

A microscopic view of numerous blue, rod-shaped bacteria, likely E. coli, against a dark blue background. The bacteria are in various orientations and depths of focus, creating a sense of a dense population.

# ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ В КОММЕРЧЕСКИХ ЗДАНИЯХ

ОБЗОР ОТРАСЛЕВОЙ ПРАКТИКИ

be  
think  
innovate

**GRUNDFOS** 

## Предисловие

Здоровье и благосостояние людей зависит от доступности безопасных источников воды. Рост населения и урбанизация ведут к увеличению потребности в воде, вынуждая совершенствовать практику использования водных ресурсов. Речь идет не только о защите водных ресурсов, но и о безопасности и высоком качестве водораспределительных систем.

Под питьевой водой или водой для бытовых нужд понимается вода, качество которой позволяет ее употреблять или использовать для бытовых целей без острых или долгосрочных последствий для здоровья. Увы, достигнуть этой цели удастся не всегда. Даже при условии рационального управления водными ресурсами и эффективного распределения воды по водопроводной сети вода к моменту поступления в краны потребителей нередко содержит микроорганизмы. Микробиологическое заражение также может происходить и через оборудование, в котором обращается вода. Другими словами, внутренние водопроводные системы зданий зачастую неспособны воспрепятствовать размножению бактерий в баках, трубах и аппаратах — везде, где условия способствуют развитию микробов.

Распределение и обработка воды для таких нужд, как градирни, плавательные и процедурные бассейны или бытовое потребление, связаны с необходимостью принятия многочисленных мер предосторожности и соблюдения требований санитарно-гигиенических и противоэпидемических норм. Такая задача отнюдь не проста. Многие владельцы недвижимости и эксплуатационные

организации не в состоянии выполнить все требования, создавая угрозу для жизни своих квартиросъемщиков, постояльцев, клиентов или пациентов своих учреждений. Даже неукоснительно соблюдая нормативы, владелец здания не может избежать ответственности за вероятные жертвы и несет высокие экономические риски.

В этом обзоре рассмотрены меры, необходимые для обеспечения безопасности водопроводных систем в коммерческих и жилых зданиях. Будет рассказано о бактериях *Legionella* и их источниках в коммерческих зданиях, а также рассмотрены наиболее действенные способы санитарной обработки этих источников.

Пусть новые знания станут вашей лучшей защитой!

Йенс Нёргаард

*Руководитель  
направления прикладных  
решений Grundfos для  
коммерческих объектов*



Введение.....	4
Что такое Legionella.....	4
Последствия заражения бактериями Legionella.....	5
Где встречаются бактерии Legionella?.....	6
Источники бактерий Legionella в коммерческих зданиях.....	8
Системы холодного водоснабжения.....	8
Системы горячего водоснабжения.....	9
Системы испарительного охлаждения.....	11
Процедурные бассейны.....	15
Плавательные бассейны.....	16
Декоративные фонтаны.....	17
Увлажнители.....	17
Методы обработки воды.....	18
Термическая обработка.....	18
Хлорирование.....	19
Обеззараживание газообразным хлором.....	20
Электролитическое производство хлора.....	20
Дозирование раствора гипохлорита натрия.....	22
Обеззараживание ультрафиолетовым светом.....	23
Фильтрация.....	24
Озонирование.....	25
Диоксид хлора.....	27
Обязанности и ответственность.....	30

# ВВЕДЕНИЕ

**Сохранение нашего здоровья зависит от чистоты воды, которую мы пьем и используем для принятия душа. Один из наиболее распространенных источников опасности для здоровья в системах питьевой воды — исключительно выносливый вид бактерий: *Legionella pneumophila*.**

*Legionella* — мезофильная бактерия, активно размножающаяся в любой системе, где имеется вода и поддерживается температура, благоприятная для роста. Эти условия часто присутствуют в системах испарительного охлаждения, процедурных и плавательных бассейнах и системах питьевого водоснабжения с малым расходом воды, наличием застойных мест или небрежным уходом за водяными резервуарами. Слизевидный биологический налет (биоленка) в трубах и резервуарах служит защищенной средой обитания, в которой бактерии размножаются и растут. Обеззараживание воды играет чрезвычайно важную роль во всех зданиях с системами питьевого водоснабжения, а особенно там, где в воздух распыляется водяной туман.

## ЧТО ТАКОЕ LEGIONELLA

***Legionella pneumophila* — бактерия, с которой связано более 90 % всех случаев специфической пневмонии, называемой «болезнью легионеров», — представляет собой палочковую бактерию семейства Legionellaceae.**

Вода для внутреннего использования в коммерческих зданиях очень часто заражена бактериями *Legionella pneumophila*. Для борьбы с этими бактериями необходимы особые меры, потому что в массе своей они невосприимчивы к биоцидам

