

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛЕТУЧИХ ГАЛОГЕНСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ В ВОДЕ ПИТЬЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.В. Терлецкая, О.Б. Пупкова, В.В. Попова, Е.Ю. Алексеенко

Институт коллоидной химии и химии воды
им. А.В. Думанского НАН Украины, г. Киев
alinka0999339422@gmail.com

Приведены результаты исследований уровня загрязнения киевской водопроводной воды, а также "разливной питьевой воды" летучими галогенсодержащими соединениями, а также оценка эффективности очистки воды от таких соединений различными бытовыми фильтрами с применением парофазного выделения нормированных летучих галогенорганических соединений и газовой хроматографии с электронно-захватным детектором. Установлено, что содержание в отдельных образцах воды CHCl_3 приближалось к ПДК, а трихлорэтилена во всех образцах превышало ПДК в 4-5 раз. Проведена оценка фильтров и обратно-осмотических установок для удаления галогенсодержащих токсикантов.

Ключевые слова: летучие галогенсодержащие соединения, водопроводная вода, фильтры для очистки, газовая хроматография

Введение.

Антропогенная нагрузка на природные водоемы, являющиеся источниками для получения питьевой воды, неуклонно возрастает. Патогенные микроорганизмы – наиболее опасные для человека загрязнители. Обеззараживание воды и, в частности, хлорирование один из важнейших этапов подготовки воды. Однако использование хлора приводит к образованию хлорорганических соединений, доминирующее значение среди которых принадлежит тригалогенметанам (ТГМ). В Украине, как и в большинстве стран мира, в технологии подготовки питьевой воды широко применяется хлор и его производные; чаще всего используется хлор-газ (36 %), хлораммиачная вода (29 %) и гипохлориты (20 %), а в последние годы на отдельных водопроводах нашей страны начали использовать диоксид хлора (8 %) [1]. Но хлорирование природной воды генерирует образование многочисленных чрезвычайно токсичных вторичных загрязнителей - галогенорганических соединений, обладающих канцерогенными и мутагенными свойствами. Предшественниками этих токсических веществ являются природные гуминовые и фульвокислоты, а иногда и органические соединения антропогенного происхождения. Образующиеся ТГМ (хлороформ, бромдихлорметан, дибромхлорметан и бромформ), трихлорэтилен, четыреххлористый углерод - продукты замещения атомов водорода в углеводородах на атомы галогенов и являются токсическими органическими соединениями и отнесены ко II классу опасности. Поэтому знание уровня содержания этих веществ необходимо для выбора качественной питьевой воды, обоснованного управления технологией доочистки с целью снижения их количества в воде для получения воды питьевого качества, поскольку часто обеззараженная вода становится непригодной для питьевых целей.

Исследования, выполненные в Нидерландах и США в 70-х годах XX века, показали, что от 9 до 20% поглощенного хлора образуют хлорорганические соединения, в том числе из них (2-5) % – ТГМ, (2,5-5) % – галогенуксусные кислоты, (0,1-0,2) % – трихлорацетон, (0,01-0,13) % – дихлорацетонитрил. Из 1 мг общих органических веществ образуется от 50 до 300 мкг хлорорганических соединений (ХОС), в том числе 40-136 мкг ТГМ и столько же

галогенуксусных кислот [2]. К идентифицированным ХОС питьевой воды относятся около 50 % от общего содержания побочных продуктов хлорирования, другие не идентифицированные галогенорганические соединения также могут быть опасными для здоровья населения.

Летучие галогенсодержащие соединения, а именно ТГМ (хлороформ, бромдихлорметан, дибромхлорметан, бромформ), трихлорэтилен, тетрахлорэтилен, тетрахлоруглерод могут образовываться в хлорированной питьевой водопроводной воде в процессе ее обеззараживания хлором и его соединениями. В соответствии с действующими нормативными документами в Украине (ГСанПиН 2.2.4.-171-10 [3], ДСТУ 7525:2014 [4]) с 2015 г. их содержание необходимо обязательно контролировать в водопроводной воде из поверхностных источников, а также в питьевой воде фасованной, из пунктов разлива и бюветов в том случае, если вода хлорируется в процессе водоподготовки или используется хлорированная исходная вода. Указанные выше летучие галогенсодержащие соединения относятся ко 2 классу опасности и их ПДК в водопроводной воде составляет, мкг/дм^3 : 60 (CHCl_3), 10 (CHBr_2Cl), 100 (сумма ТГМ), 10 (трихлорэтилен + тетрахлорэтилен), 2 (CCl_4). Для фасованной воды значения ПДК на порядок ниже или нормируются на уровне "отсутствие". В табл. 1 приведено сравнение отечественных нормативов с международными стандартами и рекомендациями по регулированию содержания побочных токсичных продуктов хлорирования в питьевой воде из централизованных систем водоснабжения [5].

