

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ. ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ

УДК 628.316.6

Н.А. Тихонова, О.И. Ручкина

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ В БАССЕЙНЕ

Рассмотрена водоподготовка бассейна. В нее входят механическая и химическая обработка воды. Выполнен сравнительный анализ методов обеззараживания воды.

Ключевые слова: вода, бассейн, водоподготовка, фильтр, дезинфекция, методы очистки, хлор, кислород, озон, бром, соль, ультрафиолет.

Сегодня можно с полной уверенностью говорить о том, что строительство бассейнов во всех регионах России – это одна из важнейших государственных программ, направленных в первую очередь на сохранение здоровья населения и особенно подрастающего поколения. Занятия любыми видами водного спорта наравне с активным отдыхом в бассейне снимают усталость, стрессы, дарят много таких необходимых в наше время положительных эмоций. Не менее важным фактором является и лечебное воздействие водных процедур на организм человека в целом и при довольно большом ряде заболеваний. Именно поэтому строительство бассейнов становится неотъемлемой частью социальных программ развития инфраструктуры городов и населенных пунктов. Строительство бассейнов предусматривается при проектировании современных медицинских центров, больниц, поликлиник и санаториев государственной и частной форм собственности, а также детских садов и школ. Строительство частных бассейнов открытого и закрытого типов на территории дачных и коттеджных уча-

стков для подавляющей части населения становится нормой и показателем здорового образа жизни.

Эксплуатация бассейна требует проведения комплекса мероприятий по диагностике технического оснащения бассейна, дезинфекции, удалению мусора, грязи и отложений. Регулярная профессиональная чистка позволяет долго сохранять прозрачность воды, она обеспечивает красоту и безопасность бассейна. Требования, предъявляемые к качеству воды в бассейне, должны соответствовать установленным нормам СанПиН 2.1.2.1188–03 «Плавательные бассейны. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды. Контроль качества». Поэтому одной из актуальных задач при дезинфекции воды является применение технологий, не приводящих к образованию в процессе обеззараживания токсичных соединений, одновременно полностью уничтожающих патогенную микрофлору и не влияющих на здоровье людей.

Водоподготовка бассейна. Общие сведения. Для очистки воды в бассейне от механических загрязнений применяется система фильтрации, в соответствии с требованиями DIN 19643-1 «Подготовка воды для плавательных и купальных бассейнов. Ч. 1. Общие требования». В качестве фильтров для небольших частных бассейнов и бассейнов СПА могут использоваться сменные картриджные фильтры. Для бассейнов большого объема применяются песочные фильтры [1].

Песочные фильтры, применяемые для очистки воды в бассейне, могут быть однослойными или многослойными. Однослойные фильтры – это песочные фильтры с песком одной фракции. В многослойных фильтрах применяется кварцевый песок разных фракций, расположенных от фракций крупных размеров к фракциям малого размера. Количество фракций разных размеров в таких фильтрах может быть от трех до пяти.

Иногда для очистки воды в бассейне применяются мультимедийные фильтры. В таких фильтрах также используется несколько фракций кварцевого песка, между которыми располагаются слои абсорбента [1].

Однако только фильтров для очистки воды в бассейне недостаточно. Фильтровальные системы отлично справляются с ме-

ханическими загрязнениями, но они бессильны против болезнетворных микроорганизмов. Вирусы, грибки и бактерии погибают только при обработке воды бассейна дезинфицирующей химией (хлорсодержащими или кислородсодержащими средствами), рост водорослей активно подавляет, например, такой реагент, как альгицид, а коагулянты помогают устранить мутность воды и отфильтровать мельчайшие частицы, являющиеся средой для роста и развития микроорганизмов. Таким образом, отказаться от применения химии и от проведения регулярного обслуживания никак нельзя. Согласно установленным в DIN 19643-1 показателям, в табл. 1 приведены основные концентрации, которые необходимо регулировать в бассейнах.

Таблица 1

Основные показатели воды в бассейне

Параметр	Ед. изм.	Оптимальное значение	Допустимое значение	Характерные проявления при повышении допустимых значений
Показатель степени щелочности или кислотности pH	–	7,2–7,4	7,0–7,6	Выпадение известкового осадка, запах, раздражение глаз и кожи
Концентрация свободного хлора	мг/л	0,3–0,5	0,2	Запах, раздражение глаз и кожи
Уровень активного кислорода	мг/л	5	5	Медленный процесс окисления при температуре воды $>28^{\circ}\text{C}$

Выбор дезинфицирующего метода очистки. Сегодня все чаще встает вопрос о том, как обеззаразить воду без негативного влияния на организм человека? Самый известный дезинфектор – это хлор, являющийся эффективным и дешевым. Но многие стараются отойти от этого метода из-за опасности и неприятного запаха. Известен способ дезинфекции воды ионами серебра и меди, при этом не используется химия, а значит, нет аллергических реакций организма. Однако недостаточно изучено влияние ионов серебра и меди на организм человека.

