

УДК 543.8:547.27

**СОДЕРЖАНИЕ ЛЕТУЧИХ ГАЛОГЕНСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ
В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ НЕКОТОРЫХ ГОРОДОВ КУЗБАССА****THE CONTENT OF VOLATILE HALOGENATED COMPOUNDS IN DRINKING
WATER OF SOME CITIES OF KUZBASS**

Попович Юлия Юрьевна,
магистрант, e-mail: jul23.07@mail.ru.

Julia Yu. Popvich, M.Sc.

Перкель Александр Львович,
д.х.н., профессор, e-mail: pal.toos@kuzstu.ru.

Perkel Alexander L., D. Sc.in Chemistry, Professor

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Институт химических и нефтегазовых технологий, Кафедра технологии органических веществ и нефтехимии 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя 28.

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Institute of chemical and petroleum technology, Department of technology of organic substances and petrochemistry. 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation.

Аннотация: *Методом газожидкостной хроматографии определены летучие галогенсодержащие соединения (ЛГС) в питьевой воде ряда городов Кузбасса: г. Кемерово, г. Юрга, г. Ленинск-Кузнецкий и пгт. Грамотеино Беловского района за период с января 2015 г. по май 2016 г.*

Основными компонентами ЛГС во всех случаях являются хлороформ и бромдихлорметан. Их содержание в питьевой воде г. Кемерово подвержено сезонным колебаниям. В других городах сезонность влияет мало.

Во всех городах качество воды по содержанию ЛГС соответствует гигиеническим нормам. Предложен механизм образования бромдихлорметана в процессе хлорирования воды.

Abstract: *By gas-liquid chromatography identified the volatile halogenated compounds (LGS) in drinking water of some cities of Kuzbass: Kemerovo, Yurga, Leninsk-Kuznetsky and the village Gramoteino Belovsky district for the period January 2015 – may 2016 .*

Main components of the LGC in all cases are chloroform and bromodichloromethane. Their content in drinking water the city of Kemerovo is subject to seasonal fluctuations. In other cities, the seasonality has little effect.

In all cities water quality according to the content of the LCC corresponds to hygienic norms. The mechanism of the formation bromodichloromethane in the process of water chlorination.

Ключевые слова: *летучие галогенсодержащие соединения, вода питьевая, хлороформ, бромдихлорметан, Кузбасс.*

Keywords: *volatile halogenated compounds, drinking water, chloroform, bromodichloromethane, Kuzbass.*

Вода в системах централизованного водоснабжения подвергается обеззараживанию с помощью химических (хлорирование, озонирование) и (или) физических (ультрафиолет, ультразвук) методов [1,2]. В Кузбасском регионе применяется главным образом хлорирование – экономичный и, вместе с тем, достаточно эффективный метод обеззараживания питьевой воды.

В сравнении с любыми другими известными методами хлорирование обеспечивает микробиологическую безопасность воды в любой точке распределительной сети в любой момент времени благодаря эффекту последствия [1,2].

Одним из недостатков хлорирования воды является образование побочных продуктов – летучих галогенсодержащих соединений (ЛГС), большую часть которых составляют тригалогенметаны (ТГМ).

Растворённые в воде ЛГС воздействуют на организм человека. Они угнетают центральную нервную систему, способны нарушать работу печени и почек [3].

Их предельно допустимое содержание в питьевой воде в настоящее время регламентируется СанПиН

2.1.4.1074-01, гигиеническими требованиями к качеству воды централизованных систем питьевого и горячего водоснабжения [4,5].

Наличие законодательной базы приводит к необходимости проводить постоянный мониторинг содержания ЛГС в питьевой воде на всей территории Кузбасса.

В настоящей статье приведены результаты определения ЛГС в питьевой воде ряда городов Кузбасса: г. Кемерово, г. Юрга, г. Ленинск-Кузнецкий и пгт. Грамотеино Беловского района за период с января 2015 г. по май 2016 г.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Отбор проб питьевой воды из городских водопроводных сетей проводили по ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб» [6] и ГОСТ Р 56237-2014 «Вода питьевая. Отбор проб на станциях водоподготовки и в трубопроводных распределительных системах» [7].

ЛГС в питьевой воде определяли согласно ГОСТ 31951-2012 [8] методом газожидкостной хроматографии (ГЖХ).