Для определения летучих ХОС разработано много методик, использующихся в санитарно-гигиенической практике и в исследовательских работах. Анализ таких соединений базируется исключительно на применении хроматографических методов. Для получения высокой чувствительности определения на уровне ПДК и ниже в рутинном анализе применяется электронно-захватный детектор, а при проведении исследовательских работ с целью идентификации побочных продуктов процессов обработки воды – масс-спектрометрический детектор. Для выбора оптимальных условий разделения исследованы закономерности удерживания летучих ХОС на неподвижных фазах различной природы. Основными способами подготовки пробы воды являются: экстракция органическими растворителями, твердыми сорбентами, различные виды статического и динамического анализа равновесной паровой фазы. Статический парофазный анализ наиболее широко используется в серийных аналитических измерениях благодаря простоте выполнения, достаточно высокой производительности, отсутствия мешающего влияния неорганических и нелетучих органических соединений, возможности автоматизации. Методики парофазного анализа сочетают одностадийную подготовку проб с последующим газохроматографическим определением. Возможно, достаточно простое выполнение анализа с использованием термостатирования образца в герметически закрытом сосуде, ручной отбор образца ($1-2 \text{ см}^3$) газовой фазы шприцем и введение ее в хроматографическую колонку. Для обеспечения требуемой точности и воспроизводимости результатов необходимо учитывать следующие факторы: постоянство температуры термостатирования, продолжительность установления межфазного равновесия для различных соединений, возможность сорбции материалом оборудования,

влияние матрицы, потери при отборе проб и дозировке. При таком методе анализа с использованием электронно-захватного детектора возможно достижение предела определения на уровне $(0,01-0,1) \text{ мкг/дм}^3$ [6-10].

В Украине для определения летучих галогенсодержащих углеводородов используются национальный стандарт ДСТУ ISO 10301-2004 [11] и Методические указания № 0052-98 [12]. ДСТУ ISO 10301-2004 устанавливает два метода определения высоколетучих ХОС с использованием газовой хроматографии на капиллярных колонках с электронно-захватывающим детектором; для подготовки образцов используется метод экстракции жидкость-жидкость (вариант 1) и статический парофазный метод (вариант 2). Согласно МВ № 0052-98 для анализа питьевой воды используется газохроматографический метод на набивных колонках (хромосорба W-HP, фракция 80-100 меш; жидкая фаза SE-30-15%) с

электронно-захватным детектором в сочетании с парофазным выделением; этот метод разработан в основном для определения хлороформа в хлорированной воде.

Таблица 1 – Сравнение международных стандартов и рекомендаций по регулированию содержания побочных продуктов хлорирования в питьевой воде из централизованных систем водоснабжения

Показатель	Украина		ВОЗ ^{**} , 2011	ЕС, 98/83/ЕС	Великобри- тания	США	Ка- нада	Рос- сия	Япо- ния	Китай
	ГСан ПиН 2.2.4- 171- 10	ДСТУ 7525- 2014								
Хлороформ (ХФ), мг/дм ³	0,06	0,06	–	0,06	–	–	–	–	–	0,06
Бромдихлор- метан (БДХМ), мг/ дм ³	–	–	0,06	–	–	–	–	0,03	0,03	0,06
Дибромхлорметан (ДБХМ), мг/ дм ³	0,01	0,01	0,1	–	–	–	–	0,03	0,10	0,1
Бромформ (БФ), мг/дм ³	–	–	–	0,1	–	–	–	–	–	0,09
Сумма тригалоген- метанов ^{*)} (ТГМ), мг/ дм ³	0,1	0,1	**/	0,1	0,1	0,08	0,1	–	0,1	–
Трихлорэтилен +тетрахлор- этилен, мг/дм ³	0,01	0,01	0,02/ 0,01	-	- / 0,01	0,005	0,005	0,005	0,03/ 0,040	0,07/ 0,05
Четыреххло- ристый углерод, мг/дм ³	0,002	0,002	0,004	-	0,003	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002

