

DOI: 10.25558/VOSTNII.2024.24.22.011

УДК 614.543.3

© О. Р. Каратаев, В. А. Лашков, 2024

О. Р. КАРАТАЕВ

канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры
КНИТУ, г. Казань
e-mail: oskar_karataev@mail.ru

**В. А. ЛАШКОВ**

д-р техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой
КНИТУ, г. Казань
e-mail: valashkov1959@yandex.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ ГАЛОГЕНОРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Представлены результаты исследования экологического состояния плавательных бассейнов с целью выявления источников загрязнения галогенорганическими соединениями и установления соответствия их санитарным гигиеническим нормам. На практике обеззараживание воды плавательных бассейнов осуществляют с использованием быстрорастворимых химических веществ на основе хлора с хлоритексом в составе реагентов, обладающего стабилизирующим действием на активный хлор. Известно, что после растворения коагулянтов в воде образуются гипохлорит-ион и хлорноватистая кислота. При этом наиболее высокие концентрации хлорсодержащих реагентов наблюдались для хлоритекса, который выпускается отечественной промышленностью, а более низкие значения — для СТХ (Испания) и Хлорификс (Германия). Предложен алгоритм исследования содержания галогенорганических соединений в водной среде, согласно которому для определения содержания токсичных примесей применен метод хроматографического анализа, обладающего высокой чувствительностью к выявлению индивидуальных компонентов различных веществ. Получены результаты качественного анализа, которые свидетельствуют о высокой степени загрязнения водной среды плавательных бассейнов, что приводит к риску возникновения заболевания у людей.

Ключевые слова: ПЛАВАТЕЛЬНЫЙ БАССЕЙН, ГАЛОГЕНОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СТЕПЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ, ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ, СТЕПЕНЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ.

ВВЕДЕНИЕ

Плавательный бассейн — гидротехническое сооружение хозяйственно-бытового водоснабжения, предназначенное для проведения спортивно-оздоровительных мероприятий. Санитарно-эпидемиологические требования, предъявляемые к водным объектам подобного рода должны

соответствовать требованиям Федерального закона «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» ФЗ № 52 от 30.03.1999 г. Для того, чтобы вода плавательных бассейнов была безопасна для здоровья человека согласно СанПиН 2.1.2.568–96 предусматриваются специальные установки для очистки, обеззараживания и подогрева воды.

При подаче воды в плавательный бассейн в системе водоканалов происходит ее дезинфекция и обеззараживания с использованием различных методов, основным из которых является обработка химическими реагентами, содержащими хлор, с образованием хлорорганических соединений (например, тригалогенметаны, к которым относятся хлороформ, дибромхлорметан, дихлорбромметан и другие вещества [1, 2]), обладающих высокой токсичностью [3, 4].

Содержание в воде побочных продуктов дезинфекции зависит от природы органических веществ, присутствующих в исходной воде, температуры, дозы хлорирующих реагентов, продолжительности процесса хлорирования и других факторов [5–8].

Кроме того, в результате вторичного загрязнения воды плавательных бассейнов могут образовываться высокотоксичные вещества, такие как хлорфенолы и диоксины [9–11].

Для очистки воды плавательного бассейна обычно используют многоступенчатую рециркуляционную систему. При такой схеме воду необходимо контролировать на содержание токсичных примесей в соответствии с нормативными требованиями, установленными и утвержденными СанПиН 2.1.2.1188–03 «Плавательные бассейны» [12, 13].

Для того, чтобы водная среда соответствовала санитарным и гигиеническим нормам, производят анализ воды на содержание токсичных примесей. Данное обстоятельство является важной задачей, решение которой направлено на выявление источников загрязнения, путей их распространения, а также влияния прогнозирования токсичных веществ на экологическую систему в целом.

Обычно в водной среде концентрация загрязняющих веществ имеет низкие значения, поэтому их распознавание представляет определенные трудности, связанные с отсутствием аппаратуры, обладающей высокой чувствительностью определения.

Для контроля за содержанием токсичных примесей в воде плавательного бассейна наиболее широкое распространение получили

хроматографические методы анализа, которые позволяют определять индивидуальные компоненты различных веществ достаточно низкой концентрации [14].

В работе [15] получены результаты по определению летучих галогенорганических соединений в водной среде объектов спортивно-оздоровительного назначения методом газожидкостной хроматографии с использованием капиллярных хроматографических колонок, а концентрированных примесных соединений — путем автоматического паровозного дозирования. Анализ результатов позволил установить наличие в воде большого количества галогенорганических соединений с высокой точностью.

