

# Руководство по подготовке воды в бассейнах и устранению продуктов реакции с хлором



Вода прозрачная и чистая, глаза не болят: каждый бассейн должен быть надежным местом для игры и тренировок

## Преимущества AFM

- На 80% снижение расхода хлора
- Контроль криптоспоридий
- Уменьшение числа бактерий
- Фильтрация твердой фракции до 1 микрометра
- Меньше содержание ТНМ
- Снижение или устранение трихлорамина
- Экономия расходов на содержание
- 100% экологическая совместимость.

## Области применения AFM

- Питьевая вода
- Третий этап очистки сточных вод
- Регенерация промышленных и бытовых стоков
- Плавательные бассейны
- Опреснение воды
- Градирни
- Общедоступные аквариумы.

### BEHNCKE GmbH

Michael-Haslbeck Str. 13  
D-85640 Putzbrunn  
тел.: +49 (0) 89 456917-0  
факс: +49 (0) 89 4685-11  
[info@behncke.com](mailto:info@behncke.com)  
[www.behncke.com](http://www.behncke.com)

### Dryden Aqua Ltd

Dr. Howard Dryden  
Butlerfield | Bonnyrigg  
Edinburgh EH19 3KQ  
Scotland UK  
тел.: +44 (0) 18758 22 222  
факс: +44 (0) 18748 22 229  
[www.AFM.eu](http://www.AFM.eu)

AFM – зарегистрированный  
знак с патентной защитой



## Фильтрация воды в плавательных бассейнах и джакузи

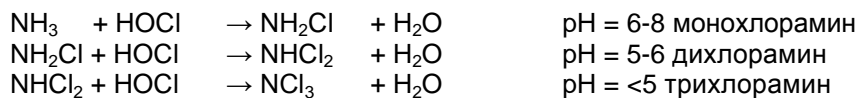
В прошлые годы было много исследований по трихлорамину и его возможному влиянию как предвестника астмы у детей или служащих плавательных бассейнов, джакузи или спортивных центров. Но до сих пор не публиковалось ничего, или публиковалось слишком мало по вопросу, откуда появляется трихлорамин и как можно уменьшить его выработку.

Наряду с трихлораминном значительную роль играют тригалометаны или ТНМ (в т.ч. хлороформ), которые являются канцерогенными химикатами. Они способны быстро проникать в русло кровообращения человека через легкие. Для решения этой проблемы предлагается применять озон и ультрафиолетовую дезинфекцию.

Посещение бассейна должно быть радостным событием. Именно поэтому качество воды и воздуха над поверхностью воды не должно наносить вред здоровью. В данной статье обсуждается, откуда появляются продукты реакции с хлором. Здесь впервые рассматриваются механизмы их выработки, и предлагается возможное решение проблемы. На самом деле такой подход открывает новые пути развития бассейновой промышленности.

## Трихлорамин и бактерии

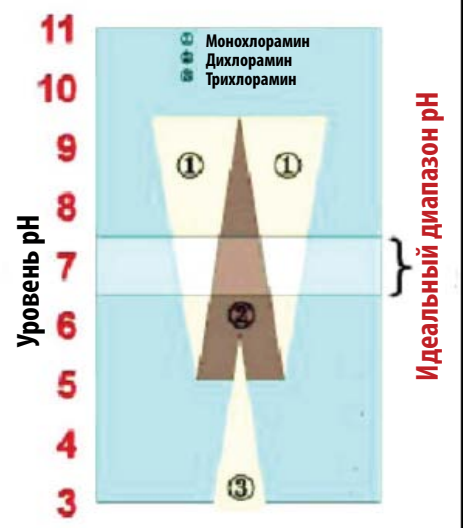
Хлорамины возникают в результате реакции в воде между хлором и аммиаком ( $\text{NH}_3$ ), а также с подобными ему соединениями, например, с мочевиной ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ). Немецкий стандарт DIN 19643 описывает образование хлораминов как функцию, производную от водородного показателя pH, на основе следующих уравнений реакции:



Содержание связанного хлора примерно в 1,4 раза выше хлора по DPD2 (монохлорамина и дихлорамина). Если связанный хлор ниже DPD3, запах трихлорамина отсутствует и глаза у посетителей не болят. Если это не так, значит в воде много органики (например, ПАВ). Влияет добавление любого количества поверхностно-активных веществ (ПАВ) в воду, даже если это всего 5 мл шампуня на бассейн размером 50 кубометров. Поэтому надо всегда проверять коагуляцию и хлопьеобразование, а также принимать меры для улучшения, когда следует.

