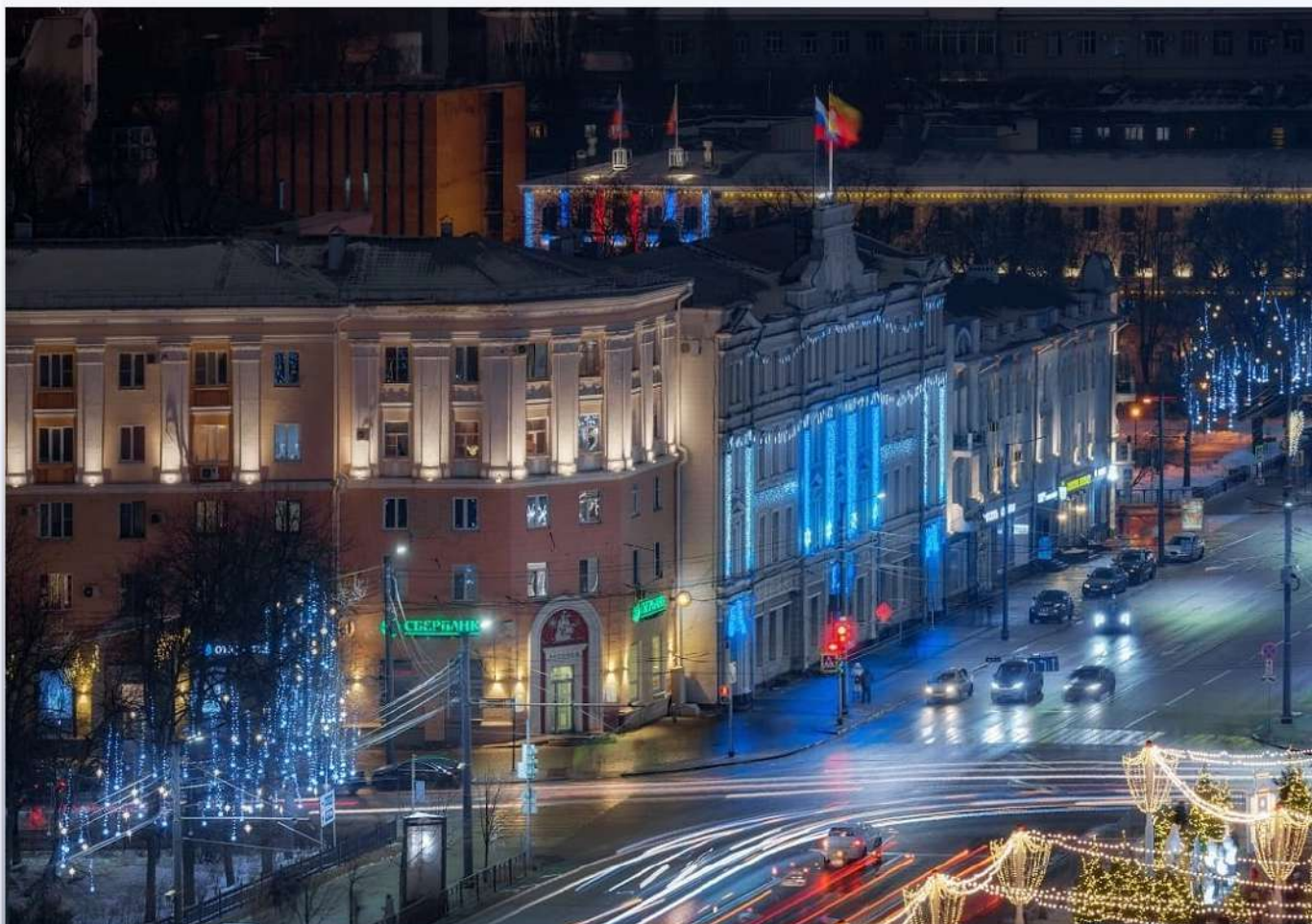


ISSN 2541-9110 (Print) ISSN 2782-4667 (Online)

ЖИЛИЩНОЕ ХОЗЯЙСТВО и коммунальная инфраструктура

№ 4(27), 2023

Воронежский государственный технический университет



*Строительные конструкции,
здания и сооружения*

*Градостроительство.
Реконструкция, реставрация
и благоустройство*

*Инженерные системы
и коммуникации*

*Экология и безопасность
городской среды*

*Экономика и организация
строительства*

*Дорожно-транспортное
хозяйство
и строительная техника*

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

DOI 10.36622/VSTU.2023.39.10.009

УДК 628.166:628.19

ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Н. В. Попов, И. В. Журавлева, В. В. Помогаева

Попов Никита Владимирович, магистрант кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», технический директор компании ООО «Индустрия Бассейнов», Воронеж, Российская Федерация, тел. +7(904)213-97-03; e-mail: inbassvrn@mail.ru

Журавлева Ирина Владимировна, канд. техн. наук, доцент кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел. +7(910)744-41-23; e-mail: izhuravleva@cchgeu.ru

Помогаева Валентина Васильевна, канд. техн. наук, доцент кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7(950)753-28-86; e-mail: pomogaeva8@mai.ru