МЕТОДОЛОГИЯ

Исследования по выявлению хлорсодержащих соединений в воде плавательного бассейна проводили на газо-жидкостном хроматографе Perkin Lmer Calrus-580, снабженным пламенно-ионизационным детектором с нижним пределом обнаружения алканов $5 \cdot 10^{12}$ гр/с. Определение хлорпроизводных веществ осуществляли на кварцевой капиллярной колонке длиной 30 м и внутренним диаметром 0,32 мм. В колонке в качестве неподвижной фазы использовался 1,4 диметилсилоксанфенил, толщина пленки которого составляла 0,25 мкм.

Хроматографический анализ проводили в режиме программирования хроматографа физической колонки при начальной температуре 35 °С с последующим подъемом до 200 °С и выдержке при данной температуре около 7 мин. Газом-носителем являлся высокочистый азот с расходом через капиллярную колонку 1 мл/мин и делением потока 1:50.

Пробы воды из плавательного бассейна отбирали в герметичные контейнеры, а подготовку проб производили методом анализа равновесной паровой фазы при температуре 70 °С, при которой происходило достижение равновесия между водной и паровой фаз. Для дозирования пробы в инжектор газожидкостного хроматографа газ-носитель подавали через модуль программированного контроля

давления парофазного дозатора. При этом время термостатирования пробы воды в дозаторе паровой фазы составляло 30 мин, что соответствовало установлению динамического равновесия между жидкостью и паром. В этом случае для хлорорганических соединений достигаемые пределы их обнаружения составляли от 2 до 8 мкг/л, что не противоречит литературным данным [16].

Алгоритм определения галогенорганических соединений в водной среде плавательного бассейна заключается в следующем. Отбор проб воды осуществляют в металлические пробоотборники из нержавеющей стали, материал которой является инертным к влиянию на него галогенорганических соединений. Отобранную пробу воды подвергают консервации с помощью соляной кислоты и транспортируют в испытательную лабораторию, где проводят экстракционное концентрирование с последующим газохроматографическим анализом экстракта методом парофазного анализа. В качестве хлорирующих реагентов были использованы вещества, в состав которых входит хлорпроизводные изоциановой кислоты, которые характеризуются достаточно высокой биоцидной активностью и экологической чистотой. Относительно высокое дезинфицирующая способность этих препаратов достигается путем введения в состав основного действующего вещества

различных добавок, как правило, в виде хлоридов щелочных металлов. В этом случае динамическое равновесие между свободным и связанным хлором является относительно устойчивым. При этом в результате вступления в химическую реакцию свободного хлора происходит высвобождение связанного хлора в виде хлорноватистой кислоты (HClO) с восстановлением нарушенного равновесия [17–19].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В табл. 1 приведены обобщенные показатели качества воды, поступающей из плавательного бассейна по водопроводной сети. Как видно из табл. 1, при рН водной среды 7,15 наблюдается высокое содержание как связанного, так и свободного хлора. При этом сумма нефтепродуктов и поверхностно активных веществ составляет порядка 0,03 мг/л. В чаше плавательного бассейна нефтепродукты могут вступать в химическое взаимодействие с хлором, что приводит к образованию более токсичных галогенорганических соединений.

Содержание галогенорганических соединений (табл. 2), к которым относится 1,2-дихлорэтан, бромдихлорметан, бромформ, тетрахлорэтилен, 4-хлорметил углерод, хлороформ и гексахлорбензол составляет 0,049 мг/л.

Таблица 1

Обобщенные показатели качества воды, поступающей в плавательный бассейн из водопроводной сети

№ п/п	Показатели	Единица измерения	МВИ	Нормы по СанПиН 2.1.4.1074-01	Результаты анализа
1	Хлор остаточный связанный	мг/л	ГОСТ 18190-72	0,8–1,2	0,85
2	Хлор остаточный свободный	мг/л	ГОСТ 18190-72	0,3–0,5	0,95
3	Водородные показатели	рН	ПНДФ14.1:2:3:4.121-97	6,0–9,0	7,15
4	Общая минерализация	мг/л	ГОСТ 18164-72	1000	360,0
5	Общая перманганация	MnO ₂ /л	ПНДФ14.1:2:213:4.154-99	5,0	5,66
6	Химическое потребление кислорода	мг/л	ПНД Ф 14.1:2.100-97	-	32,0
7	Общая жесткость	°Ж	ГОСТ Р 52407-2005	7,0	3,90
8	Сумма нефтепродуктов	мг/л	ПНДФ14.1:2:4.128-98	0,1	0,01
9	Поверхностно-активные вещества	мг/л	ПНДФ14.1:2:4.1598-2000	0,5	0,02
10	Общая щелочность	ммоль/л	РД-52.24-493-2006	-	0–2,4