*Legionella pneumophila* под микроскопом



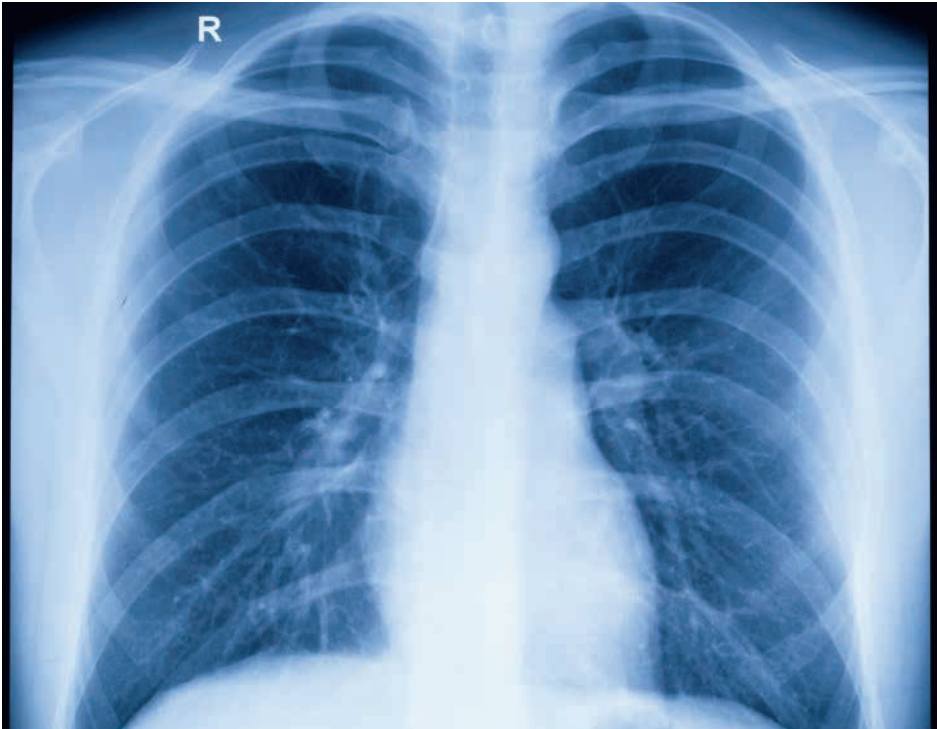
## ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАРАЖЕНИЯ БАКТЕРИЯМИ LEGIONELLA

Бактерии *Legionella* могут попасть в дыхательные пути человека в виде водного аэрозоля с диаметром капель от 3 до 5 мкм. Аэрозоли такого размера легко образуются в таких местах, как душевые и градирни. Для заражения здорового человека достаточно даже относительно низкой концентрации бактерий в аэрозоле. После инкубационного периода продолжительностью 2–10 суток *Legionella pneumophila* вызывает специфическую форму пневмонии (легионеллез), которая может сопровождаться так называемой понтиакской лихорадкой.

По данным Федерального статистического управления ФРГ, каждый год в Германии 25–30 тысяч человек заболевают легионеллезом. Для людей с ослабленной иммунной системой, включая пожилых, больных и курильщиков, заболевание может оказаться смертельным, если его лечение не будет начато в течение первых четырех дней.

- Легионеллезом заболевают до 5 % людей, вдохнувших зараженный аэрозоль.
- Смертность среди заболевших легионеллезом достигает 30 %.

*Бактерии Legionella могут вызвать «болезнь легионеров», поражающую легкие*



## ГДЕ ВСТРЕЧАЕТСЯ БАКТЕРИЯ LEGIONELLA?

В небольших количествах бактерия Legionella присутствует естественным образом в микрофлоре рек, озер и грунтовых вод. Подобные низкие концентрации не считаются патогенными, но при возникновении благоприятных условий для роста бактерии могут размножиться до опасной концентрации. Legionella проникает в водопроводные системы зданий через поверхностные воды и через сеть питьевого водоснабжения. Как правило, оптимальные условия для роста бактерии Legionella присутствуют в системе горячей воды: малый расход воды, сравнительно невысокие температуры, застойные участки и запущенные резервуары. Legionella активно размножается в диапазоне температур от 25 до 46 °С. Средой ее обитания является биопленка, ограждающая бактерию от большинства обеззараживающих химикатов и способов борьбы с микроорганизмами.

### **Биопленка**

Биопленка состоит преимущественно из смешанных колоний микроорганизмов (бактерий, водорослей, грибов, простейших), связанных друг с другом и живущих на общем субстрате. Они целиком или частично скрыты под полимерной органической массой (слизью), состоящей из продуктов их жизнедеятельности. Эта гелеобразная пленка создает идеальные условия для роста бактерий и превосходно их защищает. Такая пленка может налипать на любую поверхность, контактирующую с водой, например стенки резервуаров, труб, насосов и т.п.

Биопленка на внутренней части труб может затруднить перекачку воды и ухудшить ее качество. Биопленка сужает проходной диаметр трубы и увеличивает трение с потоком воды. Оба фактора повышают гидродинамическое сопротивление системы, что приводит к увеличению энергопотребления и уменьшению расхода.

Биопленка возникает, когда плавающие микроорганизмы прилипают к поверхности. Если их тотчас же не смыть с поверхности, они смогут закрепиться на ней более основательно. Первые колонисты способствуют притоку новых клеток и начинают строить матрицу, которая скрепляет биопленку. После начала колонизации биопленка растет одновременно за счет деления клеток и притягивания новых организмов.

Если в биопленке возникают анаэробные условия, некоторые микроорганизмы начинают выделять газы с гнилостным запахом — продукты своего анаэробного дыхания, к которым относятся метан и сероводород. Пахнущая и зараженная вода становится источником проблем и в канализационной сети, и на очистных сооружениях.





*Бактерия Legionella широко распространена в природе*

# ИСТОЧНИКИ БАКТЕРИЙ LEGIONELLA В КОММЕРЧЕСКИХ ЗДАНИЯХ

В любом коммерческом здании существует сразу несколько потенциальных источников бактерий Legionella. Отметим лишь некоторые объекты риска.

## Системы холодного водоснабжения

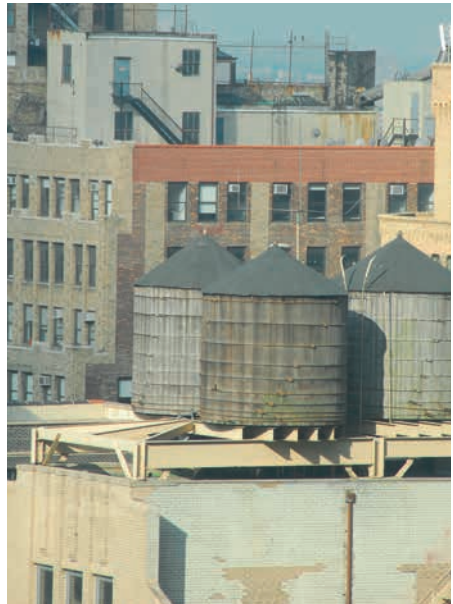
В крупных и высотных зданиях холодная вода часто прогревается до температур, представляющих идеальные условия для развития нескольких видов бактерий.

