



THE LOVIBOND® HANDBOOK OF SWIMMING POOL AND SPA WATER TREATMENT

Editor

Tintometer GmbH
Schleefstraße 8 -12
44 287 Dortmund

Phone (+49) (0)2 31 / 9 45 10 - 0

Fax (+49) (0)2 31 / 9 45 10 - 20

sales@tintometer.de

www.tintometer.de

Germany

Text

Dr. rer. nat. R. Münzberg

Illustration

E. G. Hesse

Typsetting and Layout

M. Ostermann

All rights reserved

Copyright® 2017 by

Tintometer GmbH., Dortmund

No.: 93 81 01

3rd Edition April 2017



РУКОВОДСТВО LOVIBOND®: ОБРАБОТКА ВОДЫ В ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНАХ И SPA

Перевод
И.В. Бабкин
Под редакцией
доктора хим. наук А.К. Гладилина
Верстка
К.А. Бушуев

Содержание

Предисловие к русскому изданию	7
Общие сведения об обработке воды в бассейнах.....	9
Основы обработки воды в бассейнах.....	10
Производительность фильтра и период оборота воды.....	10
Разбавление воды	12
Основные методы обработки воды	13
Фильтрация	14
Флокуляция	15
Обратная промывка фильтра	16
Дезинфекция воды.....	16
Химические агенты	19
Дезинфектанты-окислители.....	20
<i>Газообразный хлор</i>	<i>20</i>
<i>Гипохлорит натрия</i>	<i>20</i>
<i>Гипохлорит кальция</i>	<i>22</i>
<i>Хлорированные изоциануровые кислоты</i>	<i>23</i>
<i>Бром.....</i>	<i>24</i>
<i>Озон.....</i>	<i>25</i>
<i>Активный кислород.....</i>	<i>26</i>
Неокислительная дезинфекция	27
<i>Бигуанид.....</i>	<i>27</i>
<i>Медь/Серебро.....</i>	<i>28</i>
<i>Ультрафиолетовое излучение.....</i>	<i>28</i>
Альгициды.....	29
Контроль уровня pH.....	30
Щелочность	31
Кальциевая жесткость.....	32
Минерализация.....	32
Spa и гидромассажные бассейны	35
Емкость и загрузка Spa.....	36
Фильтрация	36
Химическая обработка.....	37
Критерий функционирования.....	38

Методы анализа воды и измерительное оборудование	41
Общие сведения об отборе проб	42
Колориметрический анализ.....	42
Фотометрический анализ.....	43
Электрохимические методы	44
<i>Измерение окислительно-восстановительного потенциала (ORP).....</i>	<i>44</i>
<i>Амперметрические методы.....</i>	<i>44</i>
Хлор	45
<i>ОТО</i>	<i>45</i>
<i>DPD</i>	<i>45</i>
<i>Свободный хлор.....</i>	<i>46</i>
<i>Связный хлор</i>	<i>47</i>
<i>Интерпретация результатов.....</i>	<i>48</i>
Бром	48
рН.....	49
Общая щелочность	50
Кальциевая жесткость.....	51
Озон.....	51
Хлорид.....	53
Сульфат.....	54
Циануровая кислота.....	55
Минерализация - Total Dissolved Solids (TDS)	55
Сбалансированность воды (индекс Ланжелье)	56
Часто задаваемые вопросы.....	59

Предисловие к русскому изданию

Вы держите в руках первое русскоязычное издание руководства компании Lovibond® по обработке воды в плавательных бассейнах и Spa.

Данное руководство служит, в первую очередь, практическим помощником владельцам и обслуживающему персоналу бассейнов. Создавая это пособие, мы ставили перед собой задачи описать основы современной системы обработки воды, показать важность применения различных средств и обсудить механизмы действия химических веществ, используемых для дезинфекции, флокуляции, контроля уровня pH и поддержания общей сбалансированности воды. Этому посвящена первая часть руководства.

Слежение за качеством воды является ключевой стадией в процессе ее обработки. Весь спектр аналитического оборудования Lovibond® удовлетворяет нормам и требованиям для анализа бассейновой воды. Продукция нашей компании проста в эксплуатации, позволяет получать точные надежные результаты, при этом оставаясь вполне доступной широкому кругу потребителей. Во второй части этого руководства подробно описываются методы анализа воды, предлагаемые компанией Lovibond®, и приводятся полезные практические советы по их применению.

Данное издание было подготовлено совместно с компанией Симеон Пул Продактс — нашим эксклюзивным партнером в России. Мы выражаем признательность сотрудникам компании Симеон, осуществившим перевод руководства на русский язык и проявившим активное участие в обсуждении способов подачи материала.

Мы старались предоставить как можно больше информации по различным аспектам анализа и обработки воды. Мы понимаем, что не представляется возможным охватить абсолютно все аспекты и примеры, и приносим свои изменения за то, что могли упустить из виду важные для Вас моменты.

Мартин Велк

*Директор по продажам
Tintometr GmbH*

2008



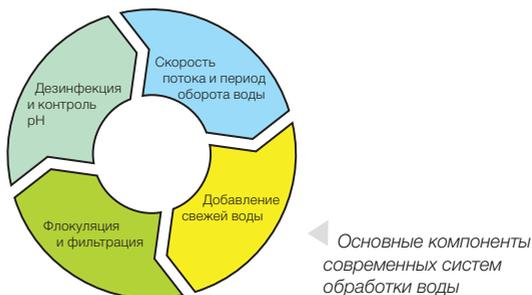
Общие сведения об обработке воды в бассейнах

Основы обработки воды в бассейнах

Главная цель обработки воды в бассейнах заключается в создании и поддержании безопасных и приятных условий для купания. Для достижения указанной цели необходимо в общем случае решить следующие задачи:

1. Устранить из воды патогенные (опасные для здоровья) бактерии.
2. Предотвратить рост водорослей.
3. Поддерживать воду такой, что она не токсична для купающихся и не вызывает раздражения кожи и слизистых оболочек.
4. Не допускать появления неприятного запаха и/или привкуса воды.
5. Не допускать повреждения элементов конструкции и оборудования бассейна, препятствовать образованию известковых отложений и осадка в бассейне, системе трубопроводов и фильтрах.

На диаграмме представлена общая схема функционирования бассейна, описывающая основные компоненты всех современных систем обработки воды:



Производительность фильтра и период оборота воды

Бассейны загрязняются с различной скоростью. Как правило, чем меньше глубина чаши, тем больше купающихся приходится на кубический метр воды, а бассейны под открытым небом в большей степени подвержены загрязнению через поверхность воды, чем закрытые.

Период оборота воды — это время (в часах), за которое через фильтр проходит один полный объем воды в бассейне. Эта величина рассчитывается как:

$$\text{Период оборота воды} = \frac{\text{Объем бассейна, м}^3}{\text{Производительность фильтра, м}^3/\text{ч}}$$

Производительность фильтра — это объем воды, проходящий через фильтр за определенный промежуток времени. Исключительно важно то, что при этом должна достигаться определенная степень очистки — например, полное отделение частиц размером до 10 микрон (0,01 мм).

В зависимости от типа бассейна требуется тот или иной фильтр для достижения правильного значения периода оборота воды. В первом приближении, можно руководствоваться следующими значениями:

Период оборота воды	Тип бассейна
30 мин – 2 часа	Детские плавательные бассейны
до 6- ти часов	Общественные оздоровительные бассейны
до 8- ми часов	Спортивные бассейны

Бассейны в отелях и оздоровительных центрах могут иметь больший период оборота воды по сравнению с аналогичными частными и общественными бассейнами в том случае, если существуют строгие ограничения, регламентирующие количество посетителей и время пользования бассейном. В этом случае должен быть четко определен (и неукоснительно соблюдаться обслуживающим персоналом) такой важный параметр, как максимальное число посетителей. Школьные же бассейны могут быть спроектированы с учетом периодов «разгрузки» между уроками.

Еще одним принципиально важным параметром является скорость фильтрации, определяемая как:

$$\text{Скорость фильтрации} = \frac{\text{Производительность фильтра, м}^3/\text{ч}}{\text{Площадь фильтрации, м}^2}$$

Скорость фильтрации определяется типом используемого фильтра. В зависимости от вида бассейна должна быть реализована различная скорость фильтрации:

Скорость фильтрации* м ³ /ч/м ²	Тип бассейна
до 20	Детский
до 30	Общественный
до 50	Частный

**При использовании песчаных фильтров*

Следует подчеркнуть, что фильтр, насос и другое оборудование для бассейнов следует подбирать с учетом типа бассейна и трех параметров: периода оборота воды, производительности фильтра и скорости фильтрации.

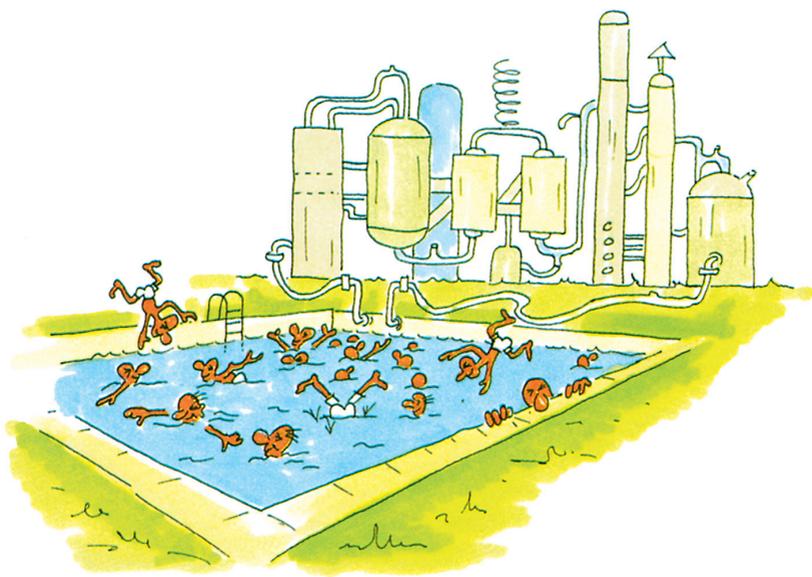
Разбавление воды

Дезинфекция и фильтрация воды не позволяют уничтожить или удалить все возможные загрязнители. По этой причине желательно периодически разбавлять воду в бассейне свежей. Это позволяет снизить содержание как загрязнителей, вносимых посетителями, так и побочных продуктов процесса дезинфекции.

В какой-то мере разбавление достигается в результате обратной промывки фильтра, когда забираемая из бассейна и проходящая через фильтр вода направляется в систему слива, а недостаток воды в чаше восполняется за счет новой. Однако эта процедура обычно проводится недостаточно часто для того, чтобы поддерживать концентрацию нежелательных загрязнителей на приемлемом уровне.

Содержание некоторых загрязнителей можно снизить только разбавлением — органические хлорамины, такие как хлоркреатинин, нельзя разрушить химическим путем, используя стандартные препараты.

Для общественных бассейнов подача 30 литров свежей воды в сутки на одного посетителя позволяет сильно понизить уровень содержания загрязнителей и, таким образом, уменьшить количество используемых химических агентов для очистки воды.



Основные методы обработки воды

Фильтрация

Суть фильтрации заключается в удалении из воды взвешенных частиц. Пропускание воды через фильтр позволяет отделить твердые частицы размером более 10-30 микрон и, таким образом, поддерживать воду чистой и прозрачной. Однако этот метод не позволяет удалять из воды микроорганизмы и растворенные соли.

Традиционным фильтрующим материалом является песок. Он до сих пор используется в больших и малых бассейнах, его эффективность уже более 100 лет не вызывает сомнений.

К другим типам фильтров (в зависимости от используемого материала) можно отнести:

1. Картриджные
2. Цеолитные
3. Кремнеземные (диатомитовые)
4. Доломитные

В картриджных фильтрах используется синтетическая ткань (например, из сшитого полиэфира), уложенная таким образом, что создается множество складок, соединенных с сердцевиной фильтра через цилиндрический барабан. Такая конструкция позволяет достичь очень большей фильтрующей поверхности в ограниченном пространстве. Фильтры данного типа, как правило, используются только для небольших бассейнов.

Как в песчаных, так и в цеолитных фильтрах вода проходит через материал под давлением, при этом маленькие частицы оседают на фильтрующем материале. Цеолитные материалы в настоящее время становятся все более популярными, поскольку они способны абсорбировать аммиак, снижать количество используемых химических агентов и поддерживать воду прозрачной.

Использование кремнеземных фильтров основано на процессах гравитации и создания пониженного или повышенного давления. В сосуд помещают специальные сетки, после чего в систему вносят кремнеземы, которые оседают на сетке. Проходя через такие сетки с напылением, твердые частицы оседают на кремнеземах и удаляются из воды.