Таблица 2

Общее содержание летучих органических веществ в воде, поступающих в плавательный бассейн из водопроводной сети

№ п/п	Органические вещества	МВИ	Нормы по СанПиН 2.1.4.1074-01	Концентрация С, моль/л
1	Фенол	ПНД Ф 14.1:2:4.182-02	0,001	0,0015
2	Фенольный индекс	ПНД Ф 14.1:2:4.182-02	0,250	0,0006
3	Бензол	ФР.1.31.1999.00008	0,01	0,001
4	Толуол	ФР.1.31.1999.00008	0,50	0,001
5	Этилбензол	ФР.1.31.1999.00008	0,01	0,003
6	Орто-кислоты	ФР.1.31.1999.00008	0,05	0,001
7	1,2,4-триметилбензол	ФР.1.31.1999.00008	-	0,003
8	Бромдихлорметан	ГОСТ Р 51392-99	0,03	0,024
9	Бромформ	ГОСТ Р 51392-99	0,10	0,001
10	1,2-дихлорметан	ГОСТ Р 51392-99	-	0,006
11	Тетрахлорэтан	ГОСТ Р 51392-99	-	0,008
12	Хлороформ	ГОСТ Р 51392-99	0,20	0,009
13	Четыреххлорметил углерод	ГОСТ Р 51392-99	0,006	0,001
14	Гексахлорбензол	ГОСТ 51209-98	0,001	0,0001

Представленные данные качественного анализа свидетельствуют о высокой степени загрязнения водной среды плавательных бассейнов, что приводит к риску возникновения заболевания у людей. Так, у профессиональных пловцов при систематическом контакте как с хлорированной водой и с воздушной средой, обогащенной газообразным хлором, часто встречаются воспалительные заболевания, к которым относятся: катар верхних дыхательных путей, ангина, ринит, ларингит, трахеит, бронхит, отит, трахеобронхит, гастрит и др. [20].

Для обеззараживания воды плавательных бассейнов использован быстрорастворимый реагент на основе хлора, в состав которого входит натрий дихлоризоциандрат-дигидрид, дихлоризоциановая кислота СТХ-250, а также хлоритекс, обладающий стабилизирующим действием на активный хлор. Все реагенты в своем составе содержат около 55 % свободного хлора, а их концентрация в водной среде плавательных бассейнов зависит от природы используемого препарата и объема плавательного бассейна (рис. 1). При этом наиболее высокие концентрации хлорсодержащих реагентов наблюдаются для хлоритекса, который выпускается отечественной

промышленностью, а более низкие значения характерно для СТХ (Испания) и Хлорификс (Германия).

После растворения в водной среде плавательного бассейна хлорирующего реагента образуется гипохлорит-ион и хлорноватистая кислота. При этом оптимальный уровень pH водной среды должен составлять от 7,0 до 7,4.

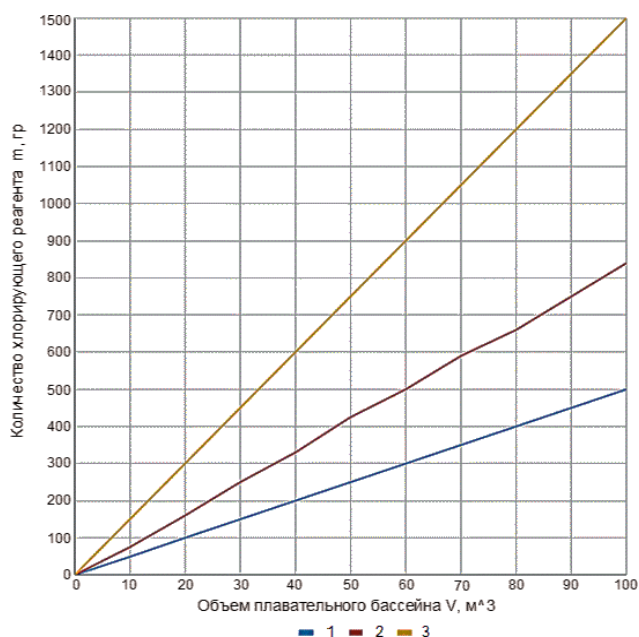
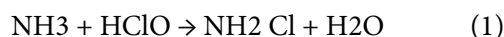


Рис. 1. Зависимость дозировки хлорирующих препаратов от объема плавательных бассейнов: 1 — Хлорификс. 2 — СТХ. 3 — Хлоритекс