Примечания:

- *) Сумма ТГМ = сумма концентраций хлороформа (ХФ) + бромдихлорметана (БДХМ) + дибромхлорметана (ДБХМ) + бромформа (БФ)
- ***) Норматив ВОЗ для суммы ТГМ определяется следующим образом: $C_{ХФ}/ГДК_{ХФ} + C_{БДХМ}/ГДК_{БДХМ} + C_{ДБХМ}/ГДК_{ДБХМ} + C_{БФ}/ГДК_{БФ} \leq 1$

Цель исследования—установление уровня загрязнения киевской водопроводной воды, а также «разливной питьевой воды» летучими галогенсодержащими соединениями, а также оценка эффективности очистки воды от них различными бытовыми фильтрами, поскольку данные о содержании вышеуказанных токсикантов в водопроводной воде г. Киева очень ограничены (не приводились с 2015 г. на официальных сайтах "Киевводоканала" и Госсанслужбы Украины).

Методика эксперимента.

В этом исследовании нами использован газохроматографический метод на набивных колонках в соответствии с МВ № 0052-98. Работы проводились на газовом хроматографе Цвет-500М. Дополнительные исследования показали, что метод можно использовать для разделения и количественного определения как хлороформа, так и дибромхлорметана, трихлорэтилена, тетрахлорэтилена, четыреххлористого углерода. Методика обеспечивает выполнение измерений концентрации хлороформа с относительной погрешностью в пределах 25% в поддиапазоне (5-20) мкг/дм³, 14 % в поддиапазоне (21-70) мкг/дм³ и 4 % в поддиапазоне (70-300) мкг/дм³. В сумме образующихся при водоподготовке тригалогенметанов хлороформ занимает ведущее место (70-90 %), поэтому он может быть индикатором загрязнения воды ТГМ.

В данном исследовании для определения летучих примесей в воде применяли метод газовой хроматографии в сочетании с концентрированием проб. Пробу воды объемом 20 см^3 помещали в сосуд объемом 40 см^3 , закрывали резиновой пробкой и навинчивающейся крышкой с отверстием для отбора пробы, выдерживали в термостате при $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 30 мин. При этом происходит концентрирование компонентов, поскольку при нагревании пробы воды равновесный пар обогащается летучими примесями. По окончании времени термостатирования нагретым до $60 \text{ }^\circ\text{C}$ шприцом вводили $1,0 \text{ см}^3$ газопаровой фазы в испаритель хроматографа для дальнейшего анализа. Разделение производили на набивной стеклянной хроматографической колонке (хромосорб W-HP 0,200-0,250мм +15%SE-30) длиной 2 м. Газ-носитель - азот «о.с.ч.», скорость его прохождения через колонку $30 \text{ см}^3/\text{мин}$. Температура колонки $50 \text{ }^\circ\text{C}$, температура испарителя $110 \text{ }^\circ\text{C}$, температура детектора $150 \text{ }^\circ\text{C}$. Время удерживания (ВУ) хлороформа 43 сек; четыреххлористого углерода 56,5 сек; трихлорэтилена 68 сек; дибромхлорметана 143 сек. Предел обнаружения (ПО) хлороформа в воде — $5 \text{ мкг}/\text{дм}^3$, четыреххлористого углерода — $1 \text{ мкг}/\text{дм}^3$, трихлорэтилена — $5 \text{ мкг}/\text{дм}^3$, дибромхлорметана — $1 \text{ мкг}/\text{дм}^3$. После разделения компонентов пробы на хроматографической колонке фиксировали последовательно выходящие летучие галогенсодержащие соединения детектором электронного захвата и идентифицировали их по времени удерживания (ВУ) с учетом ПО.

Результаты и их обсуждение.