Доломитные фильтры создают щелочную среду, реагируя с компонентами бассейновой воды, и поэтому могут использоваться для поддержания pH, особенно в случае использования хлора в качестве дезинфицирующего агента. Состав доломитных материалов таков, что они постоянно вносят дополнительное количество гидрокарбонатов кальция и магния, повышая при этом жесткость воды и стабилизируя pH. В результате доломитный материал постепенно расходуется, поэтому через определенные промежутки времени его надо снова добавлять в фильтр. Как правило, используют 40-сантиметровые

метровый доломитовый слой над песчаной засыпкой в фильтре. Если в качестве дезинфицирующего агента применяется гипохлорит, доломитных материалов следует избегать. К преимуществам данного материала следует отнести его способность удалять из воды ионы железа и марганца.

Флокуляция

Коллоидные и мелкодисперсные материалы не задерживаются фильтром и продолжают циркулировать в бассейне, делая воду мутной и снижая видимость для купающихся. Как правило, с такой проблемой сталкиваются в открытых бассейнах, а причиной этих явлений являются ветер и дождь. В бассейновую воду попадают приносимые ветром мелкие частицы (пыль, водоросли, споры, насекомые, частички почвы, гравийная пыль).

Для удаления мелкодисперсных материалов необходимо использовать флокулянты. Внесение этих химических реагентов в воду в бассейне приводит к агрегации мелких частиц в более крупные, которые уже могут быть удалены из воды фильтрацией. К числу наиболее популярных флокулянтов относятся:

1. АЛЮМ (сульфат алюминия)
2. PAC (поли-хлорид алюминия), или гидроксихлорид алюминия)
3. PASS (полисульфосиликат алюминия)
4. Алюминат натрия
5. Гексагидрат хлорида железа (III)
6. Сульфат железа (III)

Механизм действия всех этих веществ сходен и состоит в образовании в процессе реакции их гидролиза желеобразного осадка, который «захватывает» и объединяет мелкодисперсные частицы.

Флокулянты на основе алюминия наиболее эффективны в диапазоне pH от 6,5 до 7,2, а на основе железа — в диапазоне от 6,5 до 7,5. Однако соли железа могут частично оставаться в воде, вызывая образование ржавчины, и поэтому сейчас они не находят широкого применения.

Наиболее распространенными флокулянтами являются полиэлектролиты, такие как PAC и PASS. Эти вещества принадлежат к классу поликатионов (положительно заряженных полимеров), поэтому они легко связываются с отрицательно заряженными частицами, которые, как правило, ответственны за мутность воды. Поликатионы обладают рядом и других преимуществ. Так, в рекомендованных производителями количествах они способны вызывать флокуляцию живых организмов, таких как бактерии и водоросли, которые в противном случае беспрепятственно проходят через фильтры. Патогенные цисты *Cryptosporidium* и *Giardia* малы и устойчивы к большинству дезинфицирующих агентов, но могут быть удалены из воды этим способом.

Также следует отметить, что поликатионы образуют прочные агрегаты, не разрушающиеся под давлением, создаваемым насосом.

Необходимо подчеркнуть, что флокулянты следует применять в строго рекомендованных количествах, чего проще всего достичь при помощи дозирующего оборудования. В каждом конкретном случае необходимо неукоснительно следовать инструкциям по применению препаратов.

Обратная промывка фильтра

Независимо от типа используемого фильтра, всегда наступает момент, когда происходит насыщение фильтрующего материала мелкими частицами загрязнителей. Поэтому фильтр необходимо периодически подвергать очистке при помощи обратной промывки.

Указанием на необходимость проведения этой процедуры является показание манометра, свидетельствующее о возникновении разности давления между верхней и нижней частью засыпки фильтра. Процесс обратной промывки фильтра состоит в изменении направления потока воды через фильтр. При этом фильтрующий материал взбалтывается и разрыхляется. Острые зерна засыпки сталкиваются друг с другом, высвобождая загрязнения, которые тут же вымываются из фильтра в слив (дренаж).

Таков механизм очистки при обратной промывке в случае песчаных, цеолитных и доломитных фильтров. В кремнеземных фильтрах обращенный поток воды удаляет не только загрязнения, но и сам материал. Поэтому в данном случае необходима замена фильтрующей среды.

Картриджные фильтры не могут быть подвергнуты обратной промывке, в связи с чем их нужно разбирать и чистить. Сначала картридж необходимо тщательно промыть под струей воды, например, из шланга для полива, а затем обработать концентрированным раствором хлора (100 мг/л). Существуют специальные наборы для химической чистки таких фильтров.

Дезинфекция воды

Дезинфекция воды в бассейнах означает:

1. Устранение потенциально опасных бактерий.
2. Предотвращение развития водорослей.
3. Обеспечение того, что вода нетоксична и не вызывает раздражения кожи и слизистых оболочек.
4. Предотвращение образования нежелательного запаха и/или привкуса воды.

Другими словами, дезинфекция должна делать воду приятной и безопасной для купающихся.

Дезинфекция связана с разрушением микроорганизмов: вирусов, бактерий, водорослей, грибков и плесени. Все они присутствуют в большом количестве в окружающей среде. В случае бассейновой воды дезинфекция в основном направлена на борьбу с бактериями и водорослями.

В человеческом организме присутствуют миллионы бактерий. Большинство из них неопасны, но часть может вызывать заболевания. Вода в бассейнах является идеальной средой для передачи бактерий от одного человека к другому. Добавление дезинфицирующих агентов приводит к быстрой гибели бактерий, что снижает риск заражения.

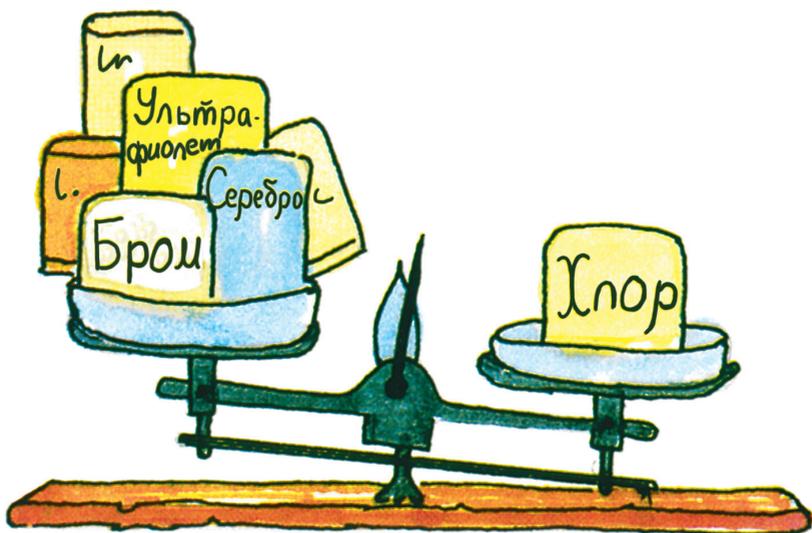
Водоросли являются естественной формой растительной жизни. Они присутствуют во всех природных водоемах — реках, озерах и т. д. Присутствие водорослей в бассейне является крайне нежелательным, так как рост колоний водорослей приводит к помутнению воды и делает элементы конструкции бассейна скользкими и небезопасными. Процесс дезинфекции должен эффективно сдерживать развитие водорослей, но иногда приходится прибегать к использованию дополнительных химикатов — альгицидов.

В случае правильного ухода за водой и адекватной дезинфекции в бассейне не должна происходить передача вирусных инфекций. Воздушно-капельные инфекции могут распространяться в местах скопления купающихся, однако в этом случае заболевания передаются скорее через небольшие капли, взвешенные в воздухе, а не через воду бассейна.

Существуют два организма, особенно устойчивых к дезинфекции — патогенные цисты *Cryptosporidium* и *Giardia*. Эти микроскопические простейшие широко распространены в окружающей среде и вызывают у людей диарею и тошноту. Цисты могут создавать определенные проблемы в бассейнах с высокой загрузкой. Хотя эти организмы и устойчивы к дезинфекции, они крупнее чем, например, бактерии, и поэтому могут быть эффективно удалены флокуляцией с последующей фильтрацией.

Сами купающиеся вносят в воду ряд загрязнителей. Ключевыми из них являются азот-содержащие соединения пота и мочи, которые, находясь в аммонийной (положительно заряженной) форме, реагируют с некоторыми дезинфицирующими агентами с образованием побочных продуктов, вызывающих раздражение. Для снижения отрицательного эффекта их действия требуется использование специальных реагентов или разбавление воды. Более подробно эта проблема будет рассмотрена ниже.

Иногда приходится сталкиваться с мнением, что дезинфектанты и окислители — это одно и то же. На самом деле, это не так. Механизм действия многих веществ, используемых для дезинфекции воды, отличен от окисления. Тем не менее, следует признать, что в большинстве бассейнов для поддержания высокого качества воды используются те или иные окислители, в связи с чем реагенты данного класса будут обсуждены в первую очередь.



Химические агенты

Внимание, это важно!

При выборе средств, пожалуйста, учтите, что дезинфицирующие агенты, применяемые для бассейнов и Spa, разработаны специально для этих целей. Обычные бытовые средства неприменимы для ухода за бассейнами.

Дезинфектанты-окислители

Газообразный хлор. Сжиженный газообразный хлор — самая чистая форма хлора для дезинфекции; содержание активного хлора составляет в нем 100%.

При реакции хлора с водой в бассейне образуется свободный хлор (хлорноватистая кислота) и хлороводородная (соляная) кислота, в результате чего рН воды снижается до 2 и ниже, то есть создается сильноокислая среда. Для нормализации кислотности применяют постоянное автоматическое добавление щелочи в виде карбоната натрия (соды) или гидроксида натрия (каустической соды).

Хлорирование газообразным хлором лучше всего подходит при использовании жесткой воды.

Хлорный газ является чрезвычайно ядовитым. Он отнесен к классу боевых отравляющих веществ. Поэтому его применение для дезинфекции воды в бассейнах должно сопровождаться соблюдением исключительных мер безопасности.

Газообразный хлор ни в коем случае нельзя применять для дезинфекции воды в частных бассейнах.

Гипохлорит натрия. В настоящий момент гипохлорит натрия является самым популярным дезинфицирующим агентом для использования в бассейнах. Производители предлагают этот препарат в виде концентрированного раствора, представляющего собой бледно-желтую жидкость с запахом бытового отбеливателя. Коммерческие препараты содержат от 10 до 15% хлора, что гораздо больше, чем в обычных средствах бытовой химии.

Гипохлорит получают, пропуская газообразный хлор через раствор гидроксида натрия в строго контролируемых условиях. Для повышения стабильности препарата при хранении часть не прореагировавшей щелочи оставляют в дезинфицирующем средстве, поэтому получаемый раствор препарата характеризуется очень высоким значением рН — около 12.

Даже при соблюдении благоприятных условий хранения (в темном месте при пониженной температуре) гипохлорит медленно разлагается, теряя часть хлора и образуя кислород (значение рН при этом остается высоким). Иногда в состав препаратов вводят стабилизирующие добавки для замедления

разложения гипохлорита. Это приводит к снижению содержания активного хлора (обычно не более 10%). Хотя такие средства более стабильны, они все равно подвержены частичному разложению под действием тепла, света и т. д.

В летние месяцы рекомендуется хранить раствор гипохлорита натрия в темном контейнере не дольше одного месяца при как можно более низкой температуре.

Внимание, это важно!

Никогда не добавляйте кислоту непосредственно к раствору гипохлорита, так как это приведет к образованию ядовитого газообразного хлора.

Не добавляйте воду к химическим агентам во избежание несчастных случаев. Всегда вносите химический агент в воду.

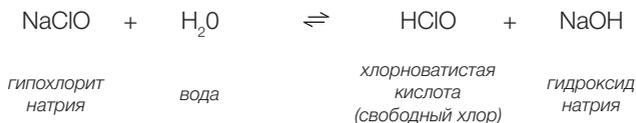
Необходимая для коррекции pH кислота должна подаваться в бассейн постепенно. В случае использования хлороводородной (соляной) кислоты ее необходимо разбавить перед внесением в бассейн. Это можно сделать, например, в ведре или канистре, добавив к соляной кислоте воду из бассейна (конкретные концентрации, объемы и дозировки должны присутствовать в инструкции по применению, предоставляемой производителем).

При применении сухого препарата для понижения pH (гидросульфата натрия) его необходимо предварительно растворить в воде. Вне зависимости от того, какое средство вы используете (жидкое или твердое), старайтесь как можно более равномерно распределять в бассейне приготовленный раствор понижающего pH реагента.

