



**ВЕСТНИК ПНИПУ.  
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА**  
Т. 8, № 2, 2017  
**PNRPU BULLETIN.  
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**  
<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2017.2.04

УДК 628.166

## МЕТОДЫ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ В ПЛАВАТЕЛЬНОМ БАССЕЙНЕ

**Е.О. Петухова**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

### О СТАТЬЕ

Получена: 14 января 2017  
Принята: 15 апреля 2017  
Опубликована: 30 июня 2017

#### Ключевые слова:

водоподготовка, плавательный бассейн, обеззараживание, хлорирование, озонирование, УФ-излучение, ионизация, ультразвук

### АННОТАЦИЯ

Установлено, что вода в плавательных бассейнах биологически активна, и каждый день органические и неорганические вещества неизбежно попадают в нее, поступая из окружающей среды или заносясь купающимися. Если не предпринимать меры, направленные на защиту качества воды бассейнов, то в очень скором времени вода станет мутной, потому что, не подвергаясь обработке в бассейне, она представляет собой идеальную среду для роста бактерий и водорослей.

Всем известно, что вода способна влиять на здоровье человека. Содержание в воде большого количества загрязнителей может привести к неприятным и опасным последствиям, например, раздражению на коже и слизистых оболочках, а также при попадании внутрь – к расстройствам ЖКТ и других органов. В связи с этим существуют определенные санитарные нормы и осуществляется регулярный контроль за состоянием воды в общественных бассейнах, а также в обязательном порядке производится комплекс мероприятий по подготовке воды и уходу за ней.

В данной статье определены основные источники попадания загрязняющих веществ в плавательные бассейны, а также рассмотрены последствия загрязнения воды при отсутствии надлежащей ее подготовки. Приведены основные требования к качеству воды в бассейнах, а также проведен сравнительный анализ плавательных бассейнов Перми и городов Пермского края по ряду показателей. Рассмотрен комплекс мероприятий по подготовке воды. Основное внимание уделено изучению методов обеззараживания (реагентных, безреагентных и комбинированных), применяемых в бассейнах, и эффективности их использования. Каждый из описанных методов по-своему действует на микроорганизмы за счет разной степени активности и окислительной способности реагентов.

© ПНИПУ

Петухова Евгения Олеговна – студентка, e-mail: [evgeniya.petuhova.95@mail.ru](mailto:evgeniya.petuhova.95@mail.ru).

Evgeniia O. Petukhova – Student, e-mail: [evgeniya.petuhova.95@mail.ru](mailto:evgeniya.petuhova.95@mail.ru).

## METHODS OF WATER DECONTAMINATION IN SWIMMING POOLS

E.O. Petukhova

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

---

### ARTICLE INFO

Received: 14 January 2017  
Accepted: 15 April 2017  
Published: 30 June 2017

#### Keywords:

water preparation, swimming pool, decontamination, chlorination, ozonizing, UV light, ionization, ultrasound

### ABSTRACT

The water in the swimming pools is supposed to be biologically active. Every day the organic and inorganic substances inevitably enter the water bodies from the environment or swimmers. If you do not take actions to protect the quality of water in swimming pools, the water will become turbid in a very short time since without proper treatment provides an ideal environment for the growth of bacteria and algae.

It's a well-known fact that water can affect human health. The contents of a large number of pollutants in the water can lead to unpleasant and dangerous effects, such as irritation of skin and mucous membranes and ingestion appear disorders of the gastrointestinal tract and other organs in providing of getting pollutants into the human organism. There exist certain health standards and there is regular monitoring of water in public pools. In addition, the complex of measures on water preparation and taking care of it must be carried out.

This article defines the main ways of getting the pollutants into the swimming pools. In addition, the author focuses on determined the consequences of water pollution without the proper preparation. The main requirements for water quality in pools are presented; the comparative analysis of the swimming pools in Perm and different cities of Perm krai is shown. The article presents the range of measures of water preparation. Special attention is given to the study of different methods of water decontamination in the pools and their effective use. Every method described affects microorganisms in its own way due to the different intensity and oxidative ability of reagents.

© PNRPU

Установлено, что вода в плавательном бассейне биологически активна, и каждый день органические и неорганические вещества неизбежно попадают в нее, поступая из окружающей среды или заносясь купающимися. Если ничего не предпринимать, то в очень скором времени вода станет мутной, потому что, не подвергаясь обработке в бассейне, она представляет собой идеальную среду для роста бактерий и водорослей [1, 2].

Даже при заполнении бассейна водопроводной водой, качество которой соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода», при отсутствии надлежащей подготовки воды бассейн моментально превратится в болото.

Рассмотрим ряд факторов, подтверждающих правдивость вышесказанного утверждения:

1. После наполнения бассейна обычной водой через 2–3 дня его стенки покроются слизью, а на поверхности появится пленка. Этот налет образуется благодаря деятельности бактерий, которые появляются из-за того, что вода не подвергается дезинфекции.

2. Вода приобретает зеленый оттенок, который придает ей наличие водорослей.

3. Если водопроводная вода к тому же является сравнительно жесткой, то скоро станет заметно, что стенки стали шероховатыми. При этом содержащаяся в воде известь осаждается на стенках в форме кристаллов.