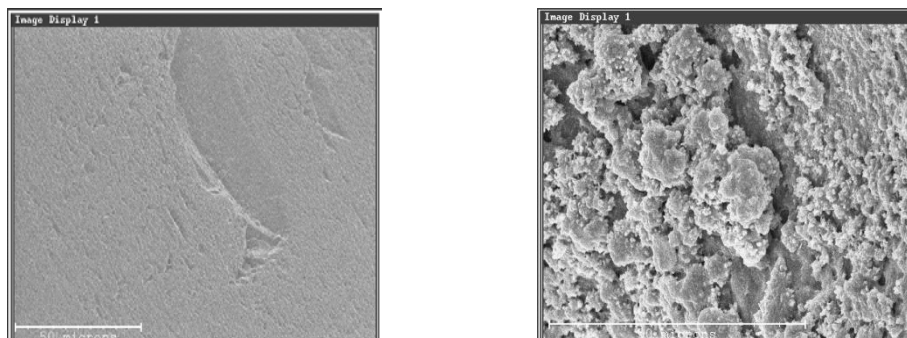
Второй причиной высокого содержания связанного хлора может быть применение свободного хлора в слишком высоких концентрациях. Хлор окисляет органику в фильтрующем слое, что в свою очередь повышает DPD3. Поэтому настоятельно требуется добавлять хлор или иной окислитель только после фильтра. Решением данной проблемы может быть изменение места добавления хлора, снижение концентрации хлора и увеличение частоты обратных промывок.

Высокое содержание связанного хлора, привкус трихлорамина и раздражение глаз у посетителей плавательного бассейна – все это признаки проблем циркуляции воды. Значит, что где-то в системе образовалась "мертвая зона" с отсутствием циркуляции или с низкой скоростью циркуляции, где скопилось много бактерий, и где низок показатель pH, или в бассейне образовалась биопленка с большим количеством бактерий. Наиболее вероятным источником бактерий и биопленок может быть песок в песчаном фильтре, уголь в фильтре с активированным углем, "мертвая зона" в системе трубопроводов или где-то на пути циркуляции воды.



В соответствии с уравнениями реакций, трихлорамин вырабатывается только при pH ниже 5,0. Но в правильно подготовленном плавательном бассейне pH составляет от 6,8 до 7,6. Почему же, тем не менее, может образовываться дихлорамин и трихлорамин? В любом случае трихлорамин не может образовываться непосредственно в воде, поскольку там водородный показатель pH слишком велик. Но любая поверхность, находящаяся в контакте с водой, покрыта тонкой биопленкой, в которой преобладает кислая среда и низкий показатель pH. Трихлорамин образуется в этой кислой пленке. Чем толще пленка, тем больше выработка трихлорамина.

Самую большую поверхность в системе водоподготовки джакузи или плавательных бассейнов с большим отрывом имеет песчаный фильтр. Каждый кубометр песка обладает поверхностью около 3000м<sup>2</sup>. Уже много лет известно, что песок является отличной средой для роста бактерий. Всего за несколько дней свежий загруженный песок поражается множеством бактерий. При этом бактерии выделяют т.н. „альгинат“, своего рода слизь, которая защищает их от окисляющего действия хлора. Эта „привязка“ может наступить уже в течение 30 секунд. Содержания хлора, используемого в большинстве плавательных бассейнов и джакузи, недостаточно, чтобы отрицательно повлиять на рост бактерий, закрепившихся на песке или иных поверхностях, и защищенных альгинатом.



*Рис. 1. Свежий песок без бактерий (слева), и тот же самый песок после нескольких дней эксплуатации, почти полностью зараженный бактериями (справа).*

На рис. 1 показано, как чистый песок уже через несколько дней почти полностью заражен бактериями. Слой бактерий возникает как на песке, так и на других поверхностях плавательного бассейна. Со временем биопленка становится толще и прочнее. В конечном счете, это ведет к склеиванию отдельных песчинок альгинатами, выделяемыми бактериями. В слое песка образуются каналы, что ведет к плохой фильтрации. Как правило, для этого процесса требуется от одного до двух лет. В сильно загруженных системах, например, джакузи, где у бактерий есть много органики для питания, это явление может наступить уже через несколько месяцев.