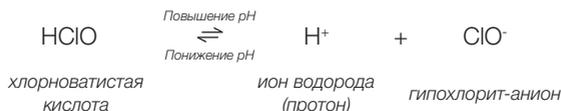
Возможен и другой вариант дезинфекции гипохлоритом — его можно генерировать непосредственно в бассейне. Для этого необходимо поддерживать высокий уровень содержания хлорида натрия (обычной поваренной соли) в воде — обычно от 3 до 5 г/л, и пропускать часть воды или всю воду через электролизер. В качестве источника соли можно также использовать морскую воду.

Электролиз не подходит для больших бассейнов, но может успешно применяться в малых бассейнах с невысокой загрузкой, когда система электролитического генерирования хлора справляется с изменениями условий эксплуатации бассейна и в состоянии поддерживать достаточный уровень свободного хлора.

В основе дезинфицирующего действия гипохлорита лежит следующая реакция:



Количество образующейся хлорноватистой кислоты зависит от значения рН воды в бассейне (рН — мера кислотности — связана с концентрацией протонов (ионов водорода) H^+ в растворе; чем выше концентрация протонов, тем ниже значение рН и тем выше кислотность среды). Влияние рН на положение равновесия в системе проиллюстрировано на схеме ниже:



При основных (высоких) значениях рН количество протонов в среде мало, соответственно, равновесие реакции сдвигается вправо и в системе преобладает гипохлорит-анион. Активная форма $HClO$ доминирует при более кислых (низких) значениях рН (см. таблицу):

рН	% $HClO$	% ClO^-
5,0	100	0
6,0	96	4
7,0	75	25
7,2	66	34
7,5	49	51
7,8	33	67
8,0	23	77

Поскольку $HClO$ является активной дезинфицирующей формой, а ион ClO^- практически не реакционноспособен, с точки зрения обработки воды было бы идеально иметь в бассейне рН около 5,0. Однако это невозможно, так как такая кислая среда не подходит как для купающихся, так и материалов, из которых построен бассейн (например, металлические элементы будут подвергаться в таких условиях коррозии). Оптимальным со всех точек зрения является диапазон рН между 7,2 и 7,5. В этих условиях примерно половина дезинфицирующего агента присутствует в форме $HClO$, а сама вода комфортна для посетителей и не агрессивна по отношению к конструкциям бассейна.

В заключение данного раздела следует отметить, что хотя именно $HClO$ считается «свободным хлором», во всех колориметрических методах анализа определяется сумма хлорноватистой кислоты $HClO$ и гипохлорит-иона ClO^- .

Гипохлорит кальция. Гипохлорит кальция (Ca гипро) является более стабильным аналогом гипохлорита натрия. Коммерчески доступны препараты в форме гранул или таблеток с содержанием доступного хлора вплоть до 65%, что существенно выше, чем в случае гипохлорита натрия.

Обычно гипохлорит кальция не вносят в бассейн вручную; данный реагент предварительно растворяют в воде и подают в циркуляционную систему автоматически. Таблетки можно помещать в специальный дозатор, через который проходит вода, а в случае домашних бассейнов — просто в скиммер.

Постоянное использование данного дезинфектанта приводит к увеличению уровня кальция в воде. Это является безусловным достоинством препарата в районах с мягкой водой. В таких условиях в бассейнах часто наблюдается «растворение» цемента между керамическими плитками из-за того, что вода испытывает «нехватку кальция», и ей требуются источники кальция для компенсации его уровня. В этом случае гипохлорит кальция выполняет сразу две функции: дезинфицирует воду и помогает устранить «нехватку кальция».

В районах с повышенной жесткостью воды разрушение цемента маловероятно, но велик риск образования осадка на стенах бассейна и в фильтре. В таких случаях очень важна сбалансированность воды (см. раздел «Сбалансированность воды»).

Гипохлорит кальция проявляет щелочные свойства, pH его раствора лежит в интервале от 11 до 12. Соответственно, для коррекции уровня pH воды необходимо использовать кислоту.

Минерализация (общее солесодержание) в воде увеличивается при использовании гипохлорита кальция, но не в такой степени, как в случае гипохлорита натрия.

Хлорированные изоциануровые кислоты (стабилизированный хлор). Эти соединения применяются во всем мире благодаря тому, что циануровая кислота, уменьшая степень разложения хлора под действием ультрафиолетовых солнечных лучей, является отличным стабилизатором в открытых бассейнах. Коммерчески доступны два препарата данного типа: дихлоризоцианурат натрия (Ди-хлор) и трихлоризоциануровая кислота (Три-хлор).

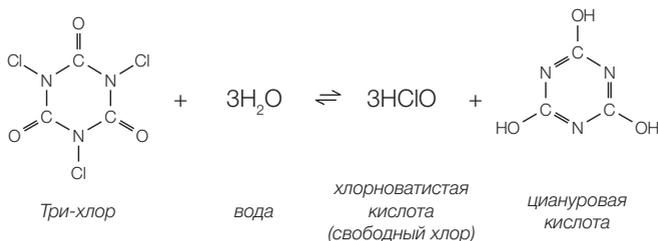
Ди-хлор. Выпускается в виде гранул. Содержание доступного хлора составляет порядка 60%. Это соединение хорошо растворимо в воде, что позволяет вносить его непосредственно в бассейн. Более того, оно практически нейтрально и не оказывает влияния на pH воды. При растворении Ди-хлора в воде образуется хлорноватистая кислота (свободный хлор) и циануровая кислота. За содержанием последней, впрочем, как и за содержанием свободного хлора, необходимо следить во избежание ситуации «запираания хлора» (см. раздел «Циануровая кислота»).

Три-Хлор. Содержание доступного хлора в Три-хлоре составляет 90%. Обычно данный реагент поставляется в виде больших таблеток. Это соединение плохо растворяется в воде, поэтому оно идеально подходит для по-

стоянной дезинфекции в системах проточной подачи, в которых медленное растворение соединения создает постоянный приток реагента в воду.

Раствор Три-хлора характеризуется низким значением pH — около 3. В случае его использования требуется контроль уровня pH, а именно, его увеличение при помощи основных химикатов, например, карбоната натрия (стиральная сода).

В воде Три-хлор, как и Ди-хлор, распадается с образованием хлорноватистой и циануровой кислот (см. схему реакции ниже), что может приводить, как и в случае Ди-хлора, к проблеме, связанной с переизбытком циануровой кислоты («запирание хлора»).



Как правило, при использовании Ди-хлора и Три-хлора скорость гибели бактерий уменьшается при увеличении концентрации циануровой кислоты. Рекомендуемый уровень хлора при различном содержании циануровой кислоты представлен в таблице:

Содержание циануровой кислоты, мг/л	Минимальное содержание свободного хлора, мг/л
25	1,5
50	2,0
100	2,5
200	3,0

Бром. Бром всегда рассматривается как дезинфицирующий агент, во многих отношениях подобный хлору. Однако при использовании для дезинфекции бассейновой воды бром обладает рядом несомненных преимуществ.

При хлорировании воды часто образуются побочные продукты, имеющие неприятный запах и вызывающие раздражение глаз и слизистых оболочек. Эти соединения — хлорамины, или связанный хлор. Хотя в случае бромирования воды бромамины и образуются, раздражения глаз они не вызывают, так как, в отличие от хлораминов, являются активными дезинфицирующими агентами, сравнимыми по силе со свободными хлором и бромом.

Элементарный бром практически не используется, так как эта тяжелая красная жидкость исключительно реакционноспособна, а ее пары крайне ядовиты. Обращение с чистым бромом требует очень строгих мер предо-

сторожности. Таким образом, для дезинфекции воды в бассейнах сам бром, как правило, не применяется.

Безопасной альтернативой элементарному бромю является очень популярное соединение 1-бром-3-хлор-5,5-диметилгидантоин (BCDMH), содержащее одновременно и бром, и хлор. Поставляется оно обычно в виде таблеток, содержащих 61% брома и 27% хлора. При растворении BCDMH в воде образуется и свободный бром (бромноватистая кислота), и свободный хлор (хлорноватистая кислота). Основным действующим агентом является именно свободный бром, который, убивая бактерии и окисляя органические соединения, переходит в форму «израсходованного брома» - в бромид-анион. Присутствующая в воде бассейна хлорноватистая кислота окисляет «израсходованный бром» снова в бромноватистую кислоту, тем самым регенерируя свободный бром. В результате, именно бром всегда является основным дезинфицирующим агентом при обработке воды BCDMH.

Хранение BCDMH весьма удобно: достаточно поместить препарат в сухое прохладное место. При соблюдении этого требования соединение очень стабильно.

Потенциально возможный побочный эффект применения брома связан с тем, что после многократного длительного (суммарно порядка 12 ч) контакта с бромированной водой у купающихся иногда наблюдается зуд и выступает сыпь. Более подвержены этому люди старше 50 лет, а для детей эта проблема нетипична.

Озон. Озон является самым быстродействующим дезинфицирующим агентом и самым сильным окислителем. Озон представляет собой высоко реакционноспособный газ, который моментально взаимодействует с бактериями и другими загрязнителями бассейновой воды.

Озон нестабилен (период полураспада около 20 мин) и быстро превращается в кислород. По этой причине его генерируют непосредственно перед применением и моментально растворяют в циркулирующей воде. Наиболее эффективный способ получения озона состоит в пропускании сухого воздуха через ионизирующее поле коронного разряда. Озон токсичен, и поэтому непрореагировавший избыток дезинфектанта необходимо удалять при помощи специального фильтра-деструктора озона. Обычно для этого применяют активированный уголь.

Типичные бактерии, такие как кишечная палочка, уничтожаются озоном в сотни раз быстрее, чем хлором. Даже устойчивый к высокому уровню хлора крайне опасный организм *Cryptosporidium* разрушается озоном в концентрации 3 мг/л всего за одну минуту.

Высокий окислительный потенциал озона предотвращает образование нежелательных побочных продуктов с неприятным запахом (хлорамин, дихлорамин и трихлорид азота). Достигается это благодаря тому, что озон разрушает компоненты человеческого пота и мочи, удаляя таким образом

соединения-предшественники хлораминов.

Озон является отличным флокулянтom и, поэтому, позволяет отказаться от использования дополнительных химикатов. Озонированная вода всегда отличается чистотой и прозрачностью.

В общественных бассейнах весь озон должен быть удален из возвращаемой в чашу воды, соответственно, он не может рассматриваться как средство постоянной дезинфекции. В связи с этим после деструктора озона в контуре фильтрации необходимо располагать дозатор хлора для поддержания его небольшого уровня в бассейне. Следует подчеркнуть, что применение озона позволяет существенно снизить концентрацию хлора в воде, по сравнению с бассейнами, где для дезинфекции используется только хлор.

В небольших частных бассейнах, предназначенных для использования одной семьей, озон может быть единственным дезинфицирующим агентом. Более того, в этом случае его достаточно генерировать и вносить в воду в сравнительно небольших количествах, в связи с чем отпадает необходимость в установке деструктора озона. Обычно в такой бассейн вносят только медь-содержащий альгицид пролонгированного действия, а после большой нагрузки на бассейн, скажем, вечеринки, добавляют немного хлора для шоковой очистки. Наиболее безопасно все же постоянно поддерживать в воде невысокий уровень хлора или брома.

Активный кислород. Так называемый «активный кислород» является альтернативой соединениям хлора и брома, хотя он с ними и совместим (а иногда эти дезинфектанты используются совместно). В основе метода «активного кислорода» лежит использование сильного окислителя — моноперсульфата калия (другие названия пероксимоносульфат калия или просто персульфат).

Моноперсульфат окисляет органические загрязнители без образования каких-либо нежелательных соединений со связанным хлором. Препарат представляет собой белые гранулы, очень хорошо растворимые в воде. Моноперсульфат калия обладает кислотными свойствами, поэтому при его применении требуется корректировка уровня pH бассейновой воды.

Зачастую «активный кислород» используется в качестве единственного окислителя в частных бассейнах, однако при этом требуется вспомогательный альгицид. В общественных бассейнах моноперсульфатом заменяют хлор в тех случаях, когда требуется создать очень высокий (шоковый) уровень окислителя. В такой ситуации резкое увеличение концентрации хлора может привести скорее к возрастанию, чем к снижению содержания соединений со связанным хлором, так как некоторые хлорамины не разрушаются под действием хлора. Задачу окисления таких соединений удастся успешно решить при использовании моноперсульфата.

Моноперсульфат используются для создания шоковой концентрации окислителя и тогда, когда основным дезинфицирующим агентом является бром.