Для уничтожения органики в бассейнах используют несколько методов дезинфекции воды, согласно СанПиН 2.1.2.1188–03:

- 1) хлорирование воды;
- 2) бромирование;

- 3) добавление кислородсодержащих соединений;
- 4) озонирование воды;
- 5) обработка ультрафиолетовым (УФ) излучением;
- 6) солевой электролиз;
- 7) ионизация воды (медь, серебро).

Рассмотрим подробнее методы обеззараживания (дезинфекции) воды.

1. Хлорирование воды. Хлорирование воды описывается в DIN 19643-2 «Подготовка воды для плавательных и купальных бассейнов. Ч. 2. Комбинация методов: адсорбция, коагуляция, фильтрация, хлорирование». Метод основан на способности свободного хлора и его соединений угнетать ферментные системы микробов, катализирующие окислительно-восстановительные процессы. В России в 99 % случаев в какой-либо степени хлорируется вода в любом бассейне, даже в бассейне с морской водой, так как хлорирование – самый старый, распространенный, надежный и доступный реагентный способ дезинфекции воды и соблюдения санитарных норм.

2. Бромирование воды. Бромирование воды – реагентный метод, являющийся альтернативой хлорированию воды в бассейне. Бром, как и хлор, является галогеном и сильным окислителем (DIN 19643-1).

3. Обеззараживание воды с помощью активного кислорода. Принцип действия метода очистки с помощью активного кислорода: в воду впрыскивается кислородсодержащий реагент, который в воде разлагается, выделяя кислород, и действует на биологические загрязнения. Одно время этот щадящий метод был очень популярен в Европе и России.

4. Озонирование воды. Озон – это газ, являющийся наиболее активной формой кислорода. Озон является одним из наиболее сильных окислителей, уничтожающих бактерии, споры и вирусы. По своей сути очистка воды озоном эквивалентна многократно ускоренной процедуре природной очистки воды.

В общественных бассейнах генератор озона допустимо использовать только в комплексе с хлорной станцией. Обработка воды методом озонирования совместно с методом хлорирования – отличный вариант для больших бассейнов. Благодаря обработке озоном, вода в бассейне будет прозрачной, чистой и эффективно

обеззараженной. Останется только поддерживать небольшую концентрацию хлора для предотвращения проникновения в бассейны патогенных микроорганизмов. При этом образование хлораминов будет сведено к минимуму, а следовательно, меньше запах хлорки и раздражение кожи и глаз.

5. Обработка воды ультрафиолетовым излучением. В настоящее время УФ-облучение воды – один из наиболее перспективных безреагентных методов обеззараживания воды, более подробная информация дана в МУ 2.1.2.694–98 «Использование ультрафиолетового излучения при обеззараживании воды плавательных бассейнов». УФ-обеззараживание воды происходит при помощи способности УФ-излучения проникать сквозь стенки клетки, добираясь до ее информационного центра – нуклеиновых кислот ДНК и РНК. УФ-обеззараживание воды заключается в поглощении лучей излучения нуклеиновыми кислотами, при этом ДНК и РНК патогенных микроорганизмов теряют способность делиться, т.е. теряется способность клетки к размножению. УФ-обеззараживание воды считается одним из наиболее чистых методов очистки воды.

УФ-обеззараживание воды сегодня применяется как самостоятельный метод очистки воды, так и в сочетании с другими методами дезинфекции. В крупных общественных бассейнах метод обеззараживания воды ультрафиолетом применяется вместе с хлорной дезинфекцией. Такая комбинация методов позволяет значительно снизить содержание свободного хлора в воде, необходимое для качественной дезинфекции, а также уменьшить концентрацию хлораминов. В небольших частных бассейнах возможен полный отказ от хлорного обеззараживания.

6. Обеззараживание воды с применением солевого электролиза. Один из современных методов дезинфекции воды. В системах солевого электролиза хлорсодержащий реагент вырабатывается из раствора обычной поваренной соли (NaCl) методом электролиза. Согласно СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», электролиз – это физико-химический процесс, при котором жидкость (электролит) под воздействием электрического тока распадается на положительные и отрицательные ионы.