Для подготовки пробы в емкость для газовой экстракции вносили 5 мл пробы исследуемой воды. Емкость помещали в автоматический дозатор равновесного пара и выдерживали 20 минут при периодическом встряхивании. Затем пробы равновесной паровой фазы шприцем вводили в хроматограф. Для анализа использовали газовый хроматограф «КристалЛюкс-4000М» с детектором электронного захвата. Капиллярная колонка ZB-5 длиной 30 м, внутренним диаметром 0,32 мм, производитель «Phenomenex». Условия хроматографирования: начальная температура колонки – 50 °С, нагрев со скоростью 5 град/мин до 75 °С, а затем 10 град/мин до 200 °С.

Градуировочные растворы ЛГС в воде готовили из государственных стандартных образцов (ГСО) ЛГС в этиленгликоле объемно-массовым методом. Использовали ГСО с аттестованным значением хлороформа 99,88%, хлористого метилена 99,6%, тетрахлорметана 99,9%, бромдихлорметана 10 мкг/мл, дибромхлорметана 10 мкг/мл, тетрахлорэтилена 99,7%, трихлорэтилена 99,9%, бромформа 10 мкг/мл.

На рис.1 и 2 приведены градуировочная хроматограмма стандартного набора ЛГС и типичная хроматограмма ЛГС в питьевой воде городов Кузбасса.

Поскольку в питьевой воде Кузбасса в значимых концентрациях содержатся только хлороформ и бромдихлорметан (рис.2), то для этих ЛГС методом введено-найденно была изучена правильность определения ЛГС в водных растворах известной концентрации (табл.1 и 2)

Таблица 1. Правильность определения хлороформа в водных растворах известной концентрации (n=20, P=0,95)

Table 1. Correctness of determination of chloroform in aqueous solutions of known concentration (n=20, P=0,95)

№ образца	Концентрация ЛГС ($\bar{N} \pm \Delta$) · 10 ³ , мг/дм ³		s _r
	Взято	Найдено	
1	1,51±0,03	1,50±0,09	0,13
2	5,78±0,07	5,7±0, 2	0,09
3	21,1±0,3	20,9±0,3	0,03
4	62,2±0,7	62,5±0,6	0,02

Таблица 2. Правильность определения бромдихлорметана в водных растворах известной концентрации (n=20, P=0,95)

Table 2. The correctness of bromodichloromethane in aqueous solutions of known concentration (n=20, P=0,95)

№ образца	Концентрация ЛГС ($\bar{N} \pm \Delta$) · 10 ³ , мг/дм ³		s _r
	Взято	Найдено	
1	0,312±0,07	0,31±0,02	0,17
2	1,12±0,01	1,16±0,07	0,12
3	5,05±0,05	5,1±0,2	0,08
4	10,42±0,08	10,3±0,3	0,06

Данные табл.1 и 2 подтверждают правильность метода определения ЛГС.

