

Технологии очистки воды плавательных бассейнов

2013 год

Принципиальные задачи обработки воды бассейнов

Обработка воды бассейнов складывается из решения нескольких принципиальных задач:

- эффективная и надежная дезинфекция
- разложение органических загрязнений
- удаление водорослей и борьба с биообрастаниями
- эффективная фильтрация

Между тем, современные мировые тенденции в области водоподготовки выдвигают новые, более высокие требования к технологиям очистки и дезинфекции воды. Помимо эффективности и надежности, на передний план выходят такие качества как:

- безопасность для человека и окружающей среды
- разумное ресурсопотребление
- простота и удобство технологических решений

В связи с этим традиционные методы обработки воды плавательных бассейнов модернизируются или заменяются, уступая место новым, более современным методикам, в большей степени отвечающим запросам общества по сохранению здоровья и требованиям по охране окружающей среды.

Традиционные реагентные методы дезинфекции воды

Основная проблема традиционных реагентных методик (в частности, хлорирования и менее распространенного в России бромирования) состоит в необходимости нейтрализации продуктов реакции дезинфектанта с органическими примесями, привносимыми в воду купальщиками и накапливающимися в замкнутом цикле водоснабжения бассейна.

Продукты этих реакций зачастую небезопасны для здоровья человека, способны вызывать негативные реакции со стороны дыхательной системы (провоцируя возникновение астмы), кожные реакции (аллергия, сыпь, зуд, сухость, покраснение), раздражение слизистых (покраснение и резь в глазах, раздражение носоглотки). Кроме того, некоторые соединения, попадая в организм человека, способны оказывать канцерогенное (в частности, вызывая рак мочевого пузыря) и мутагенное действие.

Эти вещества могут присутствовать как в растворенном виде – в воде бассейна, так и в газообразной форме – в воздухе, оказывая воздействие не только на купальщиков, но и на обслуживающий персонал бассейна. Свое токсичное воздействие они способны оказывать вне зависимости от пути попадания в организм человека, причем гораздо больший вред способны нанести при вдыхании и при контакте кожи с обработанной водой, так как именно этим путем они проникают напрямую в кровеносную систему и разносятся по всему организму.

Учитывая непрерывный характер дезинфекции воды бассейна и наличие постоянного притока органических примесей от купальщиков, встает проблема контроля и эффективного удаления этих соединений.

Большинство реагентных методов малоэффективно против водорослей и практически неэффективно против биообрастаний и требуют применения дополнительных средств.

подавляющее большинство реагентных методов чувствительны или влияют на показатели воды – pH, жесткость, минерализацию, что соответственно требует постоянной их коррекции.

Современные мировые тенденции в области водоподготовки выдвигают новые, более высокие требования к технологиям очистки воды.

Наличие большого количества побочных эффектов, опасных для человека, привело к появлению в последние десятилетия тенденции отказа от традиционных методов обработки.

Все реагентные методы нацелены на работу с уже подготовленной водой – в случае, если в исходной воде будут иметь место нежелательные примеси (например, железо или марганец), реагентные методы не способны воздействовать на эти факторы и потребуются дополнительные меры по их устранению.

Использование большого количества реагентов увеличивает количество растворенных в воде продуктов взаимодействия, что вызывает колебания показателей воды (рН, жесткость, минерализация и т.д.) – и может негативно влиять как на эффективность дезинфекции, так и на работу оборудования системы водоподготовки бассейна – и в результате опять потребовать внесения дополнительных средств для коррекции показателей.

Затраты на многочисленные дополнительные реагенты существенно увеличивают стоимость содержания бассейна, что опровергает расхожее мнение о «доступности и дешевизне» данных методов.

Использование «активного кислорода» недопустимо в качестве основного и единственного средства дезинфекции и требует обязательного сочетания с другими методами.

Методика бромирования широкого распространения в России не получила. Отчасти это продиктовано значительной разницей в стоимости бромсодержащих реагентов и большим их расходом по сравнению с хлором.

Методика хлорирования по-прежнему остается широко распространенной. Тем не менее, наличие большого количества побочных эффектов, опасных для человека, привело к появлению в последние десятилетия тенденции отказа от традиционных реагентных методов и переходу к альтернативным технологиям обработки воды. Это нашло отражение в нормативных документах большинства стран – так, указание на предпочтение альтернативных методов дезинфекции воды (таких, как озонирование, УФ-обработка и АОР) имеется в американском стандарте EPA, немецком стандарте DIN и российском СанПин.