Осаждение и склеивание песка ведет к образованию каналов в фильтрующем слое. Это может случиться в любом фильтре. Такой клей часто называют "жиром с тел пользователей", что неправильно, поскольку данная биомасса представляет собой смесь полисахаридных альгинатов, выделенных бактериями. И это очень важно понимать, поскольку песчаный фильтр является единственным средством предотвратить распространение криптоспоридий. При появлении каналов через фильтрующий слой криптоспоридии могут беспрепятственно проходить фильтр.

Чем толще биопленка, тем ниже показатель pH в ней, что в свою очередь ведет к усиленному образованию дихлорамина и трихлорамина. Существует положительная связь между нагрузкой бассейна, количеством органики, размером биопленки и образованием трихлорамина. Важную роль играют такие факторы, как хорошая гигиена, правильное оснащение и техническое решение системы водоподготовки, а также режим эксплуатации. Биомасса, образованная бактериями, может составлять до 5% общего веса песка.

В отчете *Агентства по охране здоровья за 2004 г.* сообщалось, что 88 бассейнов и 23 джакузи заражено легионеллами. Из них на шестнадцати объектах обычные микробиологические параметры превышены не были. Следовательно, большое количество бактерий может быть даже на таких объектах, где микробиологическое тестирование и проверки безопасности дают удовлетворительные результаты.

Хлор крайне незначительно влияет на бактерии, защищенные биопленкой. Хлор может окислить лишь бактерии, вымытые из фильтра при обратной промывке. Бактерия живет один час. После обратной промывки часть жизнеспособных бактерий попадает назад, в плавательный бассейн. Иногда режим фильтрации становится нестабильным, и в результате возможен выброс большого числа бактерий из фильтра. Это проявляется в мутности воды. С учетом загрузки фильтра, такое возможно и через две недели, и через месяц. Хлор в состоянии убить большинство бактерий в воде за 30 секунд. Но окисление бактериальных хлопьев размером от 50 до 100 микрон требует заметно больше времени.

Много проблем с качеством воды создает попадание после промывки назад в воду биопленки, образовавшейся на песке. Даже песчаный фильтр правильной конструкции с правильно организованной обратной промывкой будет работать хорошо лишь при условии правильного применения. Песок как отличная среда жизнедеятельности бактерий всегда фактор риска. Фирма Dryden Aqua использует для водоподготовки только песчаные фильтры с флюидизированным песчаным слоем (и с культивацией нужных бактерий).

Все это позволяет нам категорически утверждать, что даже самая тщательная обратная промывка песка не в состоянии удалить все бактерии, и потому любой песчаный фильтр всегда становится фабрикой по производству трихлорамина.

### AFM, активный фильтрующий материал

Для альтернативы песку *Dryden Aqua* разработала **AFM** (Активный Фильтрующий Материал). Он активно противодействует развитию бактериальных колоний, что в миллионы раз снижает среднюю бактериальную зараженность по сравнению с сопоставимыми песчаными фильтрами. Применение AFM дает огромную разницу в качестве воды и в образовании трихлорамина. **Но и это далеко не все.**

### Хлопьеобразование и питание бактерий

В воде с температурой 25°C и более бактерии размножаются очень быстро. Популяция удваивается каждые 60 минут. Это значит, что за 24 часа из одной единственной бактерии получается 8 миллионов, а через 48 часов возможно появление биомассы весом 140 кг. Разумеется, в плавательных бассейнах такого не бывает, ведь рост ограничен скудостью питания. Но это объясняет, почему в бассейнах с большим числом пользователей и в джакузи проблемы с песчаными фильтрами возможны уже через несколько месяцев.

Уменьшение доступного питания замедляет рост бактерий. Поэтому важно, чтобы пользователи перед посещением бассейна хорошо мылись под душем. В некоторых странах надо фильтровать водопроводную воду для удаления из нее фосфатов и органических компонентов. Моющие средства и ПАВ не должны попадать в воду ни при каких обстоятельствах.

Производительность фильтра следует как можно лучше оптимизировать для удаления максимума органики. Это достигается эффективной коагуляцией и хлопьеобразованием, позволяющим отфильтровать мельчайшие твердые частицы, и даже растворенные вещества. В плавательных бассейнах используются, например, флокуляторы на основе полихлорида алюминия (РАС), или их эквиваленты. Целенаправленное применение коагуляции и хлопьеобразования уменьшает объем питательных веществ, доступных для бактерий. Это замедляет размножение бактерий и снижает выработку трихлорамина.

### **NoPhos – для контроля питательных веществ**

Не все бактерии удаляются полностью, что не зависит от рода фильтрующего материала и/или эффективности обратной промывки. Известно, что в принятой концентрации хлор не в состоянии окислить бактерии, защищенные биопленкой. Вопреки наличию хлора в воде, бактерии остаются в песке, водопроводных трубах и на поверхности кафеля.

