



Москва

Тел./Факс: **8 (800) 100-123-7** (Звонки по России бесплатно);
+7 (495) 617-19 -45, -46, -47, -48; +7(499) 795-77-86

E-mail: svarog@svarog-uv.ru

Водоочистка, водоподготовка и обеззараживание воды в бассейне.

По материалам статьи опубликованная в журнале Сантехника №4/2003 **Г.И. Рогожкина**, канд. техн. наук, главный технолог ООО «Эктос Аква», профессор МАрхИ.

Наличие и интенсивное использование бассейнов является объективной реальностью, характеризующей современный образ жизни в развитых странах. В последние годы общественные бассейны и аквапарки активно сооружаются и эксплуатируются и в России. Все большее распространение получают частные купальные бассейны. В настоящей статье кратко анализируются основные положения и требования существующих нормативных документов в отношении водного хозяйства бассейнов и приводятся соображения по организации и эксплуатации оборотных (рециркуляционных) систем применительно к отечественной практике.

Подавляющее большинство бассейнов использует пресную воду. При этом, учитывая высокую стоимость, а в некоторых случаях и дефицит свежей воды, обычно бассейны работают по рециркуляционному принципу. Это означает, что система водоснабжения бассейна является оборотной, включающей собственно ванну и установки водоочистки, обеззараживания и подогрева воды, а также системы наполнения и пополнения свежей водой и отвода отработанной воды (продувки).

Качество воды в ванне бассейна должно обеспечивать эпидемическую безопасность в отношении грибковых, вирусных, бактериальных и паразитарных заболеваний, передаваемых через воду, и предупреждать возможности вредного влияния химического состава воды на организм человека, в том числе раздражающего действия на слизистые и кожу и интоксикацию при поступлении вредных веществ при дыхании, через неповрежденную кожу и при заглатывании воды. Одновременно необходимо по возможности удовлетворять эстетические требования к качеству воды.

В соответствии с указанными требованиями установки водоочистки и обеззараживания воды в бассейне (оборотной воды) должны обеспечивать удаление механических загрязнений (песка и пыли), обезвреживание растворенных и коллоидных загрязнений, вносимых купающимися и поступающих из воздуха, и обеззараживание микроорганизмов. При этом концентрации вредных веществ, которые могут образовываться в результате химических реакций загрязнений воды с используемыми для обеззараживания реагентами, должны поддерживаться в допустимых пределах, а концентрации вредных веществ, которые не обезвреживаются в процессе водоочистки, должны поддерживаться в допустимых пределах за счет подпитки (пополнения) свежей водой в процессе эксплуатации и отвода (продувки) отработанной воды.

Выполнение указанных требований является достаточно сложной инженерно-экономической задачей. Единообразного подхода к решению этой задачи, на наш взгляд, еще не выработано. Это создает трудности при проектировании и сооружении водоочистных установок и при согласовании принятых решений с органами Госсанэпиднадзора, положительное заключение которых необходимо при вводе в эксплуатацию вновь построенных или реконструированных, а также подвергнутых перепланировке или переоборудованию плавательных бассейнов.

В России гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды плавательных бассейнов до 1 мая 2003 года нормировались СанПиН 2.1.2.568-96 [1]. С 1 мая 2003 года введен в действие СанПиН 2.1.2.1188-03 [2]. В статье будут рассмотрены оба эти документа, т. к. по некоторым вопросам их требования существенно отличаются друг от друга.

Одновременно будут проанализированы требования немецких стандартов DIN 19643-1 [3], DIN 19643-2 [4] и DIN 19643-3 [5], на которые довольно часто ссылаются поставщики и продавцы импортного (немецкого, испанского, итальянского, финского и пр.) водоочистного оборудования для бассейнов. Это оборудование, продаваемое вроссыпь и комплектно и часто монтируемое «под ключ», широко используется в частных бассейнах, а нередко и в общественных.

Общие требования всех указанных нормативных документов [1–3] сводятся к тому, что свежая вода, используемая для заполнения и пополнения бассейнов, должна отвечать требованиям к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. В России эти требования нормируются СанПиН 2.1.4.1074-01 [6]. При этом в немецком стандарте [3] особо оговаривается, что свежая вода должна подвергаться дополнительной предварительной обработке в случаях, если она содержит повышенные концентрации гуминовых веществ, более 0,1 мг/л железа, более 0,05 мг/л марганца, более 2 мг/л аммония и более 0,005 мг/л полифосфатов в расчете на фосфор. Необходимо отметить, что в России для питьевой воды [6] предельно допустимая концентрация железа 0,3 мг/л, марганца 0,1 мг/л и полифосфатов 3,5 мг/л по PO_4^{3-} (что соответствует 1,14 мг/л в расчете на фосфор) значительно выше. Но, на наш взгляд, это не имеет принципиального значения.