Проведен анализ загрязнений, попадающих в воду плавательных бассейнов. Определены основные проблемы, влияющие на качество фильтрации и циркуляции воды плавательных бассейнов. На основе продолжительного практического опыта рассмотрены основные методы обеззараживания воды химическими реагентами с образованием побочных продуктов дезинфекции, а также общедоступные методы их удаления. Рассмотрены методы обеззараживания воды дополнительными установками, с описанием образующихся вредных веществ в процессе их применения. Приведено описание возможных вариантов определения свободного, связанного хлора. Рассмотрены особенности работы анализаторов воды плавательных бассейнов по типам датчиков, определяющих содержание свободного хлора и влияние внешних факторов на конечные показания. Рекомендованы пути улучшения эксплуатации плавательных бассейнов.

Ключевые слова: плавательные бассейны; фильтрация; циркуляция; обеззараживание; побочные продукты дезинфекции; анализатор хлора.

Развитие строительства плавательных бассейнов в России выходит на новый уровень: строятся новые бассейны, происходит реконструкция и модернизация существующих [1], появляется современное оборудование, которое позволяет использовать большое количество систем автоматизации в процессах водоподготовки плавательных бассейнов. Активно уделяется внимание наличию в воде плавательного бассейна продуктов распада после обеззараживания воды [2].

Определение конкретного метода обеззараживания воды бассейна сложная задача. Необходимо собрать большой объем данных: параметры исходной воды, расположение чаши бассейна, пиковая нагрузка, тип бассейна, покрытие и многое другое. Современные анализаторы воды плавательных бассейнов, позволяют определять параметры воды с минимальными погрешностями и максимальным количеством измеряемых параметров.

Плавательные бассейны являются сложными гидротехническими сооружениями, при эксплуатации которых возникает ряд проблем, связанных как с конструкцией сооружений, так и с химическим составом воды. В воде происходят постоянные реакции с образованием продуктов распада, которые могут влиять на состояние здоровья купающихся и оборудования бассейна. При эксплуатации вода в бассейнах загрязняется различными примесями в виде ПАВ, косметики, волос, тяжелых металлов, бактерий, вирусов, грибов, водорослей и других компонентов [2]. Основная часть поверхностно активных веществ в воде бассейна находится в растворе молекулярной или коллоидной формы.

Бактериальные загрязнения представляют серьезную опасность при эксплуатации

бассейнов. Например, от одного пловца в воду бассейна попадает от трехсот до четырехсот миллионов бактерий. Появление в воде паразитов криптоспоридии (не чувствительны к хлору) приводит к развитию заболевания криптоспоридиоза симптомами, которых являются тошнота, рвота в тяжелых случаях летальный исход. При уменьшении обеззараживающего агента в воде плавательного бассейна, происходит образование биоплёнки на поверхностях трубопроводов, фильтров, облицовки бассейна. Биоплёнка защищает патогенные вещества от воздействия дезинфицирующих препаратов. Полное удаление возможно только механическим путём.

Конструкция систем забора воды плавательных бассейнов влияет не только на эксплуатационные характеристики, но и химический состав воды. Вода из бассейна забирается насосами через систему всасывания. Виды систем всасывания могут включать прямое всасывание и переливную систему:

✓ в прямой системе всасывания насос забирает воду непосредственно из бассейна и скиммеры и направляет её через системы водоподготовки в бассейн. В действующем законодательстве запрещено строительство общественных бассейнов скиммерного типа (СП 2.1.3678-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг»);

✓ в переливной системе вода постоянно переливается в переливной лоток бассейна, закрытый специальной решеткой. Для сбора воды с обходных дорожек бассейна устраивается отдельный лоток. Вытесненная вода собирается в переливные лотки, далее в компенсационные баки, из которых насосом перекачивается в систему водоподготовки и возвращается в бассейн через впускные форсунки.

Применение систем забора должно быть обосновано в зависимости от назначения бассейна с учетом преимуществ его характеристик (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительные характеристики по видам забора воды

Вид забора воды	Виды загрязнений	Достоинства	Недостатки
Скиммерный	Поверхностные загрязнения 300...400 мм. от зеркала воды.	Меньшие затраты на материалы. Легкость обслуживания. Забор для измерения параметров из возвратной магистрали. Невысокая стоимость монтажа.	Расположение возвратных форсунок в стене чаши. Менее качественное перемешивание воды. Локальный забор в месте расположения скиммера. Неровный уровень воды. Менее эффективная фильтрация. Запрещено строительство общественных бассейнов скиммерного типа
Переливной	Загрязнения по всей глубине воды.	Расположение возвратных форсунок в дне чаши. Качественное перемешивание воды. Забор воды по всему периметру чаши. Ровный уровень воды. Лучшая фильтрация.	Затраты на материалы и монтаж более 30 %. Более сложное обслуживание. Большее испарение воды.