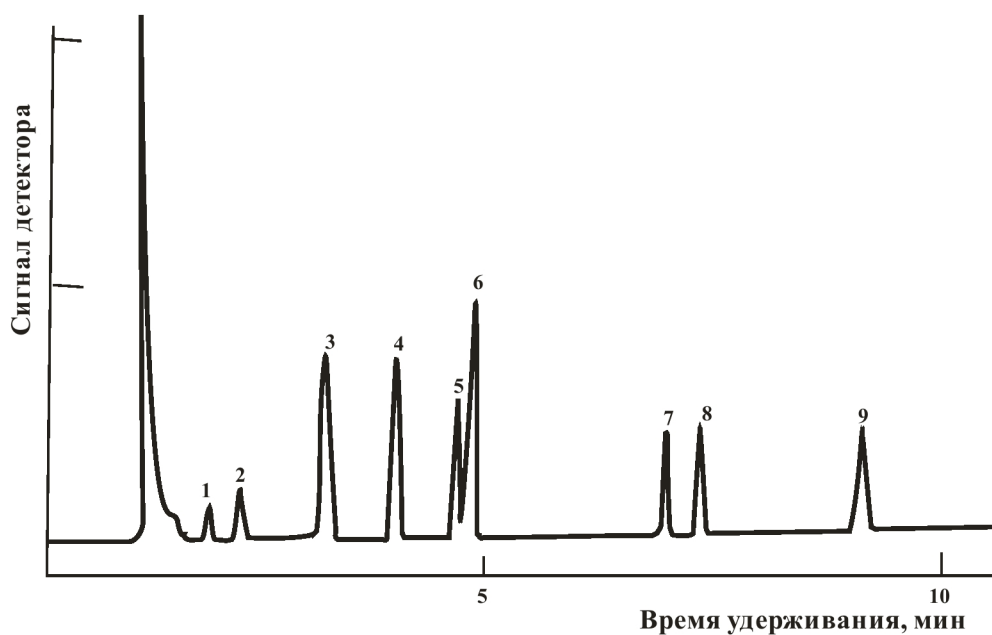


Рис.1. Хроматограмма стандартного набора ЛГС

2 – дихлорметан, 3 – хлороформ, 4 – четырёххлористый углерод, 5 – трихлорэтилен,
6 – бромдихлорметан, 7 – дибромхлорметан, 8 – тетрачлорэтилен, 9 – бромформ

Fig.1. Chromatogram of a standard set of LGS

2 – dichloromethane, 3 – chloroform, 4 – carbon tetrachloride, 5 – trichloroethylene,
6 – bromodichloromethane, 7 – dibromchloromethane, 8 – tetrachloroethylene, 9 – bromoform

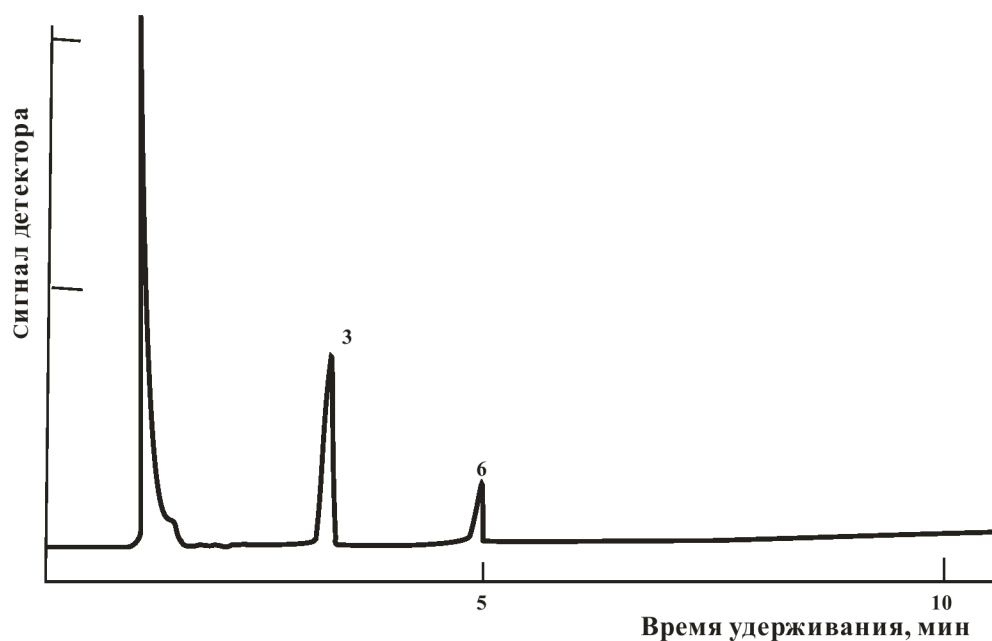


Рис.2. Хроматограмма ЛГС в образце питьевой воды г. Кемерово

Обозначения ЛГС см. рис.1

Fig.2. Chromatogram of LGS in the sample of drinking water in Kemerovo

The designation of LGS, see Fig.1

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе были определены ЛГС в образцах питьевой воды централизованного водоснабжения, отобранных в различных районах г. Кемерово на протяжении 8 ч 09.04.2016 г. (табл.3).

Таблица 3. Результаты определения ЛГС в питьевой воде в различных районах г. Кемерово (n=10, P=0,95)

Table 3. The results of the determination of the LGC in drinking water in various districts of the city of Kemerovo (n=10, P=0,95)

Точка отбора	Концентрация ЛГС ($\bar{N} \pm \Delta$) · 10 ³ , мг/дм ³			
	Хлороформ	Четыреххлористый углерод	Бромдихлор-метан	Хлордибром-метан
Ленинский район, ул. Волгоградская	39±3	< 0,0006	2,3±0,4	<0,0010
Ленинский район, пр. Ленинградский	40±3	<0,0006	2,6±0,3	< 0,0010
Заводский район, ул. Космическая	41±3	< 0,0006	2,6±0,3	< 0,0010
Заводский район, ул. В. Волошиной	42±3	< 0,0006	2,8±0,4	< 0,0010

Данные табл.3 свидетельствуют о том, что содержание ЛГС в питьевой воде г. Кемерово в пределах точности определения не зависит от района отбора проб. Поэтому можно предположить, что ЛГС образуются главным образом на стадии водоподготовки.