При совместном использовании с ВСДМН персульфат помогает переводить «израсходованный бром» в бромноватистую кислоту (активный бром). Другой вариант применения персульфата заключается в его совместном использовании с бромидом натрия, который «поставляет» бромид-анионы. При этом моноперсульфат калия окисляет (то есть активирует) бромид до брома, который быстро переходит в форму сильного дезинфицирующего агента — бромноватистую кислоту. Таким образом, при контакте с загрязнителями воды образуется «израсходованный бром», который под действием персульфата переходит в активный бром. Этот процесс повторяется многократно при наличии достаточных количеств окислителя.

При использовании моноперсульфата необходимо уделять особое внимание системе фильтрации, поскольку загрязнители и окисленные соединения должны выводиться из воды как можно быстрее. Для удаления органических загрязнителей из фильтра требуется его регулярная обратная промывка. Рекомендуется также использовать подходящий флокулянт.

В качестве альтернативы моноперсульфату иногда используют жидкий пероксид водорода (перекись). Механизм действия данного окислителя аналогичен, однако работать с этим препаратом сложнее, поскольку он менее стабилен. Обычно перекись применяют в частных бассейнах, используя для подачи препарата в воду автоматическую систему дозирования и контроля. Преимуществом перекиси перед моноперсульфатом является то, что продуктами ее разложения являются только кислород и вода, в связи с чем в бассейне со временем не увеличивается количество растворенных солей.

Неокислительная дезинфекция

Бигуанид. Полигексаметилен бигуанид (PHMB) — не содержащий хлора бактерицидный агент, разработанный специально для использования в частных бассейнах. Его не рекомендуют применять совместно с озонированием. Существуют специальные модификации этого агента для использования в гидромассажных бассейнах и Spa с горячей водой.

Хотя бигуанид частично активен по отношению к водорослям, его следует применять совместно со специальным альгицидом для снижения риска развития и роста некоторых видов этих организмов. Необходимо также ежемесячно обрабатывать воду пероксидом водорода (перекисью).

Многие владельцы бассейнов с энтузиазмом используют препараты, альтернативные привычным хлору и бром. Необходимо отметить, что PHMB и хлор несовместимы: перед добавлением бигуанида остатки хлора должны быть удалены (это достигается обработкой воды тиосульфатом натрия).

PHMB, являясь катионным полимером, проявляет свойства флокулянта; таким образом, при его использовании рекомендуется чаще осуществлять обратную промывку фильтра.

Медь/Серебро (Ионизация). Для дезинфекции воды в слабо загруженных частных бассейнах иногда применяют электронные устройства (ионизаторы), которые генерируют ионы серебра и меди.

Серебро является хорошо известным бактерицидом, а медь — альгицидом. При использовании этих металлов для обработки воды в бассейне надо всегда уделять повышенное внимание контролю содержания их ионов в растворе.

Ионизатор электрохимически генерирует ионы из твердого электрода, состоящего из этих двух металлов. Электрод располагают в проточной ячейке, через которую проходит бассейновая вода. Именно таким образом ионы серебра и меди попадают в бассейн. Обычно изначально задают такую мощность ионизатора, чтобы желаемый уровень обоих катионов накапливался в течение нескольких дней. Затем мощность снижают и поддерживают концентрацию катионов постоянной.

Ионы серебра и меди потенциально эффективны против бактерий и водорослей, соответственно. Таким образом, при совместном действии они позволяют бороться с широким спектром нежелательных организмов. Ионы этих металлов также проявляют свойства флокулянта, вызывая слипание мертвых микроорганизмов и облегчая их удаление фильтрацией.

При использовании ионов серебра и меди в воде не протекают процессы окисления, что предопределяет необходимость поддержания некоторого уровня основного дезинфицирующего агента.

Недавно были предложены ионизаторы на основе других металлов, в частности, цинка. В данном случае вместо действия электрического тока используется процесс коррозии.

Ультрафиолетовое излучение (УФ). Вплоть до недавнего времени обработка воды ультрафиолетовым излучением рассматривалась как новомодный метод. Однако, способность УФ-света убивать бактерии и другие микроорганизмы известна уже около ста лет; УФ-свет используют для обработки питьевой воды и воды промышленного назначения около 50 лет.

Ультрафиолетовый свет генерируется в электрической дуге, обычно с использованием ртутной лампы. УФ-излучение лежит в коротковолновой области электромагнитного спектра по сравнению с видимой (человеческим глазом) областью. Наиболее эффективен свет с длинами волн от 240 до 280 нм.

УФ-излучение подвергает фотоокислению и разрушению хлорамины и другие органические соединения в бассейновой воде. Температура воды не влияет на этот процесс, поэтому дезинфекция УФ-светом одинаково эффективна как в обычных открытых бассейнах, так и в гидромассажных бассейнах и Spa с теплой и горячей водой. УФ-светом обрабатывают весь поток воды, проходящий через фильтр, что препятствует развитию микроорганизмов в системе фильтрации.

При обработке воды с помощью УФ-излучения необходимо использовать небольшие количества основного дезинфицирующего агента. Для этих целей часто применяют хлор в минимальной допустимой концентрации (0,5 мг/л для частного бассейна). Уровень хлора подбирается таким образом, чтобы не допустить роста водорослей на стенах бассейна, поскольку УФ-свет, успешно справляясь с ростом водорослей в объеме воды, никак не влияет на развитие организмов на твердых конструкциях бассейна.

Отметим, что дезинфицирующий агент должен вноситься после устройства обработки воды УФ-светом; в противном случае, УФ-излучение может негативно подействовать на сам агент.

Альгициды

Хорошо известно, что в открытых бассейнах могут появляться и развиваться водоросли. Даже если их не видно, водоросли делают поверхности скользкими, что создает угрозу здоровью купающихся. Вода в бассейне при этом может становиться мутной, а, кроме того, водоросли забивают фильтры и снижают их эффективность.

Наиболее распространенная причина роста водорослей — недостаточное или непостоянное содержание хлора в воде. Для предотвращения роста и уничтожения водорослей обычно применяются продукты двух типов: QAC и полимерные соединения меди.

QAC, или четвертичные аммониевые соединения, эффективны в низких концентрациях (от 1 до 4 мг/л). Являясь поверхностно-активными веществами, они при использовании в высокой концентрации могут вызывать вспенивание воды. Некоторые вещества, относящиеся к классу QAC, снижают уровень хлора и брома, поэтому требуется создание повышенного содержания этих дезинфектантов в воде (на несколько мг/л) перед добавлением четвертичных аммониевых соединений. Дозирование данного альгицида, таким образом, требует исключительного внимания со стороны обслуживающего персонала бассейна.

«Полимерная» медь, или хелатированная медь, представляет собой соединения меди с органическими молекулами. Связывание меди в комплексы снижает ее токсичность для купающихся, не влияя при этом на ее эффективность в подавлении водорослей. Этот тип веществ обычно добавляют в бассейн в начале зимы - сезона, в течение которого бассейн не используется.

Сульфат меди больше не используется в качестве альгицида. Он токсичен, может вызывать обесцвечивание волос и образование осадка на дне и стенках бассейна (особенно при pH выше 7,4).

Контроль уровня pH

pH — логарифмический параметр, связанный с концентрацией ионов водорода и изменяющийся от 0 до 14 (в первом приближении). Величине pH 7,0 отвечает нейтральная среда. Более высоким значениям отвечает щелочная (основная) среда, то есть такая, в которой содержится больше щелочных (основных) компонентов, чем кислотных. Напротив, если pH меньше 7,0, то содержание кислотных компонентов выше, и среда является кислотной.

Для воды в бассейнах оптимальной является слабощелочная среда со значениями pH от 7,2 до 7,8, а в случае использования для дезинфекции хлора диапазон сужается до 7,3-7,5. Такая кислотность среды обеспечивает эффективную дезинфекцию, а вода не вызывает раздражения слизистых и кожи у посетителей и не разрушает конструкции бассейна. Если значение pH слишком высокое (больше 8,0), то эффективность дезинфекции снижается, вода может помутнеть, а также возможно отложение осадка. Если уровень pH слишком низкий (меньше 7,0), то вода будет вызывать раздражение слизистых и кожи у посетителей, а материалы бассейна могут подвергаться коррозии.

Во избежание резких скачков уровня pH при добавлении различных химикатов необходимо поддерживать достаточный уровень общей щелочности воды. Этот параметр складывается из концентрации растворенных карбонатов, бикарбонатов и гидроксидов, и его рекомендуемое значение составляет порядка 100 мг/л (см. раздел «Сбалансированная вода»). Эти вещества действуют в качестве буфера, предотвращая резкое изменение pH при добавлении кислот или щелочей.

Для корректировки уровня pH используются следующие реагенты:

Увеличение уровня pH

1. Карбонат натрия (Na_2CO_3) или стиральная сода, так называемый pH-Плюс. Это соединение характеризуется значением pH 10, его введение также повышает общую щелочность воды.
2. Гидроксид натрия (NaOH) или каустическая сода или едкий натр. Это соединение обладает сильными основными свойствами (pH порядка 14) и требует специальных мер предосторожности при обращении. Добавление гидроксида также приводит к увеличению щелочности (в диапазоне pH от 7 до 8 гидратная щелочность увеличивается с $1,7 \times 10^{-3}$ до $1,7 \times 10^{-2}$ мг/л, соответственно, данным изменением пренебрегают).
3. Доломитные фильтрующие материалы также повышают pH. Однако их отдельно в воду бассейна не вводят. Они входят в состав фильтра и требуют периодического обновления (см. раздел «Фильтрация»).

Понижение уровня pH

1. Гидросульфат натрия (NaHSO_4 , бисульфат натрия или сухая кислота) так называемый pH-минус. Соединение выпускается в виде кристаллического порошка или гранул. Раствор этого вещества имеет pH 1. Обычно гидросульфат сначала растворяют в пластиковом контейнере, а потом добавляют в разные части бассейна. При его использовании в воде увеличивается содержание сульфата.
2. Хлороводородная (соляная) кислота (HCl) является одним из самых дешевых реагентов. Однако при обращении с ней требуется соблюдать меры предосторожности, поскольку концентрированный раствор (порядка 32%) кислоты химически высокоактивен. Рекомендуется разбавлять концентрат в пластиковой посуде перед добавлением в бассейн.

Внимание, это важно!

Всегда добавляйте кислоту в воду, а не наоборот.

Диоксид углерода (CO_2), является при обычных условиях газом и, поэтому, требует специальной системы подачи. При контакте с водой углекислый газ превращается в угольную кислоту, которая снижает уровень pH и повышает общую щелочность. Такой способ понижения pH имеет явные преимущества в районах с мягкой водой, характеризующейся низкой общей щелочностью. В случае жесткой воды углекислый газ не подходит для понижения pH, так как он поднимет щелочность до неприемлемо высокого уровня. CO_2 больше всего подходит для бассейнов, в которых общая щелочность воды не превышает 150 мг/л, а жесткость ниже 300 мг/л (по CaCO_3).

В общественных бассейнах регулирование уровня pH чаще всего осуществляется автоматически. Ручное дозирование, описанное выше, применимо только в частных бассейнах.

Щелочность

Щелочность воды является мерой содержания щелочных солей (карбонатов, бикарбонатов), а также гидроксидов. Не следует путать щелочность с pH - логарифмическим параметром, показывающим, является вода кислотной, нейтральной или щелочной.

Чем выше щелочность, тем более устойчива вода к изменению pH, поскольку указанные выше соединения являются своего рода буфером (см. раздел «Контроль уровня pH»). Оптимальный уровень щелочности в воде — около 100 мг/л (по CaCO_3). Если щелочность превышает 200 мг/л, то становится затруднительным осуществлять требуемые изменения pH; кроме того, высокая щелочность может вызвать помутнение воды.

Для повышения щелочности используют практически не влияющий на

уровень pH бикарбонат натрия (NaHCO_3). В то же время, карбонат натрия (Na_2CO_3) одновременно повышает и щелочность, и уровень pH. Представляется целесообразным корректировать уровень щелочности регулярно, используя сравнительно небольшие порции реагентов.

Для снижения щелочности используют кислоту. Ее обычно вносят в глубокую часть бассейна при выключенном насосе, что позволяет достичь «выжигания» щелочности вместо обычного понижения pH.

Кальциевая жесткость

Источники воды часто характеризуют терминами «жесткий» или «мягкий». Жесткость воды связана с содержанием в ней кальциевых и магниевых солей. Воду обычно считают мягкой, если в ней указанных солей (в пересчете на CaCO_3) менее 50 мг/л (1 мг-экв/л); в жесткой воде содержание солей более 300 мг/л (на CaCO_3). (6 мг-экв/л).