4. После нескольких дней вода в плавательном бассейне станет окончательно зеленой, приобретет неприятный запах, на дне и стенках бассейна появятся наросты; таково действие бактерий и разлагающихся водорослей.

Всем известно, что вода способна влиять на здоровье человека. Наличие большого количества загрязнителей может привести к неприятным последствиям, например, раздражению на коже и слизистых оболочках, а также при попадании внутрь – к расстройствам ЖКТ и других органов [3–5].

Таким образом, вода в бассейне является разносчиком различных инфекций, но если администрация придерживается всех требований к качеству воды и проводит надлежащую очистку, то это снижает риск получить заболевание. Таким образом, с помощью комплекса физических и химических мер обработки можно добиться того, чтобы в течение длительного времени вода в бассейне находилась в безупречном состоянии, оставалась кристально прозрачной, а также не имела неприятного запаха [1, 4, 6].

Существуют нормативные требования к качеству воды в бассейне, утвержденные СанПиН 2.1.2.1188-03 «Плавательные бассейны». Они такие же, как требования к качеству питьевой воды. В этих нормах указано, что в одном литре воды должно содержаться не более 0,3 мг железа, жесткость должна быть 7 мг-экв, уровень pH – 6–9.

В табл. 1, утвержденной СанПиН 2.1.2.1188-03, указаны гигиенические требования к качеству воды для бассейнов.

Таблица 1

Показатели и нормативы качества воды в ванне бассейна  
(в процессе эксплуатации)

Table 1

The water indicators and quality standards in pools

№ п/п	Показатели	Нормативы
1	Физико-химические показатели	
	Мутность, мг/л	Не более 2
	Цветность, град	Не более 20
	Запах, баллы	Не более 3
	Хлориды (при обеззараживании воды гипохлоритом натрия, получаемым электролизом поваренной соли), мг/л	Не более 700
	Остаточный свободный хлор (при хлорировании), мг/л	Не менее 0,3 – не более 0,5
	Остаточный бром (при бромировании), мг/л	0,8–1,5
	Остаточный озон (при озонировании), мг/л	Поступлением в ванну бассейна
	Хлороформ (при хлорировании), мг/л	Не более 0,1
	Формальдегид (при озонировании), мг/л	Не более 0,05
2	Основные микробиологические показатели	
	Общие колиформные бактерии в 100 мл	Не более 1
	Термотолерантные колиформные бактерии в 100 мл	Отсутствие
	Колифаги в 100 мл	
	Золотистый стафилококк ( <i>Staphylococcus aureus</i> ) в 100 мл	
3	Дополнительные микробиологические показатели	
	Возбудители кишечных инфекций	Отсутствие
	Синегнойная палочка ( <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ) в 100 мл	
4	Паразитологические показатели	
	Цисты лямблий ( <i>Giardia intestinalis</i> ) в 50 л	Отсутствие
	Яйца и личинки гельминтов в 50 л	

Еще один важный элемент – температура воды в бассейне. Оптимальным температурным режимом в плавательных бассейнах считается 25–28 °С. Для гидромассажных бассейнов и СПА-зон температура воды должна быть 30–34 °С.

В табл. 2 приведены требования к температуре воды в бассейне, утвержденные СанПиН 2.1.2.1188-03.

Таблица 2

Виды бассейнов и требования к температурному режиму

Table 2

The types of pools and requirements to the temperatures

Виды бассейнов (назначение)	Температура воды, °С
Спортивные	24–28
Оздоровительные	26–29
Детские учебные:	
– дети до 7 лет	30–32
– дети старше 7 лет	29–30
Охлаждающие	До 12

Изучим плавательные бассейны г. Перми и Пермского края на соответствие приведенных на их сайтах показателей качества воды нормативным данным (табл. 3). Сравним также режимы их работы. К сопоставлению предлагаются бассейны спорткомплексов «Олимпия» и «БМ», плавательный бассейн «Кама» г. Перми, бассейн восстановительно-оздоровительного комплекса «Дельфин» пгт. Полазна, плавательные бассейны в гостинице «Сталагмит» и физкультурно-оздоровительном комплексе «Синий кит» г. Кунгура. Сравнение осуществляется по способу подготовки воды, температурному режиму и влажности, частоте сбора проб на анализы и стоимости одного посещения. К сожалению, по таким показателям, как доза остаточного хлора и рН, анализ провести не удастся, так как не на всех сайтах эта информация указана.

Система очистки воды в рассматриваемых бассейнах многоступенчатая с применением песчаных фильтров, а в качестве дезинфекции используются озон или хлорсодержащие реагенты. Во всех бассейнах система рециркуляционная. О температуре воды можно сказать, что она оптимальная, и все бассейны соответствуют названиям комплексов, где расположены. Влажность в бассейнах нормальная – 50 %. Частота сбора проб указана только в трех из шести бассейнов: в спорткомплексе «Олимпия», восстановительно-оздоровительном комплексе «Дельфин» и физкультурно-оздоровительном комплексе «Синий кит». В первом и третьем бассейнах пробы воды на бактериологический анализ берутся один раз в месяц, а во втором – два раза в месяц и один раз в три месяца на паразитологию. Таким образом, в бассейне ВОК «Дельфин» к бактериальной безопасности относятся ответственнее. Кроме того, на сайте бассейна комплекса указана доза остаточного хлора в воде – 0,1–0,3 мг/л, что почти соответствует требованиям СанПиН 2.1.2.1188-03. Что касается кислотно-щелочного баланса, то этот параметр указан лишь на сайте бассейна спорткомплекса «Олимпия» (рН = 7,2), что соответствует требованиям СанПиН 2.1.2.1188-03.