Хлорирование воды в бассейне

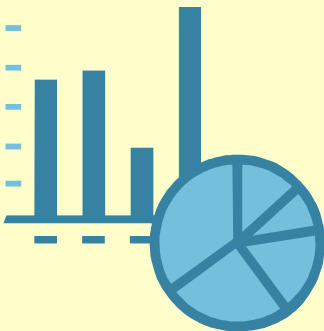
Согласно санитарным нормам ПДК хлора в воде бассейна 0,3 – 0,5 мг/л.

Преимущества:

- высокая противомикробная активность
- пролонгированный эффект
- относительная надежность метода

Недостатки:

- некоторые микроорганизмы (споры, вирусы, цисты простейших и яйца гельминтов) плохо поддаются обработке хлором, а также способны формировать устойчивость;
- хлор активно взаимодействует с органическими примесями, приносимыми купальщиками – потом, жиром, мочевиной, косметическими средствами и т.д., содержащимися в воде, образуя большое количество вторичных соединений, некоторые из которых отличаются высокой токсичностью и способны оказывать негативное (в т.ч. канцерогенное и мутагенное) воздействие на живые организмы; эффективно нейтрализовать их крайне трудно;
- большое количество органики в воде (что характерно для бассейнов с большой нагрузкой) резко снижает эффективность дезинфекции, так как активный хлор расходуется не на дезинфекцию, а на взаимодействие с органикой (образуя «связанный», т.е. неактивный хлор), повышая при этом концентрации остаточного хлора;
- не способен эффективно удалять биообрастания, возникающие на стенках чаши бассейна, поверхностях трубопроводов (в т.ч. при проведении ударных обработок);
- необходимость использования дополнительных реагентов для нормализации рН, альгицидов, коагулянтов;



Воздействие на человека:

- кожные аллергические реакции на присутствие хлора и его производные, раздражающее воздействие на конъюнктиву глаз, слизистые оболочки, дыхательные пути;
- токсичное (в т.ч. канцерогенное и мутагенное) воздействие вторичных соединений хлора, попадающих в организм человека через кожу и при дыхании.

Дополнительно о хлорсодержащих препаратах:

При обеззараживании воды в бассейне чаще всего применяются препараты на основе:

1. Солей хлорноватистой кислоты – гипохлоритов
2. Хлорпроизводных изоциануровой кислоты – хлор-изоциануратов
3. Газообразные формы хлора

Дезинфицирующие средства на основе гипохлоритов

Дезинфектанты на основе гипохлорита натрия:

Производятся методом электролиза на месте или используются в виде 13% водных растворов. Дозируются только автоматически.

Имеют сильную щелочную реакцию ($pH \approx 13$), требуется использовать продукты для понижения pH. При обработке гипохлоритом натрия в воде увеличивается концентрация хлоридов (что изменяет вкус и цвет воды), для их снижения требуется периодическое добавление в бассейн свежей воды. Крайне нестабилен в процессе хранения – разрушается под воздействием тепла, солнечного света.

Использование метода электролиза

Метод заключается в использовании системы преобразования соли в хлор путем электролиза. Слегка подсоленная вода бассейна (концентрация соли в воде – 0,3%) после фильтрации поступает в электролитическую камеру, где хлорид натрия преобразовывается в гипохлорит натрия и подается в бассейн. Процесс регенерации хлора из соли проходит постоянно.

Высокая токсичность процесса электрохимического приготовления гипохлорита требует отдельного помещения для установки системы. Особое внимание к закладным и нагревательным элементам бассейна – нержавеющая сталь не переносит контакт с соленой водой.

Дезинфектанты на основе гипохлорита лития:

Используются в виде гранул или таблеток. Дозируются вручную. Применяются в частных бассейнах.

Имеют легкую щелочную реакцию, могут со временем вызвать увеличение pH.

Дезинфектанты на основе гипохлорита кальция:

Используются в виде таблеток. Дозируются вручную. Применяются только в частных бассейнах.

Существенно влияет на жесткость воды, что ведет к выпадению осадка (особенно при увеличении уровня pH). Имеют щелочную реакцию, требуется использовать продукты для понижения pH.

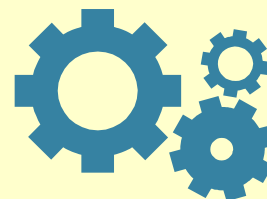
Дезинфицирующие средства на основе хлор-изоциануратов:

Используются в виде гранул или таблеток. Дозируются вручную. Применяются только в частных бассейнах.

