

крытом воздухе. Компонентами, которой есть: «защита временем», «защита экранированием», нормирование воздействия и дозиметрический контроль. Вышеупомянутые мероприятия позволят снизить уровни экспозиции работников естественным УФВ и предупредить возникновение и прогрессирование онкологической и офтальмологической патологии, обусловленной УФВ.

Ключевые слова: естественное ультрафиолетовое излучение, заболевания, работники, первичная профилактика.

Summary

PRIMARY PREVENTION OF WORK-RELATED PATHOLOGY, CAUSED BY NATURAL ULTRAVIOLET RADIATION

Salyukov A.O., Varivonchik D.V.

The results of studies will make it possible to develop of primary prevention,

directed to prophylaxis work-related pathology, caused by natural ultraviolet radiation (UV) among employees, working outdoor. The components will be: "defense by the time", defense by a "protective shield", rating the exposure and dosimeter control. The above-mentioned measures will make it possible to decrease the levels of exposure to natural UV for workers and to prevent occurrence and progress of cancer and ophthalmological pathology, caused by UV.

Key words: natural ultraviolet radiation, diseases, workers, primary prevention.

*Впервые поступила в редакцию 07.02.2013 г.
Рекомендована к печати на заседании редакционной коллегии после рецензирования*

УДК 628.162:613.34.:502.65+546.132

ГАЛОГЕНСОДЕРЖАЩИЕ СОЕДИНЕНИЯ (ГСС) КАК ПРОДУКТЫ ХЛОРИРОВАНИЯ ВОДЫ. СООБЩЕНИЕ ПЕРВОЕ. ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ (ЧАСТЬ 2)

Мокиенко А.В., Петренко Н.Ф.

Украинский НИИ медицины транспорта, г. Одесса

Представлен анализ данных литературы и некоторых результатов собственных исследований проблемы галогенсодержащих соединений (ГСС) как побочных продуктов хлорирования воды.

Ключевые слова: вода, очистка, хлор, галогенсодержащие соединения

Согласно мнению известного ученого в области ППД Р.С. Singer галоуксусные кислоты (ГУК) являются вторым, после ТГМ, главным классом ППД при хлорировании питьевой воды [1]. Во многих водах они найдены в концентрациях, равных или больших, чем концентрации ТГМ. Исследования влияния на здоровье позволяют предположить, что некоторые разновидности ГУК более вредны, чем разновидности ТГМ. В этой работе подведен итог исследований автора относительно формирования, распространения,

стабильности и контроля ГУК в хлорированной питьевой воде.

Как показано в работе [2], ППД могут образовываться во время дезинфекции морской воды, подаваемой в системы обратного осмоса (RO). Были проанализированы образцы воды из опытной установки на станции опреснения морской воды на наличие ТГМ, ГУК, ГАН и БФ. Наблюдалось снижение на 55 % хлороформа или бромохлорацетонитрила (БХАН). Эксперименты по хлорированию морской воды в различных точках

отбора показали значительную временную и пространственную изменчивость для всех ППД, которые не могли быть объяснены концентрациями взвешенного органического углерода или параметрами оценки, такими как УФП254. При смешивании опресненной воды с пресной, содержащей определенные уровни бромидов, формировались ДГАН в концентрациях, которые были выше, чем ожидаемые в результате разбавления. В большинстве случаев концентрация ППД, которые образовались при непрерывном хлорировании морской воды или смешивания опресненной воды с пресной, не представляла угрозы ни для качества воды, ни для водных экосистем.

Выполнена всесторонняя идентификация ППД в воде общественных плавательных бассейнов в Барселоне (Каталония, Испания) после дезинфекции хлором или бромом [3]. Использовали газовую хроматографию / масс-спектрометрию для измерения ТГМ в воде. Идентифицировано более 100 ППД, включая многие азотсодержащие, которые, вероятно, сформировались в результате реакции с содержащими азот предшественниками, источником которых являются моча, пот, кожный эпителий пользователей. Многие ППД ранее не обнаруживались ни в воде плавательных бассейнов, ни в питьевой воде. Уровни бромформы были больше в бромированных, чем в хлорированных водах, но также идентифицировали много бромированных ППД в хлорированных водах.

В результате анализа результатов обнаружения ППД на 12 ВОС в США проведена приоритизация более чем 50 ППД для оценки потенциальной токсичности [4]. Перечень включал йодированные ТГМ, другие галометаны, ненормированные ГУК, ГАН, ГК, галонитрометаны (ГНМ), галоацетальдегиды (ГАД), галоидированные фураноны (ГФ), галоамиды (ГА) и негалоидированные карбонилы (НК). Цель этого исследования состояла в том, чтобы получить количественную информацию о локализации новых ППД