Циркуляция воды в бассейне зависит от многих факторов: формы бассейна, конструкции и расположения впускных форсунок, мощности и расположения циркуляционных насосов, системы трубопроводов, конструкции фильтров и высоты загрузки. Некоторые дополнительные факторы такие, как нагреватели, тепловые насосы, солнечные коллекто-

ры и размещение канализационной системы, могут также влиять на циркуляцию. Анализ параметров гидравлического расчёта и расположение всасывающих устройств показывает, что скорость в них не должна превышать 0,5 м/с, согласно СП 2.1.3678-20. Увеличение скорости всасывания может привести к засасыванию купающихся к всасывающим трубопроводам. Решением проблемы является установка на всасывающие трубопроводы дополнительных клапанов, которые срабатывают в момент аварийной ситуации, а также антивихревых накладок, дублирующих забор воды.

Несмотря на сложности и ограничения, правильно организованная циркуляция воды является ключевым фактором для эффективной очистки воды в бассейне. Она обеспечивает равномерное перемешивание воды и улучшает ее качество, особенно в верхних слоях, которые обычно содержат наибольшую концентрацию загрязнений. Циркуляционная система в бассейне обычно работает круглосуточно, чтобы обеспечить непрерывное движение воды и эффективную обработку. Однако из-за экономии или по незнанию обслуживающий персонал пренебрегает нормативными требованиями и устанавливает свои промежутки времени работы системы.

Постоянный химический состав воды достигается при использовании систем водоподготовки, включающей процесс фильтрации. Фильтрация является одним из главных факторов, отвечающих за нормативное состояние качественных и количественных характеристик воды плавательных бассейнов. Сейчас можно встретить проекты плавательных бассейнов, в которых проектировщики при расчетах ссылаются на европейский стандарт DIN, что не приемлемо и ведет к серьезным последствиям. Европейский стандарт DIN указывает скорости фильтрации 50 м/час, что превышает российскую норму, равную 30 м/час согласно СП 2.1.3678-20.

Мутность воды плавательного бассейна напрямую зависит от скорости фильтрации и площади фильтрации в соответствии с СП 2.1.3678-20. Нормативная скорость фильтрации бассейновой воды составляет не более 30 м/ч. Оптимальной можно считать скорость фильтрации 18 м/ч, при увеличении скорости количество загрязнений, проходящих сквозь слой фильтрующей загрузки без задержки, значительно увеличивается. Это может привести к неполной очистке воды и ухудшению ее качества. Кроме того, повышенная скорость фильтрования может вызвать повреждение фильтрующей загрузки, повышенный износ оборудования и увеличение энергопотребления.

На качество воды влияет показатель pH, который должен быть в пределах 7,2...7,6, при отклонении от нормы снижается эффективность процессов обеззараживания воды. При эксплуатации необходимо регулярно проверять уровень pH в воде бассейна. Оптимальным препаратом для снижения уровня pH, являются кислоты:

- ✓ соляная кислота, позволяет уменьшить образование малорастворимых солей в жесткой воде;
- ✓ серная – увеличивает общий уровень растворенных твердых веществ, может образовывать сульфаты.

Проблемы обеззараживания воды в плавательных бассейнах

Основным препаратом для обеззараживания воды в плавательных бассейнах, является гипохлорит натрия, фасовка которого производится в канистры различного объема, концентрацией от 5...19 %. Потери концентрации рабочего раствора могут достигать 50% и зависят от условий транспортировки и хранения. Для применения в плавательных бассейнах, используется гипохлорит натрия марки А. Многие предприимчивые поставщики наливают в тару известных производителей гипохлорит натрия марки В или разводят препараты бытовой химии, содержащие хлор, с водой, тем самым подвергают опасности посетителей бассейна и обслуживающий персонал.

При обеззараживании воды гипохлоритом кальция, рабочий раствор производится непосредственно на объекте из гранул концентрацией 70 %. Использование продукции от проверенных производителей, может гарантировать качество продукта. Подделка гипо-

хлорита кальция встречается реже, чем гипохлорита натрия. Определить некачественный товар можно перед применением. При разведении гипохлорита кальция 2,5 кг с водой 100 л, в дозирующей ёмкости образуется осадок высотой более 150 мм.

Сравнительные характеристики основных средств дезинфекции воды плавательных бассейнов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнительные характеристики основных средств дезинфекции воды плавательных бассейнов