В состав этих препаратов входит стабилизатор хлора - изоциануровая кислота, имеющая свойство со временем накапливаться в воде бассейна. При ее чрезмерном содержании, она будет работать не как стабилизатор, а как блокиратор хлора, что существенно снизит обеззараживающий эффект препарата.

Для избежания эффекта «перестабильности» рекомендуется замена до 50% воды бассейна при достижении концентрации 50-100 мг/л, при уровне выше 100 мг/л – полное опорожнение бассейна.

Изоциануровая кислота отрицательно влияет на результаты измерения автоматических станций измерения и регулирования.



Агрессивна по отношению к меди. При использовании для обеззараживания воды ионизаторов «серебро/медь» способна нанести вред медным электродам;

Газообразные формы хлора

Дозируются автоматически. Применяются только в общественных бассейнах. Имеют сложности при транспортировке, хранении и обращении с баллонами хлора. Сложность точного дозирования.

Дезинфекция воды с помощью брома

Согласно санитарным нормам ПДК брома в воде бассейна 0,8 – 1,5 мг/л.

Преимущества:

- высокая противомикробная активность
- пролонгированный эффект
- относительная надежность метода

Недостатки:

- при взаимодействии брома с органикой, по аналогии с хлором, образуются броморганические соединения. Также как и хлорорганические соединения, они зачастую являются токсичными веществами, способными оказывать негативное воздействие на организм человека; эффективно нейтрализовать их при этом крайне трудно. Накапливаясь со временем, они повышают ПДК по бромиду, снижая при этом эффективность дезинфекции;
- препараты брома существенно дороже хлорсодержащих дезинфектантов, кроме того для достижения обеззараживающего эффекта требуется существенно большая доза по сравнению с хлором;
- необходимость использования дополнительных реагентов для нормализации pH (при низких значениях), альгицидов, коагулянтов;
- не способен эффективно удалять биообрастания;
- совместное использование методов озонирования-бромирования небезопасно для здоровья человека, так как в результате их взаимодействия в высокой долей вероятности образуются высокотоксичные канцерогенные соединения – броматы.
- разлагается под действием солнечного света, при этом не имеет стабилизаторов. Не подходит для открытых бассейнов, имеет сложности в хранении.
- при концентрации выше 0,5 мг/л достаточно часто возникает раздражение слизистых оболочек, глаз, появляется неприятный запах, могут наблюдаться кожные аллергические реакции (зуд, сыпь).

Дополнительно о бромсодержащих препаратах:

Сам по себе бром не способен окислить нежелательные примеси в воде – для этого требуется присутствие более сильного окислителя, который бы активировал бромид-ионы (обычно это хлор, уже входящий в состав таблеток).

Препараты брома:

- 1-бром-3-хлор-5,5-диметилгидантоин (BCDMH) - при растворении в воде образуется хлорноватистая и гипобромная кислоты. Гипобромная кислота уничтожает бактерии, водоросли и загрязнения и переходит в ионы В2. Хлорноватистая кислота играет роль как дезинфектанта, так восстановителя для бромид-ионов. В форме медленнорастворимых таблеток, палочек или гранул. Вносятся в воду при помощи дозатора.

При взаимодействии брома с органикой, по аналогии с хлором, образуются броморганические соединения.

- 1,3-дибром-5,5-диметилгидантоин (DBDMH) – Дибромантан - при растворении в воде образуется гипобромная кислота. Для последующей активации бромид-ионов требуется присутствие окислителя достаточной силы (озон, хлор, активный кислород). Используется в виде соли с последующим добавлением окислителя. Применяется реже.

Дезинфекция воды с помощью «активного кислорода»

Метод «активного кислорода» предполагает использование реагентов на основе пероксида (перекиси) водорода, достаточно сильного окислителя, в роли которого выступает радикал кислорода.

Согласно санитарным нормам ПДК перекиси водорода в воде бассейна 0,1 мг/л., пероксимоносульфата калия – 0,5 мг/л.