Мы – биологи с Dryden Aqua: много лет мы контролируем культуры различных бактерий в аквариумах и на рыбных фермах. Мы не пытаемся убить бактерии, мы просто лишаем их пищевой базы. Если удалить из воды пищевые вещества, рост бактерий прекращается.

На фирме Dryden Aqua разработан продукт под названием «NoPhos». Он извлекает из воды фосфат и микроэлементы, превращая их в нерастворимый осадок, который удаляется фильтром. Продукт NoPhos заряжен положительно, а AFM отрицательно. По этой причине оба продукта так хорошо работают вместе. Применение NoPhos не только останавливает рост водорослей, но и замедляет скорость роста бактерий. Важно, что NoPhos удаляет из воды весь фосфат.

Комбинация AFM (чтобы избежать биопленки в фильтре), коагулятора (для лишения бактерий источника пищи) и Nophos (для извлечения питательных веществ из воды) помогает добиться почти полного исчезновения бактериальных культур. Уменьшение численности бактерий препятствует образованию кислой биопленки. В конечном счете это прекращает или (по крайней мере) сильно уменьшает выработку трихлорамина.

До определенной степени окись хлора работает аналогично NoPhos. Окись хлора не является таким сильным окислителем, как гипохлорит. Она газообразна и способна растворять жир, поэтому окись диффундирует в биопленку, убивая бактерии изнутри. Гипохлорит не растворяет жир, ему приходится убивать бактерий снаружи. Это великолепно работает для отдельных бактерий. Но когда мы имеем дело с бактериальной колонией или с биопленкой на поверхности, альгинаты защищают бактерии от окисления. На самом деле можно было бы агитировать за применение гипохлорита для борьбы, например, с псевдомонадами. Псевдомонады способны размножаться в огромных количествах на поверхности олигосахаридных альгинатов. Но под альгинатной пленкой находится большое число других бактерий и микроорганизмов, и альгинат выполняет функцию их защиты.

Двуокись хлора эффективно борется с биопленками и может сыграть в бассейновой промышленности очень полезную роль. Но проблема в том, что двуокись растворяет жир, что позволяет ей диффундировать в кожу посетителей бассейна, откуда она может попасть непосредственно в кровяное русло – а это опасно для здоровья. Наличие двуокиси хлора в питьевой воде никакой роли не играет, поскольку в кишечнике она связывается с другими органическими веществами. Двуокись хлора, способная убивать бактерии, будет проникать в кожу людей независимо от своего агрегатного состояния (в растворенном или газообразном виде). Мы не смогли найти ни одного документа, где бы эта мысль подчеркивалась или оспаривалась. Каких-либо оценок рисков нам тоже не удалось обнаружить. В любом случае невозможно сделать двуокись хлора менее опасной изменением ее химических свойств или биологического потенциала.

Поэтому первым шагом должно быть удаление как можно большего числа бактерий препаратом NoPhos. Подготовка бассейна по нашему плану значительно улучшает качество воды. Уменьшается расход хлора и стабилизируется химический режим, улучшается управление системой в целом.

### Оптимизация производительности фильтра

Хотя зараженность фильтровального слоя бактериями уменьшается благодаря AFM, бактерии могут расти и на твердых инородных телах, попавших в слой. Поэтому важно регулярно подвергать фильтр обратной промывке, даже если **перепад давления** говорит об отсутствии необходимости в ней. Уже через неделю качество воды ухудшается за счет инородных тел, застрявших в фильтре. Поэтому обратная промывка проводится раз в неделю, но никак не реже одного раза в две недели.

Эффективность всех фильтров обратно пропорциональна скорости фильтрования независимо от материала, загруженного в фильтр (AFM, песок, иные материалы). Чем медленнее течет вода через фильтр, тем лучше фильтрование. Для плавательных бассейнов идеальная скорость фильтрования составляет менее 15 м/час. Расчет скорости фильтрования: циркуляция м<sup>3</sup>/час/поверхность фильтра м<sup>2</sup> = скорости фильтрования м/час. Не менее важно убедиться, что после обратной промывки из фильтра удалены все скопившиеся там твердые инородные тела. Все они, скопившись в фильтре, становятся пищей для бактерий, что ведет к росту выработки трихлорамина.