Требования российских и немецких нормативных документов к качеству оборотной воды в ваннах бассейнов представлены ниже в таблице.

Таблица. - Показатели и нормативы качества воды в ванне бассейна в процессе эксплуатации.

Показатель	Размерность	Нормативы			
		СанПиН 2.1.2.568-96	СанПиН 2.1.2.1188-03	DIN 19643-1	
				Минимум	Максимум
Физико-химические показатели					
Мутность	мг/л	Не более 2	Не более 2	-	-
Цветность	град.	Не более 20	Не более 20	-	-
Запах	балл	Не более 3	Не более 3	-	-
Хлориды	мг/л	Допускается увеличение не более, чем на 200 мг/л по сравнению с исходным содержанием	Не более 700 (при обеззараживании воды гипохлоритом натрия, получаемым электролизом поваренной соли)	-	-
Азот аммиака	мг/л	Допускается увеличение не более, чем в 2 раза по сравнению с исходным содержанием	-	-	-
Остаточный свободный хлор (при хлорировании)	мг/л	Не менее 0,5	Не менее 0,3 – не более 0,5	0,3	0,6
Остаточный свободный хлор после УФ-излучения или после озонирования	мг/л	-	0,1–0,3	-	-
Связанный хлор	мг/л	-	-	-	0,2
Остаточный бром (при бромировании)	мг/л	0,8–1,5	0,8–1,5	-	-
Остаточный озон (при озонировании)	мг/л	Не менее 0,1	Не более 0,1 (перед поступлением в ванну бассейна)	-	-
Хлороформ или тригалогенметан в пересчете на хлороформ (при хлорировании)	мг/л	-	Не более 0,1	-	0,02
Формальдегид (при озонировании)	мг/л	-	Не более 0,05	-	-
Окрашивание (определение спектрального коэффициента поглощения при $\lambda = 436 \text{ нм}$)	1/м	-	-	-	0,5
Помутнение (измерение по DIN FN 27027 в единицу помутнения FNU)	FNU	-	-	-	0,5
Прозрачность	-	-	-	Безударивная видимость по всему дну бассейна	
pH	-	-	-	6,5	7,6
Нитраты сверх концентрации в свежей воде	мг/л	-	-	-	20
Окисляемость Mn VII-II сверх показателя свежей воды в расчете на O_2	мг/л	-	-	-	0,75
Расход $KMnO_4$ сверх показателя для свежей воды в расчете на $KMnO_4$	мг/л	-	-	-	3
Окислительно-восстановительный потенциал при $6,5 \leq pH \leq 7,3$ при $7,3 \leq pH \leq 7,6$	мВ	-	-	750 770	- -
Окислительно-восстановительный потенциал для воды, содержащей бромиды или йодиды свыше 0,5 мг/л	мВ	-	-	Величина определяется экспериментальным путем	
Микробиологические показатели					
Основные					
Общие колиформные бактерии	1/100 мп	Не должны обнаруживаться	Не более 1	-	-
Термотолерантные колиформные бактерии	1/100 мп	Не должны обнаруживаться	Отсутствие	-	-
Калифаги	1/100 мп	Не более 2	Отсутствие	-	-
Золотистый стафилококк (<i>Staphylococcus aureus</i>)	1/100 мп	-	Отсутствие	-	-
Лецитиназоположительные стафилококки	1/100 мп	Не должны обнаруживаться	-	-	-
Дополнительные					
Возбудители кишечных инфекций	-	-	Отсутствие	-	-
Возбудители инфекционных заболеваний	1/1000 мп	Не должны обнаруживаться	-	-	-
Синегнойная палочка (<i>Pseudomonas aeruginosa</i>)	1/100 мп	-	Отсутствие	-	-
Синегнойные палочки	1/1000 мп	Не должны обнаруживаться	-	-	-