Мягкая вода имеет «кальциевую недостаточность», нехватку кальция, которая компенсируется за счет растворения конструкций бассейна. Обычно наиболее подвержен этому цемент между керамическими плитками, а иногда разрушению подвергается даже окрашенный бетон. В результате между плитками образуются щели, что может привести к их смещению. В такой ситуации рекомендуется незамедлительно увеличить кальциевую жесткость до 200 мг/л (на CaCO_3) добавлением хлорида кальция. Это вещество очень хорошо растворимо в воде. Отметим, что при его введении также увеличивается содержание хлорид-ионов и общее содержание солей (см. ниже). Высокая жесткость (до 1000 мг/л) при условии сбалансированности воды совершенно безвредна. Существует мнение, что высокая жесткость придает воде прозрачность и интенсивный синий цвет.

Если требуется снизить кальциевую жесткость, то единственный способ заключается в отборе части воды из бассейна и ее замене более мягкой.

При использовании доломитных фильтров (см. раздел «Фильтрация») в воде увеличивается содержание ионов кальция, что является преимуществом в районах с мягкой водой.

Минерализация

Под минерализацией (другие названия параметра — общее солесодержание и общее содержание растворенных твердых веществ) подразумевают общее количество всех растворенных соединений — солей, химических агентов и т. д. Важность данного параметра была признана сравнительно недавно. Минерализация характеризует насыщенность бассейна химическими веществами, и, следовательно, связана со временем нахождения воды в бассейне.

Обычно для определения минерализации измеряют электропроводность

воды, а для пересчета в единицы мг/л полученную величину в $\mu\text{S}/\text{см}$ умножают (в первом приближении) на 0,67. Рекомендуется поддерживать общее солесодержание в бассейне таковым, чтобы оно не превышает данный параметр в воде-источнике более чем на 1000 мг/л. Например, если содержание солей в исходной воде составляет 400 мг/л, то в бассейне оно не должно превышать 1400 мг/л.

Снизить минерализацию можно только разбавлением. Если ее величина достигает 3000 мг/л, то сделать это надо незамедлительно, так как вода в таких условиях визуальна непривлекательна, соленая на вкус и проводит ток, создавая условия для коррозии.



Спа и гидромассажные бассейны

Spa и гидромассажные бассейны обычно содержат относительно небольшой объем теплой воды (35-39 °C), в которой посетители сидят, а не купаются. Такие емкости обычно имеют округлую форму, а чашу чаще всего исполняют из пластика, армированного акрилом или стекловолокном (GRP), или бетона.

Циркуляция в Spa и гидромассажных бассейнах организована следующим образом: вода поступает в чашу через отверстия, расположенные неподалеку друг от друга по периметру, а удаляется — через скиммер или донный слив. В ряде случаев используется принцип переливного бассейна, когда вода уходит через специальные решетки, установленные по краю чаши. Но даже при таком исполнении обычно устанавливают дополнительные устройства забора воды из нижней части чаши.

Как и в случае плавательных бассейнов, исключительно важно, чтобы вода, циркулирующая в Spa и гидромассажных бассейнах, подвергалась очистке при помощи подходящего фильтра и дезинфекции.

Большинство купален данного типа имеют систему продува воздуха через воду. Это, а также повышенная температура воды, обеспечивают в общем случае более высокую эффективность фильтрации и дезинфекции.

Внимание, это важно!

Гидромассажный бассейн и Spa отличаются от гидромассажных ванн тем, что последние сливают (опорожняют) и моют после каждого посещения. В них не используют ни фильтрацию, ни системы химической очистки.

Даже если Spa или гидромассажный бассейн не используются, необходимо производить измерения параметров и обработку воды в них.

Емкость и загрузка Spa

Все типы Spa проектируются таким образом, чтобы в любое время их можно было эксплуатировать при максимальной загрузке. Рекомендуется соблюдение следующих параметров: на каждого купающегося должно приходиться минимум 0,37 м² поверхности и 0,25 м³ объема воды.

Необходимо также следить за тем, чтобы купальни никогда не были перегружены: максимальное число посетителей в час не должно быть больше рекомендованной величины.

Фильтрация

Для Spa лучше всего подходят высокоскоростные песчаные фильтры, которые способны пропускать от 100 до 1000 литров воды в минуту через 1

м² поверхности фильтра. Для эффективной работы таких фильтров важно, чтобы размер (диаметр) фильтрующих частиц-песчинок составлял 0,40-0,55 мм. Также можно использовать и кремнеземные фильтры (см. раздел «Фильтрация»).

В процессе эксплуатации купален масла и другая косметика удаляются теплой водой с тел купающихся (особенно в случае аэрации воды) и, в конечном счете, задерживаются фильтром. При использовании песчаных фильтров обратная отмывка не позволяет избавиться от масел. В результате, поверхность всех песчинок покрывается пленкой, и в какой-то момент новые порции масла перестают задерживаться фильтром. Поэтому необходимо регулярно, скажем, раз в год, полностью заменять песок в фильтре.

В случае домашних Spa очень популярно использование картриджных фильтров (см. раздел «Фильтрация»). При этом волокна фильтра также покрываются пленкой, и после насыщения картриджа косметические средства начинают проходить через фильтр, придавая воде «маслянистость». В этот момент необходимо извлечь картридж и подвергнуть его очистке специальным средством.

Химическая обработка

В Spa повышенная температура и постоянные потоки воды вызывают значительные потери химических агентов через поверхность. Хлор является более летучим, чем бром, и поэтому он будет испаряться быстрее. С другой стороны, хлор характеризуется более экспрессным действием, и эффект после его введения проявляется быстрее. Несмотря на это, часто в случае Spa предпочтение отдается именно бром, так как он более устойчив в горячей воде и проще в использовании (см. раздел «Бромирование»). Это, главным образом, касается купален с низкой загрузкой, в случае же сильно загруженных Spa лучше все-таки использовать хлор.

В воде Spa и гидромассажных бассейнов образуется большое количество соединений связанного хлора. Именно по этой причине все большую популярность приобретает озонирование. Более того, озон является не только сильным окислителем, но и флоккулянт, что, в конечном счете, приводит к лучшему качеству воды. Озонирование очень эффективно при совместном применении с бромированием — озон окисляет «израсходованный» бром с образованием активного брома.

В купальнях данного типа применима и обработка воды УФ-светом. Непрерывное облучение воды позволяет уничтожать бактерии и органические загрязнители, но при этом необходимо поддерживать небольшую остаточную концентрацию хлора или брома в воде.

Дозировка. Обычно при хлорировании воды в Spa поддерживается уровень свободного хлора от 3 до 5 мг/л (без одновременного озонирования).

В случае бромирования уровень свободного брома должен находиться в диапазоне 4-6 мг/л.

Если совместно с хлорированием вода подвергается озонированию, то нужно поддерживать содержание хлора не ниже 1 мг/л (предпочтительно 2-3 мг/л для обеспечения гарантированной дезинфекции).

Сбалансированность воды (см. также раздел «Сбалансированность воды. Индекс Ланжелье»). Для создания комфортных условий и обеспечения безопасности посетителей, наряду с уровнем дезинфицирующего агента, требуется постоянно следить за сбалансированностью воды.

Пожалуй, общая щелочность - следующий по важности (после уровня дезинфицирующего агента) параметр воды. При продувании воздуха через воду Spa и гидромассажных бассейнов происходит значительная потеря углекислого газа, что приводит к уменьшению общей щелочности. В средне- и сильнозагруженных Spa рекомендуется устанавливать специальный насос, регулярно подающий в чашу раствор бикарбоната, что позволяет поддерживать достаточный уровень щелочности и стабилизировать уровень pH.

Критерий функционирования

Обычно период оборота воды для Spa и гидромассажных бассейнов выражают в минутах и рассчитывают по следующей формуле:

$$\text{Период оборота воды} = \frac{\text{Объем воды в купальне, л}}{\text{Производительность фильтра, л/мин}}$$

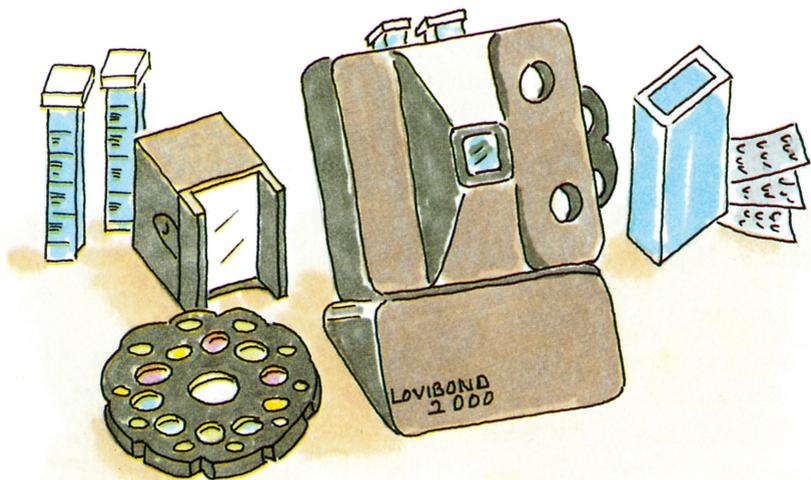
Для обеспечения высокого качества воды необходимо поддерживать правильную величину периода оборота. В идеале, это значение должно составлять 15 мин для частных и 6 минут для общественных купален даже в случае их слабой загруженности.

Согласно стандартам, принятым в Великобритании, вода в купальне должна быть полностью заменена после того, как число посетителей превысило половину объема купальни, выраженного в галлонах (1 галлон = 4,54 л). Например, для купальни объемом 500 галлонов (2300 л) воду необходимо менять после прохождения каждых 250 посетителей. При обычной загрузке (12 человек в час в течение 10 часов в день) это означает, что воду в Spa надо целиком обновлять каждые 2 дня. Обычно одновременно со спуском воды проводится и обратная промывка фильтра. Для частных Spa мы рекомендуем полностью менять воду каждые 3 месяца даже в случае слабой загруженности купальни.

Полезной оказывается система постоянного разбавления воды, состоящая в отборе части воды через автоматический клапан и замене ее свежей. Та-

кая процедура позволяет избежать «застаивания» воды и высокого уровня минерализации.

Хотя европейские стандарты рекомендуют добавление не менее 30 л свежей воды в день на каждого посетителя, с практической точки зрения гораздо проще менять воду целиком один раз в день (за исключением случаев очень низкой загрузки Spa).



Методы анализа воды и измерительное оборудование

Общие сведения об отборе проб

Для анализа очень важно отбирать из бассейна представительный образец воды. Для этого следует:

- Образец всегда отбирать из одного и того же места. Более всего для этого подходит точка, наиболее удаленная от места поступления свежей, фильтрованной воды;
- Отбирать воду с глубины 30 см на небольшом расстоянии от бортов бассейна;
- Всегда несколько раз споласкивать емкость перед отбором пробы на анализ.

Колориметрический анализ

Данный метод анализа является, пожалуй, самым старым и простым способом определения концентраций анионов и катионов в воде (применяется для исследования воды в бассейнах уже более 50 лет). Первый анализ такого типа состоял в добавлении селективного реагента к образцу воды, в результате чего в смеси появлялась окраска, интенсивность которой была пропорциональна концентрации хлора в воде.

Для колориметрического анализа необходимы цветные калибровочные стандарты, выполненные либо из прозрачного пластика, либо из стекла, ведь именно из сравнения анализируемого образца со стандартом определяется результат анализа. Оба типа стандартов используются и поныне. Обычно пластиковые цветные стандарты дешевле, но они позволяют получить лишь оценочный результат, в то время как стеклянные могут быть использованы профессионалами в общественных бассейнах и развлекательных комплексах.

Именно на производстве химически обработанного стекла уже более 60 лет сосредоточено внимание компании Lovibond/Tintometer. В комбинации с хорошо известной системой Lovibond® Comparator наши стеклянные фильтры учитывают возможные вариации реагентов и предоставляют отличную визуальную чувствительность в колориметрическом анализе воды.

За время существования система Lovibond® Comparator многократно подвергалась модернизации, так что на сегодняшний день она предоставляет, пожалуй, наилучшие возможности для точного визуального анализа. К ее основным преимуществам следует отнести:

- Точные калибровочные стеклянные стандарты, которые не подвержены изменениям даже в экстремальных условиях;
- Отлично спроектированную ячейку Comparator, позволяющую точно позиционировать диски. Встроенная оптическая призма, располагающая близко друг к другу анализируемый раствор и стеклянный

стандарт, позволяет добиваться точного совпадения цвета и обеспечивает достоверность получаемых результатов;

- Полный набор реагентов для анализа в виде таблеток. Такая форма препаратов, как показала практика, является наиболее надежной и устойчивой (см. раздел «DPD»).