Хорошая обратная промывка выглядит так: обратная промывка фильтра с продувкой (скорость промывки от 70 до 90 м/час) примерно 5 минут. Собственно сама промывка (водой) должна проводиться со скоростью, при которой фильтровальный слой расширяется (флюидизируется) не менее, чем на 15%. При использовании AFM или песка для этого необходимы скорости от 40 до 45 м/час.

К сожалению в Европе существует лишь немного плавательных бассейнов, где используется повторная обратная промывка после основной обратной промывки. Это прискорбно, поскольку очень влияет на качество воды.

### Конфигурация фильтра: горизонтальный или вертикальный?

Кварцевый песок или AFM используются в фильтрах горизонтального или вертикального типа. Преимущество горизонтальных фильтров в том, что они интереснее в аспекте цены на единицу поверхности фильтрующего слоя. Для оптимального использования помещения, в большинстве случаев горизонтальные фильтры укладываются штабелем друг на друга.



В любом случае высота фильтровального слоя в фильтре не везде одинакова. Расстояние, которое вода преодолевает при протекании через фильтр, по краям больше, чем в центре. Вода будет выбирать путь с меньшим сопротивлением.

Это ведет к тому, что по центру через фильтр будет протекать больше воды, чем по краевой области. Также при обратной промывке по центру фильтра будет протекать больше воды, чем по краям. Органические вещества, скопившиеся по краям фильтра, останутся на съедение бактериям.

Бактерии выделяют альгинат, который склеивают песок по краям фильтрующего слоя. Снаружи кажется, что фильтр работает, но вода течет лишь по небольшой части песка в центре фильтрующего слоя.

Это проверяется вскрытием корпуса фильтра. При вскрытии фильтрующий слой должен иметь везде примерно одинаковую высоту, фильтрующий материал не должен быть склеен в комки, и в фильтрующем слое не должно быть дырок. При наличии хотя бы одного из перечисленных явлений – это признак неработоспособности фильтра.

В большинстве горизонтальных фильтров уже через несколько месяцев эксплуатации образуются каналы через фильтрующий слой. По этой причине мы советуем применять только вертикальные фильтры с загрузкой песком или фильтрующим материалом AFM. После перехода на AFM в системах с горизонтальными песчаными фильтрами можно сразу увидеть большие изменения, поскольку материал AFM не склонен образовывать комки, что увеличивает возможность оптимальной работы фильтров, даже горизонтального типа.

Вертикальным фильтрам требуется больше места, как правило, они дороже. Но для хорошего качества воды и снижения потребления хлора применяются только вертикальные фильтры.

На Dryden Aqua разработаны собственные фильтры, отвечающие требованиям DIN.

### **Кизельгур и перилит**

Кизельгур обладает отличными качествами, необходимыми для фильтрации воды, но его пыль содержит свободную (не связанную) кизельгуровую кислоту, которая очень ядовита. Считается, что кизельгур по токсичности примерно соответствует асбесту. Искусственный продукт перилит обладает свойствами, аналогичными кизельгuru, но его пыль не содержит кизельгуровой кислоты и потому не так опасна. Однако любая пыль становится источником риска, поэтому при применении перилита всегда надо принимать соответствующие меры предосторожности.

Кизельгур и перилит работают как механические фильтры, и способны отфильтровать большинство частиц размером до одного микрометра. Но они не в состоянии удалить растворенные в воде органические вещества. На окисление растворенных компонентов расходуется до 90 % хлора или иного окислителя. Поэтому в системах с кизельгуром или перилитом возможны два сценария:

1. Для окисления органики система использует в больших количествах хлор, вырабатывая при этом продукты реакции с хлором в высоких концентрациях.
2. При недостаточности поступления хлора, неокисленная органика служит для питания бактерий. В результате количество бактерий и биопленок сильно возрастает.

Материал AFM или песок позволяют отфильтровать частицы размером от 15 до 5 микрометров. Для хлопьеобразования и коагуляции дополнительно применяются флокуляторы на базе PAC или NoPhos. В сочетании с хорошей коагуляцией и хлопьеобразованием из воды можно извлечь мельчайшие частицы размером до одного микрометра. Дополнительно прямо из воды в больших количествах извлекаются растворенные там органические вещества, что сокращает расход дезинфицирующих средств и выработку продуктов реакции с хлором на 80 %, а иногда даже на 90 %.

Применение коагуляции и хлопьеобразования в системах с кизельгуром или перилитом невозможно, это ведет к засорению фильтров. В системах фильтрации рекомендуется использовать качественно хорошие фильтрующие материалы в сочетании с коагуляцией и хлопьеобразованием.