Паразитологические показатели					
Цисты лямблий (<i>Giardia intestinalis</i>)	1/50 л	Не должны обнаруживаться	Отсутствие	-	-
Яйца и личинки гельминтов	1/50 л	Не должны обнаруживаться	Отсутствие	-	-
Микробиологические показатели в терминологии, принятой в DIN 19643-1					
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> при (36 ± 1) °C	1/100 мл	-	-	-	Не определяются
<i>Escherichia coli</i> при (36 ± 1) °C	1/100 мл	-	-	-	Не определяются
<i>Legionella pneumophila</i> при (36 ± 1) °C	1/мл	-	-	-	Не определяются
Микроорганизмы, образующие колонии при (20 ± 2) °C	1/мл	-	-	-	100
Микроорганизмы, образующие колонии при (36 ± 1) °C	1/мл	-	-	-	100

Сопоставление этих требований позволяет констатировать наличие некоторых противоречий и особенностей, которые вызывают затруднения при проектировании и эксплуатации бассейнов и которые было бы полезно устранить при доработке нормативов.

В частности, вызывает сомнения целесообразность требований отечественных СанПиН [1, 2] в отношении хлоридов и немецкого DIN [3] в отношении нитратов. Действительно, предельно допустимая концентрация хлоридов в питьевой воде 350 мг/л. СанПиН [1, 2] распространяют свои требования и на бассейны с морской водой, в которой концентрация хлоридов многократно превышает 350 мг/л. Какой резон в таком случае ограничивать возможность увеличения концентрации хлоридов в бассейнах с пресной водой не более, чем на 200 мг/л в одном случае и до 700 мг/л в другом?

Аналогично можно рассуждать и в отношении нитратов, предельно допустимая концентрация которых в питьевой воде 45 мг/л и прирост концентрации которых в [3] ограничивается 20 мг/л. По-видимому, требования по хлоридам и нитратам можно было бы снять, как это уже сделано в [2] по сравнению с [1] в отношении азота аммиака. В самом деле, учитывая, что нормативами предусматривается обновление (подпитка) свежей водой из расчета 50 л [2] или 30 л [3] на одного купающегося, концентрации хлоридов, нитратов и азота аммиака в воде бассейна вряд ли достигнут величин, угрожающих здоровью человека.

Вызывает интерес, но не находит объяснения, почему концентрация остаточного свободного хлора в [1] устанавливалась на уровне не менее 0,5 мг/л, а в [2] – в пределах от 0,3 до 0,5 мг/л, в то время как в [3] принята концентрация в пределах 0,3–0,6 мг/л.

Такой же интерес вызывают и противоречивые требования в отношении концентрации остаточного озона в воде, которая в [1] нормировалась на уровне не менее 0,1 мг/л, а в [2] – не более 0,1 мг/л.

Кроме того, следует отметить, что требование по хлороформу (или тригалогенметанам в пересчете на хлороформ), который может образовываться при хлорировании, в немецком стандарте [3] в 5 раз жестче, чем в последних российских СанПиН [2] (0,02 мг/л против 0,1 мг/л).

В то же время в российском документе [2] присутствует норматив по формальдегиду, который может образовываться при озонировании, а в немецком [3] такое требование отсутствует, хотя возможность применения в технологии водоочистки и обеззараживания оборотной воды в бассейне озонирования предусмотрена в [5].

При сравнении требований к качеству воды в бассейнах по микробиологическим показателям мы полагаем целесообразным считать термины «не должны обнаруживаться», «не определяются» и «отсутствие» идентичными и означающими отсутствие в воде данных микроорганизмов.

Для решения задачи поддержания требуемого качества оборотной воды в бассейне немецкие стандарты четко регламентируют две возможные технологические схемы водоочистки и обеззараживания.

Первая схема [4] включает четыре стадии: адсорбцию, коагуляцию, фильтрацию и хлорирование.

Адсорбция заключается в обработке воды пылевидным активированным углем, адсорбирующим растворенные и коллоидные органические загрязнения. В отечественной практике такой прием называют углеванием. Сорт и дозы пылевидных углей выбираются опытным путем.

На второй стадии производится обработка воды коагулянтами и корректировка рН в оптимальных для коагуляции пределах. В качестве коагулянтов используют соли алюминия или железа. Минимальные дозы коагулянтов 0,05 мг/л по алюминию или 0,1 мг/л по железу. Оптимальные интервалы рН 6,5–7,2 для солей алюминия и 6,5–7,5 для железа.