Образцы водопроводной воды были отобраны в 7 районах г. Киева, где содержание токсикантов, которые определялись, составляло, $\text{мкг}/\text{дм}^3$: (20-58) для CHCl_3 , <1 для CHClBr_2 , CCl_4 и (20-59) для трихлорэтилена. В отдельных образцах воды содержание CHCl_3 приближалось к ПДК, а содержание трихлорэтилена во всех образцах превышало ПДК в 4-5 раз (табл. 2). Для сравнения проведен анализ водопроводной воды из г. Белой Церкви, в которой обнаружено значительное превышение ПДК, $\text{мкг}/\text{дм}^3$: для CHCl_3 (80-85) и для трихлорэтилена (109-120). Во многих киосках г. Киева продается «разливная питьевая вода», химический анализ показал, что это водопроводная вода, доочищенная методом обратного осмоса от практически всех минеральных солей (минерализация $<30 \text{ мг}/\text{дм}^3$). Были проанализированы 5 образцов такой воды: в 4-х образцах обнаружили CHCl_3 на уровне (19-34) $\text{мкг}/\text{дм}^3$ и трихлорэтилен (19-25) $\text{мкг}/\text{дм}^3$, что значительно выше ПДК для доочищенной питьевой воды в соответствии с ГСанПиН 2.2.4.-400-10 и ГОСТ 7525:2014.

На рис.1 приведены хроматограммы (концентрации в $\text{мкг}/\text{дм}^3$): (а) модельной смеси стандартных растворов (хлороформа — 40, четыреххлористого углерода — 1, трихлорэтилена — 40 и дибромхлорметана — 1); (б) водопроводной воды г. Киева по ул. Эстонской до очистки фильтром Эко-2000 (хлороформа — 42, четыреххлористого углерода — <1 , трихлорэтилена — 49, дибромхлорметана — <1) и (в) после очистки (хлороформа — 10, четыреххлористого углерода — <1 , трихлорэтилена — <5 , дибромхлорметана — <1). Показано, что на набивной хроматографической колонке не наблюдается разделения трихлорэтилена и дихлорбромметана, то есть они выходят одним пиком. Обзор литературы, анализ разработанных методик по определению летучих галогенорганических соединений (ЛГОС) в водах, подвергающихся обеззараживанию хлором, наши дополнительные исследования позволили отнести этот пик к трихлорэтилену. Это соответствует данным приведенным в МВ №0052-98. Такой вывод сделан с учетом низкого содержания бромидов ($\sim 0,02 \text{ мг}/\text{дм}^3$) в исходных водах, при хлорировании которых количество образующегося дихлорбромметана ничтожно мало и не может влиять на хроматографическое определение концентрации трихлорэтилена, а также на основании данных работы [2], где показано, что при хлорировании воды с концентрацией бромидов $\sim 0,2 \text{ мг}/\text{дм}^3$, бромсодержащих соединений образуется на порядок меньше, чем хлороформа. Полученные нами данные (табл.1,2) показали, что содержание дибромхлорметана в образцах водопроводной воды г. Киева находится на уровне $<1 \text{ мкг}/\text{дм}^3$, что соответствует гигиеническим требованиям [3].