### **Ультрафиолетовые лучи в плавательном бассейне**

Ультрафиолетовые излучатели в комбинации с хлором эффективно убивают бактерии. Но в общедоступных плавательных бассейнах свободный хлор убивает большинство бактерий за 30 секунд без ультрафиолета. Дополнительная дезинфекция нужна в общедоступных бассейнах во избежание взаимного заражения пользователей. Поэтому основную работу по дезинфекции должен выполнять свободный хлор, а ультрафиолет может применяться для обеспечения качества воды.

Процесс работает потому, что используемая длина волны 254нм расщепляет белки, например, ДНК бактерий. В ультрафиолетовых излучателях низкого давления длина волны составляет около 254 нанометров, но чаще используются излучатели среднего давления, у которых шире световой спектр.

В результате ультрафиолетового облучения образуется серия свободных радикалов с высокой реакционной способностью. Эти радикалы окисляют органику до хлораминов в радикальном комплексе. При длине волны более 254 нанометров хлорамины расщепляются. В результате интенсивность ультрафиолета возрастает, а длина волны сокращается. Это ведет к тому, что объем органики в воде уменьшается, а при длине волны менее 200 нанометров хлор преобразуется в хлорид. Поэтому применение ультрафиолетового излучателя повышает расход хлора. По сравнению с типичным плавательным бассейном все это может даже удвоить расход химикатов.

Ультрафиолетовый излучатель уменьшает общую концентрацию канцерогенных продуктов реакции хлора. Поэтому данная технология и используется в водоподготовке. В то время как общее содержание побочных продуктов дезинфекции падает, после обработки ультрафиолетовым излучателем растет содержание газообразных продуктов, таких, как тригалометаны (ТНМ). Посетители бассейна не пьют бассейновую воду, но они вдыхают воздух над поверхностью воды. Поэтому гораздо важнее контролировать содержание нежелательных продуктов реакций в воздухе. Максимальные концентрации ТНМ обнаруживаются непосредственно над поверхностью воды. Это относится как к открытым бассейнам, так и к общедоступным плавательным бассейнам с хорошей вентиляцией. Отчет университета Монпелье за 2005 год сообщает: „дополнительная выработка хлороформа и бромид хлористого метилена объясняется ростом активного хлора и механизмом действия свободных радикалов, появившихся в результате ультрафиолетового облучения“.

По сообщениям Оле Бистеда из Датского технологического института (отдел бассейновой технологии), в сочетании с ультрафиолетом всегда следует применять фильтр с активированным углем для уменьшения содержания ТНМ и растворенной органики. Углевой фильтр всегда отфильтровывает из воды хлор, и в результате в фильтре образуется биопленка, где вырабатывается трихлорамин. Если и использовать активированный уголь, необходимо менять фильтрующий материал каждую неделю, но не реже одного раза в две недели, что очень непрактично. Можно просто добавлять в систему порошковый активированный уголь, но процесс может легко пойти не так, как задумано.

Ультрафиолет восхвалялся как экологичный метод дезинфекции бассейновой воды. Но эту задачу эффективно выполняет хлор, а в комбинации с ультрафиолетом расход хлора повышается. К тому же ультрафиолет повышает содержание трихлорамина и канцерогенных тригалометанов. Поэтому автор данного отчета рекомендует ни в коем случае не применять ультрафиолетовые излучатели в плавательных бассейнах коммунального назначения. Это опасно и представляет собой источник риска для здоровья посетителей.

## Озон

Применение озона в плавательных бассейнах обязательно по DIN. Озон выполняет ту же задачу, что и ультрафиолет – расщепляет большие органические молекулы. Кроме того DIN рекомендует применять фильтр с активированным углем после озона для решения проблемы тригалометанов (ТНМ). Но активированный уголь поглощает свободный хлор с выделением хлоридов. Это ведет к повышенному расходу хлора, иногда до 500 %. Дополнительно активированный уголь извлекает из воды органику. Органика служит питательной средой для бактерий и ведет к образованию газообразного трихлорамина.

В Германии и в других плавательных бассейнах Европы, оборудованных системами с озоном и активированным углем, содержание трихлорамина в атмосфере повышено. Это проявляется в избыточной коррозии системы приточной вентиляции, а также частей из нержавеющей и конструкционной стали. В результате крыша бассейна может обрушиться в связи с сильной коррозией несущих балок от воздействия газообразного трихлорамина. О таких случаях в прессе сообщается каждый год, или даже несколько раз в год.