Преимущества:

- при соблюдении дозировки не вызывает раздражений глаз и кожи, не имеет запаха

Недостатки:

- для эффективной дезинфекции перекисью водорода требуются дозы, значительно превышающие ПДК. В тех дозировках, которые разрешены СанПиН без наличия дополнительной дезинфекции метод малоэффективен.
- отсутствие значимого пролонгированного эффекта обработки - в связи с относительно большой скоростью преобразования активного кислорода в молекулярный, не обладающий бактерицидными свойствами. Высокая температура и наличие загрязнений ускоряют этот процесс;
- не способен эффективно удалять биообрастания;
- перекись водорода – токсичное вещество, относится ко 2 классу опасности (высокоопасное вещество). При передозировке возникает жжение слизистых, сухость кожи, раздражение глаз;
- требуются реагенты для поддержания уровня pH;

Дополнительно о препаратах «активного кислорода»:

Используется в двух вариантах:

- В жидком виде - 35% раствор перекиси (пероксида) водорода. Дозируется автоматически. Эффективна против водорослей, является также флокулянт. Крайне нестабильна – разлагается под воздействием солнечного света, при высокой температуре. Взрывоопасна.
- В твердом виде (таблетки, гранулы) - активный ингредиент пероксимоносульфат (моноперсульфат) калия. Дозируются вручную. Требуется периодическое проведение ударного хлорирования. Требуется регулярно использовать противоводорослевые средства (если таковые дополнительно не входят в состав гранул), флокулянт. Увеличивают минерализацию воды.

Дезинфекция воды с помощью ионов меди и серебра (ионизация)

Очищаемая вода проходит через специальную камеру обработки, в которой находятся электроды сплава серебра и меди. На них подается постоянное слабое напряжение с определенно заданной силой тока. В результате образуются ионы серебра и меди. Большая часть этих ионов насыщает кварцевый песок фильтра, образуя дополнительный дезинфекционный элемент. Другая часть поступает в бассейн, где ионы уничтожают бактерии и предотвращают рост водорослей.

Бактерицидный эффект в данном случае основан на сочетании ионов меди и серебра, так как по отдельности они являются очень слабыми дезинфектантами.

Для эффективной дезинфекции перекисью водорода требуются дозы, значительно превышающие ПДК.

Под воздействием ионов проницаемость стенок клеток микроорганизмов уменьшается, что препятствует их нормальному питанию и делению. Как только ионы проникают в клетку и разрушают необходимые для фотосинтеза аминокислоты, клетка отмирает.

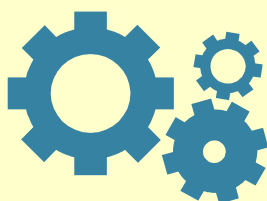
Согласно санитарным нормам ПДК ионов меди в воде бассейна – 1,0 мг/л, ионов серебра — 0,05 мг/л.

Преимущества:

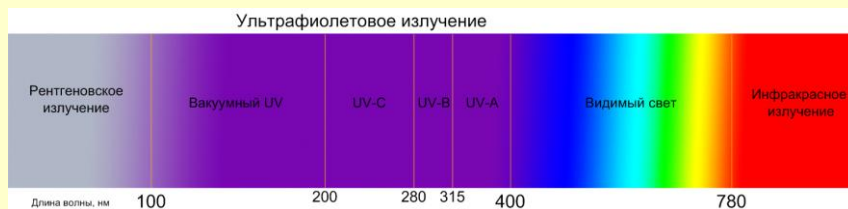
- пролонгированный эффект
- простота в обслуживании
- не требуются флокулянты и альгициды
- отсутствие аллергических реакций и раздражающего воздействия на кожу, слизистые и дыхательную систему человека

Недостатки:

- в соответствии с СанПин не может использоваться в качестве основного средства дезинфекции;
- имеющейся концентрации ионов может быть недостаточно для уничтожения некоторых форм микроорганизмов; некоторые микроорганизмы способны формировать устойчивость;
- не решается вопрос разложения органических загрязнений и удаления биообрастаний;
- для эффективной дезинфекции важно выдерживать необходимую и достаточную концентрацию ионов - требуется регулярное измерение. При высоком содержании ионов возможно изменение цвета пленки, купальной одежды и цвета светлых волос;
- существенные требования к системе фильтрации и параметрам обрабатываемой воды для эффективной работы системы (при высоком содержании хлоридов/нитратов эффективность работы системы резко снижается);



Обеззараживание воды в бассейне ультрафиолетом



Ультрафиолетовым излучением называется электромагнитное излучение с длиной волны от 100 до 400 нм. Для дезинфекции бассейнов чаще всего используются лампы, генерирующие излучение с длиной волны 254 нм (UV-C). Под его воздействием происходят необратимые повреждения ДНК клеток микроорганизмов, что делает невозможным их размножение.