для оценки приоритетности по степени влияния на здоровье. Первыми двумя главными классами ППД определены ТГМ и ГУК, третьим — галоацетальдегиды. Хотя использование альтернативных дезинфекционных средств (озон, диоксид хлора и хлорамины) минимизировало формирование нормируемых ТГМ, а также четыре- и тригалоидзамещенных ГУК и ТГМ, обнаружены несколько приоритетных ППД на более высоких уровнях, по сравнению с хлором. Например, самые высокие уровни йодированных ТГМ были найдены после обеззараживания хлорамином без прехлорирования. Самая высокая концентрация дихлорацетальдегида обнаружены на ВОС, где использовало хлорамины и озон; однако, эта схема дезинфекции уменьшала формирование трихлорацетальдегида. Преозонирование увеличивало формирование тригалонитрометанов. В дополнение к хлорированным фуранонам, были определены бромированные фураноны в высоко-бромистых водах. Присутствие бромида привело к сдвигу в формировании других ненормируемых бромсодержащих ППД, например, бромированных кетонов, уксусных альдегидов, нитрометанов, ацетамидов. Установлено, что в сумме ППД полный органический хлор и полный органический бром составляли соответственно 30 и 39 %. Помимо этого, были обнаружены 28 новых, ранее неидентифицированных ППД. Они включали бромированные и йодированные ГУК, бромированные кетоны, хлорированные и йодированные альдегиды.

Определено формирование при хлорировании и монохлораминировании воды на 11 ВОС [5]. Были выполнены тесты потенциала формирования ППД. Установлено образование ТГМ, ГУК, ГНМ, ГАН, ГАД, ГК и йодТГМ. У всех вод присутствовал потенциал для формирования значительных уровней ППД. По сравнению с хлором, монохлораминирование сопровождалось образованием более низких концентраций ППД, за исключением 1,1-дихлорпропана. Установлена

корреляция между формированием ТГМ и ГУК. Подтверждены данные литературы о более высоких концентрациях бромированных ППД в бромсодержащих водах.

В обзоре [6] (1999 год) приведены следующие данные относительно обнаружения различных ГСС в хлорированной воде (табл. 1)

Применение метода SPME-GC/MS для анализа галофенолов в сырых и обработанных сточных водах (пределы чувствительности 50-200 нг/л) позволило обнаружить в обработанных сточных водах на шести станциях очистки семь галофенолов в концентрациях до 340 нг/л.

Сброс таких сточных вод, в зависимости от степени разбавления, может влиять на органолептические показатели при последующей очистке питьевой воды [11].

Как известно, жалобы на вкус и запахи воды являются ведущей причиной потребительской неудовлетворенности питьевой водой. Цель австралийского исследования [12] состояла в определении порогового диапазона запаха хлора, брома, хлора с бромом, четырех главных представителей ТГМ и комбинированных ТГМ. Показано, что свободный хлор во многих частях распределительных систем включал некоторую часть брома и что у брома есть потенциал формирования

Таблица 1

Галогенированные побочные продукты, образующиеся при хлорировании воды^a

Побочный продукт	Концентрации, мкг/л		Источник
	средняя	максимальная	
ТГМ			
ХФ	25	240	[7]
БДХМ	9,5	90	[7]
ХДБМ	1,6	36	[7]
БФ	< 0,2	7,1	[7]
ГУК			
ДХУК	15	74	[7]
ТХУК	11	85	[7]
БХУК	3,2	49	[7]
МХУК	1,3	5,8	[7]
ДБУК	< 0,5	7,4	[7]
МБУК	< 0,5	1,7	[7]
ТБУК	—		
БДХУК	—		
ХДБУК	—		
ГАН			
ДХАН	2,1	10	[7]
БАН	0,7	4,6	[7]
БХАН	0,6	1,1	[8]
ДБАН	< 0,5	9,4	[8]
ТХАН ТБАН	< 0,02	0,02	[8]
ГК			
1,1,1-трихлорпропанон	1,0	8,3	[7]
1,1-дихлорпропанон	0,4	2,5	[7]
1,3-дихлорпропанон	—	—	
Другие			
Хлорат	161	9180	[7]
Хлоралгидрат	2,1	25	[7]
Хлорпикрин	0,4	3,7	[7]
МХ	0,005	0,067	[9]
Цианохлорид цианобромид	0,62	—	[8]
Галонитрилы	0,4	3,7	[10]

Примечания:

МХ — 3-хлоро-4-(дихлорометил)-5-гидрокси-2(5Н)-фуранон;

^a Исследования касались прежде всего воды из поверхностных водоемов, где ожидалось высокие концентрации ППД;

^b Средние и максимальные концентрации изменялись в широком диапазоне в зависимости от хлорреагента/времени/источника осуществления выборки.

хлорных запахов при более низких уровнях свободного хлора (0,04 – 0,1 мг/л), чем хлор индивидуально. Пороговые концентрации запаха для четырех индивидуальных ТГМ и четырех комбинированных ТГМ (в равных концентрациях по массе) колебались от 0,06 до 0,16 мг/л и 0,10 ± 0,09 мг/л соответственно. Эти концентрации оказались ниже максимальных значений полной концентрации ТНМ в Австралии.