Уже в низких концентрациях трихлорамин способствует легочным инфекциям. У детей поражается защитная пленка в легких, что ведет к аллергическим реакциям и позднее может стать причиной астмы. Маловероятно, что общество будет терпеть трихлорамин как еще один источник риска для здоровья, как это было с курением или асбестом. По крайней мере нельзя предлагать обществу систему, вырабатывающую ядовитый газ. Хотя озоновые системы и рекомендуются во многих странах Европы а также предписаны стандартом DIN, эта технология может стать причиной серьезного поражения легких.

### **Безхлорные методы**

Всегда будет необходим хлор или аналогичное быстродействующее дезинфицирующее средство, убивающее широкий спектр бактерий, чтобы воспрепятствовать передаче возбудителей заразных болезней между посетителями бассейна. По DIN такое дезинфицирующее средство должно быть в состоянии убить все бактерии за 30 секунд. Альтернативным дезинфицирующим средствам (например, меди) для такого результата требуется более 90 минут. Хлор все еще самое лучшее и эффективное дезинфицирующее средство, он останется таковым еще много лет, пока не будет найдена альтернатива, работающая так же хорошо, как хлор. А пока альтернативы нет, в общедоступных бассейнах следует применять только хлор, но при этом делать все для уменьшения его расхода и ограничения выработки продуктов его реакции.

### **Вывод**

Хотя фирма Dryden Aqua производит системы с ультрафиолетовой и озоновой дезинфекцией, но в общедоступных плавательных бассейнах и джакузи с применением хлора они должны быть запрещены потому, что такие системы повышают расход хлора со значительным увеличением выработки трихлорамина и ТНМ.

Песок в общедоступном плавательном бассейне применять не следует, поскольку он способствует росту бактериальных колоний, в результате чего снижается рН и увеличивается выработка трихлорамина.

Путеводное решение для бассейновой промышленности состоит в замене песка в фильтрах всех плавательных бассейнов частного и коммунального назначения фильтрующим материалом AFM в сочетании с хорошей коагуляцией и оптимальным хлопьеобразованием. Кроме этого, предотвратить образование биопленок и выработку трихлорамина поможет NoPhos.

Для любого фильтра качество отфильтрованной воды обратно пропорционально скорости фильтрования. Конкретно это значит, что чем медленнее скорость фильтрования, тем лучше результат. Когда система работает с AFM, потребность в химикатах снижается как минимум на 80 %. Выработка ТНМ падает на 80 %, а производство трихлорамина почти прекращается.

Критики выдвигают аргументы, что нам неизвестно полностью влияние трихлорамина и ТНМ на здоровье, и потому ничего не надо предпринимать до завершения всех исследований. Возможно, эти исследования не завершатся полностью никогда. Мы знаем, что трихлорамин ядовит, и что он может вызывать поражения легких у детей. Кроме того мы знаем, что тригалометаны (ТНМ) вызывают рак. Это факты. Основываясь на исследованиях Европейской комиссии мы знаем, что AFM дает явное улучшение, и что концентрация продуктов реакции с хлором в воде и атмосфере снижается. Тем временем мы овладели информацией и знаниями, необходимыми для улучшения окружающей среды и качества жизни. Так дайте нам надежду, что мы не будем вынуждены ждать 20 лет реализации наших планов.

## AFM в плавательном бассейне

### Наш багаж:

- Применение поверхностно-активных веществ (ПАВ) вблизи плавательного бассейна не допускается, и они ни в коем случае не должны попадать в бассейн. ПАВ входит в состав большинства сортов мыла и очистительных средств.
- Обязательно проследите, чтобы все посетители бассейна перед входом в воду хорошо вымылись под душем, но без мыла или шампуня.
- Циркуляция в общедоступном бассейне: около 4 часов
- в спортивно-тренировочном бассейне: 1 – 2 часа
- Скорость фильтрации менее 15 м/час
- Скорость обратной промывки более 45 м/час
- Дозировка коагулятора 5 – 1,0 мл на кубометр отфильтрованной воды в час. При скорости фильтрации 100 м<sup>3</sup>/час дозировка составит от 50 до 100 мл в час.
- NoPhos 2 кг растворить в 25 литрах воды, и дозировать от 0,5 до 1,0 мл раствора на кубометр воды в час.

