероятны в питьевой и природной воде. Метод может также использоваться для анализа мутных и окрашенных вод (Муравиев, 2004).

## 2.2. Приготовление вспомогательных растворов.

1) Уксусно-ацетатный буферный раствор молярной концентрации 1 моль/дм<sup>3</sup>  
Для приготовления раствора используется 102 см<sup>3</sup> раствора уксусной кислоты (57 см<sup>3</sup> ледяной уксусной кислоты СН<sub>3</sub>СООН разбавленной в 1000 см<sup>3</sup> дистиллированной воды), 98 см<sup>3</sup> раствора уксуснокислого натрия (навеска 136,1 г трехводного уксуснокислого натрия СН<sub>3</sub>СООNa·3Н<sub>2</sub>О растворенная в 1000 см<sup>3</sup> дистиллированной воды). После смешивания растворов в колбе объёмом 1000 см<sup>3</sup>, объём доводят до метки свежeproкипяченной и охлажденной до комнатной температуры дистиллированной водой.



Рис 1. Приготовление раствора уксусно-ацетатного буферного раствора

2) Раствор тиосульфата натрия (III) молярной концентрации С (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·5H<sub>2</sub>O) = 0.005 моль/дм<sup>3</sup>

50 см<sup>3</sup> раствора тиосульфата натрия (1) (предоставлен химическим факультетом ИГУ) отбирают в мерную колбу вместимостью 1000 см<sup>3</sup>, доводят до метки свежeproкипяченной и охлажденной до комнатной температуры дистиллированной водой.

3) Крахмал, 0,5% раствор

Навеску 1 г крахмала помещают в стакан, приливают около 25 см<sup>3</sup> воды, перемешивают. Полученную кашу вливают тонкой струйкой при перемешивании в приблизительно 175 см<sup>3</sup> кипящей воды, кипятят 3-5 минут.

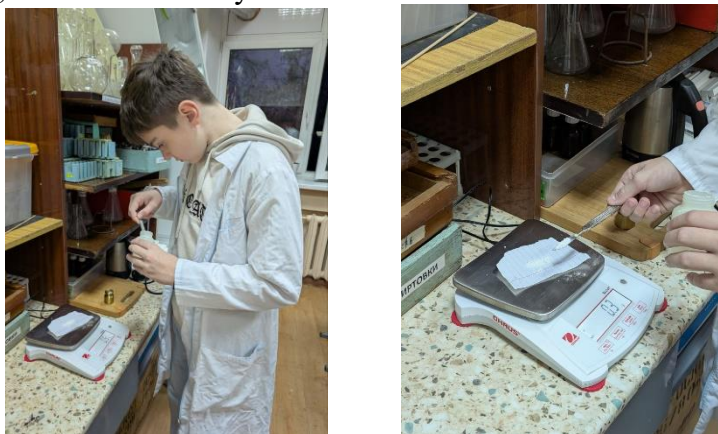


Рис 2. Приготовление раствора крахмала.

### 2.3. Практическая часть.

Пробы воды отбирались из водопровода лица ИГУ. Анализ воды проводился сразу после отбора пробы, условий для хранения не потребовалось. Бутыли для проб обезжиривались раствором СМС, тщательно промывались водопроводной, затем 3-4 раза дистиллированной водой.

Методика измерения хлора: в коническую колбу вместимостью 500 мл, снабжённую притёртой стеклянной пробкой, помещают шпателем 0,5-0,7 г йодистого калия, растворяют в 2-3 мл дистиллированной воды, приливают 12 мл уксусно-ацетатного буферного раствора и 200 см<sup>3</sup> анализируемой воды, перемешивают, помещают на 5 минут в тёмное место. После добавления аликвоты воды в смесь, появляется слегка заметная желтая окраска – выделяется хлор. При добавлении раствора крахмала, цвет меняется на более заметный синий (крахмал – индикатор йода, при реакции дает синюю окраску раствора). Раствор титруют тиосульфатом натрия до полного исчезновения синей окраски раствора.



Рис 3. Титрование.

### 3. Обработка результатов и результаты исследования.

Массовую концентрацию «Общего хлора»,  $X$  (мг/дм<sup>3</sup>) вычисляют по формуле:

$$X = \frac{Vt * K * M * 35.45 * 1000}{V \text{ пробы}}$$

где  $Vt$  - объем раствора тиосульфата натрия, израсходованного на титрование анализируемой пробы, см<sup>3</sup>;

$V$  пробы - аликвотная часть пробы, взятая для анализа, см<sup>3</sup>; (200 см<sup>3</sup>)

$M$  - концентрация раствора тиосульфата натрия, моль/дм<sup>3</sup>; (0,005 моль/дм<sup>3</sup>)

$K$  - поправочный коэффициент к тигру раствора тиосульфата натрия; (1)

35,45 - эквивалентная молярная масса хлора, г/моль

### 3.1. Результаты исследования

Результаты исследования представлены в таблице и на диаграмме

Таблица 1. Массовая концентрация общего хлора в течении недели, мг/дм<sup>3</sup>

День недели	Концентрация общего хлора, мг/дм <sup>3</sup>	ПДК
Понедельник	0,85625	1,2 мг/дм <sup>3</sup>
Вторник	0,443125	
Среда	0,324958	
Четверг	0,827167	
Пятница	1,329375	
Суббота	0,709	
Воскресенье	0,856708	

График 1. Массовая концентрация общего хлора в течении недели, мг/дм<sup>3</sup>



Остаточный свободный хлор в воде централизованного водоснабжения должен быть в пределах 0,3–0,5 мг/дм<sup>3</sup>, остаточный связанный – в пределах 0,8-1,2 мг/дм<sup>3</sup>; при одновременном присутствии в воде свободного и связанного хлора их общая концентрация не должна превышать 1,2 мг/дм<sup>3</sup> (СанПин 2.1.4.1074-01) [3]

На диаграмме видно, что самое высокое содержание нефтепродуктов (превышающее ПДК) отмечено в пробе воды, отобранной в пятницу. Изменчивость концентрации активного хлора может говорить о том, что вода хлорируется не регулярно, больше всего – в пятницу.

С учетом нашего предположения, в дальнейшем исследовании мы планируем провести исследование с пробами, отобранными в разных округах города.

### **Вывод**

Выявлено, что содержание активного хлора в водопроводной воде города Иркутска отличается в разные дни недели, в пятницу обнаружен активный хлор в воде с концентрацией 1,33 мг/л, что превышает норму. В остальные дни превышение не обнаружено.



### **Список литературы**

1. Дзержговский С.К. О результатах опытной биологической очистки сточных вод в Царском Селе // Доклад VII Русскому водопроводному съезду в Москве 1905. М., 1907
2. Ягуд Б.Ю. Хлор как дезинфектант - безопасность при применении и проблемы замены на альтернативные продукты // 5-й Международный конгресс ЭКВАТЭК-2002 Вода: экология и технология. 4-7 июня 2002 г.
3. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения.
- 4а. (ПНД Ф 14.1:2:4.113-97) МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ОБЩЕГО ХЛОРА В ПИТЬЕВЫХ, ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОДАХ ТИТРИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