Оптимальная величина рН должна находиться в пределах 7,2–7,4 (но не более 7,6). Это позволяет избежать нежелательных химических процессов в воде и проблем с кожей, увеличить эффективность дезинфицирующих средств.

Следует заметить, что на кислотно-щелочной баланс в бассейне влияют как химический состав воды, используемой для наполнения бассейна, так и химические препараты, применяемые для дезинфекции и чистки, поэтому следует регулярно контролировать и регулировать рН.

По стоимости одного посещения бассейны сильно разнятся: посещение бассейна спорткомплекса «Олимпия» и ВОК «Дельфин» составляет 500 руб., плавательных бассейнов «БМ» и «Кама» – 350 руб., а кунгурских бассейнов гостиницы «Сталагмит» и ФОК «Синий кит» – 150 и 130 руб. соответственно. Стоит отметить, что в Кунгуре при прочих равных условиях стоимость купания в бассейнах намного ниже, чем в столице Пермского края и Полазне.

Таблица 3

Сравнение плавательных бассейнов г. Перми и Пермского края

Table 3

The comparison the swimming pools in Perm and Perm region

Показатель	Название бассейна					
	«Олимпия»	«БМ»	«Кама»	«Дельфин»	«Синий кит»	«Сталагмит»
Система очистки воды	Многоступенчатая, дезинфекция осуществляется озонированием (в большом бассейне очистка проводится каждые 8 ч, в детском – каждые 2 ч)	Традиционная – современные хлорсодержащие препараты и песчаные фильтры	Рециркуляционная, с еженедельной пол-ной сменой, дезинфекция осуществляется хлором	Циркуляция воды через 6 фильтров, наполненных 18 кварцевого песка, обеззараживание производится хлорсодержащими реагентами	Многоступенчатая очистка, дезинфекция осуществляется озонированием (в большом бассейне очистка проводится каждые 8 ч, в детском – каждые 2 ч)	Традиционная, представлена современным озонным оборудованием – автоматическая станция дозирования реагентов, песчаные фильтры с двухслойной загрузкой, система подогрева воды
Доза остаточного хлора, мг/л	–	–	–	0,1–0,3	–	–
pH	7,2	–	–	–	–	–
T воды, °C	28	28	28	26–28	26–29	28–30
T воздуха, °C	29	29	28	25–27	28–30	27–29
Влажность P, %	50	50	50	50	50	50
Частота сбора проб	Не реже 1 раза в месяц	–	–	2 раза в месяц на бак. анализ и 1 раз в 3 месяца на паразитологию	1 раз в месяц	–
Стоимость одного посещения, руб.	500	350	350	530	130	150

Доказано, что один человек, даже предварительно приняв душ, заносит в бассейн за занятие до 50 тысяч микроорганизмов. Как мы разобрались, в бассейн могут попасть вредоносные органические и неорганические вещества, которые не только загрязняют воду, но и могут привести к тяжелым заболеваниям [7]. В связи с этим существуют определенные санитарные нормы и осуществляется регулярный контроль за состоянием воды в общественных бассейнах. Для того чтобы вода, находящаяся в бассейне, соответствовала параметрам, указанным в табл. 1, и занятия в плавательном бассейне были комфортными и полезными для здоровья, в любом общественном бассейне должен быть произведен комплекс мероприятий по подготовке воды и уходу за ней, который включает:

1) анализ воды: определение главных характеристик воды (содержание железа общего, окисляемость, твердость, показатель кислотности рН и др.);

2) подогрев воды: необходим для поддержания комфортной температуры в чаше бассейне;

3) рециркуляция воды: необходима для равномерного перемешивания воды во всех частях бассейна;

4) механическая очистка воды – это очистка воды от таких загрязнителей, как мусор, пыль, песок, отмершие микроорганизмы, осуществляющаяся с помощью специальных фильтров (песочных, мембранных, угольных, картриджных); система фильтрации является неотъемлемой частью любого бассейна, благодаря ей вода в бассейне остается чистой и прозрачной в течение длительного времени [8];

5) обеззараживание (дезинфекция) воды – это уничтожение биологически активных загрязнителей и продуктов жизнедеятельности (микроорганизмы, водоросли, бактерии, вирусы, потожировые выделения). Для этого применяются различные технологии и методы, которые подразделяются по способу воздействия на микроорганизмы, а именно:

– реагентные методы: дезинфекция достигается путем внесения в воду биологически активных химических соединений (хлорирование, бромирование, озонирование, использование кислородсодержащих реагентов, комбинированных препаратов типа хлор + кислород и т.п.);

– безреагентные методы: обработка воды физическим воздействием (высокая температура, ультрафиолет, ультразвук, электроимпульсы и т.п.);

– комбинированные методы: используются различные комбинации реагентных и безреагентных методов [9].