Из табл.3 видно, что основным компонентом ЛГС питьевой воды г. Кемерово является хлороформ. В существенно меньших количествах содержится бромдихлорметан. Концентрации четыреххлористого углерода и дибромхлорметана определить не представляется возможным, поскольку их содержание в анализируемых образцах оказалось ниже нижней границы определяемых значений использованного метода. Было установлено, что такая картина наблюдается и в другие времена года и не только в г. Кемерово. Результаты определения хлороформа и бромдихлорметана в питьевой воде городов Кузбасса представлены в табл.5-7. Из табл. 4-7 видно, что содержание хлороформа и бромдихлорметана в питьевой воде городов Кузбасса (г. Кемерово, г. Юрга, г. Ленинск-Кузнецкий и пгт. Грамотеино Беловского района) даже в наиболее неблагоприятные периоды ниже предельно допустимых концентраций (0,06 мг/дм³ – хлороформ [5] и 0,03 мг/дм³ – бромдихлорметан [6]).

Таблица 4. Результаты определения хлороформа и бромдихлорметана в питьевой воде г. Кемерово за период с 01.2015 г. по 05.2016 г. (n=20, P=0,95)

Table 4. The results of the determination of chloroform and bromodichloromethane in drinking water, Kemerovo for the period from 01.2015 to 05.2016 (n=20, P=0,95)

Год	Месяц	Хлороформ, $\bar{N} \pm \Delta$ · 10 ³ , мг/дм ³	Бромдихлорметан, $\bar{N} \pm \Delta$ · 10 ³ , мг/дм ³	$\frac{\bar{N} \text{ бромдихлорметан}}{\bar{N} \text{ хлороформ}}$
2015	январь*	11,0±0,2	2,61±0,07	0,24
	февраль*	5,3±0,1	2,40±0,08	0,45
	март*	7,2±0,2	3,02±0,07	0,42
	апрель*	24,1±0,3	8,6±0,3	0,36
	май*	3,9±0,1	0,9±0,2	0,23
	июнь	< 0,6	< 0,8	-
	июль	< 0,6	< 0,8	-
	август	0,9±0,1	< 0,8	-
	сентябрь	1,8±0,1	< 0,8	-
	октябрь*	12,1±0,2	1,0±0,2	0,08
	ноябрь*	18,1±0,3	9,04±0,2	0,50
	декабрь*	27,5±0,3	5,4±0,1	0,20
2016	январь*	5,5±0,1	1,0±0,2	0,18
	февраль	7,9±0,2	< 0,8	-
	апрель*	38,3±0,4	2,32±0,08	0,06
	май	15,8±0,3	< 0,8	-
Среднее значение для отмеченных (*) месяцев		15,3		0,27

Таблица 5. Результаты определения хлороформа и бромдихлорметана в питьевой воде г.Юрга за период с 01.2015 г. по 05.2016 г. (n=20, P=0,95)

Table 5. The results of the determination of chloroform and bromodichloromethane in drinking water, Yurga for the period from 01.2015 to 05.2016 (n=20, P=0,95)

Год	Месяц	Хлороформ, $(\bar{N} \pm \Delta) \cdot 10^3$, мг/дм ³	Бромдихлорметан, $(\bar{N} \pm \Delta) \cdot 10^3$, мг/дм ³	$\frac{\bar{N} \text{ бромдихлорметан}}{\bar{N} \text{ хлороформ}}$
2015	январь*	20,1±0,3	4,8±0,1	0,24
	февраль*	19,3±0,2	2,79±0,07	0,14
	март*	15,9±0,2	2,04±0,07	0,13
	апрель*	20,1±0,3	1,80±0,06	0,09
	май*	22,0±0,3	1,3±0,2	0,06
	июнь*	7,40±0,1	1,4±0,2	0,19
	июль*	8,20±0,1	2,4±0,1	0,29
	август*	9,5±0,2	2,6±0,1	0,27
	сентябрь*	32,8±0,3	3,0±0,1	0,09
	октябрь*	32,1±0,1	3,1±0,1	0,10
	ноябрь*	24,1±0,2	3,5±0,1	0,15
	декабрь*	26,2±0,2	3,6±0,1	0,14
2016	февраль	9,9±0,1	< 0,8	
	апрель*	42,2±0,4	2,1±0,1	0,05
	май*	40,0±0,4	2,8±0,1	0,07
Среднее значение для отмеченных (*) месяцев		22,8		0,14