Вид дезинфекции	Достоинства	Недостатки
Гипохлорит кальция. Концентрированный сухой продукт (обычно содержит от 68 % до 75 % свободного хлора)	<p>При хранении в сухом прохладном месте не теряет свои свойства более 2 лет.</p> <p>Увеличивает качество воды и жёсткость.</p> <p>Лучший контроль за водой.</p> <p>Отсутствие проблем излишней стабилизации.</p> <p>Более устойчивый уровень pH.</p> <p>Увеличивается срок жизни оборудования, труб и межплиточного раствора.</p> <p>Нечувствителен к теплу и свету.</p> <p>Нечувствителен к морозу.</p> <p>Занимает меньше места для хранения.</p> <p>Не требует специальных условий при транспортировке.</p> <p>Нет потерь в концентрации свободного хлора.</p> <p>Применение в станциях автоматической дозации.</p>	<p>Высокая стоимость Европейских производителей.</p> <p>Осадок в дозирующих ёмкостях.</p> <p>Более частое обслуживания форсунок впрыска реагента.</p> <p>Снижение концентрации в воде открытых бассейнов под воздействием солнечных лучей.</p>
Гипохлорит натрия (обычно содержит от 5 % до 19 % свободного хлора)	<p>Не требует приготовления раствора, дозируется из поставляемой тары.</p> <p>Менее частое обслуживания форсунок впрыска реагента.</p> <p>Применение в станциях автоматической дозации.</p>	<p>Большое количество жидкости.</p> <p>Непостоянная концентрация.</p> <p>Требуется в 5 раз больше места для хранения.</p> <p>По факту 10...14 % свободного хлора.</p> <p>Срок годности – 6 месяцев.</p> <p>Нет добавки кальция.</p> <p>Значительно повышает уровень общего солесодержания.</p> <p>Невозможно длительное хранение из-за короткого срока годности.</p> <p>Ежедневные потери в концентрации свободного хлора в дозирующей ёмкости.</p> <p>Сильная щелочь – необходимость в значительной коррекции pH (pH 12).</p> <p>Снижение концентрации в воде открытых бассейнов под воздействием солнечных лучей.</p> <p>Очень чувствителен к теплу и свету при хранении.</p> <p>Замерзает при $t < 0$ °С.</p> <p>Требуется специальных условий при транспортировке.</p>

При обеззараживании гипохлоритом натрия, концентрация соли (NaCl) в воде бассейна составляет 2 мг/л, вкус соли практически не ощутим. Раствор получают в электролизерах [3]. При использовании этих устройств необходимо периодически очищать электроды от катодных отложений. При выборе данного вида обеззараживания необходимо применять закладные элементы из нержавеющей стали марки AISI 316L, титановый теплообменник, циркуляционные насосы для соленой воды. Необходимо использовать дополнительные методы обеззараживания воды для борьбы с хлораминами.

При эксплуатации бассейнов один раз в день, при отсутствии посетителей, проводится предельное хлорирование - добавление достаточного количества хлора в воду бассейна для уничтожения бактерий, вирусов и других микроорганизмов.

Хлорирование производится до точки перелома: повышением концентрации свободного хлора в 10 раз большей, чем концентрация связанного хлора. Во время этого процесса уровень хлора в воде может быть выше обычного, но после полного следующего оборота воды в бассейне он обычно возвращается к нормальному уровню. Уровень свободного (остаточного) хлора при хлорировании должен быть не менее 0,3 мг/л, для комбинированного метода очистки – не менее 0,1 мг/л, уровень связанного хлора - не более 0,2 мг/л по нормам СП 2.1.3678-20.

Хлор при взаимодействии с загрязнениями воды бассейна образует трихлорметан или хлороформ. Хлороформ – это токсическое вещество, максимально допустимые концентрации в воде бассейна составляют 0,06 мг/л, согласно ГОСТ Р 70688-2023 «Бассейны для плавания. Водоподготовка». Хлороформ содержится не только в воде бассейна, а также в воздухе над поверхностью воды. Признаками отравления хлороформом является повышенная утомляемость, головокружение, также хлороформ является причиной раковых заболеваний. Определить наличие хлороформа в воздухе по запаху, в концентрациях, которые наносят вред здоровью проблематично. Замерять хлороформ необходимо один раз в месяц.

В результате реакции хлора с аммиаком образуются хлорамины [5]:

✓ монохлорамин – реакция хлора с аммиаком, стабилен при нормальных уровнях pH, мало эффективен для дезинфекции воды, не раздражает кожу и глаза;

✓ дихлорамин – вторая реакция. Он вызывает раздражение глаз и носа и неустойчив при нормальных уровнях pH, но может быть разложен при наличии достаточного количества хлора;

✓ трихлорамин (комбинированный хлор) вызывается третьей реакцией. Может образоваться, если хлора недостаточно, появляется специфический запах хлора, содержит большое количество раздражителей для слизистых оболочек. Уровень связанного хлора нормируется СП 2.1.3678-20 и составляет не более 0,2 мг/л.

Реакция хлорноватистой кислоты с азот-содержащими органическими соединениями является следствием образования органических хлораминов. В основном накопление органических хлораминов в воде происходит в закрытых бассейнах. Ультрафиолет солнечных лучей препятствует образованию и способствует разложению органических хлораминов. После проведения шокового хлорирования концентрация связанного хлора может не только сохраняться, но и привести к большей концентрации вредных веществ в воде бассейна. Концентрация в воде плавательного бассейна может составлять до 3 мг/л, без заметного снижения качества воды.

Удаление органических хлораминов происходит при добавлении пресной воды, или воды с низким содержанием хлора в бассейн, для уменьшения их концентрации. Для полного удаления используются фильтры с загрузкой из активированного угля с высокой поверхностной активностью. Фильтры должны периодически чиститься или заменяться для улучшения их эффективности.

Дополнительные методы обеззараживания воды плавательных бассейнов

Сравнительные характеристики дополнительных методов обеззараживания воды плавательных бассейнов показаны в табл. 3.