Температура холодной воды при входе в здание обычно намного ниже 25 °С. Однако внутри здания холодная вода начинает нагреваться вследствие высоких температур окружающего воздуха. Еще сильнее она нагреется, оказавшись в баке на крыше без теплоизоляции. После нескольких часов отстоя в баке на крыше вода возвращается в здание, поступая к потребителям. Мало того, что потребитель заведомо лишен по-настоящему холодной воды, он рискует получить из крана щедрую дозу микробов.

### **Рост бактерий наиболее вероятен в системах со следующими особенностями:**

- Водопровод холодной воды используется для рециркуляции горячей воды. Трубы нагреваются и легко становятся местом размножения бактерий.
- Трубы холодного и горячего водоснабжения заключены в общую теплоизоляцию. Тепло от горячей воды будет сообщаться с холодной.
- Используются баки, установленные на крыше, и буферные резервуары.

*Деревянные баки на крыше в Нью-Йорке*

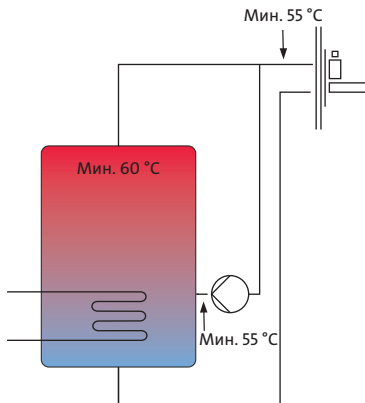






Теплоизолированный бак горячей воды на коммерческом объекте

Рекомендуемая температура воды в баке горячей воды и трубах



Если отказаться от использования баков невозможно, их необходимо располагать внутри здания и рассчитывать их вместимость так, чтобы вода застаивалась в них как можно меньше.

- Водяные баки, изготовленные из органических материалов, сами служат источниками пищи для бактерий.
- Диаметр труб шире необходимого. Стоячая вода увеличивает риск развития бактерий.
- Материал труб подвержен коррозии. Продукты коррозии — хороший источник пищи для бактерий.
- Присутствуют глухие ответвления со стоячей водой

Обычно водопроводная вода содержит лишь незначительные количества бактерий Legionella. Тем не менее всегда необходимо исходить из того, что бактерии в воде есть. Как следствие, проектировщики всегда должны рассчитывать системы холодного и горячего водоснабжения так, чтобы надежно исключить и сам рост бактерий, и условия, ему способствующие.

## Системы горячего водоснабжения

Все системы горячего водоснабжения подвержены заражению микроорганизмами. Однако особый риск в этом плане представляют системы со сколь-нибудь коротким застоем воды и температурой воды от 25 до 46 °C. Именно такой диапазон температур идеален для роста мезофильных бактерий, к которым относится Legionella. Также небезопасны запущенные системы: с осадком, коррозией, накипью и биопленкой, которая является источником пищи для бактерий.

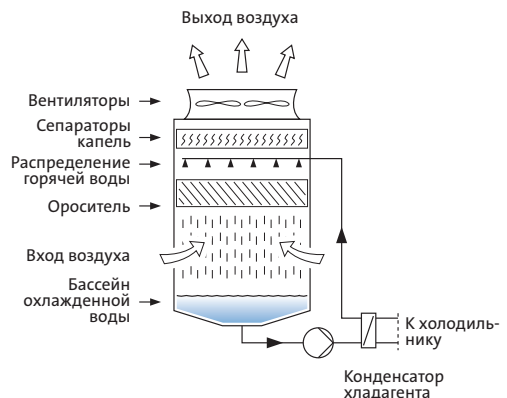
## Баки горячей воды

Для уменьшения риска развития микроорганизмов в системах горячего водоснабжения необходимо грамотно рассчитывать баки горячей воды, контролировать их и обслуживать в соответствии с общепринятой практикой и законодательством.

- Температура воды в баке должна составлять 60 °С, а температура в кранах и оборотных трубах — не ниже 55 °С. При температуре выше 60 °С усиливается отложение накипи в баках и трубах.
- Выбор чрезмерно вместительных баков и слишком широких труб обернется застоём воды.
- Трубы рециркуляции горячей воды должны быть самостоятельны от других. Трубы холодной воды использовать для рециркуляции нельзя.
- Теплообменники горячей воды или так называемые мгновенные подогреватели предпочтительны по сравнению с баками, потому что вода в них не застаивается.
- Следует избегать наличия глухих застойных ответвлений.
- Баки и трубы должны снабжаться теплоизоляцией во избежание остывания воды.
- Все трубы должны иметь отдельную теплоизоляцию, чтобы не происходило переноса тепла от труб горячей воды к трубам холодной воды.
- Использование пластмассовых труб необходимо свести к минимуму: они могут выделять органические вещества, способные послужить пищей для микроорганизмов.
- Необходимо использовать трубы и баки только из нержавеющей, высококачественных и одобренных к применению материалов.



*Туман из градирни легко разносится на 6 км*



*Рис. А. Градирня*

## Системы испарительного охлаждения

Градирни и испарительные конденсаторы используются для рассеивания нежелательного тепла путем распыления воды в атмосферу. Сопла распыляют воду в градирне в виде мелких капель.

Часть падающей в градирне воды испаряется, но также имеет место кавитационный унос — некоторые капли уносятся из градирни воздушным потоком, создаваемым вентиляторами. *Legionella* легко размножается в воде и легко покидает ее с уносом. Градирни — распространенное решение для утилизации тепла в системах охлаждения. Тепло рассеивается в атмосферу за счет распыления оборотной воды в градирне. Здесь (см. рис. А) оборотная вода проходит через конденсатор хладагента, расположенный за пределами градирни — обычно в холодильнике или рядом с ним. Получив энергию в конденсаторе, вода из бассейна в основании градирни пускается в оборот в открытом контуре и распределяется по оросителю. Вода медленно проходит через ороситель, охлаждаясь восходящим потоком воздуха, и затем стекает в бассейн. При этом образуются мельчайшие капельки, которые легко уносятся из градирни. Во избежание этого градирня снабжается сепараторами капель, которые частично сдерживают унос.