Установлено [13], что содержание ЛГС в воде р. Томь превышает допустимые санитарные нормативы и нарастает вниз по течению реки. Максимальные значения обнаружены в питьевой воде в результате ее хлорирования

ния. Хлороформ может быть использован в качестве маркера присутствия ЛГС в воде: по его концентрации можно рассчитать суммарное превышение ПДК по ЛГС. В условиях загрязнения водоисточника ЛГС необходимы специальные методы водоподготовки, исключающие хлорирование.

В обзоре отечественных авторов [14], посвященном анализу гигиенического значения трансформации химических веществ с образованием хлороформа в процессе обеззараживания питьевых вод, констатируется следующее. В последние годы в научной литературе широко освещается проблема образования в питьевой воде, прошедшей очистку и обеззараживание хлором, ряда хлорорганических веществ, таких, как хлороформ, четыреххлористый углерод, дихлорэтан, трихлорэтилен, тетрахлорэтилен, бромдихлорметан, дибромхлорметан и многих других. Сформировалось мнение, что хлорирование питьевой воды приводит к образованию галлоидных соединений в результате реакции свободного хлора с органическими веществами, присутствующими в воде источников хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Особое внимание уделяется образованию хлороформа, который чаще всего и в наибольших количествах образуется в питьевой воде. Можно предположить, что образование хлорорганических веществ в основном зависит от качественного и количественного состава органических веществ, содержащихся в воде и вступающих в реакцию со свободным хлором. При изучении основных источников поступления органических соединений в водоемы и питьевую воду установлено, что общее содержание органических соединений в питьевой воде не превышает 20 мг/л. Из них большую часть составляют органические соединения природного происхождения — гуминовые и фульвокислоты, белки, аминокислоты, углеводы и полисахариды. Но значительно большую потенциальную опасность представляют органические

соединения антропогенного происхождения, например, одним из источников образования хлороформа могут быть высокомолекулярные полимеры, используемые в качестве коагулянтов при водоподготовке.

Обнаружено образование хлороформа в эксперименте путем воздействия свободного хлора при pH 7,0 и температуре 22 °С на такие органические соединения (в количестве 10 мг/л), как глюкоза, дубильная, гуминовая, ванилиновая и галловая кислоты, присутствующие в воде в естественных условиях.

Сообщается, что в Финляндии, где водоснабжение осуществляется в основном за счет поверхностных вод озер с высоким содержанием гумусовых веществ, хлорирование питьевых вод приводит к образованию галоформ. Из них в первую очередь образуется хлороформ, концентрация которого в очищенной воде достигает 150 мкг/л. Утверждается, что при реакции хлора с гуминовыми кислотами, присутствующими в питьевой воде, образуются соединения из группы тригаллоидометанов, причем больше всего хлороформ. ЕРА предложило ввести стандарт на общее количество органических веществ в питьевой воде, которое не должно превышать 0,1 мг/л.

Ссылаясь на американских исследователей, автор работы [15] отмечает, что присутствие хлороформа и других галлоидных соединений метана в очищенной питьевой воде — явление, широко распространенное, возникающее как прямое следствие хлорирования воды. В исходной, нехлорированной воде, эти соединения отсутствуют. В среднем в очищенной хлорированной воде содержалось хлороформа (CHCl₃) 21 мкг/л, бромдихлорметана 6 мкг/л, дибромхлорметана 1,2 мкг/л и бромформа следы. В качестве исходных органических веществ для образования этих соединений могут быть предположительно названы следующие две группы соединений: природные гуминовые вещества (в том числе, фульвокислоты) и вещества низкомо-

лекулярные, включающие группу ацетила.

В диссертационной работе [16], выполненной в НИИ общей и коммунальной гигиены им. А. Н. Сысина АМН СССР и посвященной гигиенической оценке потенциальной опасности загрязнения питьевой воды централизованных водопроводов высокоприоритетными галогеносодержащими соединениями, сделаны следующие выводы.

1. Проблема галогеносодержащих (ГС) соединений имеет важное значение, особенно для городов, использующих открытые водоисточники: питьевая вода не соответствовала ОБУВ по хлороформу в 62 % и рекомендациям ВОЗ – в 72 % из числа 32 обследованных городов. Максимальное превышение допустимого содержания тетрахлорэтилена отмечалось до 4 раз, четыреххлористого углерода до 10 раз, хлороформа – до 60 раз, что подтверждает важное значение последнего как индикаторного показателя загрязнения воды ГСС. Для практических целей предложено 5-ти ступенчатое ранжирование степени загрязнения ГСС питьевой воды с содержанием хлороформа соответственно до 30, 60, 120, 300 и более 300 мкг/л.
2. Наиболее важным фактором высокого содержания ГСС в воде являлось ее первичное хлорирование в процессе водообработки и вводимые дозы хлора. Последующее некоторое (до 25-40 %) понижение содержание после коагулирования, отстаивания и фильтрования нивелировалось, как правило, при вторичном хлорировании воды. Наиболее эффективными из изученных оказались технологические схемы без предварительного хлорирования воды, предварительным воздействием сильных окислителей (KMnO_4 , озон) и преаммонизацией.
3. Основные закономерности сезонных колебаний содержания ГСС в питье-

вой воде характеризовались весенне-летне-осенними или летне-осенними подъемами.