На третьей стадии производится фильтрация с использованием однослойных или многослойных, напорных или безнапорных, а также намывных фильтров. Продолжительность фильтроцикла должна быть не менее 24 ч. Основные расчетные параметры однослойных безнапорных песчаных фильтров: гранулометрический состав загрузки 0,71–1,25 мм, высота слоя загрузки $\geq 0,9$ м, скорость фильтрации для пресной воды ≤ 12 м/ч. Основные расчетные параметры однослойных напорных песчаных фильтров: гранулометрический состав загрузки 0,71–1,25 мм, высота слоя загрузки $\geq 1,2$ м, скорость фильтрации для пресной воды ≤ 30 м/ч.

Нормируются два варианта режима промывки однослойных напорных песчаных фильтров. Первый вариант включает пять стадий:

- 1) промывка водой со скоростью 60–65 м/ч в течение 3 мин.;
- 2) продувка воздухом в течение 5 мин. и промывка водой со скоростью 60–65 м/ч в течение 3 мин.;
- 3) промывка водой со скоростью 60–65 м/ч в течение 3–5 мин.;
- 4) сброс первой порции фильтрата в канализацию;
- 5) выход на нормальный режим фильтрации.

Второй вариант промывки включает три стадии:

- 1) промывка водой со скоростью 60–65 м/ч в течение 6–7 мин.;

2) сброс первой порции фильтрата в канализацию;

3) выход на нормальный режим фильтрации.

Вода для промывки фильтров может содержаться в специальной емкости, причем эту воду необходимо обеззараживать.

Фильтры должны быть оборудованы как минимум одним смотровым люком для визуального контроля фильтрующих материалов во время фильтрации и промывки. Во всех случаях после промывки должна производиться дезинфекция фильтров путем заполнения их раствором с концентрацией активного хлора около 10 мг/л на 15–20 мин. Дезинфицирующий раствор перед сбросом в канализацию должен дехлорироваться, например, перекисью водорода из расчета 1–1,2 мл 35%-го раствора H_2O_2 на 1 г хлора.

На четвертой стадии производится дезинфекция фильтрата газообразным хлором, растворами гипохлорита натрия или кальция. Дозирование дезинфектантов должно производиться непрерывно с помощью автоматических дозаторов, управляемых по показаниям приборов для измерения концентрации хлора, окислительно-восстановительного потенциала и pH. Дозы реагентов должны обеспечивать получение концентрации остаточного свободного хлора в воде в ванне в пределах 0,3–0,6 мг/л. При этом должна быть обеспечена возможность ввода максимальной дозы хлора 2 мг/л.

Установка водоочистки и обеззараживания должна быть оборудована пробоотборниками для анализа воды перед и после каждой стадии технологической схемы.

Вторая регламентируемая DIN [5] технологическая схема включает пять стадий: коагуляцию, фильтрацию, озонирование, адсорбционную фильтрацию и хлорирование.

Функции и основные расчетные параметры первых двух стадий такие же, как и в первом варианте.

На третьей стадии фильтрат обрабатывается озоном для окисления химических загрязнений и обеззараживания микроорганизмов. Концентрация озона в озоно-газовой смеси должна быть более 20 г/м³, дозы озона в пределах 0,8–2,5 мг/л и более, время реакций более 3 мин.

На четвертой стадии активированным углем адсорбируются продукты окисления озоном и не окислившиеся загрязнения, а также разлагается остаточный растворенный озон. Скорость фильтрации на этой стадии ≤ 50 м/ч, промывка производится водой со скоростью 60–65 м/ч в течение 3–5 мин., продолжительность фильтроцикла 48–168 ч. Разность величин окислительно-восстановительного потенциала на входе и выходе адсорбционных фильтров должна быть не менее 250 мВ.

На пятой стадии производится обеззараживание воды хлором, концентрация которого в воде в ванне должна быть 0,2–0,5 мг/л. При этом должна обеспечиваться возможность поддержания максимальной концентрации свободного хлора 1,2 мг/л.

В России при проектировании водоснабжения бассейнов пользуются нормативными документами [1, 2, 6–9], некоторые положения которых, к сожалению, противоречат друг другу. Рассмотрим основные положения этих документов в хронологической последовательности.

В «Справочном пособии к СНиП» [9], опубликованном в 1991 году, отмечено, что вода в бассейне должна отвечать требованиям к питьевой воде централизованных систем водоснабжения и, кроме того, следующим дополнительным требованиям: цветность не более 50, содержание взвешенных веществ в открытых ваннах не более 2 мг/л, в крытых – не более 1 мг/л, прозрачность по кресту – на всю глубину ванны. Пополнение оборотной системы свежей водой должно производиться из расчета 10 % (за какой период не указано).