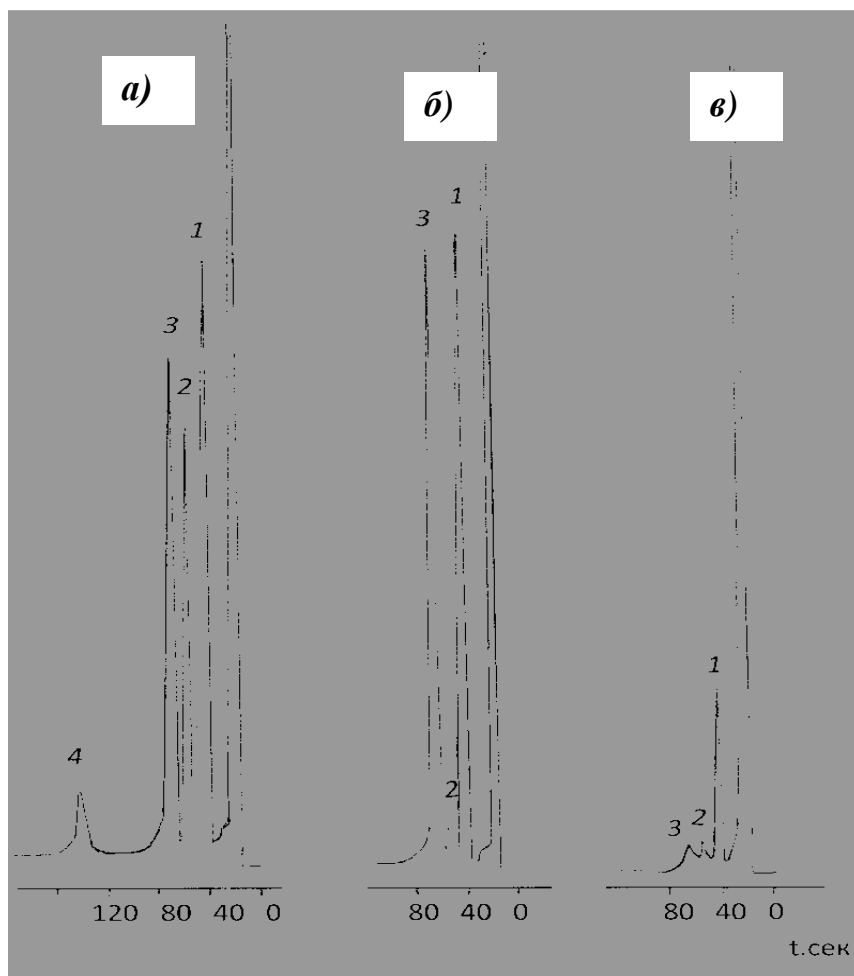


Рис.1. Хроматограммы летучих галогенсодержащих соединений в воде:
 а) модельная смесь стандартных растворов (1 — хлороформ, 2 — четыреххлористый углерод, 3 — трихлорэтилен, 4 — дибромхлорметан), вода водопроводная б) до очистки фильтром «Эко-2000», в) после очистки

Исследована эффективность удаления нормированных ЛГОС из водопроводной воды с использованием бытовых фильтров «Брита», «Аквафор», «Наша вода», «Эко 2000», «Угольный фильтр с УФ», установки «Вега». Были использованы новые фильтры в начале эксплуатации. Результаты, приведенные в табл. 3, показали, что фильтры «Вега», «Эко 2000» и «угольный фильтр с УФ» наиболее эффективно удаляют ХОС из питьевой воды (80-96) % хлороформа и (86-93) % трихлорэтилена.

Показано, что эффективность фильтров кувшинного типа «Брита», «Аквафор» и «Наша вода» несколько ниже, они позволяют удалять из водопроводной воды до 67 % хлороформа и (65-85) % трихлорэтилена. В исследованных образцах «разливной питьевой воды» (киоски продажи такой воды расположены в разных районах г. Киева) эффективность удаления хлороформа и трихлорэтилена методом обратного осмоса достигала лишь 37% и 60% соответственно.

Таблица 2. Результаты определения нормированных в воде побочных продуктов хлорирования (тригалогенметанов), трихлорэтилена, четыреххлористого углерода и общего органического углерода в образцах воды из водопроводной сети г. Киева

Адрес точек отбора проб из водопроводной воды различных районов г. Киева		Побочные продукты хлорирования				
		Общий органический углерод, мг/дм ³	Хлороформ, мкг/дм ³	Дибром-хлорметан, мкг/дм ³	Трихлорэтилен, мкг/дм ³	Четыреххлористый углерод, мкг/дм ³
Днепровский р-н, ул. Воссоединения		5,4	35	<1	38	<1
Подольский р-н, ул. Натальи Ужвий		8,07	59	<1	44	<1
Деснянский р-н, ул. Закревского		3,01	22	<1	20	<1
Голосеевский р-н	ул. Саксаганського	5,2	59	<1	59	<1
	Теремки (ул. Глушкова)	5,2	41	<1	55	<1
Святошинский р-н	ул. Краснова	8,4	49	<1	35	<1
	ул. Кулибина	7	42	<1	44	<1
	бульв. Ак.Вернадского	6,8	38	<1	37	<1
Соломенский р-н	ул. Заболотного	3,2	<5	<1	<5	<1
	ул. Металлистов	6,2	54	<1	54	<1
Шевченковский р-н	ул. Эстонська	7,2	42	<1	49	<1
	ул. Б.Хмельницкого	4,7	41	<1	51	<1
ГСан ПиН 2.2.4-171-10, ДСТУ 7525:2014		8	60	10	10	2