Система подготовки воды для бассейнов подразумевает не единоразовое приведение всех показателей к требуемым значениям, а постоянный контроль над химическим составом воды [3, 10].

Рассмотрим подробнее методы обеззараживания воды в плавательных бассейнах.

*Хлорирование воды* основано на добавлении в воду хлорсодержащих веществ. Это самый распространенный и самый надежный реагентный способ дезинфекции воды. Он основан на способности свободного хлора и его соединений угнетать ферментные системы микробов, катализирующие окислительно-восстановительные процессы.

Свободный хлор – часть содержащегося в воде общего хлора, который не переработан водорослями, бактериями и иным органическим веществом. Свободный хлор имеет большую дезинфицирующую способность. Хлорамин, или связанный хлор, – часть хлора, связанная соединениями аммония, которые возникают от пота, мочи, крема для загара. Именно хлорамины, а не излишнее содержание хлора, являются причиной появления запаха хлора в бассейне. Хлорамины раздражают глаза и кожу. Содержание связанного хлора не должно превышать трети от общего хлора.

В России в 99 % случаев хоть в какой-то степени хлорируется вода в любом бассейне, даже в бассейне с морской водой, так как хлорирование – самый надежный и доступный способ соблюдения принятых санитарных норм [5].

Однако хлор как дезинфектант имеет ряд недостатков: во-первых, он бессилен против множества бактерий и микроорганизмов, которые довольно опасны для здоровья человека; во-вторых, для сохранения его бактерицидных свойств требуется поддерживать очень жесткий интервал колебаний кислотно-щелочного баланса воды (7,0 и 7,4).

Сегодня в системах водоподготовки все чаще используют альтернативные хлору вещества – пероксид водорода и бром. Однако применение этих веществ должно быть только при условии строгого дозирования, иначе могут возникнуть серьезные последствия [9, 11, 12].

*Бромирование воды* – реагентный метод, являющийся альтернативой хлорированию воды в бассейне. Бром, как и хлор, является галогеном и сильным окислителем. Например, при pH = 8,0 эффективность дезинфицирующего действия брома составляет 87 %, в то время как у хлора – 33 %.

Несмотря на все свои преимущества, из-за дороговизны метод бромирования не получил широкого распространения и применяется для обеззараживания воды в небольших бассейнах и СПА.

Стоит отметить, что бромирование воды в бассейнах не оказывает негативного влияния на организм человека, в отличие от хлорирования. Можно сказать, что этот способ очистки воды безопасен для людей.

В качестве дезинфицирующего средства бром занимает промежуточную позицию между хлором и активным кислородом.

В последнее время растет интерес к использованию мягких методов обработки воды. Именно к ним относится обработка воды с помощью *активного кислорода*. Препараты, в состав которых входят различные органические и неорганические перекисные соединения, попадая в воду, распадаются с выделением атомарного кислорода, обладающего высокой окислительной способностью.

Для качественной дезинфекции воды активный кислород нужно использовать совместно с противоводорослевыми добавками, регулярно добавлять коагулянты и поддерживать уровень pH на оптимальном уровне (7,0–7,4). Наилучшие результаты достижимы при задействовании автоматических станций дозирования и регулирования химических препаратов в воде.

К достоинствам этого метода обычно относят отсутствие характерного запаха хлора и раздражения кожи и глаз. Кроме того, при обработке воды активным кислородом не изменяется уровень кислотности, а во время купания возникает приятное ощущение пребывания в чистой природной воде.

Одно время этот щадящий метод был очень популярен в Европе и России.

Как единственно применяемый рассматриваемый метод не подходит для больших общественных и открытых бассейнов, но вполне эффективен в небольших закрытых частных бассейнах с невысокой нагрузкой. Также метод дезинфекции активным кислородом не подходит для теплых бассейнов с температурой выше 28 °С, так как в теплой воде окисление замедляется [8].

*Озонирование* применяется не только для обеззараживания воды, но и для ее обесцвечивания, т.е. разрушения органических веществ, и дезодорации – устранения посторонних запахов в воде. Его окислительный потенциал в полтора раза выше, чем у хлора, поэтому он является одним из наиболее сильных окислителей, уничтожающих бактерии, споры и вирусы. По своей сути очистка воды озоном эквивалентна многократно ускоренной процедуре природной очистки воды.

Активность озона во много раз выше, чем у кислорода и хлора. Например, патогенные микроорганизмы уничтожаются им в 15–20 раз быстрее, чем хлором, а споровые формы бактерий – в 300–600 раз. Вирус полиомиелита погибает при концентрации озона 0,45 мг/л через 2 мин, тогда как от хлора вдвое большей концентрации только через 3 ч.

Кроме этого, озон проявляет очень сильные окислительные характеристики, потому удачно удаляет органические загрязнения. Он также является флокулянт, т.е. оказывает влияние на поведение очень маленьких коллоидных частиц, всегда содержащихся в воде бассейна.