Процесс образования хлорамина в водной среде плавательных бассейнов осуществляется в несколько стадий. На первой стадии образуется монохлорамин, который обладает хорошей химической устойчивостью при нормальном уровне pH:



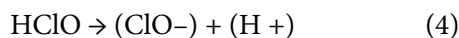
На второй стадии образуется дихлорамин, отличающийся нестабильностью и способностью относительно легко разрушаться при избыточном содержании хлора, а также в процессе окисления различными препаратами:



В то же время при нарушении технологического процесса хлорирования воды плавательных бассейнов с большим превышением содержания общего хлора, низкого уровня pH и повышенной температуры будет преимущественно протекать реакция образования трихлорида азота:



При этом хлорноватистая кислота в водной среде плавательного бассейна может диссоциировать с образованием иона водорода и гипохлорит аниона:



В процессе хлорирования водной среды плавательного бассейна газообразный хлор может мигрировать в воздушную среду. Как видно из рис. 2, количество выделяющегося газообразного хлора имеет более низкие значения для отечественного реагента хлоритекса по сравнению с зарубежными аналогами Хлорификс (Германия) и СТХ (Испания), что приводит к меньшему загрязнению воздушной среды производственных помещений плавательных бассейнов, т.е. является экологически более безопасным реагентом.

Интенсивность выделения хлора в воздушную среду для хлоритекса подтверждается также результатами определения окислительной активностью хлорирующих реагентов (табл. 1).

Анализ табл. 3 показывает, что хлорификс, состоящий из натрий дихлоризоцианурата-дегидрата, относится к наиболее активным

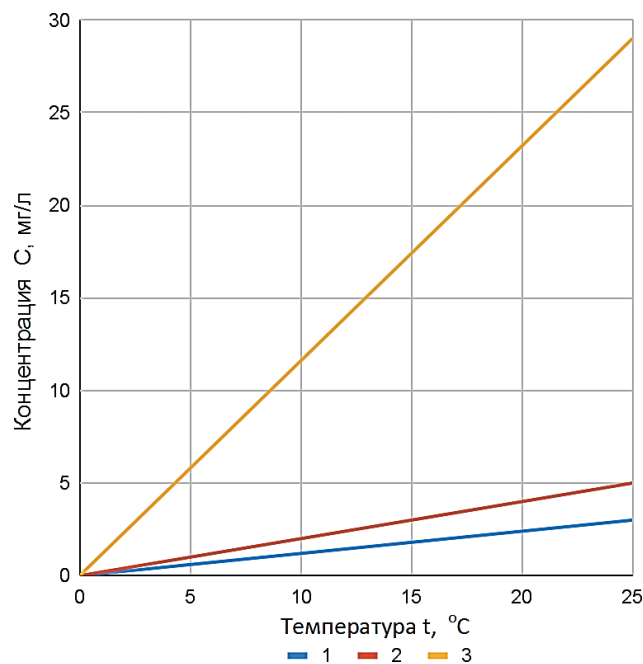


Рис. 2. Зависимость концентрации газообразного хлора, выделяющегося из химических реагентов, от температуры: 1 — Хлоритекс; 2 — Хлорификс; 3 — СТХ-250

реагентам, а хлоритекс, получаемый на основе дихлоризоцианурата, показал самую низкую активность. По этой причине у хлоритекса наблюдается более слабое выделение газообразного хлора в окружающую воздушную среду. Из табл. 3 также видно, что вода проявляет относительно слабую окислительную активность, которая незначительно подвергается при обработке ее озоном. Повышение окислительной активности воды, обработанной озоном, очевидно связано с повышением концентрации свободных радикалов, образующихся в результате деструкции озона.

Для более детальной оценки степени загрязнения водной среды плавательных бассейнов были определены критические дозы загрязняющих веществ, поступающих в организм человека в процессе проведения водных процедур.

С этой целью газохроматическим методом с использованием высокоэффективной капиллярной колонны определяли концентрации галогенорганических соединений, загрязняющих водную среду плавательных бассейнов, результаты которых приведены в табл. 4.

Как видно из табл. 4, галогенорганические вещества относятся к различным классам

опасности и в разной степени влияют на органы человека. Выявлены вещества, относящиеся к первому классу опасности: хлорэтилен, хлороформ, 1,2-дихлорэтан, бромхлорметан.