Испарительные конденсаторы менее распространены для утилизации тепла в системах охлаждения. Здесь (см. рис. Б) конденсатор хладагента размещен непосредственно в колонне. Вода из бассейна обращается в незамкнутом контуре и распределяется непосредственно по заполненному хладагентом конденсатору, где получает энергию от конденсационного змеевика и испаряется. В этом аппарате также имеются сепараторы капель, уменьшающие унос в окружающую атмосферу.

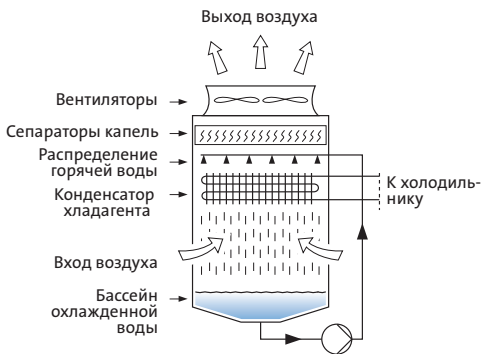


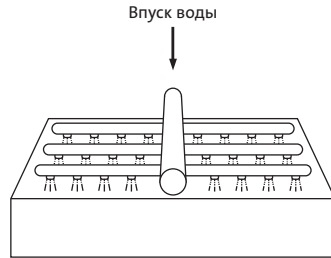
Рис. Б. Испарительный конденсатор

**Существуют два принципа распределения воды над оросителем или в конденсационном аппарате.**

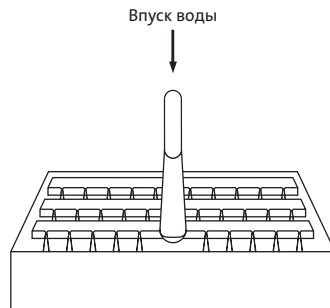
1. Разбрызгивающие сопла. Недостаток этого решения — возникновение множества мелких капель, которые легко уносятся.
2. Раздаточная труба с желобами. В этом варианте мелких капель образуется гораздо меньше, и унос не столь значителен. Однако и раздаточная труба, и желоб подвержены зарастанию водорослями и отложению осадка.

Сепаратор капель — важный конструктивный элемент любой испарительной градирни или конденсационного аппарата с любым видом водораспределительной системы. Сепаратор капель состоит из сложной системы отбойников, которые задерживают мелкие капли, не позволяя им покинуть колонну. Система отбойников обеспечивает свободное прохождение воздуха. Сепараторы способны уменьшить объем уноса из колонны до приблизительно 0,01% от расхода оборотной воды. Пример. Если расход воды составляет 100 м<sup>3</sup>/ч, то унос будет равен 0,01 м<sup>3</sup>/ч или 10 л/ч.

Вода в градирне подвержена бактериальному заражению ввиду нескольких факторов. Прежде всего, большое значение имеет температура воды. Вода при температуре от 25 до 46 °С благоприятна для развития бактерий Legionella. Такая температура весьма типична для систем испарительного охлаждения. Кроме того, развитию бактерий может способствовать присутствие в системе различного рода отложений: осадка, органических веществ, накипи и продуктов коррозии, которые становятся средой обитания и размножения многочисленных колоний бактерий. Биопленка в системах испарительного охлаждения — распространенная проблема, требующая принятия контрмер, поскольку биопленка служит средой размножения не только для Legionella, но и для многих других видов бактерий.



*Раздаточная труба с желобами*



*Разбрызгивающие сопла*

**Очистка воды в системах испарительного охлаждения**

Для противодействия развитию микроорганизмов технология очистки воды должна включать в себя:

- профилактику коррозии;
- регулирование общей жесткости;
- регулирование содержания твердой взвеси;
- фильтрацию;
- бактерицидную обработку.

**Профилактика коррозии**

Некоторые элементы системы испарительного охлаждения подвержены коррозии. Поскольку вода обращается в открытом контуре, в ней присутствует значительный объем воздуха, который является одним из инициаторов коррозии. Коррозии могут способствовать и другие механизмы: накипь, кислотность, осадок и использование подверженных коррозии материалов.

**Регулирование общей жесткости**

Для предотвращения образования накипи и осадка подпиточная вода должна в определенной мере умягчаться. Если для подпитки используются грунтовые воды, их естественной мягкости будет достаточно. В противном случае перед подачей воды в оборотный контур градирни необходимо обработать ее химическими умягчителями.

Вода для градирен может также поступать из других источников, например в виде конденсата из паровой системы или системы кондиционирования воздуха здания. Осушение влажного наружного воздуха может служить важным источником деминерализованной воды.

**Регулирование содержания твердой взвеси**

Когда вода испаряется, отдавая тепло, примеси остаются в оборотной воде.