Исследовано изменение концентрации основных загрязнителей хлороформа и трихлорэтилена в зависимости от объемов пропущенной через фильтр воды на примере фильтра марки Аквафор (Голосеевский район, ул. Саксаганского). Установлено, что начиная с 10 дм³ пропущенной воды устанавливается определенный уровень очистки: при начальном содержании хлороформа 34 мкг/дм³ и трихлорэтилена 30 мкг/дм³ в доочищенной воде остаточная концентрация хлороформа — 17-18 мкг/дм³ и трихлорэтилена — 10-11 мкг/дм³. Такой уровень концентраций для этих показателей сохраняется до объема пропущенной воды 260 дм³. Исследованный фильтр Аквафор позволяет удалить до 47% хлороформа и 67% трихлорэтилена из водопроводной воды.

Таблица 3. Результаты определения нормированных летучих хлорсодержащих соединений в питьевой воде из водопроводной сети г.Киева после очистки ее с помощью фильтров (содержание ХОС в соответствующих образцах воды *до фильтра* см. в табл. 2)

Район г. Киева/Адрес		Побочные продукты хлорирования				
		Общий органический углерод, мг/дм ³	Хлороформ, мкг/дм ³	Дибромхлорметан, мкг/дм ³	Трихлорэтилен, мкг/дм ³	Четыреххлористый углерод, мкг/дм ³
Деснянский р-н, ул. Закревского «Britta»		1,5	<5	<1	<5	<1
Голосеевский р-н, ул. Заболотного «Аквафор»		2,5	<5	<1	<5	<1
Святошинский р-н	бульв. Ак. Вернадского «Аквафор»	3,4	14	<1	15	<1
	ул. Кулибина, «Наша вода»	3,4	<5	<1	<5	<1
	бульв. Ак. Вернадского, «Вега»	5,1	16	<1	<5	<1
	бульв. Ак. Вернадского, «Britta»	4,8	13	<1	<5	<1
Соломенский р-н, ул. Металлистов, «разливная питьевая вода» после обратного осмоса		0,34	34	<1	19	<1
Шевченковский р-н	ул. Естонская (ЭКО-2000)	5,2	10	<1	<5	<1
	ул. Б. Хмельницкого (угольный фильтр + УФ)	3,7	8	<1	7	<1
Нормативы для доочищенной питьевой воды: ГСанПиН 2.2.4-171-10/ ДСТУ 7525:2014		3/1,5	6/ Отсутствие	1/ Отсутствие	1/ Отсутствие	2/ Отсутствие

Выводы. Результаты проведенных исследований показали, что содержание токсикантов, которые определялись, составляло, мкг/дм³: (20-58) для СНСl₃, <1 для СНСlBr₂, ССl₄ и (20-59) для трихлорэтилена. В отдельных образцах воды содержание СНСl₃ приближалось к ПДК, а содержание трихлорэтилена во всех образцах превышало ПДК в 4-5 раз. Полученные данные сравнивали с нормами, принятыми в Украине и других странах. Наименьший процент от общего содержания ТГМ составили соединения брома, что связано с низким содержанием бромидов в источнике водоснабжения всех 7 исследованных районов. Для уменьшения содержания ТГМ, образующихся при обеззараживании воды хлорированием, используют фильтры и обратный осмос. Наименьшая эффективность доочистки достигается методом обратного осмоса: в исследованных образцах «разливной питьевой воды» в киосках, расположенных в разных районах г. Киева, эффективность удаления хлороформа и трихлорэтилена достигала лишь 37 % и 60 %, соответственно. Фильтры «Вега», «Эко-2000» и «угольный фильтр с УФ» наиболее эффективно удаляют ХОС из питьевой воды, в т.ч. (80-96) % хлороформа и (86-93) % трихлорэтилена. Эффективность фильтров кувшинного типа «Брита», «Аквафор» и «Наша вода» несколько ниже, они позволяют удалять из водопроводной воды до 67 % хлороформа и (65-85) % трихлорэтилена.