Эти токсичные вещества имеют достаточно низкую температуру кипения от $-13,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ для хлорэтилена до $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ для бромдихлорметана, что усиливает их экологическую

Таблица 3

Результаты определения окислительной активностью хлорирующих реагентов:
(S_x — стандартное отклонение среднего результата, S — средние квадратичные ошибки отдельных определений, $E_{откл}$ — относительная ошибка определений, %)

№ п/п	Хлорирующий реагент	Окислительная активность г рутина/100 мл р-ра	S_x	S	$E_{откл}$, %
1	Хлорификс	$62,5 \pm 1,27$	0,008	0,51	2,04
2	СТХ-250	$61,21 \pm 1,13$	0,007	0,46	1,85
3	Хлоритекс	$47,61 \pm 0,007$	0,001	0,03	0,15
4	Исходная вода	$2,44 \pm 0,007$	0,01	0,03	2,87
5	Озонирующая вода	$3,18 \pm 0,08$	0,01	0,03	1,79

Таблица 4

Критические дозы загрязняющих веществ, поступающих в организм человека в процессе проведения водных процедур в плавательном бассейне

№ п/п	Вещество	$T_{кип}$, $^{\circ}\text{C}$	C , мг/дм ³	ПДК, мг/дм ³	Превышение ПДК К, %	Класс опасности	Степень воздействия мг/м ³	Поражаемые органы человека
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Дифторхлорэтан	-40,8	0,001	10	-	4	-	Органы дыхания
2	Дифтордихлорметан	-29,8	0,01	10	-	4	-	Органы дыхания
3	Хлорметан	-24,2	0,01	-	-	2	1	Центральная нервная система
4	Хлорэтилен	-13,7	0,01	0,005	100	1	0,061	Канцерогенное воздействие
5	Хлорэтан	12,3	0,01	0,2	-	4	-	Печень, почки
6	Фтордихлорметан	23,8	0,016	-	-	3	-	Печень, почки
7	1,1-Дихлорэтилен	31,8	0,003	0,003	-	2	0,1	Центральная нервная система
8	2-Хлорпропен	36,3	0,002	0,001	100	2	-	Печень, почки
9	Дихлорметан	40	1	0,02	4900	3	0,02	Центральная нервная система
10	1-Хлорпропан	46,9	0,012	0,001	1100	2	-	Центральная нервная система
11	транс-1,2-Дихлорэтилен	47,5	0,001	0,05	-	3	0,05	Печень, почки
12	1,1-Дихлорэтан	57,3	0,001	0,003	-	2	-	Канцерогенное воздействие
13	цис-1,2-Дихлорэтилен	60,3	0,001	-	-	2	-	Канцерогенное воздействие
14	Хлороформ	63,6	0,024	0,06	-	1	0,49	Органы дыхания
15	Бромхлорметан	70	0,001	-	-	2	-	Органы дыхания
16	Тетрахлорметан	76,5	0,018	0,002	800	2	1,3	Печень, почки
17	Бензол	80,1	0,001	0,001	-	2	0,15	Иммунная система
18	1,2-Дихлорэтан	83,5	0,002	0,03	-	1	0,09	Иммунная система

№ п/п	Вещество	T _{кип} , °С	C, мг/дм ³	ПДК, мг/дм ³	Превышение ПДК К, %	Класс опасности	Степень воздействия мг/м ³	Поражаемые органы человека
1	2	3	4	5	6	7	8	9
19	Трихлорэтилен	86,9	0,002	0,005	-	3	0,005	Центральная нервная систем
20	Бромдихлорметан	90	0,002	0,03	-	1	0,098	Печень, почки
21	1,2-Дихлорпропан	96,4	0,006	0,02	-	3	0,02	Органы дыхания
22	Бромтрихлорметан	104,7	0,001	0,03	-	2	0,2	Канцерогенное воздействие
23	Хлорпентан	107,9	0,001	-	-	2	0,4	Органы дыхания
24	1,1,2-Трихлорэтан	108	0,001	0,005	-	2	0,07	Сердечно сосудистая система
25	2-Метил-1,2-Дихлорпропан	108	0,002	0,4	-	3	0,4	Органы дыхания
26	Толуол	111	0,001	0,024	-	3	0,024	Органы дыхания
27	Дибромхлорметан	120	0,001	0,03	-	2	-	Канцерогенное воздействие
28	Тетрахлорэтилен	128,4	0,002	0,005	-	2	1,4	Печень, почки
29	1,1,1,2-Тетрахлорэтан	130,5	0,001	0,2	-	3	0,2	Органы дыхания
30	Хлорбензол	132	0,003	0,02	-	2	-	Иммунная система
31	Дибромдихлорметан	135	0,001	0,02	-	2	0,03	Центральная нервная систем
32	1,1,2,2-Тетрахлорэтан	147	0,001	0,2	-	3	0,2	Органы дыхания
33	Пентахлорэтан	162	0,003	-	-	2	-	Иммунная система

опасность, т.к. они легко испаряются с поверхности водной среды плавательных бассейнов, что приводит к их негативному воздействию на дыхательные органы человека. При этом хлорэтилен может оказывать канцерогенное воздействие на органы человека, хлороформ поражает органы дыхания, 1,2-дихлорэтан воздействует на иммунную систему, бромхлорметан поражает печень и почки. Большое количество загрязняющих водную среду плавательных бассейнов соединений относят ко второму классу опасности. При этом комплексном воздействии на организм человека всех этих галогенорганических веществ трудно спрогнозировать последствия.