4. Системы горячего водоснабжения также характеризовались высоким уровнем ГСС в воде, превышавшим рекомендации ВОЗ до 10 и более раз, и аналогичными сезонными изменениями. Отмечалось высокое содержание CCl_4 с максимальным увеличением в осенний период до величин, в 5 и более раз превышающих рекомендованный ВОЗ уровень (3 мкг/л).
5. Несмотря на то, что содержание ГСС в воде обратно пропорционально времени ее кипячения и для московской воды достигает нулевых значений при кипячении в течение 20-40 минут, повторное хлорирование прокипяченной воды свидетельствовало о том, что снижение содержания предшественников ГСС при кипячении происходит менее интенсивно, что имеет важное теоретическое значение. В связи с летучестью ГСС и их предшественников наиболее высокие уровни содержания ГСС выявлены в опресненной воде, полученных на промышленных дистилляционных установках.
6. На примере 20 плавательных бассейнов г. Москвы показано, что содержание ГСС находится в прямой зависимости от длительности эксплуатации бассейнов в течение фильтрационного цикла и от их объема.
7. Содержание ГСС находится в обратной зависимости от температуры и времени хранения воды, а методы обратного осмоса и фильтрации воды через активированный уголь имеют ограниченные возможности по задержанию ГСС и их предшественников.
8. Выявлено отсутствие надежной коррелятивной связи содержания ГСС с общепринятыми в санитарной практике показателями качества воды (цветностью, окисляемостью и др.)

что определяет необходимость широкого использования для контроля содержания их в питьевой воде определения индикаторного показателя – хлороформа.

9. Для биотестирования качества питьевой воды, содержащей высокие концентрации ГСС, рекомендуется определение суммарной мутагенной активности по тесту Эймса. Установлена мутагенная активность питьевой опресненной воды, полученной методом дистилляции с высоким содержанием ГСС.

В лаборатории гигиены водоснабжения и охраны водоемов Института гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева в последние годы проведен цикл исследований по проблеме ГСС, что нашло отражение в ряде публикаций [17-23].

Проведенный авторами [24] анализ литературы показал, что при обработке воды хлором образуются тригалогенметаны (ТГМ), галоацетонитрилы, производные галогенкислот, хлорфенолы, хлорированные кетоны и др. [25, 26]. В питьевой воде после хлорирования обнаружено около 24 галогенсодержащих соединений, среди которых к высокоприоритетным отнесены хлороформ, четыреххлористый углерод, дихлорбромметан, дибромметан, трихлорэтилен, перхлорэтилен, бромформ, дихлорметан, дихлорэтан и 1,1-дихлорэтилен [27].

Чаще всего и в наиболее высоких концентрациях в питьевой воде обнаруживается хлороформ. Наблюдения, проведенные в ряде населенных пунктов бывшего СССР, показали, что питьевая вода из поверхностных источников водоснабжения по содержанию хлороформа не соответствовала существующим гигиеническим нормативам в 72 % случаев. При этом максимальное превышение допустимого содержания хлороформа отмечено в 60 раз, четыреххлористого углерода — в 10 раз, тетрахлорэтилена — в 4 раза. В питьевых водах обследованных населенных пунктов практически

не обнаруживался 1,2-дихлорэтилен и дихлорметан, в результате чего эти соединения, по мнению авторов, могут быть исключены из числа высокоприоритетных [28].

Итогом диссертационных исследований явилась работа [29], посвященная гигиеническому обоснованию путей минимизации образования хлорорганических соединений (ХОС) при использовании хлора в водоподготовке.

При исследовании процесса образования хлороформа (ХФ) на этапах водоподготовки на Днепровской и Деснянской ВС установлено, что основное его количество образуется в смесителе и камере реакции (70-100 % от общего объема).

Выявлено, что процент образования ХФ в резервуаре чистой воды по отношению к концентрациям в воде смесителя зависит от количественного и качественного состава органических веществ в воде рек. После образования ХФ в смесителе дальнейшие ступени водоподготовки (коагуляция, фильтрование) не предотвращают уменьшение его содержания в воде, а наоборот, отмечается тенденция к увеличению. Несущественный прирост ХФ на ВС происходит на протяжении всего времени пребывания воды на очистных сооружениях, который составляет 5-7 часов. Озонирование на последнем этапе очистки на Днепровской ВС не приводит к уменьшению уровня ХФ в питьевой воде. Сорбции ХФ быстрыми фильтрами (одно — и двухслойные фильтры с активированным углем) на Деснянской ВС также не установлено. Это можно объяснить, тем, что двухслойные фильтры с загрузкой активированным углем (марка АГ-3) предназначены для очистки воды от взвешенных и гумусовых веществ и не рассчитаны для удаления из воды низкомолекулярных ХОС. Максимальные дозы при вторичном хлорировании на Деснянской ВС (0,1-0,6 мг/дм³) не влияют на динамике образования ХФ в воде. Уровень ХФ в питьевой воде после главных водопроводных очи-