Таблица 3

Сравнительные характеристики дополнительных методов обеззараживания воды плавательных бассейнов

Наименование средства дезинфекции	Чем привлекает заказчика	Достоинства	Недостатки
Серебро и медь для обеззараживания воды	Отсутствие хлора в воде	Отсутствие дополнительных методов обеззараживания. Применение в небольших частных бассейнах	Затруднен контроль концентрации что приводит к увеличению ПДК. Происходит накопление меди в организме, что приводит к серьёзным заболеваниям печени. Возможно образование формальдегида
Ультрафиолетовые установки	Удаление хлорного запаха	Удаление хлораминов. Высокая эффективность при применении ламп высокого давления. Уничтожение бактерий и вирусов. Может снизить зависимость от хлора и других химических дезинфицирующих средств	Не имеет остаточного последствие. Необходимо поддерживать прозрачность воды. Требуется периодическая чистка кварцевого чехла. Эффективны только против определенных видов бактерий и вирусов. Низкая эффективность установок с лампами низкого давления. Высокая стоимость установок с лампами высокого давления
Перекись водорода (активный кислород).	Низкая стоимость	С профессиональной точки зрения, в воде бассейна не имеет	Образование формальдегида. Специализированный контроль концентрации. Нормы концентрации перекиси превышают рекомендованные в несколько раз. Происходит процесс консервации, который инициирован формальдегидом
Озонирование воды	Эффективность обеззараживания воды	Уничтожение бактерий, вирусов, грибков и др. патогенных организмов. Озон работает намного быстрее, чем хлор. Устраняет запахи хлора и других органических загрязнителей. Уменьшение количества требуемого хлора или др. дезинфицирующих средств	Не имеет остаточного последствие. Требуется установки дополнительных фильтров. Образование формальдегида, способствует токсическому воздействию на ЦНС. Требуется специализированного обслуживания

Ультрафиолетовые (УФ) установки для обеззараживания воды на Российском рынке представлены с лампами низкого и высокого (многие производители указывают среднего) давления сроком службы до 16 000 часов. Диапазон излучения установок с лампами низкого давления составляет 254 нм, именно в этом спектре происходит разложение монохлораминов, мощность излучения не превышает 40 мДж, что не обеспечивает удаление специфического хлорного запаха за который отвечают ди- и трихлорамины. Эти установки имеют малую эффективность в плавательных бассейнах.

УФ-установки с лампами высокого (среднего) давления имеют диапазон от 200-600 нм при мощности излучения до 120 мДж сроком службы до 6 000 часов [3]. Оптимальная мощность составляет 60 мДж, при таких показателях происходит эффективное разложение ди-трихлораминов и удаление хлорного запаха [4]. Указанные установки имеют высокую эффективность в плавательных бассейнах.

При выборе установки необходимо соблюдать прозрачность воды, повышенная мутность приводит к уменьшению эффективности. На кварцевом чехле УФ-установки образуется налет препятствующий проникновению УФ-лучей снижая эффективность. Ультрафиолетовое излучение не имеет последствий и эффективно только в комбинации с хлором.

Озонирование воды также применимо в плавательных бассейнах. Выработка озона для производится в основном с использованием коронного разряда или УФ-облучения чистого кислорода или кислорода воздуха [6]. Озон эффективно удаляет из воды плавательных бассейнов хлорамины, являющиеся причиной запаха хлора. Камеры дегазации, представленные некоторыми производителями, не могут обеспечить удаление озона, также необходим постоянный контроль над отведением озона и предотвращение его повышенного содержания в техническом помещении. Необходимо наличие отдельного фильтра с озон-устойчивым покрытием и сорбентом, для предотвращения попадания остаточного озона в воду бассейна. Принципиальным недостатком озона, является отсутствие обеззараживающего последствие, в следствии быстрого разложения в воде. Бактериальная чистота обеспечивается дополнительным добавлением в воду бассейна хлора.

При использовании перекиси водорода и озонирования в воде плавательных бассейнов образуются побочные продукты, негативно влияющие на здоровье посетителей. Перекись водорода, озон, кислород, являются радикал-образующими веществами. Цепные радикалы инициируют процесс окисления дегидрирования углеводов. Углеводы представлены в виде: насыщенных, ненасыщенных, ароматических и даже полимерных веществ [7]. Реакции, проходящие в воде бассейна, приводят к образованию побочного продукта, а именно формальдегида:



Формальдегид способствует токсическому воздействию на центральную нервную систему (ЦНС). При ингаляции или контакте формальдегида с кожей или слизистыми оболочками, он может вызвать различные негативные эффекты на здоровье, включая головные боли, утомление и подавленное состояние. К симптомам отравления можно отнести изменение цвета кожных покровов, нарушения состояния сознания, ухудшение дыхательных функций, мигрень, судорожные припадки в ночное время. Потенциально он может вызывать астму и астматические приступы.

Дозирующее и измерительное оборудование

Дозирующее и измерительное оборудование для плавательных бассейнов широко представлено в различных конфигурациях [8, 9]. Станции контроля и дозирования производят измерения по следующим параметрам: рН (потенциометрические датчики), Редокс (окислительно-восстановительный потенциал), прямые показатели свободного и связанного хлора (фотоколориметрическая, амперометрическая). Сравнительная характеристика дозирующих устройств приведена в табл. 4.