DETERMINATION OF VOLATILE HALOGEN-CONTAINING COMPOUNDS IN WATER POTABLE

A.V. Terletskaia, O.B.Pupkova, Popova V.V., Alexeenko E.Yu

A. V. Dumansky Institute of Colloid and Water Chemistry

alinka0999339422@gmail.com

The results of studies of the level of contamination of the Kiev tap water, as well as of "draft drinking water" with volatile halogenated compounds, namely trihalomethanes (THM) (chloroform, bromodichloromethane, dibromochloromethane, bromoform), trichlorethylene, tetrachlorethylene, carbon tetrachloride, which can be formed in chlorinated drinking tap water in the process of its disinfection with chlorine and its compounds are presented. To perform the studies, a gas chromatography method was used on rammed columns in combination with sample preconcentration using a Tsvet-500M gas chromatograph. The results showed that the method can be used to separate and quantify both chloroform and dibromochloromethane, trichlorethylene, tetrachlorethylene, carbon tetrachloride.

Samples of tap water were collected in seven districts of Kiev. The content of toxicants in these waters, which were determined, was ($\mu\text{g} / \text{dm}^3$): (20-58) for CHCl_3 , <1 for CHClBr_2 , CCl_4 and (20-59) for trichlorethylene. In some water samples, the content of CHCl_3 was approaching the maximum allowable concentration (MAC), and the content of trichlorethylene in all samples exceeded MAC 4-5 times. The chemical analysis of "draft drinking water", which is sold in many kiosks in the city of Kiev, has shown that it is tap water, supplemented with reverse osmosis purification from almost all mineral salts (mineralization $<30 \text{ mg} / \text{dm}^3$). Five samples of such water were analyzed: in 4 samples CHCl_3 was detected at a level of 19-34 $\mu\text{g} / \text{dm}^3$ and trichlorethylene (19-25) $\mu\text{g} / \text{dm}^3$, which is significantly higher than MAC for the additionally treated drinking water.

The effectiveness of removal of volatile halogen-containing compounds from tap water using household filters "Britta", "Aquaphor", "Our water", "Eco 2000", "Coal filter with UV", "Vega" installations was investigated. It has been established that filters "Vega", "Eco 2000" and "coal filter with UV" most efficiently remove organochlorine compounds from drinking water up to (80-96)% chloroform and (86-93)% trichlorethylene. It has been shown that the efficiency of jug-type filters "Britta", "Aquafor" and "Our water" is somewhat lower, they allow to remove from the tap water up to 67% of chloroform and (65-85)% of trichlorethylene.

Keywords: *volatile halogen-containing compounds, tap water, filters for purification, gas chromatography*

ВИЗНАЧЕННЯ ЛЕТКИХ ГАЛОГЕНОВМІСНИХ СПОЛУК У ВОДІ ПИТНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Г.В. Терлецька, О.Б. Пупкова, В.В. Попова, О.Ю. Олексієнко

Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України, м.Київ

alinka0999339422@gmail.com

Наведено результати досліджень рівня забруднення київської водопровідної води, а також "розливної питної води" леткими галогеновмісними сполуками, а також оцінка ефективності очищення від них водопровідної води різними побутовими фільтрами із застосуванням парофазного виділення нормованих летких галогеновмісних сполук і газової хроматографії з електронно-захоплюючим детектором. Встановлено, що вміст в окремих зразках води CHCl_3 наближався до ГДК, а трихлоретилена у всіх зразках перевищував в

4-5 разів. Проведено оцінку фільтрів і зворотньо-осмотичних установок для видалення галогеновмісних токсикантів.

Ключевые слова: летких галогеновмісних сполук, водопровідна вода, фільтри для очистки, газова хроматографія

ЛІТЕРАТУРА

1. Прокопов В.О., Зоріна О.В., Гуленко С.В., Труш Е.А. та ін./Хлорована питна вода та ризику для здоров'я населення // Гігієна населених місць. — 2012. — Т.1, № 60. — С.76—87.

2. Basic information about disinfection Byproducts in drinking water: total trihalomethanes, haloacetic acids, bromate and chlorite: Environmental Protection Agency (EPA). Електронний ресурс: <http://water/epa/gov/drink/contaminants/basicinformation/disinfectionbyproducts.cfm>.

3. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4—171—10) (Із змінами і доповненнями, внесеними наказом Міністерства охорони здоров'я України від 15 серпня 2011 року № 505).

4. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості — 2014 — Київ — Мінекономрозвитку України — 26 с. Прийнято і надано чинності: наказ Мінекономрозвитку України від 23 жовтня 2014 р. № 1257.

5. Guidelines for Drinking water quality. Forth Edition. — WHO. Geneva, Switzerland, 2011, — 541 p.

6. Рахманін Ю.А., Красовский Г.Н., Егорова Н.А., Михайлова Р.И. / 100 лет законодательного регулирования качества питьевой воды. Ретроспектива, современное состояние и перспективы// Гигиена и санитария. — 2014. — Т.5, №2. — С. 5 — 17.

7. Кириченко В.Е., Первова М.Г., Пашкевич К.И. Галогеноорганические соединения в питьевой воде и методы их определения //Российский химический журнал. — 2002. — Т.46, №4. — С.18—27.

8. Сотников Е.Е., Занайнов В.Ф., Михайлова

REFERENCES

1. Prokopov V.O, Zorina O.V, Gulenko S.V, Trush E.A and oth. / Chlorinated drinking water for public health // Community hygiene. 2012. 1 (60):76. [in Ukrainian]

2. Basic information about disinfection Byproducts in drinking water: total trihalomethanes, haloacetic acids, bromate and chlorite: Environmental Protection Agency (EPA). Electronic resource: <http://water/epa/gov/drink/contaminants/basicinformation/disinfectionbyproducts.cfm>.

3. Public health standards and regulations "Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption"(DSanPiN 2.2.4-171-10) (With changes and additions introduced by the order of the Ministry of Health of Ukraine dated August 15, 2011 №. 505). [in Ukrainian]

4. Drinking water. Requirements and methods of quality control. [DSTU 7525 : 2014]

5. Guidelines for Drinking-Water Quality. 4rd ed. (Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2011).

6. Rakhmanin Yu.A., Krasovsky G.N. Yegorova N.A. Mikhailova R.I. / 100 years of legal regulation of drinking water quality. Retrospective, current state and prospects // Hygiene and sanitation. 2014. 5(2):5. [in Ukrainian]

7. Kirichenko VE, Pervova MG, Pashkevich KI Halogen-organic compounds in drinking water and methods for their determination // Russian Chemical Journal. 2002. 46 (4):18. [in Russian]

8. Sotnikov EE, Zanainov VF, Mikhailova RI

- Р.И. и др. Парофазный анализ летучих органических соединений в питьевой воде методом газовой хроматографии// Гигиена и санитария. — 2014. — Т. 3, №2. — С. 92-96. [in Ukrainian]
9. Kim H., Kim I-H. Application of flat-sheet membrane extraction to determination of trihalomethanes in chlorinated drinking water// J. of analyt. Chem. — 2015. — V.70, №1. — P.22—27.
10. Richardson S.D. / Water analysis: emerging contaminants and current issues//Anal.Chem. — 2007. — V.79, №12. — P.4295—4324
11. ДСТУ ISO 10301 : 2004 Якість води. Визначення високолетких галогенованих вуглеводнів методом газової хроматографії.
12. Методичні вказівки №0052-98. Газохроматографічне визначення тригалогенметанів (хлороформу) у воді (Затвержено наказом Міністерства охорони здоров'я України від 01 лютого 1999 року №2).
- Parafasic analysis of volatile organic compounds in drinking water by gas chromatography method // Hygiene and Sanitation. 2014. 3(2):92. [in Ukrainian]
9. Kim H., Kim I-H. Application of flat-sheet membrane extraction to determination of trihalomethanes in chlorinated drinking water// J. of analyt. Chem. 2015. 70 (1):22.
10. Richardson S.D. / Water analysis: emerging contaminants and current issues//Anal.Chem. 2007. 79(12):4295.
11. ISO 10301:1997. Water quality - Water quality — Determination of highly volatile halogenated hydrocarbons — Gas-chromatographic methods
12. Methodical instructions №0052-98. Gas chromatographic determination of trihalomethanes (chloroform) in water (Approved by order of the Ministry of Health of Ukraine dated February 01, 1999 №2), [in Ukrainian]