стных сооружений за все время наблюдений был, как правило, ниже ПДК (60 мкг/дм³). Содержание ХФ в питьевой воде из резервуаров чистой воды имеет сезонные колебания, при этом максимальные и минимальные уровни совпадают с максимальными и минимальными значениями перманганатной окисляемости в исходной воде. В частности, наименьшее содержание ХФ наблюдалось зимой и существенно не отличалось на обеих ВС, а весной и летом было максимальным, но в воде Днепровской было несколько большим, чем в воде Деснянской ВС. Осенью концентрация ХФ в воде резервуара чистой воды Днепровской ВС была в 2,2 раза больше, чем в воде Деснянской ВС, что может быть связано с более высоким уровнем органического загрязнения воды р. Днепр и различием в качественном составе органических веществ в воде рек.

Установлено, что концентрация трихлорэтилена (ТХЭ) на обеих ВС во все сезоны года была в 5-8 раз ниже гигиенического норматив (60 мкг/дм³) этого соединения для воды водных объектов. Количество образованного ТХЭ в процессе водоподготовки на Деснянской ВС в 2-3 раза больше, чем на Днепровской ВС (кроме осени), что связано с разным качественным составом исходной воды рр. Днепр и Десна. Низкая концентрация ЧХУ в питьевой воде, которая определялась в воде обеих ВС (0-0,17 мкг/дм³) в подавляющем большинстве проб составляла меньше 1/20 ПДК, что не позволило провести статистическую обработку данных и четко проследить особенности и закономерности образования и удаления этого соединения на ВС. Дибромхлорметан в пробах воды отсутствовал.

Выявлено существенное уменьшение содержания ХФ и ЧХУ в питьевой воде ВС г. Киева с 4 ПДК и 1,5 ПДК до 0,5 ПДК и 0,1 ПДК соответственно в сравнении с данными до 1997 г. [24], что является следствием замены на ВС первичной обработки исходной воды "чистым" хлорированием на хлорирование с пре-

амонизацией, которое привело к уменьшению доз первичного хлора с 8,0-10,0 мг/дм³ до 1,7-4,0 мг/дм³ в летнее — осенний и с 2,0-4,0 мг/дм³ до 1,5-3,0 мг/дм³ — в весенне-зимний период.

Натурные исследования содержания ХОС в сетях питьевого водоснабжения проводились в г. Киеве, который имеет характерную и для других населенных городов Украины водопроводную сеть с типичными сооружениями на ней (станции перекачки и дохлорирования воды и т.п.), условиями транспортировки воды в сетях и санитарно-техническим состоянием. Поэтому полученные результаты являются типичными для городов с системами централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Установлено, что между содержанием ХОС в питьевой воде из сетей города и в воде, которая поступает в них после очистных сооружений ВС, существенной разницы нет. Прослеживаются сезонные колебания содержания ХОС, которые совпадают с колебаниями ХОС в резервуарах чистой воды. Среднегодовое содержание ХФ, ЧХУ и ТХЕ составляло 1/3, 1/5 и 1/20 ПДК.

Показано, что уровни ХОС в питьевой воде разных районов города несущественно отличаются от соотношения днепровско – деснянско -артезианской воды в распределительных сетях, удаленности районов от ВС, а также от расположения районов на правобережной или левобережной части города. Однако, существенное периодическое увеличение содержания ХОС возможно после дохлорирования питьевой воды на насосных станциях города, то есть основным фактором роста этих веществ в сетях является исходная доза хлора.

Как показали исследования процессов образования тригалометанов в водопроводных сетях Донецкой области [30], на интенсивность образования ХФ влияют температура, рН и минерализация исходной воды.

Изучена сезонная характеристика

интенсивности образования ХФ в водопроводной сети. При этом установлено, что пик подъема концентрации ХФ во всех точках отбора проб приходился на июль месяц (0,022—0,245 мг/м³). Осенью и зимой интенсивность образования ХФ заметно снижалась. Наименьшие уровни загрязнения воды ХФ по всей сети регистрировались в декабре-январе месяце (0,002-0,089 мг/м³).

Полученные данные указывают на то, что даже незначительное превышение нормируемого значения рН до 8,7-8,9, которое отмечалось в июне-июле на протяжении периода наблюдения, коррелировало с уровнем концентраций ХФ в воде за тот же период года.

Установлена прямая зависимость между показателями мутности воды, окисляемости и концентрацией ХФ в обработанной воде (коэффициент корреляции — 0,86 и 0,88 соответственно).