Измерения в воде бассейна свободного хлора колориметрическим методом проводятся при добавлении в воду реагента в виде таблеток или жидкости [8]. Под воздействием реагента вода меняет цвет от светло красного до темно бордового, показания сравниваются с эталонным значением [3]. Погрешности колориметрического метода достигают значений 1...2 мг/л (свободный хлор), а содержание в 7...10 мг/л показывают значения 0,1...0,8 мг/л. Определение связанного хлора по цвету воды, с превышением нормы в 0,2 мг/л, практически невозможно. Во время измерения связанного хлора показания содержат в себе органические и неорганические хлорамины, в следствии чего содержание связанно-

го хлора может доходить до 3 мг/л, что превышает нормы в 15 раз. Производить измерения по свободному хлору необходимо каждые 4 часа с записью в журнал, многие игнорируют данные предписания. На многих объектах отсутствуют не только лаборатории, но и простые фотометрические контроллеры, с помощью которых можно определить опасный – связанный хлор.

Таблица 4

Сравнение дозирующих устройств

Тип дозирующего устройства	Единицы измерения параметров	Достоинства	Недостатки
Анализаторы Редокс	мВ	Невысокая стоимость	Необходимо перевести в мг/л свободного хлора, зависимость от рН, температуры. Электромагнитные помехи
Датчик свободного хлора	мг/л	Невысокая стоимость	Не совместим с наличием изоциануровой кислоты, поверхностно-активными веществами (ПАВ), флокулянтам, железом и марганцем
Амперометрическая ячейка	мг/л	Измерения производятся по ионам гипохлорита	Влияют на показания органического хлора в виде трихлоризоциануровой кислоты, дихлоризоцианурат натрия, рН, температура, загрязнение электрода, неправильная калибровка.
Мембранный амперометрический датчик	мг/л	Наличие мембраны, низкая зависимость от изменения показателя в воде рН может работать в воде с изоциануровой кислотой, поверхностно-активных веществ (ПАВ), флокулянта	Высокая стоимость, электролит как расходный материал. Необходимо следить за чистотой подаваемой воды на датчик.
Фотометрический контроллер	мг/л	Определение показаний воды происходит с помощью оптической системы, что исключает погрешности измерения связанные с расходом воды, температурой или реагентами, применяемыми для хлорирования (гипохлорит, изоцианурат и т.д.)	Высокая стоимость анализатора и реагентов.

Измерения в воде бассейна свободного хлора анализаторами Редокс усложняется при переводе значений из милливольт в мг/л свободного хлора. Значения по Редокс, имеют прямую зависимость от рН, проводимости и температуры воды. Применение данных анализаторов приводит к получению недостоверных данных, что может стать причиной серьезных изменений параметров качества воды.

При измерении датчиком свободного хлора по остаточной концентрации свободного хлора в воде бассейна, недостатком является прямая зависимость от рН и термокомпенсации, ПАВ, флокулянтов, изоциануровой кислоты, Fe, Mn.

Измерение свободного неорганического хлора с использованием амперометрической ячейки основан на процессе окисления и восстановления хлора (измерение тока). Хлорноватистая кислота разлагается на ион водорода и ион гипохлорита, измерения производятся по ионам гипохлорита. На измерения могут повлиять наличие других окислителей (органический хлор в виде трихлоризоциануровой кислоты, дихлоризоцианурат натрия), рН,

температура, загрязнение электрода, неправильная калибровка. Некоторые реактивные вещества, такие как аммиак, сероводород, соединения железа и другие, могут взаимодействовать с хлором и вызывать ложные сигналы или искажения в измерениях.

Анализ свободного хлора мембранным амперометрическим датчиком является более точным, вследствие низкой зависимости от изменения показателя рН. Датчик может работать в воде с изоциануровой кислотой, ПАВ, флокулянтами [10]. Конструктивная особенность заключается в наличии мембраны, не допускающей потерю электролита, пропуская только необходимый для измерения состав жидкости, отфильтровывая ненужные примеси. Измерения производятся по органическому и неорганическому хлору в свободной или связанной форме. При проведении замеров необходимо следить за чистотой подаваемой воды на датчик.

Определение свободного хлора фотометрическим контроллером, показывает более достоверный результат, чем показания амперометрических и потенциостатических датчиков хлора. Анализ основан на методе фотометрии для измерения оптической плотности воды, что позволяет точно определить содержание дезинфицирующих средств. Определение показаний воды происходит с помощью оптической системы, что исключает погрешности измерения связанные с расходом воды, температурой или реагентами, применяемыми для хлорирования.

В процессе эксплуатации возникают ошибки в работе дозирующего оборудования и настройки анализаторов, которые приводят к негативным последствиям. При неверной настройке или сбое в работе дозирующего оборудования может произойти одновременная подача в систему гипохлорита натрия и серной кислоты. При низком уровне воды в скиммерных (заборный трубопровод) бассейнах происходит образование воздушной пробки и накопление большой концентрации хлора, который попадая в бассейн, ведет к отравлению купающихся. Необходима установка датчиков протока на ячейку измерения с возможностью отключения анализатора при уменьшении скорости протока.