Водоочистные сооружения должны быть отдельными для каждой ванны и состоять из четырех стадий: сетчатого фильтра (волосоуловителя), коагуляции, фильтрации и обеззараживания.

Сетчатые фильтры предназначены для задержания крупных механических загрязнений, в частности волос.

Коагуляция, учитывая, что в оборотной воде содержится в основном тонкодисперсная взвесь, обязательна. Расчетные дозы коагулянтов 0,1–0,5 мг/л.

Фильтры скорые механические рекомендуется проектировать в соответствии со СНиП [7]. Загрузка – кварцевый песок, дробленый антрацит или керамзит и другие материалы. Здесь же приводятся количественные характеристики, а именно: гранулометрический состав 0,6–1,6 мм и скорость фильтрации 18 м/ч, которые противоречат требованиям СНиП [7], соответственно 0,5–1,8 мм и 5–12 м/ч. Отмечено, что во всех случаях промывка фильтров должна производиться обеззараженным фильтратом.

Обеззараживание предусмотрена препаратами хлора или брома, растворы которых должны вводиться в воду перед сетчатыми фильтрами. Обеззараживание физическими методами допускается только в сочетании с химическими. Концентрация хлора в воде в ванне должна быть 0,2–0,3 мг/л, но не более 0,5 мг/л, брома – 0,7–1,5 мг/л.

Система должна быть оборудована расходомерами свежей и оборотной воды и контрольными кранами для отбора проб воды на анализы до и после фильтров.

Сброс воды из системы в канализацию должен производиться с разрывом струи перед гидравлическими затворами [8, 9].

В СанПиН 1996 года [1] отсутствуют дополнительные требования к качеству воды, превышающие требования к питьевой воде. Прямые указания на схему и состав водоочистных сооружений, необходимость коагуляции и дозы коагулянтов параметры фильтрации отсутствуют. Однако по сравнению с предшествующим документом видоизменились требования в отношении обеззараживания. В качестве основных методов обеззараживания воды в бассейне перечислены хлорирование, бромирование, озонирование, а также ультрафиолетовое излучение (УФ-излучение) с дозой не менее 16 мДж/см² вне зависимости от типа установки. Для повышения надежности обеззараживания воды в бассейне целесообразно комбинирование методов с хлорированием, обладающим пролонгирующим действием.

Предписано в рециркуляционных контурах растворы хлора и брома подавать в воду перед фильтрами, а озонирование или УФ-облучение (УФ обеззараживание воды) производить после фильтров. Концентрации дезинфектантов в воде в ванне бассейна должны быть: хлора после хлорирования не менее 0,5 мг/л, озона после озонирования не менее 0,1 мг/л, хлора после УФ-облучения (УФ обеззараживание воды) и хлорирования или после озонирования и хлорирования 0,1–0,3 мг/л.

В СанПиН [2], заменивших СанПиН [1] с 1 мая 2003 года, появились некие новые положения, а именно: водоочистка и обеззараживание в рециркуляционных контурах должны осуществляться методами, включающими фильтрацию (с коагуляцией или без) и ввод обеззараживающего агента. В качестве основных методов обеззараживания воды перечисляются озонирование, хлорирование, бромирование, а также УФ-излучение с дозой не менее 16 мДж/см² вне зависимости от типа установки. Для повышения надежности обеззараживания воды как и прежде целесообразно комбинирование химических методов с УФ-излучением (УФ обеззараживание воды).

Нормируется, что при хлорировании рН должен быть $\leq 7,8$.

Учитывая опасность для здоровья побочных продуктов хлорирования (галогенсодержащих соединений) предписано отдавать предпочтение альтернативным методам обеззараживания т. е. УФ обеззараживание воды.

Требуется хлор- и бромсодержащие дезинфектанты вводить в воду перед или после фильтров, а озонирование или УФ-облучение производить после фильтров. Концентрации дезинфектантов в воде в ванне бассейна должны быть следующими: остаточного свободного хлора после хлорирования 0,3–0,5 мг/л, остаточного брома после бромирования 0,8–1,5 мг/л, остаточного озона после озонирования не более 0,1 мг/л.

Кроме того, нормируется концентрация хлороформа после хлорирования не более 0,1 мг/л и формальдегида после озонирования не более 0,05 мг/л.