Выявлена обратная корреляционная зависимость между интенсивностью процесса образования ХФ и уровнем минерализации воды. Содержание ХФ в пробах более минерализованной воды (сухой остаток 820-1700 мг/дм³) было ниже, чем в пробах воды менее минерализованной (сухой остаток 630-840 мг/дм³) в 1,5-17,5 раза.

Авторы приходят к выводу, что учет механизмов образования, распределения и накопления ТГМ в воде на всех этапах водоподготовки, а также факторов, их формирующих, позволит минимизировать риски негативного влияния побочных продуктов хлорирования на состояние здоровья населения.

Проведенное изучение содержания в воде галогенсодержащих соединений при дезинфекции воды и систем водоснабжения озоном и хлором на морских судах показало следующее [31]. В ре-

зультате исследований концентрации ГСС в питьевой воде 25 судов, находящихся на стоянке в Одесском порту, установлен широкий диапазон колебаний концентраций: от 60 до 667 мкг /дм³ [32].

Хромато-масс-спектрометрическое определение высокоприоритетных ГСС в пробах воды, отобранных на 8 судах (табл. 2), свидетельствует, что подавляющее значение в создании столь высоких уровней ГСС имеют высокоприоритетные соединения (хлороформ, четы-

Таблица 2

Концентрация некоторых приоритетных ГСС в запасах хлорированной питьевой воды на морских судах М, (мин. – макс.)

Исследуемые ГСС	Концентрация, мкг/дм ³	ПДК, мкг/дм ³	Уровень приоритетности
ХФ	335 (115 -445)	30	1
ТЗЭ	7 (3 -12)	6	2
ДХБМ	112 (12 -223)	—	3
ДБХМ	36 (2 -77)	—	4
БФ	3 (0 -7)	—	7

рехлористый углерод, дихлорбромметан, дибромхлорметан, бромформ), представляющие наибольшую опасность для здоровья [33].

Установлено, что дезинфекция хлорпрепаратами судовой системы водоснабжения приводит к образованию в питьевой воде ГСС, суммарная концентрация которых при уровне остаточного активного хлора порядка 5 мг/дм³ составляет свыше 900 мкг/ дм³, то есть более чем в 9 раз превышает ПДК [34].

Одним из отрицательных последствий хлорирования судовых систем водоснабжения является необходимость сброса отработанных растворов хлора и промывных вод в море (акватория порта / судоремонтного завода). Установлено, что в контрольных пробах морской воды остаточный активный хлор отсутствовал, концентрация ГСС составляла 19 ± 2,3 мкг/дм³ [35].

В конечный момент сброса отработанного раствора хлорпрепарата концентрация остаточного активного хлора в морской воде в точке отбора (при отсутствии волнения моря) составляла 81,1

мг/дм³, а содержание ГСС в пробах воды находилось на уровне 1227 ± 13 мкг/дм³. После первой промывки системы водоснабжения, осуществленной через 8 часов, концентрация активного хлора и ГСС в точке сброса составляли соответственно $15 \pm 3,4$ мг/дм³ и 1232 ± 23 мкг/л, а в противоположной точке через 8 часов соответственно $0,3 \pm 0,08$ и $285 \pm 9,6$ мкг/дм³ [35].

Вывод

Анализ данных литературы и некоторых результатов собственных исследований проблемы галогенсодержащих соединений (ГСС) как побочных продуктов хлорирования воды позволяет судить о ее актуальности. Вместе с тем, для более глубокого понимания следует считать необходимым рассмотрение причин образования в воде этих ксенобиотиков. Одна из них, а именно, источники ГСС в питьевой воде, будет представлена в следующем сообщении.