Для безопасной и эффективной работы систем очистки воды бассейна следует соблюдать следующие рекомендации:

- ✓ забор воды из бассейна на датчик или измерительную ячейку необходимо производить минимум из двух мест чаши бассейна;
- ✓ при настройке контроллеров воды бассейна необходимо определить последовательность дозирования кислоты и дезинфектанта;
- ✓ пропорциональный режим предотвращает резкое повышение дезинфицирующего вещества в воде;
- ✓ для уменьшения рН воды плавательного бассейна необходимо настроить насосы для расчётного объёма воды в чаше бассейна на минимальную производительность. Высокая производительность может привести к резкому падению значений рН воды;
- ✓ установка времени дозирования для предотвращения повышения дезинфицирующего вещества в воде.

Современные анализаторы имеют широкий диапазон настроек, которые необходимо использовать в процессе эксплуатации плавательных бассейнов.

Опыт эксплуатации показывает, причиной возникновения основных проблем плавательных бассейнов безусловно является неверно выполненный проект. В момент разработки проекта обычно нет контакта проектировщиков и инженеров, которые будут эксплуатировать плавательный бассейн. Встречаются ситуации, когда проектировщики просто берут типовый проект и, внося небольшие корректировки, переводят его в стадию рабочего, так как в стадии проектного он прошел экспертизу и был утвержден.

Часто возникают ситуации, когда после строительства бассейна заказчик решает сэкономить на последующей эксплуатации. Обслуживание бассейна осуществляется персоналом, который, не имея навыков и определенного опыта, не понимает всей ответственно-

сти и может нанести не только вред себе, но и посетителям бассейна, в некоторых случаях с летальным исходом.

Заключение.

Представлен анализ основных методов обеззараживания воды химическими реагентами с описанием образующихся вредных веществ в процессе их применения. Приведены сравнительные характеристики основных и вспомогательных средств дезинфекции воды и особенности работы дозирующих устройств, от корректной работы которых также зависит качество воды в бассейне.

Приведено описание возможных вариантов определения свободного, связанного хлора. Рассмотрены особенности работы анализаторов воды плавательных бассейнов по типам датчиков, определяющих содержание свободного хлора и влияние внешних факторов на конечные показания. Рекомендованы пути улучшения эксплуатации плавательных бассейнов.

Основываясь на анализе исследований данных из различных источников и изученном опыте эксплуатации плавательных бассейнов, можно рекомендовать комбинированный метод очистки воды. Ультрафиолетовые установки с лампами высокого давления мощностью излучения 60 мДж и гипохлорит кальция, как остаточный обеззараживающий агент в воде плавательного бассейна, являются оптимальным комбинированным методом с точки зрения эффективности обеззараживания, а также технико-экономического обоснования для применения в плавательных бассейнах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Селезнев, В. А.** Основные условия, влияющие на выбор системы водоподготовки плавательного бассейна / В. А. Селезнев, А. А. Корнеев // Вестник НГИЭИ. – 2014. – № 12(43). – С. 74-78.
2. **Кофман, В. Я.** Токсичные побочные продукты обеззараживания воды в плавательных бассейнах: пути образования и санитарные риски (обзор) / В. Я. Кофман // Водоснабжение и санитарная техника. – 2017. – № 7. – С. 38-47.
3. **Завьялова, А. А.** Разработка электрохимических устройств для повышения эффективности процесса очистки воды в бассейнах: автореф. дис. на соискание ученой ст. канд. техн. наук 02.00.05 – Электрохимия / А. А. Завьялова. – Москва: Московский энергетический институт, 2007. – 20 с.
4. **Собур, Д. А.** О целесообразности использования ультрафиолета для удаления хлораминов в плавательных бассейнах / Д. А. Собур, А. А. Ткачев, С. В. Костюченко // Водоснабжение и санитарная техника. – 2023. – № 8. – С. 17-22.
5. **Маслюков, А. П.** О механизме бактерицидного действия химических дезинфектантов / А. П. Маслюков, Ю. А. Рахманин, Г. А. Матюшин // Гигиена и санитария. – 1991. – № 11. – С. 6-11.
6. **Разумовский, С. Д.** Озон и его реакции с органическими соединениями / С. Д. Разумовский, Г. Е. Заиков. – Москва: Наука, 1974. – 316 с.
7. **Аристова, Н. А.** Генерирование озono-гидроксильной смеси в коронном электрическом разряде / Н. А. Аристова, И. М. Пискарев // Журнал физической химии. – 2003. – Т. 77. – № 5. – С. 813-816.
8. **Бухаров, Д. Г.** Микропроцессорный электрохимический прибор для безреагентного определения параметров активированных растворов в реальном времени / Д. Г. Бухаров, В. Г. Алешин, С. И. Нефедкин // Датчики и преобразователи информации систем измерения, контроля и управления» сборник материалов Российской метрологической академии. – Москва: МГИЭМ, 2002. – С. 38-45.