Подпитка оборотной системы свежей водой должна производиться непрерывно во время работы бассейна из расчета не менее 50 л на каждого посетителя, а при озонировании – не менее 30 л на каждого посетителя. Расход оборотной (рециркуляционной) воды должен быть не менее 2 м³/ч на каждого посетителя при хлорировании и бромировании, 1,8 м³/ч при УФ-излучении и не менее 1,6 м³/ч при озонировании. При этом время полного водообмена должно быть не более 8 ч для спортивных бассейнов, 6 ч для оздоровительных, 0,5 ч для детей до 7 лет и 2 ч для детей старше 7 лет.

Система водоочистки должна быть оборудована водомерами свежей и рециркуляционной воды и кранами для отбора проб свежей воды, подаваемой в систему, воды до и после фильтров и после обеззараживания перед подачей в ванну.

Анализ рассмотренных нормативных документов показывает, что технологическая схема обработки оборотной воды в бассейнах (обеззараживание воды в бассейне) должна включать минимум четыре стадии: сетчатые фильтры, коагуляцию с оптимизацией рН, механические фильтры и обеззараживание. При этом в отношении трех первых стадий никаких противоречий и сомнений не возникает.

Однако в вопросе о четвертой стадии – обеззараживание воды в бассейне – возможны варианты, которые требуют детального обсуждения.

Как видно, в DIN [3–5] рекомендованы только два способа обеззараживания воды: хлорирование и озонирование с последующим хлорированием. Во втором случае перед хлорированием требуется разлагать остаточный растворенный озон на активированном угле. Необходимость и целесообразность разложения озона, кстати, вызывает сомнения.

В отечественных документах [1, 2, 9] в отношении обеззараживания воды наблюдается дрейф от только хлорирования или бромирования к озонированию и УФ-излучению с последующим хлорированием. При этом, очевидно, рекомендовано отдавать предпочтение методам, альтернативным хлорированию.

Автору как специалисту, любителю и практику, посвятившему исследованиям и внедрению озонирования более 40 лет, приятно отметить, что в ныне действующем нормативном документе [2] озонирование перечисляется первым из возможных методов обеззараживания воды. Кафедра инженерного оборудования МАрХИ и ООО «Эктос Аква» постоянно занимаются разработкой и внедрением современных технологий водоочистки с использованием озона. При этом применяются озонаторы последнего поколения, производимые ООО «Эктос Аква» и обладающие рядом решительных преимуществ.

В то же время в России наблюдается тенденция широкого использования для обеззараживания воды в бассейне УФ-излучения (УФ обеззараживание воды). У нас это вызывает опасения по многим соображениям.

Во-первых, почему-то этот метод не рекомендуется DIN [3–5]. Во-вторых, УФ-излучение имеет ограниченную область применения, которая обозначена в четырех нормативных документах [7, 10–12]. В этих документах условия, ограничивающие области применения УФ-излучения, существенно различаются. Так, в СНиП [7] отмечено, что обеззараживание воды с помощью бактерицидного излучения следует применять для подземных вод при условии постоянного обеспечения требований ГОСТ 2874-82 по физико-химическим показателям. Коли-индекс обрабатываемой воды должен быть не более 1 000 ед/л, содержание железа – не более 0,3 мг/л. В методических указаниях [10, 11] сказано, что с учетом эксплуатационной и экономической целесообразности УФ обеззараживание воды может быть использовано для обработки воды с цветностью до 50⁰, мутностью до 30 мг/л и содержанием железа до 5 мг/л. В методических указаниях [12] указано, что УФ-облучение (УФ обеззараживание воды) должно применяться только для обеззараживания сточных вод, прошедших полную биологическую очистку или доочистку. Необходимая степень и надежность обеззараживания очищенных сточных вод достигается при соответствии их качества следующим показателям: взвешенные вещества не более 10 мг/л, БПК 5-10 мг/л, ХПК 50 мг/л, число термотолерантных колиформных бактерий $5 \cdot 10^6$ ед/л, колифаги $5 \cdot 10^4$ БОЕ/л.

Как видно, требования к исходной воде в этих документах существенно противоречивы, а именно: по цветности 20 и 50⁰, по мутности 1,5; 10 и 30 мг/л, по содержанию железа 0,3 и 5,0 мг/л. Нам представляются наиболее обоснованными и надежными требования СНиП [7], т. к. в этом документе обобщен многолетний опыт применения УФ-излучения (УФ обеззараживание воды) в практике водоподготовки. Но этим требованиям вряд ли отвечает оборотная вода в бассейнах.