Таблица 6. Результаты определения хлороформа и бромдихлорметана в питьевой воде г.Ленинск-Кузнецкий за период с 01.2015 г. по 05.2016 г. (n=20, P=0,95)

Table 6. The results of the determination of chloroform and bromodichloromethane in drinking water, Leninsk-Kuznetsky for the period from 01.2015 to 05.2016 (n=20, P=0,95)

Год	Месяц	Хлороформ, $(\bar{N} \pm \Delta) \cdot 10^3$, мг/дм ³	Бромдихлорметан, $(\bar{N} \pm \Delta) \cdot 10^3$, мг/дм ³	$\frac{\bar{N} \text{ бромдихлорметан}}{\bar{N} \text{ хлороформ}}$
2015	январь*	37,1±0,4	6,5±0,1	0,19
	февраль*	29,0±0,2	6,4±0,1	0,22
	март*	28,1±0,2	4,8±0,1	0,17
	апрель*	44,1±0,4	5,8±0,1	0,13
	май*	41,9±0,3	3,1±0,1	0,07
	июнь*	39,0±0,3	2,32±0,08	0,06
	июль*	37,2±0,3	1,60±0,07	0,04
	август*	38,0±0,3	2,21±0,08	0,06
	сентябрь	41,8±0,3	4,2±0,1	0,10
	октябрь*	46,1±0,4	4,6±0,1	0,10
	ноябрь*	37,1±0,3	2,7±0,1	0,07
	декабрь*	47,3±0,4	2,51±0,09	0,05
2016	январь*	8,1±0,2	0,8±0,03	0,27
	февраль	2,9±0,1	< 0,8	-
	апрель*	38,2±0,4	5,1±0,1	0,13
	май*	51,8±0,4	2,0±0,1	0,04
Среднее значение для отмеченных (*) месяцев		37,8		0,11

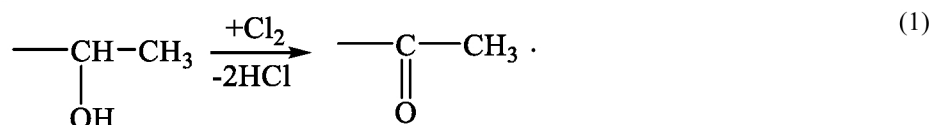
Таблица 7. Результаты определения хлороформа и бромдихлорметана в питьевой воде пгт. Грамотеино Беловского района, за период с 01.2015 г. по 05.2016 г.
(n=20, P=0,95)

Table 7. The results of the determination of chloroform and bromodichloromethane in drinking water, village Gramoteino Belovsky district, for the period from 01.2015 to 05.2016 (n=20, P=0,95)

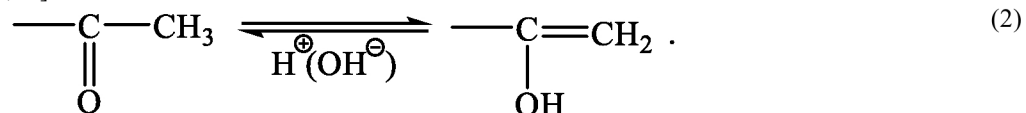
Год	Месяц	Хлороформ, ($\bar{N} \pm \Delta$) · 10 ³ , мг/дм ³	Бромдихлорметан, ($\bar{N} \pm \Delta$) · 10 ³ , мг/дм ³	$\frac{\bar{N} \text{ бромдихлорметан}}{\bar{N} \text{ хлороформ}}$
2015	январь*	20,1±0,2	5,5±0,1	0,27
	февраль*	19,0±0,2	4,6±0,1	0,24
	март*	16,1±0,2	4,8±0,1	0,30
	апрель*	20,0±0,2	1,4±0,1	0,07
	май*	21,9±0,2	1,0±0,2	0,05
	июнь	7,4±0,1	0,9±0,2	0,12
	июль	8,2±0,2	0,9±0,2	0,11
	август	9,5±0,2	2,7±0,1	0,28
	сентябрь	33,0±0,3	3,9±0,1	0,12
	октябрь*	32,1±0,3	4,0±0,1	0,12
	ноябрь*	23,8±0,2	4,1±0,1	0,17
	декабрь*	26,3±0,2	3,4±0,1	0,13
2016	январь*	15,5±0,2	2,0±0,1	0,13
	февраль	12,0±0,1	1,8±0,1	0,15
	апрель*	42,1±0,4	2,1±0,1	0,05
	май	26,5±0,2	< 0,8	-
Среднее значение для отмеченных (*) месяцев		22,2		0,15