В соответствии с СанПин УФ-обработку рекомендуется сочетать с хлорированием. При их сочетании содержание общего остаточного хлора может быть снижено до 0,3 мг/л.

Преимущества:

- высокая противомикробная активность, моментальный обеззараживающий эффект
- не вносит изменений в химический состав воды, не влияет на pH
- отсутствие аллергических реакций и раздражающего воздействия на кожу, слизистые и дыхательную систему человека
- простота в применении и обслуживании, экономичность, безопасность
- способен удалять некоторые побочные продукты хлорирования

Недостатки:

- требует использования дополнительных средств дезинфекции;
- отсутствие пролонгированного эффекта;
- не решает проблему разложения органических примесей и устранения биообрастаний;
- требуется использование флокулянтов и альгицидов;

Озонирование воды бассейнов

Озон – один из сильнейших окислителей из всех применяемых в области водоподготовки бассейнов.

Озон может быть получен различными методами: с помощью химических реакций, в результате ультрафиолетового излучения, при электрическом разряде. В установках, производящих озон для дезинфекции воды плавательных бассейнов, чаще всего используется последний метод.

Синтез озона осуществляется при воздействии электрического разряда на пропускаемый через генератор сухой воздух или кислород.

Согласно санитарным нормам ПДК озона в воздухе не более 0,1 мкг/л.

Преимущества:

- высокая противомикробная активность, быстрый обеззараживающий эффект (в 15-20 раз быстрее, чем при применении хлора)
- отсутствие аллергических реакций и раздражающего воздействия на кожу, слизистые и дыхательную систему человека
- улучшает органолептические показатели воды

Недостатки:

- слабый пролонгированный эффект;
- не решает проблему устранения биообрастаний;
- при окислении озоном органических соединений, присутствующих в воде бассейна, возможно формирование побочных продуктов (альдегидов, кетонов и др.);
- низкая эффективность при удалении побочных продуктов хлорирования;
- необходимость деструкции остаточного озона в воде; контроль за содержанием озона в воздухе;
- более высокая стоимость оборудования по сравнению с другими методами;

Технология эффективных процессов окисления – Advanced Oxidation Processes (AOP)

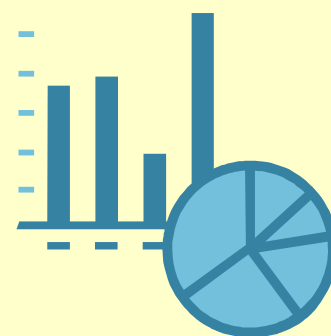
Принципиальное отличие технологии AOP от озонирования и других методов обработки в следующем:

Первая особенность – в отличие от других окислителей, радикалы OH* способны инициировать в воде цепные реакции окисления, которые многократно **интенсифицируют и ускоряют процесс окисления** как микробиологических, так и органических загрязнений. На практике это дает фактически моментальный обеззараживающий эффект, а также глубокое разложение органики и уничтожение водорослей. Кроме того, AOP эффективно устраняют все побочные продукты реагентной дезинфекции. Одновременно достигается дополнительный эффект в виде улучшения органолептических показателей воды - устранение запаха, мутности и цветности воды.

Вторая важная особенность – **возможность воздействия на биообрастания**. Технология AOP - единственная из всех применяемых для очистки воды бассейнов в состоянии эффективно решить проблему биообрастаний, как на стенках чаши бассейна, так и на поверхностях фильтрующих материалов, стенках трубопроводов.

Третья принципиальная особенность обусловлена конструктивными особенностями оборудования XENOZONE, позволяющими **производить обработку исходной воды**, что позволяет устранять нежелательные примеси уже при первичном напуске бассейна и решает проблему оседания неорганических примесей, содержащихся в исходной воде, на стенках чаши бассейна.

Пролонгированный эффект при использовании AOP-технологии не столь существенный, поэтому в больших общественных бассейнах в соответствии с требованиями СанПин требуется обязательное использование дополнительных консервирующих средств (обычно хлора), но уже в значительно меньших концентрациях. Между тем, из всех основных методик технология AOP является единственной, которая наиболее полно и эффективно решает основные задачи водоподготовки бассейнов.



На практике это дает фактически моментальный обеззараживающий эффект, а также глубокое (в отдельных случаях до CO₂ и воды) разложение органики и уничтожение водорослей.