Существуют два варианта систем дезинфекции воды на основе солевого электролиза:

1. Электролизные установки, работающие по методу проточного электролиза. В воду бассейна добавляется небольшое количество соли для того, чтобы выработать через солевой электролиз, сильное дезинфицирующее средство, наполненное активным хлором. Этот окислитель имеет способность обратно превращаться в соль после своего дезинфицирующего действия. Вот как все происходит. «Подсоленная» вода из бассейна проходит через аппарат электролизер. При подаче тока к электролизной ячейке электролизера в результате электрохимической реакции возникают новые химические элементы и соединения: хлорноватистая кислота (HOCl), путем окисления уничтожающая органические вещества (микробы, бактерии, вирусы, водоросли); являющийся продуктом реакции водород (H_2), который безопасно отводится со всей площади поверхности бассейна, и вновь получаемые из оставшихся после реакции компонентов NaOH и HCl соль (NaCl) и вода (H_2O). Соль при этом повторно используется в процессе электролиза, и цикл реакций начинается сначала. Хлорамины во время их прохода около электродов разрушаются и выделяют хлор, который будет использован заново.

2. Электролизные установки, вырабатывающие хлор в отдельной емкости. При использовании такой установки не требуется добавлять соль в воду бассейна. Газообразный хлор вырабатывается путем электролиза поваренной соли внутри специальной камеры и подается в воду бассейна строго дозируемыми порциями, где образуется гипохлорит натрия.

Метод обеззараживания, основанный на солевом электролизе, применяется в частных и гостиничных бассейнах, в бассейнах санаториев и ЛПУ, а также в общественных открытых и закрытых бассейнах.

7. Дезинфекция, основанная на ионизации воды в бассейне. Согласно СанПиН 2.1.4.1074–01, ионизация – это процесс отщепления мельчайших частиц вещества. Очистка воды в бассейне способом ионизации – один из самых передовых методов на сегодняшний день. Принцип действия метода обеззараживания ионизацией: под действием слабого тока в блоке электродов, встроенном в систему фильтрации бассейна, происходит выделение ионов

меди или серебра. С потоком воды эти ионы попадают в чашу бассейна. Ионы серебра уничтожают бактерии и вирусы, а ионы меди предотвращают рост водорослей.

Однако следует учесть, что серебро – тяжелый металл и относится к классу высокоопасных веществ. При длительном употреблении воды, обработанной серебром, возникает заболевание аргироз [2].

Аргироз, или аргирия, – болезнь, вызванная длительным отложением в организме серебра, его соединений или серебряной пыли. Характеризуется необратимой сильной пигментацией кожи, которая принимает серебристый или синевато-серый оттенок.

Допустимая норма потребления человеком серебра естественным путем составляет 7 мкг/сут (по нормам ВОЗ). В настоящий момент подтвержденных данных о полезном воздействии серебра на организм нет.

Обеззараживание воды медью безопасно, но при использовании воды в бытовых нуждах в несколько раз увеличивается коррозия стальной и гальванизированной арматуры, вода приобретает окраску и горьковатый вкус. Медь относится к тяжелым веществам третьего класса опасности и при повышенном содержании может приводить к нарушению деятельности различных органов человека [2].

Метод совместной ионизации и хлорирования воды в бассейне получил довольно широкое применение в общественных и частных бассейнах. Ионизация совместно с озонированием применяется реже из-за довольно высокой стоимости оборудования.

Для дезинфекции воды в общественных плавательных бассейнах используется метод хлорирования в чистом виде или в комбинации с другими методами дезинфекции. При выборе бассейна для занятий плаванием следует предпочитать тот, где для дезинфекции воды используется комбинация методов обеззараживания, что снижает количество применяемой хлорки, а следовательно, уменьшает опасность раздражения кожи, слизистых оболочек и глаз.

В табл. 2 приведены основные характеристики методов дезинфекции воды и выполнена их сравнительная оценка. Общая оценка методов рассчитывалась по трехбалльной шкале. Положительные качества оценивались в 3 балла, отрицательные – 1 балл, средняя оценка между положительными и отрицательными качествами – 2 балла.