В-третьих, действующие СанПиН [2] требуют, чтобы в оборотной воде бассейнов все виды микроорганизмов, кроме общих колиформных бактерий, отсутствовали, т. е. эффективность обеззараживания должна составлять 100 %. Между тем в методических указаниях [10] указано, что эффективность УФ обеззараживания воды достигает 100 % только по колифагам, а в остальных случаях составляет лишь 99–99,9%, что совершенно

недостаточно. Там же прямо отмечено, что рекомендуемая доза УФ-облучения (16 мДж/см²) не гарантирует эпидемической безопасности в отношении паразитологических показателей.

Вызывают принципиальные возражения формулы для расчета доз облучения, определяющих степень инаktivации микроорганизмов:

$$D = E \cdot T,$$

причем

$$T = S \cdot L / 278Q,$$

где D – доза облучения, мДж/см²;

E – минимальная интенсивность бактерицидного излучения, мВт/см²;

T – среднее время пребывания воды в камере обеззараживания, с;

S – поперечное сечение камеры обеззараживания, см;

L – длина камеры обеззараживания, см;

278 – коэффициент пересчета м³/ч в см³/с;

Q – расход воды, м³/ч.

В этих формулах нет никаких характеристик качества обрабатываемой воды, что совершенно необъяснимо.

Поперечное сечение S камеры обеззараживания воды измеряется в сантиметрах. Мы привыкли измерять поперечное сечение в квадратных единицах. Какие сечения измеряются в линейных единицах нам неизвестно.

Затем, если S и L измеряются в сантиметрах, а 278Q – в кубических сантиметрах в секунду, то получается, что время T измеряется в секундах на сантиметр. Мы привыкли измерять время в секундах, а не в секундах на сантиметр.

Наконец, доза излучения, величина которой определяет эффективность обеззараживания воды, в данных формулах измеряется в миллиджоулях на квадратный сантиметр. Нам, увы, не приходилось ранее сталкиваться с водой, количество которой измеряется в квадратных сантиметрах. Остается только предположить, что это какая-то, как сейчас модно называть, виртуальная вода. Но купаться все-таки хочется в реальной и максимально безопасной для здоровья воде.

На наш взгляд, все сказанное свидетельствует о полной неадекватности расчетных формул.

Имеются и другие вопросы, относящиеся к обеззараживанию воды УФ-излучением (УФ обеззараживание воды). Например, в [12] требуется при УФ-облучении воды контролировать концентрацию озона в воздухе рабочей зоны, а в [11] никаких упоминаний об озоне нет. О каком озоне идет речь? Видимо о том, который образуется при УФ-излучении. Тогда почему он образуется при обработке сточных вод [12] и не образуется при обработке питьевых вод [11]?

В целом наше мнение сводится к тому, что УФ-излучение вряд ли позволяет обеспечить надежное и достаточное обеззараживание воды, а приведенные в нормативных документах формулы несомненно требуют корректировки.

Кроме того, можно отметить некоторые другие недостатки УФ-излучения в качестве метода обеззараживания воды.

Например, в [10] как достоинство отмечено, что УФ-излучение не приводит к изменениям органолептических свойств и состава воды, в том числе к образованию токсичных продуктов. Нам же, напротив, представляется необходимым и очень полезным улучшение органолептических качеств воды (запаха и цветности) и изменение химического состава загрязнений, например окисление сероводорода и мочевины.

Недостатком УФ-облучения является отсутствие «последствия». Кварцевые чехлы установок УФ обеззараживания воды должны подвергаться периодической и достаточно частой механической или химической очистке, что вызывает сложности при эксплуатации.

Конструкции УФ-установок должны гарантировать отсутствие выхода УФ-излучения за пределы камеры обеззараживания.

Перед вводом в эксплуатацию, а также после длительного перерыва в работе УФ-установок требуется проводить промывку камер обеззараживания и подводящих трубопроводов водой с содержанием свободного хлора не менее 20 мг/л в течение 3 ч. Странно, но это очевидно свидетельствует о невозможности дезинфекции самой УФ-установки собственным УФ-излучением и о недостаточной обеззараживающей способности УФ-излучения в целом. Кроме того, задача дехлорирования концентрированных растворов тоже не облегчает эксплуатацию.

Совокупность приведенных соображений заставляет нас относиться к возможностям и целесообразности применения УФ-излучения для обеззараживания воды бассейне с крайней настороженностью.