Содержание хлороформа и бромдихлорметана в питьевой воде г. Кемерово зависит от времени года (табл.4). Для других городов такая зависимость практически не прослеживается (табл.5-7). Для объяснения наблюдаемых закономерностей представляется необходимым рассмотреть пути образования этих ЛГС в процессе водоподготовки.

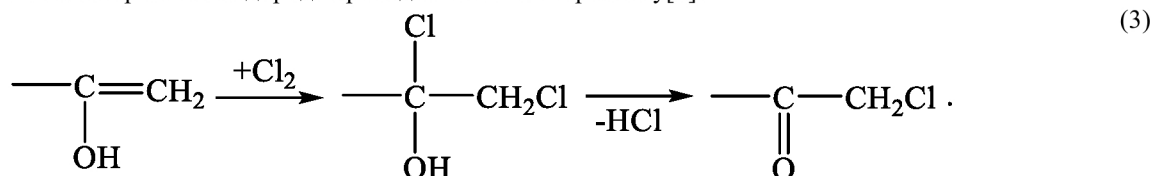
Образование хлороформа обычно связывают с взаимодействием хлора с веществами гуминовой природы [1]. Действительно, трудно представить, что хлороформ образуется по другим реакциям кроме реакции галоформного расщепления [1,9-12]. При этом гуминовые предшественники хлороформа должны содержать ацетильные группы, т.е. быть метилкетонами. В качестве предшественников метилкетонеров могут быть и вторичные спирты с метильной группой. Последние способны окисляться хлором до метилкетонеров:



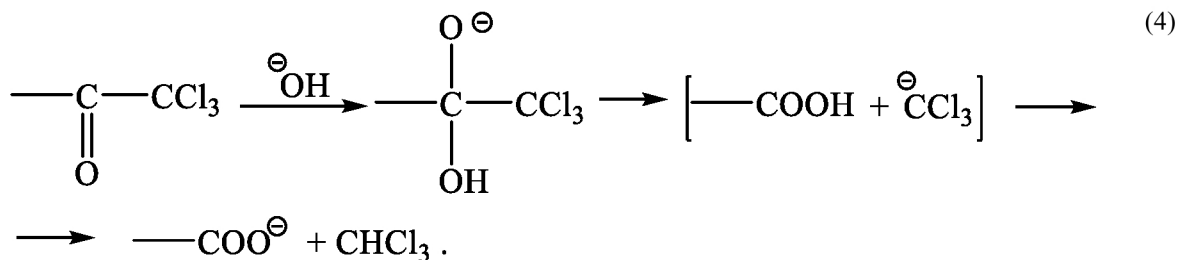
Метилкетоны в кислой, щелочной и с меньшей скоростью в нейтральной среде подвергаются енолизации [9,11,12]:



Енольная форма метилкетона присоединяет молекулу хлора по двойной связи. Последующее отщепление хлористого водорода приводит моно-α-хлоркетону[9]:



Введение моно- α -хлоркетона в реакции типа (2) и (3) приводит к α, α -дихлоркетону, а затем и к α, α, α -трихлоркетону, который в присутствии щёлочи подвергается галоформному расщеплению с образованием хлороформа[9-12]:

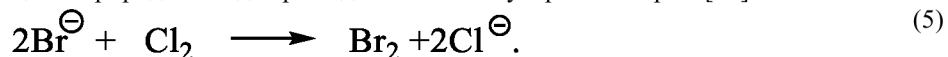


В отличие от реакций (2) и (3) реакция (4) протекает только в щелочной среде. Известно [1], что при увеличении pH среды хлорирования от 7 до 9 выход хлороформа возрастает в 15 раз.

Пути образования смешанных тригалогенидов метана в обзорах [1,13] не обсуждаются. Поскольку нуклеофильное замещение хлорид иона на бромид-ион в воде представляется невероятным, то можно предположить, что бромдихлорметан также образуется по реакциям типа (2)-(4). При этом на одной из трёх стадий происходит не хлорирование, а бромирование.