Таблица 2

**Сравнительная характеристика методов
обеззараживания воды (в баллах)**

Характеристики	Хлорирование	Бромирование	Активный кислород	Озонирование	УФ-излучение	Солевой электролиз (эффект морской воды)	Ионизация воды
Уничтожение микроорганизмов	3	2	3	3	2	3	3
Уничтожение спорообразующих	1	1	1	3	1	1	1
«Привыкание» микроорганизмов к концентратам	1	3	3	3	3	3	3
Образование химических продуктов	1	3	3	3	3	1	2
Дезинфицирование поверхности бассейна	3	3	3	1	1	1	1
Пролонгированные действия	3	3	1	1	1	1	3
Влияние на кожу и организм	1	2	3	2	3	2	2
Запах	1	3	3	3	3	3	3
Доступность	3	1	3	3	3	3	3
Стоимость	3	1	2	1	3	1	2
Эффективность	3	2	3	2	1	3	2
ИТОГО общая оценка методов	23	24	28	25	24	22	25

На рис. 1 представлена итоговая оценка методов обеззараживания.

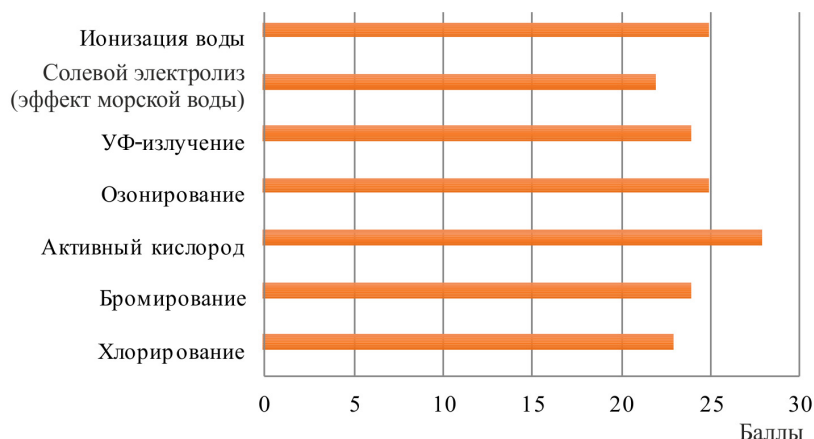


Рис. 1. Итоговая оценка методов обеззараживания воды

По результатам балльной оценки методы обеззараживания воды можно расставить в ряд: активный кислород, ионизация и озонирование, бромирование и УФ-излучение, хлорирование, солевой электролиз.

Какие методы обеззараживания воды чаще применяются в общественных бассейнах г. Перми, показано на рис. 2.

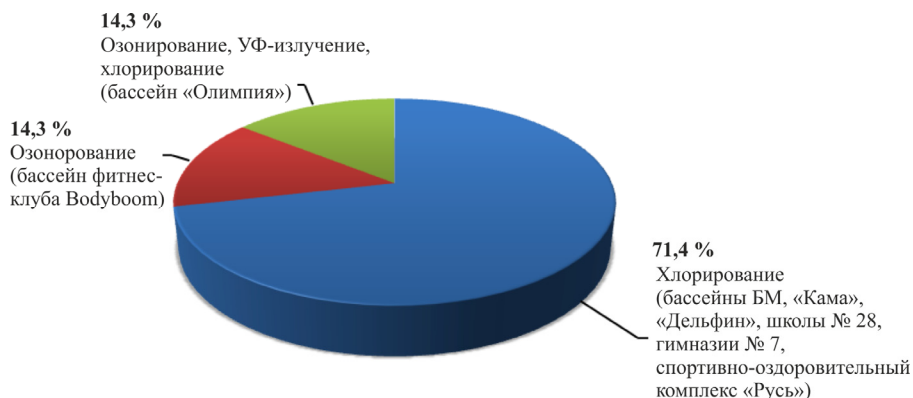


Рис. 2. Методы, применяемые для обеззараживания воды в бассейнах г. Перми

Всего в бассейнах г. Перми используется 3 метода обеззараживания воды:

- 1) хлорирование – 6 бассейнов – 71,4 %;
- 2) озонирование – 1 бассейн (14,3 %);

3) озонирование, УФ-излучение, хлорирование для консервации – 1 бассейн (14,3 %).

Выводы. На сегодняшний день существует достаточно много способов дезинфекции воды в бассейнах любого типа. Каждый владелец вправе сам выбирать наиболее подходящий метод в части обеспечения санитарных требований и своих финансовых возможностей.