В оставшейся воде растет концентрация веществ — которые являются причиной коррозии и накипи. Во избежание таких нежелательных последствий необходимо

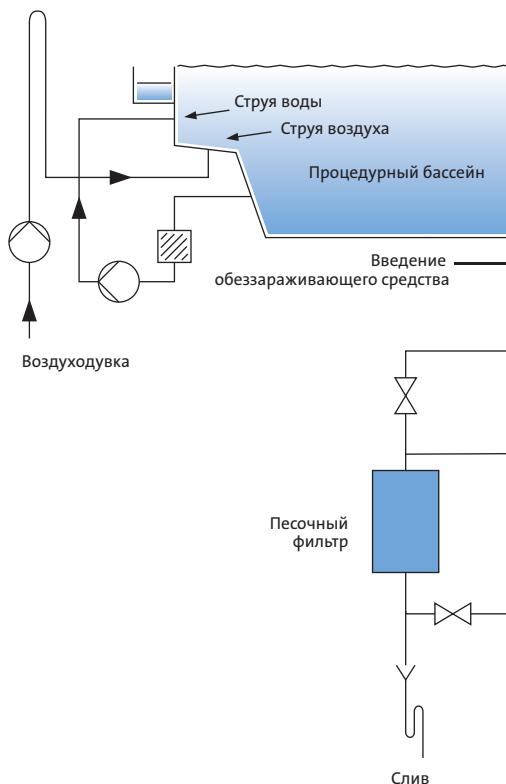
сбрасывать определенное количество воды в канализацию и заменять ее подготовленной подпиточной водой. Темпы теплоотдачи при испарении непостоянны. Они зависят от ряда факторов, включая температуру и влажность наружного воздуха и внутреннюю холодильную нагрузку. Индикатором для выполнения продувки и подпитки водой обычно выступает электрическая проводимость воды. Расход воды на испарение и продувку может быть огромным. Потребность в воде для испарения зависит от холодильной нагрузки и может легко достигать 2 м<sup>3</sup>/ч на МВт холодильной нагрузки.

### Фильтрация

Высокое содержание твердых примесей в испаряемой воде способно снизить эффективность реагентов, используемых для удаления накипи, ингибирования коррозии и т.п. Если градирня установлена на участке с высоким содержанием твердых примесей в воздухе, например, в пустыне или в промзоне с тяжелыми предприятиями, систему необходимо оснастить фильтрами. К числу других механических примесей относятся листья, насекомые, пыльца, семена и птичий помет.

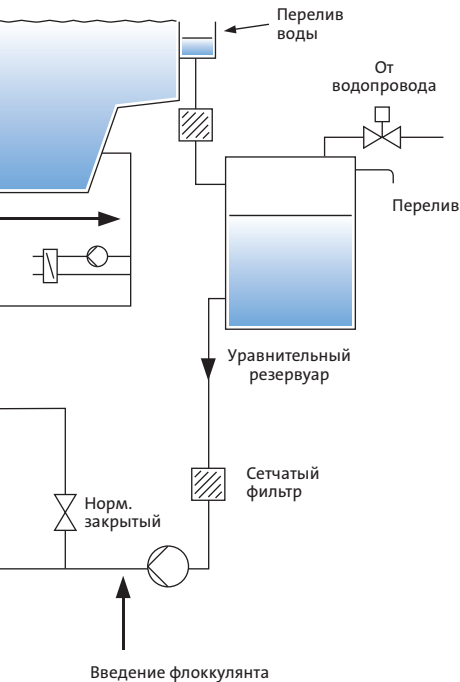
### Бактерицидная обработка

Обработка воды может выполняться как путем дозирования химикатов, так и нехимическими способами. Непрерывное дозирование химикатов доказало свою эффективность в борьбе с бактериальным заражением систем испарительного охлаждения. Технология обработки воды с непрерывным дозированием позволяет вводить химикаты сообразно фактической потребности. При этом их концентрация в испарительной воде поддерживается на оптимальном уровне, что исключает риск избыточной или недостаточной дозировки и, как следствие, общей коррозии или утраты обеззараживающих свойств. Все системы обработки воды должны снабжаться средствами наблюдения и контроля эффективности системы для борьбы с Legionella и другими микроорганизмами.



Процедурный бассейн с гидромассажем и воздушными струями





**Общие принципы обеззараживания и применяемые химикаты:**

- хлор (раствор гипохлорита);
- диоксид хлора;
- озон;
- ультрафиолетовые лучи.

**Процедурные бассейны**

Процедурные бассейны подвержены повышенному риску развития бактерий, поскольку в них присутствуют все предварительные условия для этого. Прежде всего, в бассейнах обычно поддерживается температура воды 32–35 °С, которая является оптимальной для роста Legionella как мезофильной бактерии. Относительно ограниченный объем воды и высокая частота использования приводит к обильному попаданию в воду грязи, отмерших клеток кожи и других органических веществ, что в сочетании с повышенной температурой, перемешиванием воды и подводом воздуха делает бассейн идеальной средой для всех видов микроорганизмов. При лопании пузырьков на поверхности воды возникает аэрозоль, легко попадающий в дыхательные пути пользователей бассейна. Скрытая система труб для подачи воздуха и оборота воды имеет большую площадь поверхности, выступая средой для роста биопленки и бактерий. Устройство бассейна затрудняет удаление биопленки в таких трубах.

**Процедурные бассейны требуют ежедневного осмотра, обслуживания и чистки**

Несмотря на то, что обеззараживание выполняется химически, необходимо каждый день самостоятельно выполнять следующую профилактику:

- проверка дозирования химикатов;
- чистка бассейна и прилегающей площади, удаление пролитой воды;
- очистка фильтров воды;
- проверка кислотности и прозрачности воды.

### Общие принципы обеззараживания и применяемые химикаты для бассейнов:

- хлор или раствор гипохлорита натрия;
- диоксид хлора;
- озон

Рекомендуемая концентрация свободного хлора в процедурных бассейнах 3–5 мг/л. Песчаные фильтры — важнейшее средство обеспечения чистоты воды в бассейнах. Песчаный фильтр задерживает механические примеси и органические остатки, такие как отмершие клетки эпителия и волосы. Перед песчаным фильтром в воду должны вводиться флокулянты. Флокуляция — процесс слипания малых взвешенных частиц в хлопья под действием осветлителя. Отмершие клетки эпителия, слипшиеся в хлопья, легко удаляются. Для сохранения эффективности песчаных фильтров выполняется их промывка противотоком.