В этой связи представляется необходимым и весьма полезным доработать нормативную документацию с целью устранения отмеченных недостатков и противоречий и облегчения использования ее в реальной практике. По-видимому, многие недоработки могли бы быть устранены, если бы в разработке нормативной документации принимали участие не только медицинские работники, но и инженеры.

Недостатками озонирования принято считать возможность образования формальдегида и отсутствие консервирующего действия. Однако наша практика показывает, что при озонировании воды в нейтральной среде, как это имеет место в бассейнах, возможность образования формальдегида очень невелика. В этих же условиях озон в воде достаточно устойчив и может оказывать на воду консервирующее воздействие, по крайней мере в течение некоторого предположительно достаточного интервала времени. При этом вопросы о необходимой и допустимой концентрации остаточного

озона в воде в ванне бассейна и о необходимости разложения остаточного озона в воде перед подачей ее в ванну, как это нормируют DIN [3–5], требуют детального исследования и обоснования.

Что касается адсорбционной фильтрации, то нам она представляется излишней. Во всяком случае, исследования, выполненные НИИ ЭЧиГОС им. А. Н. Сысина в 2001 году, показали, что наличие в технологической схеме адсорбционных угольных фильтров снижает эффективность обеззараживания воды из-за развития на угле микроорганизмов и возможности вторичного бактериального загрязнения.

В то же время впредь до уточнения целесообразно сохранять возможность обработки воды после озонирования малыми дозами хлора для создания консервирующего эффекта. При этом возможность образования вредных продуктов в результате реакций хлора с загрязнениями воды после озонирования практически исключается.

Комментарий.

В Выше приведенных материалах автор всесторонне анализирует состояние дел в области водоподготовки для бассейнов, справедливо отмечая определенные нестыковки в нормативной документации, а также преимущества и недостатки отдельных способов обеззараживания воды.

В тоже время, необходимо добавить, что развитие и применение комплексных методов обеззараживания, включающих в себя одновременное воздействие на воду нескольких физических факторов, таких как Ультрафиолет, Ультразвук, акустические колебания в присутствии незначительных доз дезинфектантов (в пересчёте на активный хлор 0.01-0.05 мг/л) позволяет практически исключить недостатки, присущие УФ обеззараживанию воды, а наработки ультразвуком ОН-радикалов создает определенное последствие в течение некоторого, предположительно достаточного интервала времени.

Диспергирующее действие ультразвука позволяет резко снизить (в 2-4 раза) количества химреагентов, что существенно удешевляет эксплуатацию бассейна, кроме того акустические колебания эффективно очищают кварцевые чехлы и корпус установки обеззараживания. Исследования, проведенные в Институт медицинской паразитологии и тропической медицины им. Е.И. Марциновского г.Москва показали, что лишь одновременное воздействие Ультразвука и Ультрафиолета способно эффективно подавить цисты лямблий, ооцисты криптоспоридий, яйца гельминтов при разумных дозах УФ излучения.

Всё вышеизложенное в комментариях является по нашему мнению полезным для объективной оценки читателям положения дел в области обеззараживания воды в бассейнах.

Генеральный директор ЗАО «Сварог»,

Действительный член Всемирной Академии Наук Комплексной Безопасности

А.Н. Ульянов

Литература:

1. СанПиН 2.1.2.568-96. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды плавательных бассейнов.
2. СанПиН 2.1.2.1188-03. Плавательные бассейны. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды. Контроль качества.
3. DIN 19643-1. Подготовка воды для плавательных и купальных бассейнов. Ч. 1. Общие требования.
4. DIN 19643-2. Подготовка воды для плавательных и купальных бассейнов. Ч. 2. Комбинация методов: адсорбция, коагуляция, фильтрация, хлорирование.
5. DIN 19643-3. Подготовка воды для плавательных и купальных бассейнов. Ч. 3. Комбинация методов: коагуляция, фильтрация, озонирование, сорбционная фильтрация, хлорирование.
6. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
7. СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
8. СНиП 2.04.01-85*. Внутренние водопровод и канализация зданий.
9. Справочное пособие к СНиП. Проектирование бассейнов. М.: Стройиздат, 1991.
10. МУ 2.1.2.694-98. Использование ультрафиолетового излучения при обеззараживании воды плавательных бассейнов.
11. МУ 2.1.4.719-98. Санитарный надзор за применением ультрафиолетового излучения в технологии подготовки питьевой воды.
12. МУ 2.1.5.732-99. Санитарно-эпидемиологический надзор за обеззараживанием сточных вод ультрафиолетовым излучением.