Отметим важный момент, который часто упускается из виду операторами: для получения точных результатов при использовании описанного выше оборудования важно следить за освещением. Анализ рекомендуется проводить при дневном свете. Если это невозможно, то необходимо использовать систему освещения Lovibond® Lightning Cabinet (в стационарном или переносном вариантах). Эти устройства позволяют воспроизводить условия, очень похожие на дневное освещение. Использование обычных ламп накаливания или флуоресцентных ламп не рекомендуется.

Фотометрический анализ

С развитием современных технологий в области анализа бассейновой воды начинают находить применение электронные устройства. В последнее время все более популярным становится использование портативных фотометров.

В этих приборах через окрашенный анализируемый раствор проходит луч света, который затем попадает на фотодетектор. Интенсивность прошедшего света пересчитывается процессором в концентрацию, которая и отображается на электронном дисплее прибора. Таким образом, в данном методе анализа оператор не должен добиваться визуального совпадения цветов. При условии точного соблюдения методики и учета некоторых крайне важных факторов фотометры позволяют получать очень точные результаты.

К факторам, влияющим на результаты анализа, относятся:

- Использование правильного типа реагентов – для фотометров выпускаются таблетки специальных марок;
- Реагенты должны быть растворены целиком, в кювете не должно присутствовать нерастворившихся частиц;
- Кювета должна быть снаружи сухой, а оптические плоскости должны быть прозрачными (то есть на кювете не должно быть никаких следов пальцев и т.п.);
- Кюветное отделение должно быть чистым и сухим.

Электрохимические методы

Измерение окислительно-восстановительного (редокс) потенциала (ORP). Редокс — термин, используемый в электронных измерениях и характеризующий баланс между окисленной и восстановленной формами вещества. В бассейне чаще всего имеют дело с хлором, а рассматриваемый параметр обычно выражают в милливольтгах (мВ); в этом случае мы приходим к так называемому окислительно-восстановительному (редокс) потенциалу. Потенциал не является мерой количества окисленной или восстановленной формы хлора, он отражает общее состояние системы.

Увеличение показателя (в мВ) указывает на повышение концентрации окислителя (свободного хлора), хотя напрямую потенциал не связан с абсолютным содержанием свободного хлора.

Контроллеры (измерители) потенциала позволяют лишь качественно определить содержание хлора — показанию 700 мВ соответствует порядка 1 мг/л. Соответственно, они отражают только изменение качества воды в зависимости от загрузки бассейна.

Зависимость потенциала от концентрации хлора нелинейна: при концентрации хлора выше 1,5 мг/л потенциал изменяется слабо. Кроме того, этот параметр очень сильно зависит от значения pH. Для использования редокс-потенциала в качестве критерия, характеризующего качество воды, требуется очень точно поддерживать pH. При использовании приборов, измеряющих потенциал, очень важно следить за их чистотой, для чего электрод извлекают из прибора и подвергают механической очистке. Также необходимо регулярно калибровать электрод, используя специальные калибровочные растворы.

Таким образом, анализ содержания свободного хлора вручную не теряет своей актуальности.

Амперометрические методы. Данный вид электрохимических измерений позволяет определять свободный хлор в виде хлорноватистой кислоты (как было отмечено ранее, именно это соединение является «активной» формой хлора), в то время как другие методы измеряют общее содержание хлорноватистой кислоты HClO и гипохлорита ClO^- .

Амперометрические приборы составляют основу системы автоматического контроля в больших бассейнах, поскольку они позволяют точно определять уровень хлорноватистой кислоты в воде. Более того, измерение происходит практически мгновенно, в результате задержка в корректировке уровня дезинфицирующего агента становится минимальной.

Амперометрические системы контроля гораздо более чувствительны и менее подвержены влиянию внешних факторов, чем потенциометрические. По сути, они измеряют малый ток, пропорциональный числу атомов хлора, разряжающихся в электродной ячейке в единицу времени. Любое изменение электропроводности воды будет влиять на эту величину, поэтому, в особен-

ности в Сра, важно следить за параметрами общей щелочности воды и pH для обеспечения точных показаний амперометрических приборов.

Хлор

ОТО. Орто-толуидин (ОТО) используется в качестве цветного реагента на хлор уже более 70 лет. Он прост в обращении, и при реакции с хлором дает продукт, окрашенный в желтый цвет. По мере прояснения механизма дезинфекции воды хлором и установления факта существования нескольких форм хлора в воде, химия действия ОТО была детально изучена. Были выявлены несколько факторов, которые могут кардинальным образом влиять на результаты, получаемые с использованием этого реагента. К ним относятся:

- Кислотность раствора реагента
- Способ добавления реагента
- Развитие окраски во времени
- Необходимость дополнительной проверки при содержании хлора более 1 мг/л

В результате проведенных исследования выяснилось, что при анализе воды при обычной температуре ОТО показывает содержание общего хлора, т. е. суммарно свободного и связанного хлора (продуктов связывания с аммиаком, хлораминов). Для селективного определения свободного хлора анализ следует проводить при 1°C.

Пожалуй, главным недостатком ОТО является его токсичность, унаследованная несколько десятилетий назад. В 70-е годы в Европе он попал в группу запрещенных химических соединений — канцерогенных (вызывающих рак) ароматических аминов. С тех пор все люди, работающие с этим соединением, должны проходить регулярные медицинские осмотры. Использование ОТО в анализе бассейновой воды не рекомендуется, а в некоторых странах даже запрещено. Несмотря на это, наборы для анализа на основе ОТО до сих пор широко распространены в мире, в основном из-за их невысокой стоимости.

DPD. Существует безопасная альтернатива ОТО, изобретенная А.Т. Палином в 50-х годах XX века в Англии. Ученый обнаружил, что сульфат *N,N'*-диэтил-*l*-фенилендиамин специфически связывается со свободным хлором с образованием окрашенного соединения. В настоящее время этот реагент (часто называемый DPD) одобрен многими национальными и международными стандартами для анализа питьевой воды. DPD также отлично подходит для анализа бассейновой воды.

Реагент доступен в двух формах: в виде таблеток и раствора. При использовании раствора DPD следует соблюдать особые условия хранения, так

как это вещество разлагается на свету. Реагент устойчив только в кислом растворе, поэтому для проведения анализа дополнительно требуется щелочной буферный раствор, создающий необходимый для проявления окраски рН, равный 6,3.

Более популярен среди обслуживающего персонала бассейнов реагент в виде таблеток. Запакованные в алюминиевую фольгу таблетки хранятся гораздо дольше, что позволяет получать более надежные и воспроизводимые результаты.

Преимущества таблеток перед растворами заключаются в:

- Простоте в обращении
- Легкости дозирования – одна таблетка на один анализ
- Длительности срока хранения
- Отсутствию необходимости в специальных условиях хранения

Разновидности DPD-тестов. Для анализа воды в бассейнах и Сра используются два вида таблеток DPD:

DPD №1 — позволяет измерить свободный хлор;

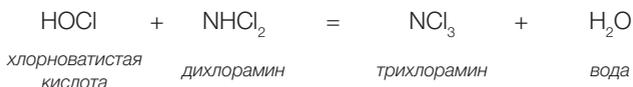
DPD №3 — позволяет измерить общий хлор.

При совместном использовании таблеток DPD №1 и №3 можно рассчитать содержание связанного хлора.

Свободный хлор. Таблетка DPD №1, содержащая сульфат *N,N'*-диэтил-*p*-фенилендиамина, дает окрашенный продукт в присутствии свободного хлора, при этом интенсивность окраски измеряется колориметрически или фотометрически. Последовательность действий при анализе такова:

1. Чистый флакон ополаскивают водой, которую предстоит анализировать (флакон остается при этом незаполненным).
2. Таблетку DPD №1 помещают во флакон и растирают чистой стеклянной палочкой, после чего добавляют анализируемую воду до отметки 10 мл.
3. Раствор тщательно перемешивают стеклянной палочкой до тех пор, пока таблетка не растворится полностью.
4. Флакон закрывают крышкой и помещают в компаратор или фотометр.
5. Окраску измеряют сразу же и получают значение содержания свободного хлора в воде в мг/л (ppm).

Связанный хлор (хлорамины). Хлорамины — соединения, образующиеся при реакции свободного хлора с вносимыми посетителями азотсодержащими соединениями, такими как аммиак или мочевины.



Главным образом, именно эти соединения вызывают нежелательные побочные эффекты хлорирования, такие как раздражение глаз, слизистых оболочек и кожи. Трихлорамин, также называемый трихлоразотом, - нестабильное летучее соединение. Испаряясь с поверхности воды, он создает неприятный запах. Кроме того, он вызывает серьезное раздражение слизистых. При pH выше 5 последняя из приведенных на схеме реакций не идет до конца, поэтому обычно образуются лишь небольшие количества трихлорамина.

Таким образом, основные соединения связанного хлора в воде — монохлорамин и дихлорамин. При использовании реагента DPD №3 определяется общее содержание разных форм хлора в воде. Последовательность действий при анализе такова:

- Флакон, содержащий растворенную таблетку DPD №1 (из предыдущего теста на свободный хлор) извлекают из прибора.
- Добавляют таблетку DPD №3, содержимое флакона тщательно перемешивают палочкой до полного растворения таблетки.
- Для полного протекания реакции с соединениями связанного хлора раствор выдерживают в течение 2 минут.
- После этого, флакон помещают в прибор и снова измеряют окраску. Полученный результат — общее содержание хлора в мг/л (ppm).

Содержание связанного хлора вычисляют из следующего уравнения:

$$\text{Связанный хлор} = \text{Общий хлор} - \text{Свободный хлор}$$

Внимание, это важно!

Таблетка DPD №3 содержит иодид калия. Даже следы этого вещества будут быстро реагировать с соединениями связанного хлора в образце. Поэтому очень важно тщательно вымыть флакон с крышкой, в котором проводился анализ с использованием этого реагента. В противном случае, следующий анализ на свободный хлор в том же флаконе может дать неправильный результат. Чтобы избежать этой проблемы, некоторые лаборанты предпочитают использовать отдельные флаконы для проведения анализов на свободный и общий хлор: после проведения первого анализа содержимое перемещают во второй флакон, в котором растворяют таблетку DPD №3. Таким образом, в первом флаконе не будут держаться даже следы иодида калия.

Интерпретация результатов. Содержание свободного хлора (HOCl и OCl^-) — один из самых важных показателей бассейновой воды. Рекомендуется, чтобы концентрация свободного хлора в воде всегда была не меньше 1 мг/л (больше в случае использования циануровой кислоты, см. Раздел «Хлорированные изоциануровые кислоты»). Также важно поддерживать соотношение свободного хлора к связанному выше, чем 2:1. Например, если концентрация свободного хлора составляет 1,5 мг/л, то связанного хлора должно быть 0,75 мг/л или меньше.

В Спа и гидромассажных бассейнах с повышенной температурой, постоянным перемешиванием воды и, возможно, большим количеством органических соединений (следствие большего числа посетителей), требуется поддерживать концентрацию свободного хлора на уровне 3-5 мг/л.

Во всех случаях желательно, чтобы концентрация связанного хлора была ниже 1 мг/л.

Бром

Определение брома сходно с определением хлора: в обоих случаях используется таблетка DPD №1. Различие же заключается в том, что в случае брома сразу определяется общее содержание свободного брома и бромаминов, которые, в отличие от хлораминов, являются неглоткими дезинфицирующими агентами. Таким образом, мы приходим к пониманию, что общий и активный бром — это, по сути, одно и то же.

Уровень брома, определенный при помощи DPD №1, должен находиться в диапазоне от 4 до 6 мг/л и в плавательных бассейнах, и в Спа. Процедура данного анализа такова:

1. Чистый флакон ополаскивают водой, которую предстоит анализировать (флакон остается при этом незаполненным).

2. Таблетку DPD №1 помещают во флакон и растирают чистой стеклянной палочкой, после чего добавляют анализируемую воду до отметки 10 мл.
3. Раствор тщательно перемешивают стеклянной палочкой до тех пор, пока таблетка полностью не растворится.
4. Флакон закрывают крышкой и помещают в компаратор или фотометр.
5. Окраску измеряют сразу же и получают значение содержания брома в воде в мг/л (ppm).