В обзоре [13] предполагается, что это происходит либо когда бром присутствует в качестве примеси в хлорирующем агенте, либо когда вода содержит бромиды. В первом случае отношение бромдихлорметан/хлороформ должно мало зависеть от количества хлорирующего реагента.

Однако из табл.4-7 видно, что это отношение уменьшается с увеличением концентрации хлороформа, т.е. при увеличении количества добавленного хлора. Это обстоятельство хорошо согласуется с предположением об образовании основного количества бромирующего агента путём окисления присутствующих в природной воде бромид-ионов молекулярным хлором [14]:



Известно, что содержание бромид-ионов в природных водах во много раз меньше, чем ионов хлора. В пресных водах бромид-ионов содержится от 0,001 до 0,2 мг/дм³[15]. При добавлении в воду хлорирующего реагента концентрация бромид-ионов будет ещё больше снижаться и при дальнейшем росте концентрации хлора отношение скоростей реакций хлорирование/бромирование должно увеличиваться. Это и наблюдается (табл. 4-7).

Как уже отмечалось, содержание хлороформа и бромдихлорметана в питьевой воде г. Кемерово подвержено сезонным колебаниям.

Это нормальное явление, поскольку в период весеннего паводка и затяжных дождей в реку попадает много веществ не только гумусовой, но и микробиальной природы. А это требует большего расхода хлора на обеззараживание.

Обращает на себя внимание и тот факт, что содержание хлороформа и бромдихлорметана в питьевой воде г. Кемерово в среднем ниже, чем в г. Юрга, г. Ленинск-Кузнецкий и пгт. Грамотеино Беловского района (табл.4-7). И если для г. Юрги это в какой то степени можно было бы связать с большей загрязнённостью исходной воды (река Тотьма после г. Кемерово), то река Иня (г. Ленинск-Кузнецкий и пгт. Грамотеино) не имеют подобных «загрязнителей». Поэтому можно предположить, что отсутствие сезонных колебаний по содержанию ЛГС в питьевой воде г. Юрга, г. Ленинск-Кузнецкий и пгт. Грамотеино связано с хлорированием воды не по потребности, а с запасом.

Существенно, что по содержанию ЛГС питьевая вода городов Кузбасса соответствует существующим стандартам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузубова, Л.И. Химические методы подготовки воды (хлорирование, озонирование, фторирование): Аналит. обзор / Л.И. Кузубова, В.Н. Кобрина. – СО РАН, ГННТБ, НИОХ. – Новосибирск, 1996. – 132 с. (Сер. "Экология". Вып. 42).
2. Гришков, И.А. Гипохлорит, хлор, раствор смеси оксидантов: обобщенный сравнительный анализ / И.А. Гришков, И.В. Козлов, Т.А. Харламова // Водоподготовка и канализация. – 2013. – №7-8. – С. 22-31.
3. Лазарев, Н.В. Вредные вещества в промышленности. Том I. Органические вещества / Под ред. Н. В. Лазарева, Э. Н. Левиной. – Л.: «Химия», 1976. – 592 с.
4. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к

обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы». Утв. пост. №24 от 26.09.2001 (изм. от 28.06.2010 пост. №74).

5. ГН 2.1.2.2280-07 Дополнения и изменения N 1 к гигиеническим нормативам ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

6. ГОСТ 31861-2012 «Межгосударственный стандарт. Вода. Общие требования к отбору проб». – Утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 29.11.2012 N 1513-ст.

7. ГОСТ Р 56237-2014 «Национальный стандарт Российской Федерации. Вода питьевая. Отбор проб на станциях водоподготовки и в трубопроводных распределительных системах». – Утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 17.11.2014 N 1628-ст.

8. ГОСТ 31951-2012. «Вода питьевая. Определение содержания летучих галогенорганических соединений газожидкостной хроматографией». – Введ. 01.01.2014. – М.: Стандартиформ. – 20 с.

9. Smith, M.B. March's Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure (7th Edition). – Hoboken New Jersey: Wiley& Sons, Inc., 2013. – 2080 p.

10. Hudlicky., M. Oxidations in Organic Chemistry. – ACS: Washington, DC, 1990. – 433 p.

11. Guthrie, J.P., Cossar J. The chlorination of acetone: a complete kinetic analysis / J.P. Guthrie, J. Cossar. – Can. J. Chem., 1986. – Vol.64. – p.1250-1266

12. Zucco, C.B. Mechanistic Studies on the Basic Hydrolysis of 2,2,2-Trichloro-1-arylethanones / C.B. Zucco, C.F. Lima, M.C. Rezende, J.F. Vianna, F. Nome. – J. Org. Chem., 1987. – Vol.52, No. 24. – p. 5356-5359.