Литература

1. Singer P.C. Occurrence of haloacetic acids in chlorinated drinking water / P.C. Singer // *Water Supply*. – 2002. – V. 2, N 5 – 6. – P. 487 – 492.
2. Agus E. Formation and fate of chlorination by-products in reverse osmosis desalination systems / E. Agus, D. L. Sedlak // *Water Research*. – 2010. – V. 44, N 5. – P. 1616 – 1626.
3. What's in the Pool? A Comprehensive Identification of Disinfection By-products and Assessment of Mutagenicity of Chlorinated and Brominated Swimming Pool Water / Richardson S. D., DeMarini D. M., Kogevinas M. [et al.] // *Environ. Health Perspect.* – 2010. – V. 118, N 11. – P. 1523 – 1530.
4. Occurrence of a new generation of disinfection byproducts / Krasner S.W., Weinberg H.S., Richardson S.D. [et al.] // *Environ Health Perspect.* – 2006. – V. 40, N 23. – P. 7175 – 7185.
5. Comparison of the disinfection by-product formation potential of treated waters exposed to chlorine and monochloramine / Bougeard C.M., Goslan E.H., Jefferson B. [et al.] // *Water Research*. – 2010. – V. 44, N 3. – P. 729 – 740.
6. Drinking Water Disinfection Byproducts: Review and Approach to Toxicity Evaluation / Boorman G. A., Dellarco V., Dunnick J. K. [et al.] // *Environ Health Perspect.* – 1999. – V. 107, Suppl 1. – P. 207 – 217.
7. ILSI. Disinfection byproducts in drinking water: critical issues in health effects research. In: *Disinfection By-products in Drinking Water: Critical Issues in Health Effects Research*, 23-25 October. 1965, Chapel Hill. NC, 1996. Washington: International Life Sciences Institute Press. – 1995. – P. 1 – 168.
8. Cumming R.B. Occurrence and exposures to disinfectants and disinfection byproducts / R.B. Cumming, R.L. Jolley // In: *Safety of Water Disinfection: Balancing Chemical and Microbial Risks* [Craun G.F., ed]. Washington: International Life Sciences Institute Press. – 1993. – P. 257 – 275.
9. Bull R.J. Toxicity of disinfectants and disinfection byproducts / R. J. Bull // In: *Safety of Water Disinfection: Balancing Chemical and Microbial Risks* (Craun GF, ed). Washington: ILSI Press. – 1993. – P. 239 – 256.
10. Richardson S. Drinking water disinfection by-products / S. Richardson // In: *The Encyclopedia of Environmental Analysis and Remediation*, V. 3, Meyers, R.A. (Ed.), John Wiley & Sons. – 1998. – P. 1398 – 1421.
11. Where do the odorous halogenated phenols in drinking water resources come from? / Bruchet A., Prolongeau C., Esperanza M. [et al.] // *Water Science & Technology: Water Supply—WSTWS*. – 2008. – V. 58, N 3. – P. 263 – 269.
12. Determination of odour threshold concentration ranges for some

- disinfectants and disinfection by-products for an Australian panel / McDonald S., Lethorn A., Loi C. [et al.] // *Water Science & Technology—WST*. – 2009. – V. 60, N 10. – P. 2493 – 2506.
13. Сергеев С.Г. Структура и закономерности загрязнения летучими хлорорганическими речной и питьевой воды в Кузбазе / С.Г. Сергеев, Ю.Ф. Козин, А.В. Кравчук // *Гигиена и санитария*. – 1993. – №8. – С. 11 – 13.
 14. Сергеев Е. П. Гигиеническое значение трансформации химических веществ с образованием хлороформов в процессе обеззараживания питьевых вод / Е. П. Сергеев, Н. П. Елаховская, А. Ф. Скворцов // *Гигиена и санитария*. – 1981. – №6. – С. 56 – 59.
 15. Левентон О. Л. Хлорирование воды, содержащей органические вещества / О. Л. Левентон // *Гигиена и санитария*. – 1986. – №1. – С. 52 – 53.
 16. Рыжова И. Н. Гигиеническая оценка потенциальной опасности загрязнения питьевой воды централизованных водопроводов высокоприоритетными галогеносодержащими соединениями / И. Н. Рыжова // Автореф. дис.... канд. мед. наук: 14.00.07 / НИИ общей и ком. гиг. – М., 1986. – 17 с.
 17. Зоріна О.В. Вплив технологічних чинників водопідготовки на якість питної води щодо вмісту хлороформу / О. В. Зоріна // *Довкілля та здоров'я*. – 2003. – №4 (27). – С. 65 – 68.
 18. Моніторинг питної води України щодо вмісту у ній хлороформу / Прокопов В.О., Чичковська Г.В., Бардик Ю.В. [та ін.] // *Гігієна населених місць: Зб. наук. пр.* – 2003. – Вип. 42. – С. 80 – 84.
 19. Зоріна О.В. Моніторинг якості води в місцях питних водозаборів м. Києва за показниками, котрі впливають на процес утворення хлороформу при хлоруванні вихідної води / О. В. Зоріна // *Гігієна населених місць: Зб. наук. пр.* – 2004. – Вип. 43. – С. 83 – 89.
 20. Прокопов В.О. Хлорорганічні сполуки у питній воді: фактори та умови їх утворення / В. О. Прокопов, Г. В. Чичковська, В. О. Зоріна // *Довкілля та здоров'я*. – 2004. – № 2 (29). – С. 70 – 73.
 21. Прокопов В.О. Трихлоретилен: утворення, вміст та поведінка у питній хлорованій воді / В.О. Прокопов, Ю.В. Бардик, О.М. Поліщук // *Гігієна населених мест*. – 2003. – Вып. 41. – С. 75 – 81.
 22. Особливості утворення хлороформу та трихлоретилену при обробці води поверхневих джерел гіпохлоритом натрію / Прокопов В.О., Чичковська Г.В., Поліщук О.М. [та ін.] // *Гігієна населених мест*. – 2004. – Вып. 44. – С. 71 – 75.
 23. Прокопов В. О. Хлороорганічні сполуки у питній воді та ризики для здоров'я / В. О. Прокопов, О. В. Зоріна, О. І. Волощенко // *Збірка доповідей Міжнародного конгресу «ЕТЕВК-2007»*. 22 – 26 травня, м. Ялта, 2007р. – С. 21 – 28.
 24. Прокопов В.А. Влияние отдельных факторов на образование тригалогенметанов в хлорированной воде / В. А. Прокопов, Э. Д. Мактаз, Г. В. Толстопятова // *Химия и технология воды*. – 1993. – Т. 15, № 9 – 10. – С. 633 – 640.
 25. Дмитриев М. Т. Контроль состава воды системой «газовый хроматограф – масс – спектрометр – компьютер» / М. Т. Дмитриев, Е. Г. Растяников, С. А. Волков // *Водоснабжение и сан. техника*. – 1981. – № 4. – С. 5 – 7.
 26. Codie I. W. Health effects of drinking water disinfectants and disinfection by-products / I. W. Codie, J. P. Berez // *Trace Subst. Environ. Health – XX : Proc. Univ. MO. 20th Annu. Conf. (Columbia. Mo., June 2 – 5, 1986)*. – Columbia, 1986. – P. 139 – 153.
 27. Методические основы выбора для гигиенических исследований при-