На рис. 3 приведены зависимости степени поражения внутренних органов человека от концентрации токсичных веществ, образующихся в плавательном бассейне в результате хлорирования воды. Как видно из рис. 3, наиболее сильно поражаются органы дыхания, печень, почки, в меньшей степени иммунная и сердечно-сосудистая системы организма человека.

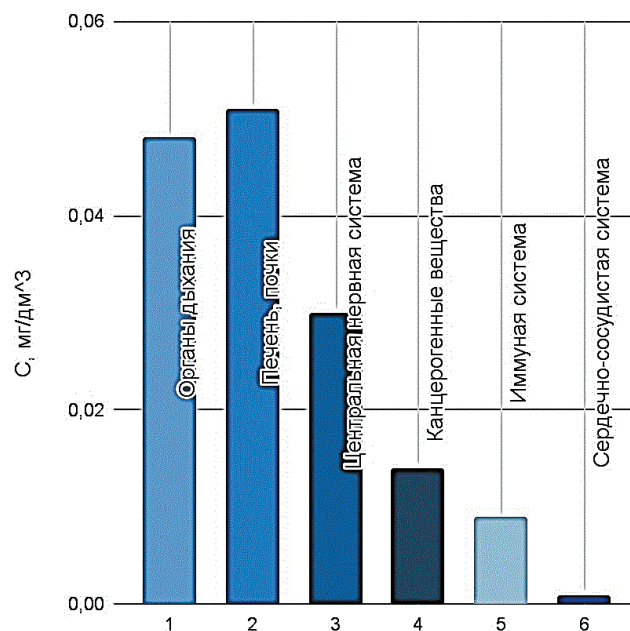


Рис. 3. Зависимость степени поражения внутренних органов человека от концентрации токсичных веществ, образовавшихся в плавательных бассейнах в результате хлорирования воды: 1 — органы дыхания, 0,048 мг/дм³; 2 — печень, почки, 0,051 мг/дм³; 3 — центральная нервная система, 0,030 мг/дм³; 4 — канцерогенные вещества, 0,014 мг/дм³; 5 — иммунная система, 0,009 мг/дм³; 6 — сердечно-сосудистая система, 0,001 мг/дм³

ВЫВОДЫ

По результатам газохроматографического анализа воды плавательных бассейнов проведена комплексная оценка степени ее загрязненности в соответствии с методикой, опубликованной в литературе [21]. Установлено, что превышение норм ПДК для воды плавательного бассейна, наблюдается по пяти ингредиентам химического состава воды из тридцати трех определяемых показателей. Наибольшую долю в общую оценку степени

загрязненности воды вносят галогенорганические соединения, что позволяет отнести их к критическим показателям загрязненности воды, на которых необходимо обратить особое внимание при планировании и проектировании системы водоподготовки плавательных бассейнов.