В общественных бассейнах генератор озона допустимо использовать только в комплексе с хлорной станцией.

Невзирая на достоинства озонной обработки воды, препятствием для ее широкого использования является высокая стоимость озонатора.

Озон разлагается в воде с образованием кислорода за 10–15 мин, потому вода в озонированном бассейне фактически не содержит веществ, владеющих пролонгированным обеззараживающим эффектом. Из-за этого приходится поддерживать невысокую остаточную концентрацию второго антисептического средства, например хлора или брома [1–3].

*УФ-облучение воды* – один из наиболее перспективных безреагентных методов обеззараживания воды в настоящее время. УФ-обеззараживание воды происходит при помощи способности УФ-излучения проникать сквозь стенки клетки бактерии, добираясь до ее информационного центра – нуклеиновых кислот ДНК и РНК. УФ-обеззараживание воды заключается в поглощении УФ-лучей нуклеиновыми кислотами, при этом ДНК и РНК патогенных микроорганизмов теряют способность делиться, т.е. теряется способность клетки к размножению.

Обычная установка УФ-обеззараживания воды состоит из камеры обеззараживания, пульта управления и блока промывки. Основной элемент – камера обеззараживания, обычно изготавливаемая из пищевой нержавеющей стали. Внутри камеры располагаются бактерицидные лампы (ртутные или ксеноновые), заключенные в прочные кварцевые чехлы, которые исключают контакт УФ-лампы с водой [11, 13].

Ультрафиолетовое обеззараживание воды считается одним из наиболее чистых методов очистки воды.

Эффект обеззараживания снижается при увеличении мутности воды.

Облучение воды УФ-лучами не обладает пролонгирующим действием, поэтому применение этого способа лучше всего сочетать с реагентным способом. Однако УФ-обеззараживание воды сегодня применяется как в качестве самостоятельного метода очистки воды, так и в сочетании с другими методами дезинфекции.

*Солевой электролиз* – один из современных методов дезинфекции воды. В системах солевого электролиза хлорсодержащий реагент вырабатывается из раствора обычной поваренной соли (NaCl) методом электролиза. 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. Принцип действия следующий: «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, в воде 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 [1, 12, 14].

*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 заключается в следующем: под действием слабого тока в блоке электродов, врезанном в систему фильтрации бассейна, происходит выделение ионов меди или серебра. С потоком воды эти ионы попадают в чашу бассейна. Ионы меди и серебра образуют электростатические соединения, которые в течение секунды деактивируют клетку микроорганизма, и клетка отмирает. Ионы серебра уничтожают бактерии и вирусы, а ионы меди предотвращают рост водорослей. Также из воды удаляются все посторонние примеси.

В отличие от хлорирования, бромирования, озонирования и использования активного кислорода при серебрении процессов окисления нет. Такой способ дезинфекции обеспечивает длительную защиту воды от образования бактерий, спор и грибков (уничтожение микроорганизмов происходит медленно, но надежно) и не требует применения дополнительных средств, противодействующих образованию водорослей [12].

Дезинфекция с использованием устройств серебряно-медной ионной обработки становится все популярнее, несмотря на значительно более высокую цену по сравнению с традиционными методами обеззараживания воды. Говоря о преимуществах метода, в первую очередь называют значительное снижение необходимости в применении хлорирования. Кроме того, один санитарный вкладыш может использоваться до полугода без дополнительного ухода. Однако некоторые специалисты высказывают определенные сомнения в вероятности его широкого распространения, так как ионы тяжелых металлов токсичны для человека.

В основе метода очистки воды *ультразвуком* лежит способность ультразвука разрывать оболочки клеток, вызывая их гибель. Ультразвук также обладает способностью разрушать некоторые химические соединения. Он прекрасно работает при интенсивности  $2 \text{ Вт/см}^2$ . При этом облучаться вода должна не менее 5 мин.

Обеззараживание воды ультразвуком считается одним из новейших методов дезинфекции, но пока он не получил широкого распространения [10, 13].

В настоящее время рекомендуется *комбинировать и сочетать различные системы дезинфекции*. Комбинация с хлорированием каких-либо других способов дезинфекции позволяет достичь максимального эффекта обеззараживания без вреда для здоровья.

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 бассейн и роста патогенных микроорганизмов. При этом образование хлораминов будет сведено к минимуму [15].

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 [5]. В небольших частных бассейнах возможен полный отказ от хлорного обеззараживания.

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.

Более совершенным методом подготовки воды для бассейнов является метод *фотолитического озонирования*, основанный на *совместном действии озонатора, вырабатывающего озон, и ультрафиолетового излучения*. Такой метод очистки позволяет окислять органические соединения до их полной минерализации [1, 2, 10, 13].

Анализ описанных методов и устройств представлен в табл. 4.

Рассматриваемые способы дезинфекции и устройства имеют отличную ценовую категорию, что, конечно, влияет на выбор, однако не всегда цена соответствует качеству продукции.

УФ-облучение при большом количестве достоинств имеет немало отрицательных сторон, которые ограничивают его использование. По сравнению с ультразвуком, способным уничтожить лишь некоторые микроорганизмы, метод ультрафиолетового обеззараживания будет приоритетным.