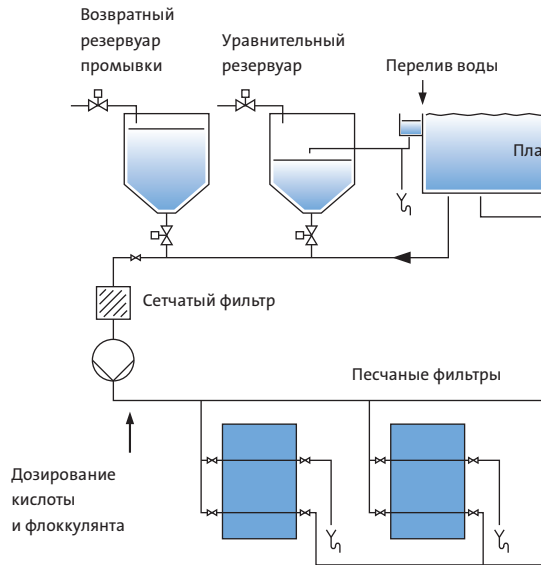
## Плавательные бассейны

Методы антибактериальной обработки плавательных бассейнов схожи с применяемыми в процедурных бассейнах. Отличительной особенностью плавательных бассейнов является значительно меньшая нагрузка по органическим загрязнениям из-за меньшего числа пользователей на единицу объема. Плавательный бассейн предназначен для заплывов, в то время как в процедурном люди сидят рядом. Кроме того, в плавательных бассейнах нет источников воздушных и водных струй. Отсутствие возмущения воды уменьшает возникновение аэрозоля.

### Обеззараживание плавательных бассейнов

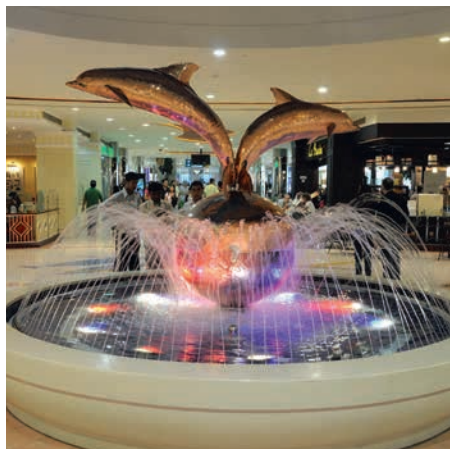
В плавательных бассейнах применяются песчаные фильтры наряду с химической обработкой. Существуют различные принципы обеззараживания и химикаты, используемые в сочетании или по отдельности:

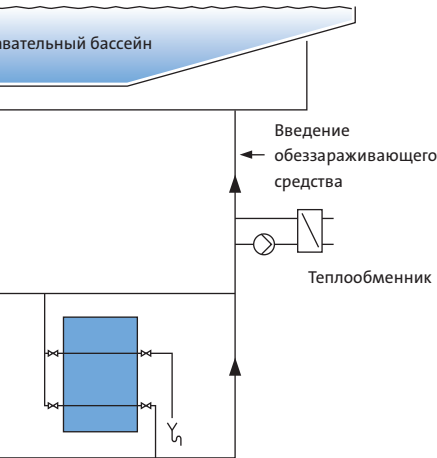
- хлор или раствор гипохлорита;
- диоксид хлора;
- озон;
- ультрафиолетовые лучи



Система плавательного бассейна

Фонтан в торговом центре





## Декоративные фонтаны

Фонтаны в торговых центрах, аэропортах, гостиницах и парках культуры и отдыха подвержены колонизации бактериями. Струи воды в воздухе распадаются на мелкие капельки, легко проникающие в легкие. Вода в фонтанах находится при температуре окружающего воздуха. Такая температура хорошо подходит для развития *Legionella* и других бактерий в воде и биопленке.

### Принципы обеззараживания и химикаты, применяемые в фонтанах:

- хлор (раствор гипохлорита натрия);
- диоксид хлора;
- озон;
- УФ-лучи

## Увлажнители

Увлажнители, распыляющие воду в воздухе, используются в магазинах для длительного сохранения свежести фруктов и овощей. Эта процедура не только уменьшает потерю влаги, а, следовательно, и массы фруктов и овощей, но и устраняет обезвоживание клеток. В результате свежая сельхозпродукция получает обратно ту влагу, которую успела потерять с момента сбора. Такая мера значительно увеличивает срок хранения фруктов и овощей. Распыление зараженной воды несет значительную угрозу для покупателей, поскольку аэрозоль легко попадает в легкие.

Для увлажнения необходимо использовать воду питьевого качества при температуре не выше 20 °C и в обязательном порядке подвергать ее бактерицидной обработке. Конструкция труб и сосудов должна сводить к минимуму застой и нагрев воды.

Плодоовощной отдел в универсаме



Авторские права на некоторые изображения и фотографии, приведенные на этой странице, принадлежат компании 123RF Limited, ее корреспондентам или партнерам по лицензированию и используются на основании лицензии. Запрещается копировать и загружать эти изображения и фотографии без разрешения компании 123RF Limited.

# МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ВОДЫ

## Термическая обработка

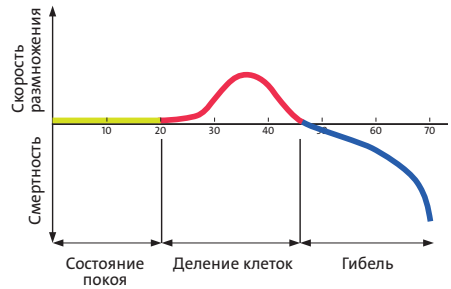
Один из наиболее распространенных способов уничтожения бактерии Legionella — термическая пастеризация. Legionella начинает гибнуть при температуре выше 56 °С, что позволяет бороться с заражением посредством нагрева воды в системе. Необходимо нагреть воду до температуры порядка 70 °С и поддерживать эту температуру во всем контуре циркуляции воды не менее 10 минут. Однако соблюсти эти условия на практике удается редко — вода успевает остыть к моменту поступления к потребителю.