Таким образом, степень загрязненности воды плавательных бассейнов характеризуется как экстремально высокая, что обусловлено наличием высокотоксичных соединений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Symons J. M., Bellar T. A., Carswell J. K. National Organics reconnaissance survey for halogenated organics // American Water Works Association. 1975. Vol. 67. P. 634–547.
2. Reckhow D. A. Singer P. C., Malcolm R. J. Chlorination of humic materials: Byproduct formation and chemical interpretations // Environmental Science and Technology. 1990. Vol. 24. No. 11. P. 1655–1664.
3. Richardson S. D., Thruston A. D., Caghran T. V., Chen P. H., Collette T. W., Sehenek K. M., Likins B. W., Ravacha C. V. Identification of new drinking water disinfection byproducts from osone, chlorine dioxide, chloramine and chlorine // Water, Air, and Soil Pollution. 2000. Vol. 123. P. 95–102.
4. Richardson S. D. Disinfection byproduct and often emerging contaminants in drinking water // Trends in Analytical Chemistry. 2003. Vol. 22. P. 666–684.
5. Кириченко В. Е., Первова М. Г., Пашкевич К. И., Галогенорганические соединения в питьевой воде и методы их определения // Российский химический журнал. 2002. Т. XLVI. № 4. С. 18–27.
6. Витенберг А. Г., Дебряков Ю. Г., Кононенко Л. А., Максакова И. Б. Проблемы контроля содержания примесей летучих галогенпроизводных углеводородов в водопроводных и сточных водах // Журнал аналитической химии. 2011. Т. 66. № 8. С. 859–869.
7. Wecenberg H. Disinfection by-products in drinking water — The Analytical Challenge // Analytical Chemistry. 1999. Vol. 71. P. 1013–1022.
8. Cellini Legittimo P., Peruzzi P., Pantani F. Valutazione comparative di trattamenti di disinfezione sullaegua in uscita da impianti di depurazione // Pif. Ital. Ig. 1987. No. 6. P. 135–146.
9. Федоров Л. А. Диоксины как экологическая опасность: ретроспектива и перспектива. М.: Наука, 1993. 266 с.
10. Петросян В. С. Диоксины в окружающей среде // Экология промышленности. 1999. № 11. С. 34–38.
11. Петухова Е. О. Методы обеззараживания воды в плавательном бассейне // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2017. Т. 8. № 2. С. 36–51.
12. Жарков А. В. Особенности применения технологии очистки и обеззараживания воды в бассейнах // Сантехника. 2013. № 1. С. 10–54.
13. Яшин Я. И., Яшин А. Я. Новые возможности определения загрязнителей питьевых вод хроматографическими методами // Журнал аналитической химии. 1999. Т. 54. № 9. С. 949–956.
14. Другов Ю. С., Родин А. А. Газохроматографическая идентификация загрязнения воздуха, воды и почвы. Практическое руководство. СПб.: Изд-во Теза, 1999. 622 с.
15. Каратаев О. Р., Танеева А. В., Новиков В. Ф. Хроматографическое определение галогенорганических соединений в воде плавательного бассейна // Сорбционные и хроматографические процессы. 2021. Т. 21. № 4. С. 591–599.

16. Pourmoghaddas H., Stevens A.A. Relationship between trihalomethanes and haloacetic acids with total organic halogen during chlorination // *Water Research*. 1995. Vol. 29. No. 9. P. 2059–2062.
17. Arai H., Arai M., Sakumoto A. Major aqueous chlorination products of oxidized fulvic acid // *Chem. Lett*. 984. Vol. 8. P. 1435–1436.
18. Christman R. F., Norwood D. J., Millington D. S. Identify and yields of major halogenated products of aquatic fulvic acid chlorination // *Environ Sci. Technol*. 1983. Vol. 17. No. 10. P. 625–628.
19. Гладков В.Н. Заболевание пловцов // *Журнал плавания*. 2001. С. 85–88.
20. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. 2004. 143 с.
21. РД 52.24.643 2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Ростов-на-Дону. 2002. 50 с.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2024.24.22.011

UDC 614.543.3

© O. R. Karataev, V. A. Lashkov, 2024

O. R. KARATAEV

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department
KNITU, Kazan
e-mail: oskar_karataev@mail.ru

V. A. LASHKOV

Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Head of the Department
KNITU, Kazan
e-mail: valashkov1959@yandex.ru

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF WATER POLLUTION OF SWIMMING POOLS WITH ORGANOHALOGEN COMPOUNDS

The results of a study of the condition of swimming pools in order to identify the sources of pollution with organohalogen pollutants and establish their compliance with sanitary and hygienic standards are presented. In practice, the disinfection of swimming pool water is carried out using rapidly soluble chemicals based on chlorine with chloritex in the composition of reagents that have a stabilizing effect on active chlorine. It is known that after the dissolution of coagulants in water, hypochlorite ion and hypochlorous acid are formed. At the same time, the highest concentrations of chlorine-containing reagents were observed for chloritex, which is produced by the domestic industry, and lower values are typical for CTX (Spain) and Chlorifix (Germany). An algorithm for studying the content of organohalogen compounds in an aqueous medium is proposed, according to which a chromatographic analysis method with high sensitivity to the detection of individual components of various substances is used to determine the content of toxic impurities. The results of qualitative analysis have been obtained, which indicate a high degree of pollution of the aquatic environment of swimming pools, which leads to the risk of disease in humans.

Keywords: SWIMMING POOL, ORGANOHALOGEN COMPOUNDS, DETERMINATION METHOD, DEGREE OF CONTAMINATION, MAXIMUM PERMISSIBLE CONCENTRATION, DEGREE OF EXPOSURE.