Наиболее дешевой и доступной является дезинфекция воды хлором и хлорсодержащими реагентами. Хлор можно использовать в чистом виде либо в комбинации с другими методами обеззараживания.

При выборе бассейна для занятий плаванием следует предпочесть тот, где для дезинфекции воды используется комбинация методов обеззараживания, что снижает количество применяемого хлора, а следовательно, уменьшается опасность раздражения кожи, слизистых оболочек и глаз.

Остальные методы являются менее эффективными и более дорогими, чем хлорирование. Кроме того, при использовании альтернативных методов меняется состав воды, поверхности чаши бассейна не обеззараживаются, что влечет за собой использование дополнительных способов дезинфекции, в основном добавление хлора.

На сегодняшний день подготовка воды для плавательных бассейнов с применением современных технологий и высококачественного оборудования является не элементом престижа, а необходимостью.

Таблица 4

Обобщенная характеристика методов дезинфекции плавательных бассейнов

Table 4

The generalized characteristic of the methods of water decontamination in swimming pools

Метод/реагент	Воздействие на микроорганизмы	Достоинства	Недостатки	Цена, тыс. руб.
Хлорирование	Широкий спектр воздействия на микроорганизмы: хлор способен разрушать и уничтожать подавляющее большинство известных патогенных микроорганизмов.	1. Одновременная обработка и воды, и поверхностей самого бассейна. 2. Пролонгированное действие: хлор долго содержится в воде в активном виде (свободный хлор). 3. Недорогой и доступный способ.	1. Не уничтожаются спорообразующие микроорганизмы. 2. Формируется «привыкание» патогенных микроорганизмов к концентрациям хлора. Для решения этой проблемы применяется периодическая обработка повышенными дозами хлора (хлорный шок). 3. Постоянное образование в воде токсичных продуктов хлорирования – хлороформ, хлорамины, с которыми необходимо вести постоянную «борьбу». 4. Хлор придает воде зеленоватый оттенок.	2–48,6
Бромирование	Широкий спектр воздействия на микроорганизмы: бром способен губителен для вирусов, бактерий, грибков, удалению из воды органических примесей.	1. Одновременная обработка и воды, и поверхностей самого бассейна. 2. Обеспечение оптимального уровня надежности дезинфекции воды благодаря устойчивости к высоким значениям pH. 3. Бромирование не повышает жесткость воды. 4. Пролонгированное действие. 5. Соединения на основе брома не раздражают кожу и слизистые, устойчивы к действию солнечной радиации, не имеют характерного запаха. 6. Отсутствие образования вредных побочных продуктов в воде.	1. По эффективности бром занимает промежуточную позицию между хлором и активным хлорсодом, поэтому в бассейнах с большим объемом воды бром не всегда справляется. 2. Высокая стоимость реагента.	2,6–5*

Продолжение табл. 4

Метод/реагент	Воздействие на микроорганизмы	Достоинства	Недостатки	Цена, тыс. руб.
Активный кислород	Эффективное уничтожение патогенной микрофлоры.	1. Соединения не раздражают кожу и слизистую глаз. 2. Отсутствие образования вредных побочных продуктов в воде.	1. Кислородсодержащий реагент очень быстро разлагается в водной среде, поэтому приходится использовать повышенные дозы. 2. Меньшая активность по сравнению с хлорированием, что ведет к увеличению дозировки реагента. 3. Передозировка кислородсодержащего реагента (перекись водорода) влечет за собой более неприятные последствия для здоровья человека, чем передозировка хлора. 4. Требуется периодическое хлорирование. 5. Дороговизна метода.	1,5–7,8*
Озонирование	Широкий спектр воздействия на микроорганизмы: озон уничтожает фактически все бактерии, вирусы и органические вещества.	1. Реагент не раздражает кожу и слизистую глаз. 2. Отсутствие образования вредных побочных продуктов в воде. 3. Обработка озоном делает воду блестящей и придает ей голубой оттенок. 4. Передозировка озона не является проблемой, так как после окончания обработки озон превращается обратно в кислород. 5. Отсутствие специфического запаха.	1. Озон не имеет пролонгированного действия, так как является нестабильным газом и быстро разлагается в обычный кислород, не накапливаясь в водной среде. 2. Поверхности бассейна остаются фактором риска, так как дезинфицируются только вода, проходящая через прибор. 3. Озон токсичен. Кроме того, чистый озон взрывоопасен. По этим причинам, работа с озонном требует тщательного контроля техники безопасности. 4. Дороговизна метода.	153,6–250