Несомненно, самым популярным реагентным методом обеззараживания воды является хлорирование. Хлор эффективно уничтожает все микроорганизмы, он доступен и имеет малую стоимость. Метод бромирования занимает промежуточное положение между хлорированием и активным кислородом. Он эффективен, но имеет высокую стоимость, и в бассейнах с большим объемом он не справляется. Самыми высокими показателями характеризуется метод обеззараживания воды с помощью активного кислорода. В отличие от хлора кислород не оказывает влияния на кожу и не раздражает слизистую глаз. Но процесс обеззараживания данным методом замедляется при температуре воды больше 28 °С.

Если есть потребность не только дезинфицировать воду бассейна, но и улучшить ее физические и органолептические свойства, то лучше вместо хлорирования применять озонирование. Этот способ дороже, но он обеспечивает двойкий эффект: в части обеззараживания и в части обеспечения оптимальных органолептических свойств воды – вода после озонирования приобретает нежно-голубой цвет с высокой степенью прозрачности.

Безреагентные способы обеззараживания воды очень перспективны с точки зрения минимального воздействия обработанной воды на человеческий организм и возможности возникновения аллергических реакций. Например, при использовании ультрафиолетового излучения дезинфекция воды происходит без применения химических веществ. Недостаток данного метода в том, что он обеззараживает только ту часть воды, которая проходит через ультрафиолет, в то время как хлор или кислород охватывают всю воду в бассейне. Метод применим для маленьких объемов и лучше всего в сочетании с хлорной дезинфекцией. Такая комбинация снизит содержание свободного хлора в воде, а также уменьшит концентрацию хлораминов.

Солевой электролиз – один из современных методов дезинфекции воды. Метод характеризуется высокой эффективностью. Соль, содержащаяся в воде в небольших количествах, оказывает положительное действие на кожу и организм. Минус данного метода – высокая стоимость оборудования.

Метод ионизации – один из самых передовых методов на сегодняшний день. Уничтожает микроорганизмы, наиболее эффективен при совместной работе с другими методами. Однако требует значительных затрат на оборудование. Кроме того, воздействие ионов металлов на организм человека не до конца изучено.

Распространенность методов обеззараживания воды в бассейнах г. Перми следующая, %: 71,4 – хлорирование, 14,3 – озонирование, 14,3 – озонирование в сочетании с УФ-излучением и хлорированием малыми консервационными дозами в конце технологической схемы.

Идеального, не имеющего недостатков способа обеззараживания воды в бассейне не существует, хотя на многих сайтах можно встретить ту или иную компанию, уверяющую, что предлагаемый ею метод самый лучший. Тем не менее всегда можно подобрать метод дезинфекции, который будет удовлетворять конкретным условиям эксплуатации, нормам СанПиН и желаниям людей.

Библиографический список

1. Рогожкин И.Г. Очистка и обеззараживание воды в бассейнах // Сантехника. – 2003. – № 4. – С. 4–10.
2. Жарков А.В. Особенности применения технологий очистки обеззараживания воды в бассейнах // Сантехника. – 2013. – № 1. – С. 10–54.

References

1. Rogozhkin I.G. Ochistka i obezarazhivanie vody v basseyne [The cleaning and disinfection of the water in the pool]. *Santekhnika*, 2003, no. 4, pp. 4–10.
2. Zharkov A.V. Osobennosti primeneniya tekhnologiy ochistki obezarazhivaniya vody v basseyne [The features of application of technologies for treatment of swimming pool water disinfection]. *Santekhnika*, 2013, no. 1, pp. 10–54.

Получено 13.10.2013

N. Tikhonova, O. Ruchkinova

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR DISINFECTING WATER IN THE POOL

In the article the water treatment basin. It includes mechanical and chemical treatment of the water. The article also made a comparative analysis of methods for water disinfection

Keywords: water, swimming pool, water treatment, filters, disinfection, cleaning methods, chlorine, oxygen, ozone, bromine, salt and ultraviolet.

Тихонова Наталья Анатольевна (Пермь, Россия) – магистрант программы «Инженерные сети» кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и водоснабжения, водоотведения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: natatihon@mail.ru).

Ручкина Ольга Ивановна (Пермь, Россия) – д-р техн. наук, профессор кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и водоснабжения, водоотведения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: xgogax@mail.ru).

Tikhonova Natalia (Perm, Russia) – Undergraduate of program «Network Engineering» of Department of heat, ventilation and water supply, wastewater, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: natatihon@mail.ru).

Rutchkinova Olga (Perm, Russia) – Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of heat, ventilation and water supply, wastewater, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: xgogax@mail.ru).