13. Кириченко, В.Е. Галогенорганические соединения в питьевой воде и методы их определения. / В.Е. Кириченко, М.Г. Первова, К.И. Пашкевич. – Рос. хим. ж., 2002. – 46, № 4, с. 18–27.

14. Ахметов, Н.С. Общая и неорганическая химия. Учеб.для вузов / Н.С. Ахметов. – 4-е изд., испр. – М: Высш.шк., изд. центр «Академия», 2001. – 743 с.

15. Никаноров, А.М. Гидрохимия: Учебник / А.М. Никаноров. – изд. 3-е доп. – Ростов/Дон: «НОК», 2008. – 461 с.

REFERENCES

1. Kuzubova L. I. Chemical water treatment methods (chlorination, ozonization, fluoridation): Analyt. overview / L. I. Kuzubova, V. N. Kobrin. – SO RUN, GNNTB, NIOC. – Novosibirsk, 1996. – 132 p. (Ser. "Ecology". Vol. 42).

2. Grishkov, A. I. Hypochlorite, chlorine, a solution of a mixture of oxidants: a generalized comparison of additional analysis / I. A. Grishkov, I.V. Kozlov, T.A. Kharlamova // Water and Sewerage. – 2013. – №7-8. – P. 22-31.

3. Lazarev, N.V. Harmful substances in industry. Volume I. Organic prophetic literature / ed. N.V. Lazarev, E. N. Levina. – L.: Chemistry, 1976. – 592 p.

4. SanPiN 2.1.4.1074-01 «Drinking water. Hygienic requirements to the quality in the dy of centralized drinking water supply systems. Quality control. Hygienic requirements for security systems. Sanitary-epidemiological rules and standards». Approved. post. No. 24 dated 26.09.2001 (Rev. from 28.06.2010 post. No. 74).

5. GN 2.1.2.2280-07 Additions and changes No. 1 to hygienic norms GN 2.1.5.1315-03 «Maximum permissible concentration (MPC) of chemical substances in water of water objects of drinking and cultural-household water use».

6. GOST 31861-2012 «Interstate standard. Water. General requirements to sampling». – Approved. and promulgated by the Order of Rosstandart on 29.11.2012 N 1513-st.

7. GOST R 56237-2014 «National standard of the Russian Federation. Drinking water. Sampling at the water treatment plants and pipeline distribution systems." – Approved. and promulgated by the Order of Rosstandart on 17.11.2014 N 1628-st.

8. GOST 31951-2012. "Drinking water. The definition of the content of volatile halogeno-organic compounds gas-liquid chromatography". – Introduced 01.01.2014. – М.: Standartinform. – 20 p.

9. Smith, M. B. March's Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure (7th Edition). – Hoboken New Jersey: Wiley& Sons, Inc., 2013. – R. 2080.

10. Hudlicky., M. Oxidations in Organic Chemistry. – ACS: Washington, DC, 1990. – 433 p.

11. Guthrie, J. P., cossar project J. The chlorination of acetone: a complete kinetic analysis / J. P. Guthrie, J. cossar project. – Can. J. Chem., 1986. – Vol.64. – p.1250-1266.

12. Zucco, C. B. Mechanistic Studies on the Basic Hydrolysis of 2,2,2-Trichloro-1-arylethanones / C. B. Zucco, C. F. Lima, M. C. Rezende, J. F. Vianna, F. Nome. – J. Org. Chem., 1987. – Vol.52, No. 24. – p. 5356-5359.

13. Kirichenko, V. E. Halogenated organic compounds in drinking water and methods for their

determination. / V. E. Kirichenko, M. G. Pervova, I. K. Pashkevich. – Rus. chem. m., 2002. – 46, № 4, p. 18-27.

14. Akhmetov, N.S. General and inorganic chemistry. Textbook for universities / N.S/ Akhmetov. – 4-e Izd., Rev. – M: The High.sh., ed. center "Academy", 2001. – 743 p.

15. Nikanorov, A. M. Hydrochemistry: The Textbook / A. M. Nikanorov. – ed. 3rd augmented – Rostov/Don: "NOK", 2008. – 461 p.

Поступило в редакцию 07.09.2016

Received 7 September 2016