Продолжение табл. 4

Метод/реагент	Воздействие на микроорганизмы	Достоинства	Недостатки	Цена, тыс. руб.
Ультрафиолетовое облучение	УФ-облучение обладает высокой эффективностью по отношению к патогенным микроорганизмам, бактериям и вирусам: вызывает необратимые повреждения ДНК, гибель бактерий, разлагает органические вещества.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. У микроорганизмов не развивается устойчивость к УФ-излучению.</li> <li>2. УФ-излучение разлагает хлорамины.</li> <li>3. УФ-облучение даже в высоких дозах не меняет химический состав воды (в отличие от окислительных методов), не приводит к образованию вредных побочных химических соединений.</li> <li>4. Метод безопасен для здоровья.</li> <li>5. Метод УФ-облучения довольно экономичен.</li> </ol>	<p>Недостатки</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Необходим постоянный контроль за концентрацией железа в воде.</li> <li>2. Для качественного обеззараживания воды необходимо применение дополнительных этапов очистки воды, предшествующих дезинфекции ультрафиолетом.</li> <li>3. Поверхности бассейна остаются фактором риска, так как дезинфицируется только вода, проходящая через прибор, излучающий ультрафиолет.</li> <li>4. УФ-обеззараживание действует одномоментно во время непосредственного облучения, т.е. не обладает пролонгированным действием.</li> <li>5. Используемые бактерицидные лампы имеют ограниченный ресурс работы.</li> </ol>	4,6–260
Солевой электролиз	–	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышение эффективности хлорной дезинфекции.</li> <li>2. Экономичность (в качестве расходного сырья используется обычная соль).</li> <li>3. Отсутствие передозировки хлора, так как хлор вырабатывается постепенно, а не впрыскивается импульсами.</li> <li>3. Поддержание нужной концентрации хлора. Благодаря датчикам, которыми оснащаются системы очистки данного типа, осуществляются контроль за содержанием хлора в воде бассейна и выработка необходимого количества хлора для дезинфекции.</li> <li>4. Соль, добавляемая в воду бассейна, тонизирует кожу и организм в целом, возвращая жизненные силы. К тому же соленая вода сама по себе является антисептиком, что значительно упрощает дезинфекцию.</li> </ol>	<p>Недостатки</p> <p>Поверхности бассейна остаются фактором риска, так как дезинфицируется только вода, проходящая через прибор. В поверхности бетонных бассейнов, особенно в швах, стыках и углах, обитает масса бактерий, справиться с которыми могут только ударные дозы хлора.</p>	27–55

Окончание табл. 4

Метод/реагент	Воздействие на микроорганизмы	Достоинства	Недостатки	Цена, тыс. руб.
Ионизация	–	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Пролонгированное действие: ионы серебра и меди остаются в активном состоянии достаточно долгое время, очищая воду в бассейне, что уменьшает потребность в дополнительной дезинфекции</li> <li>2. Качество воды после ионизации соответствует стандартам качества питьевой воды.</li> <li>3. При использовании ионизатора совместно с озоном от использования хлорных веществ в больших бассейнах можно отказаться полностью.</li> <li>4. Отсутствие запаха и аллергии на реагенты.</li> <li>5. Реагенты не раздражают кожу и слизистую оболочку глаз, дыхательные пути.</li> <li>6. Ионы меди также выполняют функцию коагулянта (склеивают мельчайшие механические частицы за счет электростатических сил, образуя более крупные, улавливаемые фильтрами).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Воздействие ионов металлов на организм человека не до конца изучено.</li> <li>2. В больших бассейнах все равно необходима дополнительная дезинфекция хлоркой.</li> <li>3. Данные системы плохо сочетаются с другими системами дезинфекции.</li> </ol>	4–175
Ультразвуковая обработка	В основе метода лежит способность ультразвука разрывать оболочки клеток, вызывая их гибель.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Качественная очистка и нечувствительность к таким факторам, как высокая мутность воды, характер и количество микроорганизмов.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сложность и дороговизна обслуживания.</li> <li>2. Высокая стоимость.</li> <li>3. Метод позволяет удалять из воды микроорганизмы, вирусы и лишь некоторые химические соединения.</li> </ol>	5,3–60

Примечание. \*Стоимость указана за тару объемом V = 3 л.

С помощью современных технологий и основных общепринятых ступеней обработки воды можно довести воду плавательных бассейнов до безопасного и приятного для купающихся состояния.