Хотя ежедневно следить за концентрацией связанного брома не столь важно, иногда лучше определять свободный и связанный бром отдельно (как и в случае с хлором). Желательно, чтобы соотношение свободного брома к связанному было не меньше 2:1. Анализ проводится с использованием таблетки DPD Нитрит. Процедура данного анализа такова:

1. В чистый флакон для анализа помещают таблетку DPD №1 и измельчают ее стеклянной палочкой.
2. Ополаскивают другой флакон, заполняют его водой для анализа до отметки 10 мл, и добавляют таблетку DPD Нитрит.
3. Перемешивают содержимое стеклянной палочкой до полного растворения таблетки.
4. Перемещают содержимое этого флакона в первый, содержащий измельченную таблетку DPD №1. Тщательно перемешивают смесь до полного растворения таблетки DPD №1.
5. Измеряют окраску и получают значение концентрации связанного брома (в мг/л).
6. Для определения свободного брома вычитают концентрацию связанного брома из общей концентрации брома.

pH

Как было показано ранее, уровень pH бассейновой воды очень важно поддерживать в требуемом диапазоне. Соответственно, измерения данного параметра должны проводиться на постоянной основе. В сильно загруженных бассейнах нужен непрерывный автоматический контроль уровня pH. В остальных случаях достаточно регулярно определять pH и доводить его до требуемого значения по мере необходимости. Для целей определения чаще всего используют колориметрические индикаторы, самым популярным из которых является феноловый красный.

Это соединение меняет свою окраску с желтой на красную в диапазоне pH от 6,8 до 8,4. Вода в бассейнах и Spa должна соответствовать примерно середине этого диапазона.

При проведении анализа пользуются таблетками или растворами фенолового красного, однако в последнем случае требуется также дополнительный реагент, удаляющий хлор/бром из воды, для предотвращения реакции этих веществ с красителем. В таблетках индикатор присутствует в сухом виде. Кроме того, феноловый красный в виде таблеток гораздо более устойчив. Процедура анализа такова:

1. Чистый флакон для анализа заполняют анализируемой водой до отметки 10 мл и добавляют таблетку фенолового красного.
2. Содержимое тщательно перемешивается до полного растворения.
3. Полученную окраску либо сравнивают со стандартом визуально, либо измеряют фотометрически. Результатом является определенное значение pH.

Внимание, это важно!

Развитие пурпурной окраски в процессе анализа бромированной воды служит указанием на то, что концентрация брома выше 10 мг/л.

Величина pH. Значение pH определяет эффективность дезинфекции в случае использования хлора. Рекомендуется поддерживать уровень pH в диапазоне от 7,2 до 7,6, а в идеале стремиться к значениям от 7,3 до 7,5.

Для бассейнов и Spa, в которых дезинфекция осуществляется бромом, оптимальный диапазон pH шире — от 7,2 до 7,8.

Общая щелочность

Щелочность ниже 50 мг/л может быть причиной скачкообразных изменений pH при внесении дезинфицирующих агентов и/или реагентов, изменяющих pH. Для того, чтобы избежать таких скачков, в бассейнах и Spa необходимо поддерживать определенный уровень щелочности, зависящий от типа дезинфицирующего агента:

Дезинфицирующий агент	Щелочность
Газообразный хлор	180-200 мг/л
Гипохлорит натрия	120-150 мг/л
Гипохлорит кальция	80-120 мг/л

Для повышения щелочности необходимо добавлять бикарбонат натрия (1,5 кг на 50 м³ повышает общую щелочность на 15 мг/л).

Если щелочность слишком высокая (выше 200 мг/л) следует добавить бисульфат натрия (2,4 кг на 50 м³ понижает общую щелочность на 20 мг/л) или хлороводородную (соляную) кислоту (10 литров 15% кислоты на 50 м³

воды понижает общую щелочность на 20 мг/л).

Для определения общей щелочности используются либо жидкие реагенты (при этом происходит подсчет числа капель), либо таблетки (с подсчетом числа таблеток).

В методе с жидким реагентом несколько капель индикатора добавляют к определенному объему анализируемой воды. Реагент вносят по каплям до тех пор, пока не изменится окраска раствора (прямое титрование). Число капель, которое понадобилось для этого, пересчитывают в общую щелочность в мг/л (на CaCO_3).

Гораздо проще проводить анализ с использованием таблеток Lovibond® для определения общей щелочности (Total Alkalinity). Эти таблетки добавляют по одной к 50 мл воды, отобранной из бассейна или Spa. Сначала раствор окрашивается в желтый цвет, который меняется на ярко-красный в конечной точке титрования. Общую щелочность рассчитывают из числа использованных таблеток:

$$(\text{Число таблеток} \times 40) - 20 = \text{Общая щелочность в мг/л (CaCO}_3\text{)}$$

Для более точного определения объем анализируемого раствора можно удвоить. В этом случае формула для расчета будет записываться так:

$$(\text{Число таблеток} \times 20) - 10 = \text{Общая щелочность в мг/л (CaCO}_3\text{)}$$

Кальциевая жесткость

Если кальциевая жесткость опускается ниже 70 мг/л CaCO_3 , вода в бассейне испытывает «кальциевую недостаточность», что приводит к разрушению конструкций бассейна. В идеальном случае уровень жесткости должен быть поднят до 200 мг/л добавлением хлорида кальция (1,5 кг на 50 м³ воды повышает кальциевую жесткость на 20 мг/л).

Иногда проводят фотометрический анализ кальциевой жесткости, но чаще применяется метод, основанный на подсчете числа таблеток. Таблетки Lovibond® для кальциевой жесткости (Calcium Hardness) добавляют по одной к 50 мл анализируемой воды. Изначально раствор окрашен в розовый цвет, который в конечной точке титрования должен измениться на пурпурный. Кальциевую жесткость определяют по формуле:

$$(\text{Число таблеток} \times 40) - 20 = \text{Кальциевая жесткость в мг/л (CaCO}_3\text{)}$$

Озон

Озон — токсичный газ, поэтому его необходимо, особенно в случае больших бассейнов, удалять из обработанной воды до того, как она вернется в чашу.

В Spa генерируют небольшие количества озона для борьбы с окисляющимися органическими соединениями — хлораминами и т. д., в результате чего озон едва ли может попасть в купальню. В любом случае, концентрация озона в атмосфере над поверхностью воды не должна превышать 0,1 ppm (миллионных долей).

Определение озона можно осуществлять при помощи DPD-метода, однако хлор и бром, присутствующие в среде, будут искажать результаты. Недавно был открыт новый, более селективный способ, основанный на использовании трисульфоната индиго.

DPD метод для озона. В случае отсутствия примесей хлора или брома:

1. Чистый флакон ополаскивают водой, которую предстоит анализировать (флакон остается при этом незаполненным).
2. Добавляют либо по одной таблетке DPD №1 и №3, либо одну таблетку DPD №4. Размельчают таблетку(и) чистой стеклянной палочкой.
3. Добавляют анализируемую воду до отметки 10 мл, перемешивают содержимое до растворения таблетки(ок).
4. Определяют окраску из сравнения со стандартом, либо измеряют фотометрически.

Если в среде присутствуют следы хлора или брома, то при выполнении только что описанной процедуры будет определяться общее содержание озона и хлора (или брома). Полученное таким образом значение (в мг/л) назовем А. В рассматриваемом случае возникает необходимость проведения второй процедуры:

1. Тщательно ополаскивают флакон для проведения реакции и заполняют его анализируемой водой до отметки 10 мл.
2. Добавляют одну таблетку DPD Glycine (Глицин), перемешивают содержимое палочкой до полного растворения.
3. Тщательно ополаскивают второй флакон и помещают в него либо по одной таблетке DPD №1 и №3, либо одну таблетку DPD №4, измельчают таблетку(и) стеклянной палочкой.
4. Перемещают в этот флакон раствор из первого флакона, перемешивают до полного растворения таблетки(ок).
5. Определяют окраску из сравнения со стандартом, либо измеряют фотометрически. Полученную величину – общее содержание брома (или хлора) в единицах мг/л озона – обозначим В.
6. Для определения концентрации озона вычитают из величины А величину В.

Определение озона с использованием трисульфоната индиго. Озон быстро обесцвечивает индиго в кислой среде. Степень обесцвечивания раствора индиго пропорциональна количеству озона в воде.

Преимуществом метода, разработанного компанией Lovibond®, является отсутствие влияния примесей хлора или брома на получаемую величину за счет включения в таблетки дополнительных компонентов.

Процедура метода, основанного на использовании индиго:

1. Чистый флакон ополаскивают водой и добавляют в него одну таблетку для теста на озон.
2. Размельчают таблетку чистой стеклянной палочкой, затем заполняют флакон до метки водой, стараясь избежать появления пузырьков воздуха.
3. Аккуратно перемешивают смесь до полного растворения таблетки, избегая слишком сильного встряхивания.
4. Определяют окраску из сравнения со стандартом, либо измеряют фотометрически. Полученная в анализе величина – это концентрация озона в мг/л.

Хлорид

При регулярном использовании гипохлорита в качестве дезинфектанта в воде накапливается хлорид, который может создавать некоторые неудобства. Кроме того, при применении хлороводородной (соляной) кислоты для понижения pH в бассейн также вносится значительное количество хлорид-анионов.

При высоком содержании хлорида вода в бассейне становится соленой на вкус, ухудшается ее цвет и прозрачность. Концентрации этого аниона не должна превышать 1000 мг/л. Для удаления избыточного хлорида следует регулярно осуществлять обратную промывку фильтра и добавлять свежую воду.

В бассейнах, в которых хлор генерируется электролитически из поваренной соли, содержание хлорида будет, естественно, гораздо выше, чем 1000 мг/л. В этом случае концентрация хлорида обычно составляет вплоть до 3035 мг/л в пересчете на Cl или 5000 мг/л в пересчете на NaCl.

Провести тест на хлорид исключительно просто при использовании таблеток Lovibond® Chloride (хлорид). Процедура анализа такова:

Для диапазона 0 – 1000 мг/л:

1. Помещают 10 мл анализируемой воды в чистый контейнер и добавляют 40 мл не содержащей хлорид-аниона (деионизированной) воды.

2. Добавляют одну таблетку для теста на хлорид, встряхивают смесь до полного растворения. Раствор при этом окрашивается в желтый цвет.
3. Добавляют по одной таблетке до тех пор, пока раствор не станет коричневым. Содержание хлора определяют, исходя из числа использованных таблеток, по формуле:

$$(\text{Число таблеток} \times 1000) - 100 = \text{Концентрация хлорида, мг/л Cl}$$

Для диапазона 0 – 5000 мг/л:

1. Помещают 2 мл образца воды в чистый контейнер и добавляют 50 мл деионизированной воды.
2. Добавляют одну таблетку для теста на хлорид и проводят анализ так же, как описано выше. В расчетах используют формулу:

$$(\text{Число таблеток} \times 500) - 500 = \text{Концентрация хлорида, мг/л Cl}$$

Для пересчета результата в мг/л хлорида натрия (NaCl) умножают полученный результат на 1,65.

Сульфат

В настоящее время становится все более очевидным, что сульфат в высокой концентрации способен негативно влиять на конструкции бассейна. В плиточных бассейнах сульфат разрушает цемент между плитками, в результате чего возможно выпадение плиток из стен или дна бассейна.

Сульфат вносится в воду в основном при использовании бисульфата (сухой кислоты) для понижения уровня pH, а также сульфата алюминия в качестве флокулянта. Проблема разрушения цемента сульфатом чаще всего встречается в сильнозагруженных бассейнах при использовании щелочных препаратов хлора, таких как гипохлорит кальция или натрия.

Максимальный рекомендованный уровень сульфата в воде — 360 мг/л.

Единственный способ понизить содержание сульфата состоит в разбавлении воды в бассейне свежей.

Для слежения за уровнем сульфата применяется простой турбидиметрический метод, основанный на внесении таблетки в специальную двухсекционную пробирку. При наличии сульфата в воде после добавления таблетки раствор мутнеет. Перемещая внутреннюю часть пробирки, надо найти такое положение, в котором из-за мутности становится неразличимой черная точка на основании пробирки. Результат измерения считывают со шкалы, находящейся на внешней стороне пробирки.

Такая же двухсекционная пробирка используется в турбидиметрическом анализе циануровой кислоты.

Циануровая кислота

Циануровая кислота появляется в воде в результате применения для дезинфекции хлорированных изоциануратов или добавления самой кислоты в качестве стабилизатора хлора. В процессе дезинфекции хлор постепенно расходуется, а циануровая кислота – нет. Со временем концентрация последней может возрасти настолько, что возникает ситуация так называемого «запирания хлора».

«Запирание хлора» происходит при концентрации циануровой кислоты в бассейновой воде 150 мг/л и выше. Вода при этом выглядит тусклой и безжизненной, может быть заметен зеленоватый оттенок, хотя анализ с использованием реагента DPD №1 дает хорошее значение содержания свободного хлора. Вода в такой ситуации, как говорят, «слишком стабилизирована», и хлор в ней «заперт».

Жаркая погода и длительные периоды засушливости способствуют повышению концентрации циануровой кислоты в бассейнах, в которых используются хлорированные изоцианураты. Для стабилизации хлора оптимальное содержание этой кислоты составляет около 30-50 мг/л. При концентрации циануровой кислоты выше 100 мг/л рекомендуется понизить ее содержание, слив часть воды из бассейна и заменив ее свежей.