9. **Каратаев, О. Р.** Проблема физико-химических методов анализа водной среды плавательных бассейнов / О. Р. Каратаев, Э. В. Тимеркаева // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2013. – Т 3. – С. 3211-3215.

10. **Гиззатова, Г. Л.** Разработка метода очистки воды в плавательных бассейнах от поверхностно-активных веществ: автореф. дис. на соискание ученой ст. канд. техн. наук 05.23.04 / Г. Л. Гиззатова, ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, 2014. – 19 с.

Поступила в редакцию 30 октября 2023

PROBLEMS OF OPERATION OF SWIMMING POOLS AND THEIR SOLUTION METHODS

N. V. Popov, I. V. Zhuravleva, V. V. Pomogaeva

Nikita Vladimirovich Popov, postgraduate student at Voronezh State Technical University, engineering manager at Industry of pools LLC, Voronezh, Russia, tel.: +7(904)213-97-03; e-mail: inbassvrn@mail.ru

Irina Vladimirovna Zhuravleva, Cand. Sc. (Techn.), Associate Professor at the Department of Hydraulics, Water Supply and Sewerage at Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(910)744-41-23; e-mail: izhuravleva@cchgeu.ru

Valentina Vasilyevna Pomogaeva, Cand. Sc. (Techn.), Associate Professor at the Department of Hydraulics, Water Supply and Sewerage, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia, tel.: +7(950)753-28-86; e-mail: pomogaeva8@mai.ru

The article provides an analysis of pollutants entering the water of swimming pools. We identified the main factors affecting the quality of water filtration and circulation in swimming pools. Based on extensive practical experience, we considered the main methods of water disinfection using chemical reagents with the formation of disinfection by-products as well as commonly used methods of their removal. We also analyzed additional water disinfection methods using specialized equipment, with a description of the harmful substances formed during their application. We described possible options for determining free and combined chlorine levels. We as well discussed water analyzers for swimming pools, focusing on the types of sensors that determine the free chlorine content and the impact of external factors on the final readings. Finally, we recommended ways to improve the operation of swimming pools.

Keywords: swimming pools; filtration; circulation; disinfection; disinfection by-products; chlorine analyzer.

REFERENCES

1. **Seleznev V. A., Korneev A. A.** *Basic conditions influencing the choice of water treatment system for a swimming pool.* Bulletin of NGIEI. 2014. No. 12(43). Pp. 74-78. (in Russian)

2. **Kofman V. Ya.** *Toxic byproducts of water disinfection in swimming pools: ways of formation and health risks (review).* Water supply and sanitary technology. 2017. No. 7. Pp. 38-47. (in Russian)

3. **Zavyalova A. A.** *Development of Electrochemical Devices for Increasing the Efficiency of Water Treatment in Swimming Pools.* Power Engineering Institute (Technical University). Moscow. 2007. 20 p. (in Russian)

4. **Sobourg D. A., Tkachev A. A., Sobourg D. A., Kostyuchenko S. V.** *On the practicality of using ultraviolet to remove chloramines in swimming pools.* Water supply and sanitary equipment. 2023. No. 8. Pp. 17-22. (in Russian)

5. **Maslyukov A. P., Rakhmanin Yu. A., Matyushin G. A.** *On the Mechanism of Bactericidal Action of Chemical Disinfectants.* Hygiene and Sanitation. 1991. No.11. Pp. 6-11. (in Russian)

6. **Razumovsky S. D., Zaikov G. E.** *Ozone and its Reactions with Organic Compounds.* Moscow. 1974. 316 p. (in Russian)

7. **Aristova N. A., Piskarev I. M.** *Generation of Ozone-Hydroxyl Radical Mixture in a Corona Electrical Discharge.* Journal of Physical Chemistry. 2003. Vol. 77. No. 5. Pp. 813-816. (in Russian)

8. **Bukharov D. G., Aleshin V. G., Nefedkin S. I.** *Microprocessor Electrochemical Device for Reagentless Real-time Determination of Activated Solutions Parameters.* Conference Proceedings Sensors and Information Conversion Devices for Measurement, Control, and Management Systems. Russian Metrological Academy (Moscow). MGIEM. 2002. Pp. 38-45. (in Russian)

9. **Karataev O. R., Timerkaeva E. V.** *The problem of physical and chemical methods for analyzing the aquatic environment of swimming pools.* Scientific and methodological electronic journal Concept. 2013. No. 3. Pp. 3211-3215. (in Russian)

10. **Gizatova G. L.** *Development of a method for purifying water in swimming pools from surfactants: abstract of thesis.* Volgograd State Agrarian University. Volgograd. 2014. 19 p. (in Russian)

Received 30 October 2023

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Попов, Н. В. Проблемы эксплуатации плавательных бассейнов и методы их решения / Н. В. Попов, И. В. Журавлева, В. В. Помогаева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 4(27). – С. 90-101. – DOI 10.36622/VSTU.2023.39.10.009.

FOR CITATION:

Popov N. V., Zhuravleva I. V., Pomogaeva V. V. *Problems of operation of swimming pools and their solution methods.* 2023. No. 4(27). Pp. 90-101. DOI 10.36622/VSTU.2023.39.10.009. (in Russian)