REFERENCES

1. Symons J. M., Bellar T. A., Carswell J. K. National Organics reconnaissance survey for halogenated organics // American Water Works Association. 1975. Vol. 67. P. 634–547.
2. Reckhow D. A. Singer P. C., Malcolm R. J. Chlorination of humic materials: Byproduct formation and chemical interpretations // Environmental Science and Technology. 1990. Vol. 24. No. 11. P. 1655–1664.
3. Richardson S. D., Thruston A. D., Coughran T. V., Chen P. H., Collette T. W., Sehenek K. M., Likins B. W., Ravacha C. V. Identification of new drinking water disinfection byproducts from ozone, chlorine dioxide, chloramine and chlorine // Water, Air, and Soil Pollution. 2000. Vol. 123. P. 95–102.
4. Richardson S. D., Disinfection byproduct and often emerging contaminants in drinking water // Trends in Analytical Chemistry. 2003. Vol. 22. P. 666–684.
5. Kirichenko V. E., Pervova M. G., Pashkevich K. I., Organohalogen compounds in drinking water and methods for their determination, Russian Chemical Journal. 2002. Vol. XLVI. No. 4. P. 18–27.
6. Wittenberg A. G., Dobryakov Yu. G., Kononenko L. A., Maksakova I. B. Problems of controlling the content of impurities of volatile halogen derivatives of hydrocarbons in tap and wastewater // Journal of Analytical Chemistry [Zhurnal analiticheskoy khimii]. 2011. Vol. 66. No. 8. P. 859–869. [In Russ.].
7. Wecenberg H. Disinfection by-products in drinking water — The Analytical Challenge // Analytical Chemistry. 1999. Vol. 71. P. 1013–1022.
8. Cellini Legittimo P., Peruzzi P., Pantani F. Valutazione comparativa di trattamenti di disinfezione sull'acqua in uscita da impianti di depurazione // Pif. Ital. Ig. 1987. No. 6. P. 135–146.
9. Fedorov L. A. Dioxins as an environmental hazard: retrospective and perspective. M.: Nauka, 1993. 266 p. [In Russ.].
10. Petrosyan V. S. Dioxins in the environment // Ecology of industry [Ekologiya promyshlennosti]. 1999. No. 11. P. 34–38. [In Russ.].
11. Petukhova E. O. Methods of water disinfection in the swimming pool // Bulletin of PNRPU. Construction and architecture [Vestnik PNIPU. Stroitelstvo i arkhitektura]. 2017. Vol. 8. No. 2. P. 36–51. [In Russ.].
12. Zharkov A. V. Features of the application of technology for cleaning and disinfecting water in pools // Sanitary engineering [Santekhnika]. 2013. No. 1. P. 10–54. [In Russ.].
13. Yashin Ya. I., Yashin A. Ya. New possibilities for the determination of drinking water pollutants by chromatographic methods // Journal of Analytical Chemistry [Zhurnal analiticheskoy khimii]. 1999. Vol. 54. No. 9. P. 949–956. [In Russ.].
14. Drugov Yu. S., Rodin A. A. Gas chromatographic identification of air, water and soil pollution. Practical guide. St. Petersburg: Teza Publishing House, 1999. 622 p. [In Russ.].
15. Karataev O. R., Taneeva A. V., Novikov V. F. Chromatographic determination of organohalogen compounds in swimming pool water // Sorption and chromatographic processes [Sorbtsionnyye i khromatograficheskiye protsessy]. 2021. Vol. 21. No. 4. P. 591–599. [In Russ.].
16. Pourmoghaddas H., Stevens A.A. Relationship between trihalomethanes and haloacetic acids with total organic halogen during chlorination // Water Research. 1995. Vol. 29. No. 9. P. 2059–2062.
17. Arai H., Arai M., Sakumoto A. Major aqueous chlorination products of oxidized fulvic acid // Chem. Lett. 984. Vol. 8. P. 1435–1436.
18. Christman R. F., Norwood D. J., Millington D. S. Identify and yields of major halogenated products of aquatic fulvic acid chlorination // Environ Sci. Technol. 1983. Vol. 17. No. 10. P. 625–628.
19. Gladkov V.N. Disease of swimmers // Journal of swimming [Zhurnal plavaniya]. 2001. P. 85–88. [In Russ.].
20. Guidelines for assessing the risk to public health from exposure to chemicals that pollute the environment. M.: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of Russia. 2004. 143 p. [In Russ.].
21. Guiding document RD 52.24.643 2002. A method for a comprehensive assessment of the degree of pollution of surface waters according to hydrochemical indications. Rostov-on-Don. 2002. 50 p. [In Russ.].