Возможно, при обнаружении «запирания хлора» неплохой идеей будет ввести шоковую концентрацию свободного хлора для уничтожения водорослей и других микроорганизмов. В этом случае надо использовать гипохлорит кальция или натрия, а не стабилизированный хлор (Ди-хлор или Три-хлор).

Существует простой турбидиметрический метод для определения уровня циануровой кислоты; кроме того, доступен недорогой фотометр, позволяющий измерять этот параметр наряду с pH и содержанием хлора.

Суть турбидиметрического анализа состоит в следующем:

К образцу воды в специальной двухсекционной пробирке добавляется реагент в виде таблеток. При наличии циануровой кислоты после добавления таблетки раствор мутнеет. Перемещая внутреннюю часть пробирки, надо найти такое положение, в котором из-за мутности становится неразличимой черная точка на основании пробирки. Результат измерения считывают со шкалы, находящейся на внешней стороне пробирки.

Минерализация - Total Dissolved Solids (TDS)

Минерализация (общее солесодержание, общее содержание растворенных твердых веществ) воды характеризует общее количество растворенных в ней твердых соединений.

В обычной воде, используемой для заполнения бассейна, содержатся соли и другие природные соединения. Хотя их количество сильно зависит от ис-

точника воды, обычно общее содержание солей лежит в диапазоне от 50 до 500 мг/л. В бассейне их концентрация резко возрастает из-за испарения воды и концентрирования солей; появления примесей, вносимых ветром и дождем; внесения химикатов при обработке воды (например, хлоридов и сульфатов).

Величина минерализации позволяет учесть, сколько химических соединений было внесено в воду в результате высокой нагрузки на бассейн или появилось в ней из-за недостаточного разбавления. Именно в этом состоит основная ценность этого показателя.

За общим содержанием солей необходимо следить, сравнивая значения этого параметра для воды в бассейне и воды-источника. В идеальном случае разница между этими показателями не должна превышать 1000 мг/л, а само значение в бассейновой воде должно быть не более 3000 мг/л.

Для уменьшения уровня общего содержания солей требуется слить часть воды из бассейна и заменить ее свежей. В некоторых случаях удовлетворительного значения данного показателя удастся достичь только за счет регулярной обратной промывки фильтра без замены части воды.

Определение минерализации осуществляется при помощи электронного прибора и, по сути, заключается в измерении электропроводности воды, которая затем пересчитывается в мг/л солей.

Сбалансированность воды (индекс Ланжелье)

Когда вода сбалансирована, она не вызывает коррозии и не способствует образованию накипи. Другими словами, она не будет ни разрушать имеющийся слой твердых соединений кальция, ни способствовать отложению новых слоев.

В большинстве бассейнов с хорошим уровнем обслуживания вода будет сбалансированной при соблюдении рекомендованного уровня pH. Также во внимание надо принимать и другие факторы, такие как общая щелочность, кальциевая жесткость, общее содержание солей и, наконец, температура воды. Концентрация хлора или брома не входит в уравнение для оценки сбалансированности воды.

Формула, по которой можно определить сбалансированность воды, была предложена Ланжелье в 30-х годах прошлого века. Рассчитываемая таким образом величина называется индексом Ланжелье, или индексом насыщения Ланжелье, или просто оценкой сбалансированности воды.

Почему баланс воды так важен? Потому что если вода не сбалансирована, то возможно протекание процессов коррозии и эрозии, чему способствуют.

- Гальваническое разрушение
- Агрессивная вода
- Низкая кальциевая жесткость

Гальваническое разрушение происходит в местах примыкания двух или более различных металлов в водной среде (бассейне или Spa) с высоким общим содержанием солей. Присутствие хлорид-анионов делает воду более проводимой. Для того чтобы избежать такого разрушения, необходимо снизить уровень общего содержания солей или повысить кальциевую жесткость (формирование тонкого слоя осадка на металле снижает его электрохимическую активность).

Низкое значение кальциевой жесткости часто вызывает растворение цемента между керамическими плитками в бассейне, так как вода стремится восполнить нехватку кальция.

Таким образом, необходимо поддерживать общее содержание солей на разумном уровне (в идеале не больше 1000 мг/л сверх показателя в воде-источнике) и, в тоже время, поддерживать правильный уровень кальциевой жесткости.

Для подсчета индекса Ланжелье используется следующая формула:

$$pH + \text{температурный фактор} + \text{фактор щелочности} + \text{фактор кальциевой жесткости} - \text{фактор общего содержания солей}$$

Для получения значений факторов, соответствующих результатам проведенных тестов, удобно воспользоваться следующей таблицей:

Температура, °C	Температурный фактор	Кальциевая жесткость, мг/л CaCO ₃	Фактор жесткости	Общая щелочность, мг/л CaCO ₃	Фактор щелочности	Общее содержание солей, мг/л	Фактор
0	0,0	5	0,3	5	0,7	0	12,0
3	0,1	25	1,0	25	1,4	-	-
8	0,2	50	1,3	50	1,7	1000	12,1
12	0,3	75	1,5	75	1,9	-	-
16	0,4	100	1,6	100	2,0	2000	12,2
19	0,5	150	1,8	125	2,1	-	-
24	0,6	200	1,9	150	2,2	3000	12,25
29	0,7	250	2,0	200	2,3	-	-
34	0,8	300	2,1	300	2,5	4000	12,3
41	0,9	400	2,2	400	2,6	-	-
53	1,0	600	2,35	800	2,9	5000	12,35
-	-	800	2,5	1000	3,0	-	-
-	-	1000	2,6	-	-	6000	12,4

Удовлетворительным является значения индекса Ланжелье в диапазоне от 0 до +0,3 (т. е. небольшие положительные значения допустимы). Вода в таких условиях может образовывать на элементах конструкций небольшой защитный слой из осадка.

Пример	Расчет
pH = 7,5	7,5
Температура = 29 °C	f=0,7
Общая щелочность = 100	f=2,0
Кальциевая жесткость = 300	f=2,1
Общее содержание солей=1100	f=12,1
Индекс Ланжелье	+0,2

Внимание, это важно!

Важное замечание. Высокое значение общей щелочности не может компенсировать низкое значение кальциевой жесткости. Каждый из параметров должен попадать в соответствующий рекомендованный диапазон.

Дополнительные замечания по сбалансированности воды. В районах с мягкой водой требуется постоянное введение кальция для поддержания его уровня. В этом случае логично использовать гипохлорит кальция в качестве дезинфицирующего агента, так как он сам по себе содержит кальций.

Кроме того, в районах с низкими значениями общей щелочности воды предпочтительно использовать углекислый газ для снижения pH и гипохлорит кальция для дезинфекции, так как оба эти соединения способствуют увеличению общей щелочности.

В районах с жесткой водой бывает трудно снизить общую щелочность и жесткость. В этом случае часто приходится пользоваться соляной кислотой для снижения этих параметров, и в этих районах уровень щелочности 140-150 мг/л в бассейновой воде вполне допустим. При высокой жесткости pH воды лучше поддерживать ближе к нижней границе рекомендованного диапазона, т.е. около значения 7,2.



Часто задаваемые вопросы

Проблема	Возможная причина	Способ устранения
Вода в бассейне становится зеленой	В бассейне нет стабилизатора – солнечный свет разрушает дезинфектант	Проверьте уровень дезинфицирующего агента и, при необходимости, добавьте стабилизатор – циануровую кислоту
	Высокий уровень циануровой кислоты («запирание хлора»)	Замените часть воды в бассейне свежей для снижения уровня циануровой кислоты до рекомендованного значения
Рост водорослей в бассейне	Неправильный уровень дезинфицирующего агента	Убедитесь в том, что уровень дезинфектанта находится на достаточном уровне во всех частях бассейна; при необходимости воспользуйтесь альгицидом
Воды выглядит тусклой, неживой	Слишком высокое общее содержание солей (много хлорид-анионов)	Проверьте и, при необходимости, снизьте общее содержание солей разбавлением
	Высокий уровень циануровой кислоты («запирание хлора»)	Проверьте и, при необходимости, снизьте содержание циануровой кислоты разбавлением
Соленый вкус воды	Слишком высокое общее содержание солей	Проверьте и, при необходимости, снизьте общее содержание солей разбавлением
	Слишком высокий уровень хлорид-анионов	Проверьте и, при необходимости, снизьте содержание хлорид-анионов разбавлением

Проблема	Возможная причина	Способ устранения
Мутная вода	Слишком высокая загрузка бассейна, не справляются фильтры	Сократите число посетителей, проверьте состояние фильтров
	В воде присутствуют мелкие частицы, не удаляемые фильтром	Добавьте флокулянт и осуществите фильтрацию
	Высокий pH	Проверьте и, при необходимости, понизьте pH
	Высокая щелочность	Проверьте и, при необходимости, понизьте щелочность
Признаки разрушения цемента между плитками	Слишком низкая кальциевая жесткость	Проверьте и, при необходимости, повысьте кальциевую жесткость
	Слишком низкое значение pH	Проверьте и, при необходимости, повысьте pH
	Высокий уровень сульфата	Проверьте и, при необходимости, понизьте уровень сульфата до 360 мг/л
Скачущее значение pH	Низкая щелочность	Проверьте и, при необходимости, повысьте щелочность
Трудно изменить pH	Высокая щелочность	Проверьте и, при необходимости, понизьте щелочность
Жалобы на слезящиеся глаза и раздражение кожи	Значение pH вне рекомендуемого диапазона	Проверьте и установите правильное значение pH
	Низкая концентрация свободного хлора, высокая концентрация связанного хлора	Проверьте и добейтесь правильного уровня свободного и связанного хлора
	Аллергия на дезинфицирующий агент	Попробуйте использовать другой дезинфицирующий агент



10^е Русскоязычное издание Январь 2017

Tintometer GmbH
Schleefstraße 8-12
D-44287 Dortmund
Tel.: (+49) (0)2 31 / 9 45 10 -0
Fax: (+49) (0)2 31 / 9 45 10 -20
sales@tintometer.de
www.tintometer.de
Germany

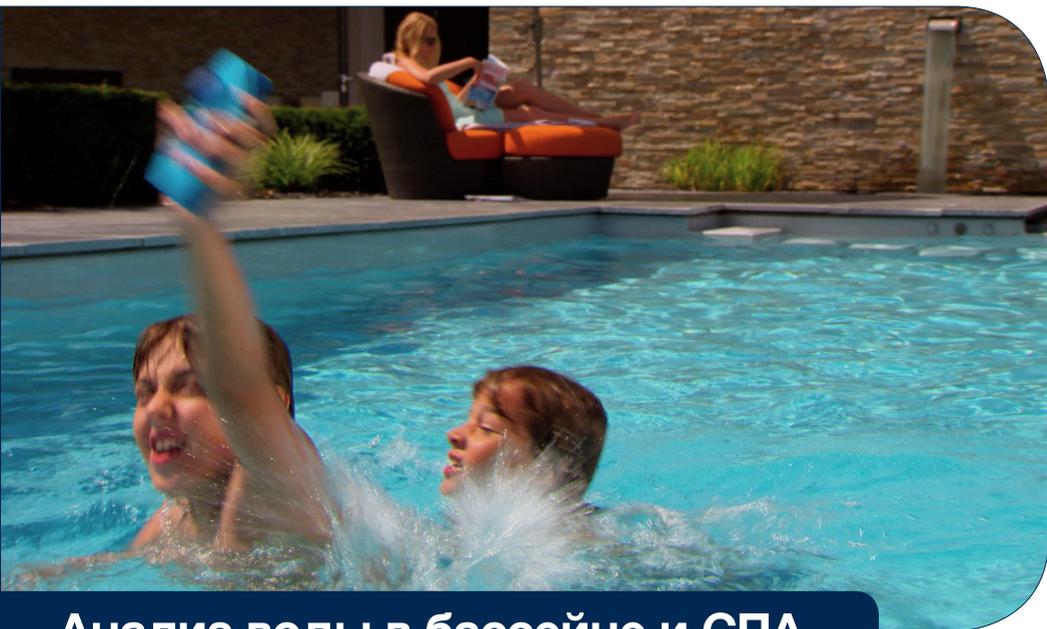
Allpools
60 km MKAD Business Center
Kolisey, 4A, 121500, Moscow
Phone: +7 (495) 787 01 07
+7 (495) 778 88 56
www.allpools.ru
Russia



LeibnizITD и Tintometer являются зарегистрированными товарными знаками группы компаний Tintometer AG. Tintometer AG оставляет за собой право изменять технические характеристики измерительного оборудования без предварительного уведомления.

Lovibond® Water Testing

Tintometer® Group



Анализ воды в бассейне и СПА

Устройства и реагенты

www.lovibond.com