### Химические параметры

- Содержание свободного хлора 0,5 до 1,5 мг/л
- Содержание связанного хлора должно быть всегда ниже 0,5 мг/л, как правило, менее 0,05 мг/л
- pH 6.8 до 7.6
- Твердая фракция, всего 200 до 1000 мг/л (в растворе)
- Кальций как CaCO<sub>3</sub> 50 до 200 мг/л
- Щелочность как CaCO<sub>3</sub> 50 до 200 мг/л
- Сульфат как можно меньше
- Мутность < 0,1 NTU

## Важная информация

### Анализ воды

Традиционные колориметрические анализы хлора считаются надежными, но они часто показывают содержание выше или ниже фактического хлора в воде.

Обычно таблетки растворяются в пробе воды не полностью, в результате чего тест показывает слишком высокое содержание хлора. Жидкие препараты или непрессованный порошок обычно точнее таблеток. Анализ свободного хлора при помощи DPD1 дает более точные значения при концентрациях менее 1 мг/л, но при концентрации 1 мг/л и более результаты уже не точны.

Комбинированный хлор – это сумма монохлорамина, дихлорамина и трихлорамина. Общее содержание комбинированного хлора получают вычитанием из DPD1 (свободный хлор) результата DPD3 (общая концентрация хлора). Разность – это комбинированный хлор. Тест DPD2 используется для замера монохлорамина и дихлорамина, и по выкладкам на странице 2 можно видеть, что общее содержание комбинированного хлора определяется по значению монохлорамина и дихлорамина. Существует взаимосвязь между концентрацией монохлорамина и концентрацией всех хлораминов. Коэффициент составляет примерно 1,4. Если, например, концентрация монохлорамина и дихлорамина по результатам замеров с помощью тестов DPD2-DPD1 составляет 0,1 мг/л, общее содержание комбинированного хлора рассчитывается так:  $0,1 \times 1,4 = 0,14$  мг/л.

Но если надо найти общее содержание комбинированного хлора вычитанием DPD3 из DPD1, становится ясно, что результат получается много больше, чем  $1,4 \times (DPD2 - DPD1)$ . Причина в том, что DPD3 реагирует с органическими хлораминами и другими химикатами, что искажает реальную картину. Иногда погрешность анализа комбинированного хлора может составлять до 95 %.

В системах с песчаным фильтрованием бактерии получают в пищу много органики. В результате их жизнедеятельности образуется биопленка с низким водородным показателем pH, что ведет к выработке дихлорамина и трихлорамина (по уравнению на странице 1). В плохо содержащихся системах коэффициент для монохлорамина составит 2 или 3, а не 1,4. Поскольку реакция необратима, со временем содержание дихлорамина и трихлорамина возрастает. С применением AFM концентрация бактерий существенно падает, в результате отсутствует биопленка с низким pH. Последствием этого становится почти полное отсутствие выработки трихлорамина. В системах с AFM коэффициент DPD2 составит скорее 1,1. Но при том содержание комбинированного хлора может быть все еще высоким в связи с наличием органических хлораминов. Вместо уменьшения органики важно использовать хорошую коагуляцию и хлопьеобразование с применением PAC и NoPhos. Дозировка должна составлять от 0,5 мл до 1,0 мл PAC и NoPhos на кубометр отфильтрованной воды в час. При расходе воды в фильтре 100 кубометров в час, дозировка должна составлять от 50 до 100 мл в час. Концентрация NoPhos составит (2kk) на 23 литров воды.

Даже при получении хороших результатов анализа воды при помощи тестов DPD, наилучшим измерительным прибором можно считать глаза пользователей плавательного бассейна. Вода должна быть прозрачной, синего цвета, глаза посетителей не должны испытывать раздражения и не должно быть характерного запаха хлорки (=трихлорамина).

### **Концентрация кальция**

В системах с мягкой водой, где используется гипохлорит кальция, и где уже провели переход с песка на AFM, потребность в гипохлорите кальция может снизиться до 80 %. В результате снижается содержание кальция, но определенное содержание кальция все же важно иметь. Иначе у Вас начнутся проблемы с цементом между кафельной плиткой. Поэтому надо добавлять хлопья хлорида кальция, чтобы гарантировать постоянное содержание кальция более 200 мг/л.

При переходе на AFM биометаболизм бактерий в фильтре прекращается. Теперь система работает по принципу физико-химической адсорбции органических веществ.

### **Дозировка коагулятора**

Материал AFM работает с синергетической связью с коагулятором, содержащим PAC или NoPhos. Очень важно добавлять коагулятор в количествах, предложенных в данном отчете. Непосредственно после добавления коагулятора вода должна **пройти статический смеситель** для получения наилучшей коагуляции.