- оритетных галогенсодержащих соединений, обладающих отдаленными биологическими эффектами / Красовский Г. Н., Михайловский Н. Я., Марченко Ю. Г. [и др.] // Гигиена и санитария. – 1985. – № 10. – С. 33 – 35.
28. Некоторые итоги гигиенической оценки галогенсодержащих соединений, образующихся при хлорировании воды / Рахманин Ю. А., Михайловский Н. Я., Михайлова Р. И. [и др.] // Гигиена окружающей среды : Сб. науч. тр. НИИОКХ им. А. Н. Сысина. – М. 1990. – С. 161 – 163.
29. Зоріна О. В. Гігієнічне обґрунтування шляхів мінімізації утворення хлорорганічних сполук при застосуванні хлору у водопідготовці : автореф. дис. на здобуття наук. ступ. канд. мед. наук : спец. 14.02.01 — гігієна / О. В. Зоріна. – К., 2006. – 19 с.
30. Процессы образования тригалометанов в водопроводных сетях Донецкой области / Дмитренко Е.А., Пономарева И.Б., Ермаченко А.Б. [и др.] // Науковий вісник Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця. – 2010. – №27. – С. 121.
31. Мокиенко А.В. Гигиеническое обоснование способа автономной дезинфекции воды и систем водоснабжения озонем на морских судах : автореф. дис.... канд. мед. наук : спец. 14.00.07 — гигиена / А.В. Мокиенко. – М., 1989. – 22 с.
32. Мокиенко А.В. Нужна ли альтернатива хлорированию воды на судах? / А.В. Мокиенко // Трета научно-практическа конференция с международно участие “Съвременни проблеми хигиенно-епидемиологичното осигуряване в транспорта”. – Варна, 1989. – С. 20 – 21.
33. Мокиенко А.В. О некоторых последствиях хлорирования питьевой воды на судах / А.В. Мокиенко, А.В. Тутова, Н.В. Стоянова // Тез. докл. Межд. науч.-практ. конф. “Человек-среда-судно” – Л., 1991. – С. 129
34. Мокиенко А.В. Эколого-гигиенические аспекты дезинфекции судовых цистерн для пресной воды / А. В. Мокиенко // Материалы отраслевой науч.- техн. конф. “ Актуальные вопросы санитарной химии и токсикологии синтетических материалов судостроительного назначения”. – С. – Петербург, 1991. – С. 83 – 84.
35. Мокиенко А.В. К вопросу о загрязнении морской воды прибрежной зоны хлорированными углеводородами / А. В. Мокиенко, Т.В. Стрикаленко, Г.Е. Палатник // Тез докл. Всес. конф. “Экологическое состояние рекреационной зоны юга Европейской части СССР”. – Кобулетти, 1990. – С. 39.

Резюме

ГАЛОГЕНВМІСНІ СПОЛУКИ (ГВС) ЯК РЕЗУЛЬТАТ ХЛОРУВАННЯ ВОДИ. ПОВІДОМЛЕННЯ ПЕРШЕ. ЗАГАЛЬНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ (ЧАСТИНА 2)
 Мокиєнко А.В., Петренко Н.Ф.

Представлено аналіз даних літератури та деяких результатів власних досліджень проблеми галогенвмісних сполук (ГВС) як побічних продуктів хлорування води.

Ключові слова: вода, очищення, хлор, галогенвмісні сполуки

Summary

HALOGEN CONTAINING SUBSTANCES (HCS) AS RESULT OF CHLORINATION OF WATER. MESSAGE FIRST. THE GENERAL CONDITION OF PROBLEM (PART 2)

Mokienko A.V., Petrenko N.F.

The analysis of data of the literature and some results of own researches of problem of halogen containing substances (HCS) as by-products of chlorination of water is presented.

Keywords: water, purification, chlorine, halogen containing substances

Впервые поступила в редакцию 30.06.2011 г. Рекомендована к печати на заседании редакционной коллегии после рецензирования