### **Библиографический список**

1. Орлов В.А. Озонирование воды. – М.: Стройиздат, 1984. – 89 с.
2. Жарков А.В. Особенности применения технологий очистки обеззараживания воды в бассейнах // Сантехника. – 2013. – № 1. – С. 10–54.
3. Quantification of continual anthropogenic pollutants released in swimming pools / M.G.A. Keuten, M.C.F. M. Peters, H.A.M. Daanen, M.K. de Kreuk, L.C. Rietveld, J.C. van Dijk // *Water Res.* – 2014. – Vol. 53. – P. 259–270.
4. What's in the pool? A comprehensive identification of disinfection by products and assessment of mutagenicity of chlorinated and brominated swimming pool water / S.D. Richardson, DeMarini, M. Kogevinas, P. Fernandez, E. Marco, C. Lourencetti, C. Ballesté, D. Heederik, K. Meliefste, A.B. McKague, R. Marcos, L. Font-Ribera, J. O. Grimalt, C.M. Villanueva // *Environ. Health Persp.* – 2010. – Vol. 118, № 11. – P. 1523–1530.
5. Amy G. Disinfectants and disinfection by products. – Geneva: WHO, 2000. – 499 p.
6. Brown D., Bridgeman J., West J.R. Predicting chlorine decay and THM formation in water supply systems // *Reviews in Environmental Science and BioTechnology.* – 2011. – Vol. 10, № 1. – P. 79–99.
7. Guidelines for safe recreational water environments. Swimming pools, spas and similar recreational water environments / World Health Organization. – 2006. – 146 p.
8. Drowning in disinfection by products? Assessing swimming pool water / C. Zwiener, S.D. Richardson, D.M. DeMarini, T. Grummt, T. Glauner, F.H. Frimmel // *Environ. Sci. Technol.* – 2007. – Vol. 41, № 2. – P. 363–372.
9. Петросян В.С. Природная и питьевая вода: проблемы химической безопасности // Чистая вода: проблемы и решения. – 2010. – № 1. – С. 31–35.
10. Рогожкин И.Г. Очистка и обеззараживание воды в бассейнах // Сантехника. – 2003. – № 4. – С. 4–10.
11. Петросян В.С. Проблемы безопасности воды // Чистая вода: проблемы и решения. – 2011. – № 2-3. – С. 60–64.
12. Сравнительное исследование состава смесей галогенорганических веществ, образующихся при дезинфекции воды хлором и гипохлоритом натрия / В.С. Петросян, Е.А. Шувалова, О.В. Полякова, А.Т. Лебедев, А.Н. Пономаренко, М.Н. Козлов // *Экология и промышленность России.* – 2014. – № 5 (18). – С. 42–47.
13. Кедров В.С., Рудзский Г.Г. Водоснабжение и водоотведение плавательных бассейнов. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1991. – 160 с.
14. Richardson S. Mass spectrometry identification and quantification of toxicologically important drinking water disinfection by products, in comprehensive environmental mass spectrometry // ILM Publications. – 2012. – P. 263–285.
15. S. Richardson S. Water analysis: emerging contaminants and current issues // *Anal. Chem.* – 2011. – Vol. 83. – P. 4614–4648.

## References

1. Orlov V.A. Ozonirovanie vody [Water disinfection]. Moscow, Stroizdat, 1984, 89 p.
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.
3. Keuten M. G. A., Peters M. C. F. M., Daanen H. A. M., de Kreuk M.K., Rietveld L.C., van Dijk J.C. Quantification of continual anthropogenic pollutants released in swimming pools. *Water Res*, 2014, vol. 53, pp. 259-270.
4. Richardson S.D., DeMarini, Kogevinas M., Fernandez P., Marco E., Lourencetti C., Ballesté C., Heederik D., Meliefste K., McKague A.B., Marcos R., Font-Ribera L., Grimalt J.O., Villanueva C.M. What's in the pool? A comprehensive identification of disinfection by-products and assessment of mutagenicity of chlorinated and brominated swimming pool water. *Environ. Health Persp*, 2010, vol. 118, no. 11, pp. 1523-1530.
5. Amy G. Disinfectants and disinfectant by products. Geneva, WHO, 2000, 499 p.
6. Brown D., Bridgeman J., West J. R. Predicting chlorine decay and THM formation in water supply systems. *Reviews in Environmental Science and Bio / Technology*, 2011, vol. 10, no. 1, pp. 79-99.
7. Guidelines for safe recreational water environments. Swimming pools, spas and similar recreational water environments. World Health Organization, 2006, 146 p.
8. Zwiener C., Richardson S. D., DeMarini D. M., Grummt T., Glauner T., Frimmel F. H. Drowning in disinfection byproducts? Assessing swimming pool water. *Environmental Science & Technology*, 2007, vol. 41, no. 2, pp. 363-372.
9. Petrosian V.S. Prirodnaia i pit'evaia voda: problemy khimicheskoi bezopasnosti [Natural and drinking water: problems of chemical safety]. *Clean water: problems and solutions*, 2010, no. 1, pp. 31-35.
10. 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.
11. Petrosian V.S. Problemy bezopasnosti vody [Security problems water]. *Clean water: problems and solutions*, 2011, no. 2-3, pp. 60-64.
12. Petrosian V.S., Shuvalova E.A., Poliakova O.V., Lebedev A.T., Ponomarenko A.N., Kozlov M.N. Sravnitel'noe issledovanie sostava smesei galogenorganicheskikh veshchestv, obrazu-iushchikhsia pri dezinfektsii vody khlorom i gipokhloritom natriia [A comparative study of the composition of mixtures of halogenated organic substances formed during disinfection of water with chlorine and sodium hypochlorite]. *Ecology and industry of Russia*, 2014, no. 5 (18), pp. 42-47.
13. Kedrov V.S., Rudzskii G.G. Vodopostavlenie i vodootvedenie plavatel'nykh basseinov [Water supply and water sewage of swimming pools]. 2nd ed. Moscow, Stroizdat, 1991, 160 p.
14. Richardson S. Mass Spectrometry Identification and Quantification of Toxicologically Important Drinking Water Disinfection by Products, in *Comprehensive Environmental Mass Spectrometry*. ILM Publications, 2012, pp. 263-285.
15. Richardson S. Water Analysis: Emerging Contaminants and Current Issues. *Analytical Chemistry*, 2011, vol. 83, pp. 4614-4648.