### Преимущества термической обработки немногочисленны:

- Она не влияет на вкус и запах воды.
- Не изменяется кислотность воды.
- Технология проста и широко известна.
- В воду не добавляются биоциды.

### С другой стороны, термообработка несет в себе массу недостатков:

- Существует риск ожога при выпуске воды во время пастеризации.
- Биопленка не уничтожается — в промежутках между циклами обработки его быстро заселяют бактерии. Другими словами, пастеризация не дает пролонгированного эффекта.
- Обработка не затрагивает воду в застойных участках.
- Для того чтобы обрабатывались все участки системы, необходима сложная схема открытия кранов. В водопроводах крупных жилых и коммерческих объектов промывка всех труб заведомо невозможна.
- Нагрев воды в крупных водопроводных системах требует значительных энергозатрат.
- Поддерживать желаемую температуру 70 °С в системе невозможно в принципе, поскольку вода остывает до поступления в краны.



*Зависимость темпов размножения бактерий Legionella от температуры*

- Термообработка ведет к ускоренному обрастанию труб и сосудов накипью. Накипь может приводить к авариям на водопроводе и забивать краны.
- Тепловое расширение труб способно вызвать неустраняемые разрушения и утечки в изношенных системах. Общий вывод: термообработка является неэффективной и дорогостоящей процедурой.

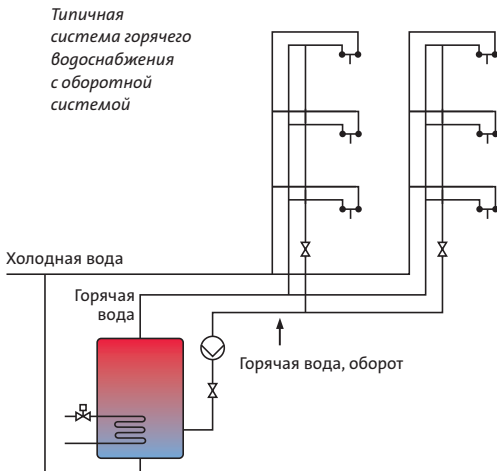
## Хлорирование

Хлор применяется для обеззараживания питьевой воды уже более 75 лет. Его популярность — следствие его надежности: это очень эффективный окислитель и биоцид. Даже в малой, безопасной для человека концентрации хлор обеспечивает быструю и эффективную стерилизацию, уничтожая в значительной мере практически все микроорганизмы.

### На практике применяются три технологии обеззараживания на основе хлора:

- Обеззараживание газообразным хлором. Этот процесс применяется наиболее широко.
- Электролитическое производство хлора.
- Дозирование жидкого раствора гипохлорита натрия или кальция. Жидкий раствор гипохлорита лучше всего подходит для обработки незначительных количеств воды.

При дозировании в воду газообразного хлора, электролитически полученного гипохлорита натрия или раствора гипохлорита натрия образуется хлорноватистая кислота ( $\text{HClO}$ ).  $\text{HClO}$  — активный дезинфектант. Дезинфектант проникает через клеточные мембраны, разрушая их и нарушая метаболизм микроорганизмов. Особым преимуществом хлора является его относительно длительное остаточное действие. Хлор используется как дезинфектант в широком спектре применений помимо очистки питьевой воды. Во всем мире он широко применяется для обеззараживания плавательных бассейнов. Часто его использование предписывается законодательно.



### Особенности хлорирования:

- Очищенная вода приобретает привкус и запах хлора.
- Технология требует определенной кислотности воды и изменяет кислотность.
- Долгосрочный бактерицидный эффект ограничен.
- Биопленка в баках и трубах горячей воды не разрушается хлором.

### Обеззараживание газообразным хлором

Системы дозирования газообразного хлора Grundfos работают по принципу полного вакуумирования. При утечках из труб система вакуумирования предотвращает выход хлора за пределы трубопроводной системы. Она позволяет надежно и точно регулировать введение газообразного хлора. Типичная система полного вакуумирования состоит из нескольких элементов: регулятор дозирования, регуляторов вакуума, абсорбера газообразного хлора и нагнетателя газа. Обеззараживание газообразным хлором широко применяется в плавательных бассейнах.

При введении газообразного хлора в воду возникает следующая реакция гидролиза:

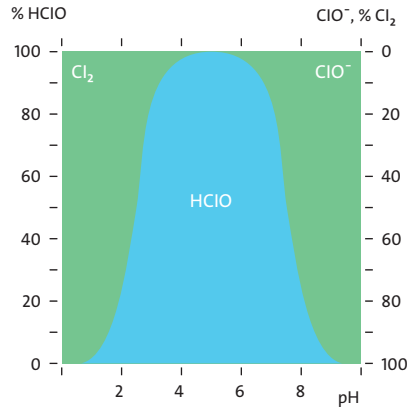


### Ассортимент оборудования Grundfos для дозирования газообразного хлора:

- компактные устройства с одноточечным нагнетанием газа для прямой установки на баллоны с хлором или коллекторы;
- полностью автоматизированные системы с контроллером (ПЛК), встроенными датчиками и несколькими точками нагнетания.

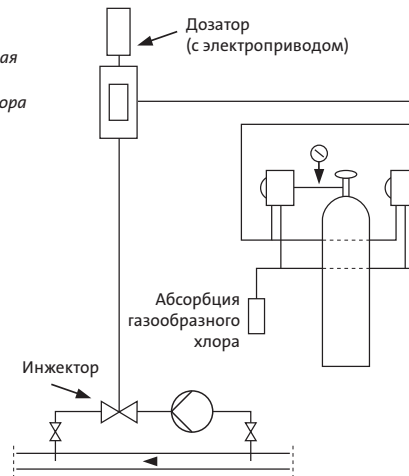
### Электролитическое производство гипохлорита натрия

Гипохлорит натрия производится путем электролиза непосредственно из раствора

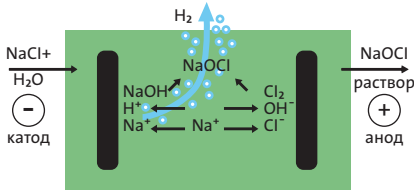


Схема, иллюстрирующая зависимость эффективности обеззараживания от кислотности (pH). Голубым цветом показана концентрация активного дезинфектанта, HClO. При pH ниже 3 и выше 7,5 эффективность обеззараживания значительно падает.

