

Одной из задач обеспечения экологической безопасности плавательных бассейнов и аквапарков является достаточно полная очистка вод от сопутствующих примесей загрязняющих веществ, которые в настоящее время, в большинстве случаев, осуществляется путем ее обработки различными химическими и физическими методами [1]. Загрязнение водной среды плавательных бассейнов повышает опасность негативного влияния на организм человека, так как многие поллютанты относятся к токсичным веществам [2-3]. Наибольшую опасность представляют галогенорганические соединения, которые образуются при хлорировании природных вод в результате взаимодействия элементарного хлора с присутствующими в воде в качестве примесей гуминовых кислот, сульфокислотами и нефтепродуктами. Наиболее многочисленную группу галогенорганических соединений составляют тригалогенаты, хлороформ, бромформ, дибромхлорметан, дихлорбромметан, которые образуются при обработке питьевой воды дезинфицирующими реагентами. Кроме того в водах, обработанными хлорирующими реагентами были обнаружены хлорированные кетоны, хлорацетонитрилы, хлоруксусные кислоты, хлораль, хлоракрин, хлорфенолы и другие загрязнители [4-5]. Было установлено, что на процесс образования хлорорганических соединений в водной среде оказывает влияние много факторов, к числу которых относится природа органических веществ в исходной воде, доза хлорирующего агента, продолжительность процесса хлорирования, pH среды, температура, время года. При этом возможна дальнейшая деструкция галогенорганических соединений в системе водоснабжения в более токсичные соединения [6]. Таким образом, экологическая безопасность объектов культурно-бытового назначения определяется как составом воды источников водоснабжения, так и наличием химических веществ, образующихся в результате проведения процесса водоподготовки, т.е. вторичное загрязнение. Обычно при стандартной реакции хлорирования в воде образуются тригалогенметаны, отличающиеся повышенной токсичностью для организма человека [7-8]. Среди этих тригалогенметанов наиболее вероятно образование хлороформа, содержание которого является на несколько порядков более высоким, чем других галогенорганических соединений. Кроме того, возможно образования низкомолекулярных фенолов в процессе их гидролитической или микробиологической деструкции, с последующей трансформацией на стадии обеззараживания воды в хлоропроизводные фенолов [9]. Для разработки и совершенствования технологии водоподготовки объектов культурно-бытового назначения необходимо регулярно проводить анализ воды на содержание токсичных примесей, что позволит выявлять источники загрязнения, пути миграции загрязняющих веществ с целью устранения и предупреждения негативного влияния на организм человека [10]. Определение концентрации примесных соединений в водной среде является достаточно сложной задачей, решение

которой невозможно без наличия современной аппаратуры. Как правило, при нормировании качество водной среды, концентрация анализируемого поллютанта связывается с ПДК этого компонента, или с содержанием его в воде до сброса в очистные сооружения. При этом нижние границы определяемых концентраций объектов культурно бытового назначения не должны превышать 0,1 мг/дм³, что предъявляет высокие требования к чувствительности методов анализа. Поэтому физико-химический анализ водной среды объектов культурно бытового назначения позволяет выявить загрязняющие вещества, определить их концентрацию в водных объектах, оценить уровень загрязнения токсичными примесями и предоставить информацию об источниках миграции химических веществ и путях их попадания в водную среду [11]. Для определения хлорорганических соединений в воде плавательных бассейнов в настоящей работе был использован, статистический парофазный анализ, так как в системе «водная-газовая фаза» рассматривается равновесное распределение. При этом концентрация компонентов в водной фазе равна их содержанию в газовой фазе [12]:

$$C_1 = K \cdot C_2$$

где C_1 – концентрация веществ в жидкой фазе, C_2 – концентрация веществ в газовой фазе, K – коэффициент фазного распределения. В этом случае коэффициент фазного распределения хлорорганических соединений можно определить как:

$$K = \frac{C_1}{C_2} = \frac{V_1}{V_2} \cdot \frac{m_1}{m_2}$$

где V_1 и V_2 – молярные доли компонента при его равновесии в газовой и водной фазы соответственно. Для выполнения условий равновесности, необходимо наличие линейной зависимости концентраций компонента, между жидкой и газовой фазами, что и наблюдалось в наших условиях. Условием фазового равновесия является равенство химических потенциалов из n -компонента из m -равновесных фаз.

$$\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_m$$

(3) При этом между концентрациями компонентов первой и второй фазами существует зависимость:

$$C_1 = f(C_2)$$

(4) Эта зависимость говорит о том, что количественный состав одной фазы можно определить, зная концентрации компонентов в другой. Для определения состава хлорорганических соединений использовали анализ паровой фазы, находящейся в равновесном состоянии с водной средой. Газохроматографический анализ проводили на хроматографе «Кристаллюкс-400» с электронно захватным детектором, обладающий хорошей селективностью к хлорорганическим соединениям. Равновесное состояние достигалось при температуре 40 °C в течение 30 минут. В качестве сорбента использовали оксид диэтила -2-цианэтил-фосфина структурной формулы $(C_2H_5)_2P(O)-CH_2CH_2CN$, который в количестве 15% от массы был нанесен на твердый носитель Хроматон N. В таблице 1 приведены физико-химические свойства легкокипящих хлорорганических соединений, наличие которых было определено в воде плавательных бассейнов. Количественное содержание хлорорганических соединений рассчитывали по методу внутреннего стандарта:

$$C_x = \frac{A_x}{A_s} \cdot C_s$$

(5) где A_x и A_s – площади пиков хлороформа до и после добавления фиксированного количества его к исходной смеси; C_s – соответствующие площади пиков другого компонента – отношение массы

добавляемого вещества к массе исходной смеси. Таблица 1 - Легкокипящие хлорорганические соединения, загрязняющих водную среду плавательных бассейнов

Название	Структура	М	Смг/л	Хлорэтан	НЗСН ₂ Сl	12,0	64	0,012
Дихлорэтан	H ₂ CCl ₂	40,0	85	0,024	1,1- дихлорэтан	H ₃ CCN ₂ Cl ₂	57,3	99 0,014
Хлороформ	CHCl ₃	61,0	119	0,084	Четыреххлористый углерод	CCl ₄	76,0	154 0,026
1,2- дихлорэтан	ClCH ₂ CH ₂ Cl	83,5	99	0,008	Как видно из табл. 1 из всех исследуемых соединений, наиболее высокая концентрация наблюдается у хлороформа. Скорость перехода хлороформа из воды плавательного бассейна в воздушную среду увеличивается с повышением температуры, а его период полураспада в воздухе составляет от 0,5 до 1 года. Концентрирование мигрирующих в воздушную среду хлорорганических соединений зависит от многих факторов, к числу которых относится природа применяемого при хлорировании реагента и его концентрация, температура процесса, скорость воздухообмена и др. Для описания многофакторного процесса водоподготовки плавательных бассейнов с использованием хлора применяют статистические методы многомерного планирования с целью прогнозирования оптимальных доз хлора. В качестве исходного параметра взят результат обработки воды различными хлорирующими реагентами в зависимости от объема бассейна.			