Типичная полностью вакуумированная система дозирования хлора







Выработка раствора гипохлорита в электролитическом элементе

поваренной соли с подведенным электрическим током. Эта реакция не дает существенных побочных продуктов.

В электролизере происходят следующие реакции:



Произведенный хлор сразу же реагирует с другим продуктом реакции — растворенным едким натром, превращая его в гипохлорит натрия, который является дезинфицирующим средством:



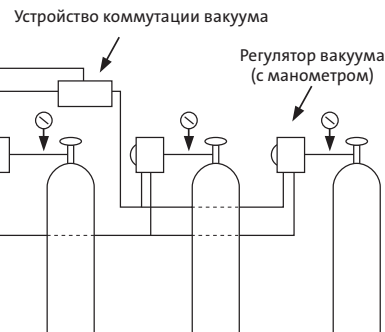
Полученный раствор имеет pH от 8 до 8,5 при концентрации хлора менее 8 г/л. Обладая длительным периодом полураспада, он идеально подходит для хранения в резервуаре. При дозировании раствора продукта в воду гипохлорит натрия взаимодействует с водой, и возникает активный дезинфектант, HClO.



Система электролитического получения гипохлорита натрия отличается низкими эксплуатационными расходами, поскольку отсутствуют затраты на безопасную транспортировку и хранение газообразного хлора. Поваренная соль и вода — единственные необходимые компоненты реакции.

В ассортименте установок электролитического хлорирования Grundfos представлен весь спектр комплектных систем дозирования. Компания также изготавливает системы на заказ.

Системы Grundfos для производства гипохлорита натрия в месте потребления снижают затраты не в ущерб надежности и повышают удобство эксплуатации. Для покрытия пиковой потребности предусматривается буферное хранение продукта в резервуаре.



## Дозирование раствора гипохлорита натрия

Раствор гипохлорита натрия ( $\text{NaClO}$ ) — прозрачная, слегка желтоватая жидкость с характерным запахом. В быту она применяется для отбеливания, обычно с 5% концентрацией гипохлорита натрия. Для коммерческого использования поставляются более концентрированные растворы гипохлорита. Концентрация гипохлорита натрия в них составляет 10–15% при pH 13, из-за чего они являются чрезвычайно едкими.

Концентрированный гипохлорит натрия химически неустойчив. В результате его разложения из одного литра раствора за сутки убывает 0,75 г активного хлора. Процесс разложения гипохлорита натрия ускоряется в смеси с кислотами, некоторыми металлами и при воздействии солнечного света или высоких температур. Гипохлорит натрия — сильный окислитель.

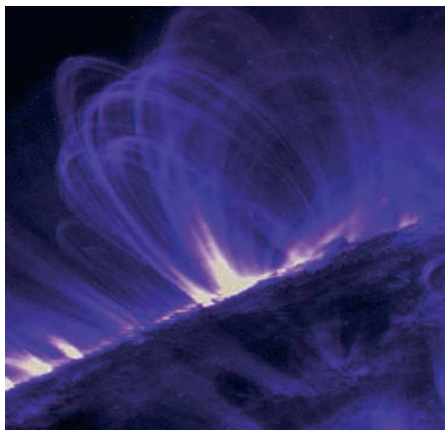
Эти свойства необходимо принимать во внимание при транспортировке, хранении и использовании гипохлорита натрия.

При введении гипохлорита натрия в воду увеличивается ее pH из-за образования щелочи (гидроксида натрия,  $\text{NaOH}$ ) в растворе. В случае использования гипохлорита натрия при обеззараживании воды в качестве регулятора кислотности обычно вводится соляная кислота ( $\text{HCl}$ ) или серная кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Активный дезинфектант  $\text{HClO}$  образуется при добавлении раствора гипохлорита в обеззараживаемую воду.



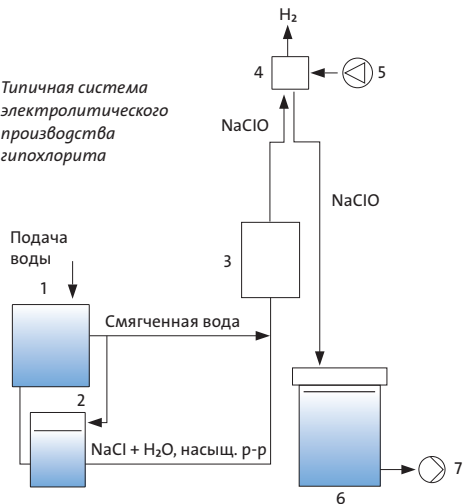
### Гипохлорит натрия как дезинфектант имеет следующие преимущества:

- Дозирование гипохлорита натрия — простой и эффективный процесс.
- Дозирование гипохлорита натрия безопаснее в сравнении с введением газообразного хлора.



УФ-излучение Солнца на этом снимке показано темно-фиолетовым цветом

Типичная система электролитического производства гипохлорита



1. Умягчитель, необходимый для предотвращения образования накипи внутри электролизера
2. Рассольный бак для приготовления насыщенного раствора соли
3. Электролизер
4. Дегазирующее устройство для удаления водорода
5. Вентилятор для разбавления и стравливания газообразного водорода
6. Накопительный резервуар для раствора продукта
7. Дозировочный насос для введения раствора продукта

**Гипохлорит натрия как дезинфектант обладает следующими недостатками:**

- Концентрированный гипохлорит натрия весьма едок и требует осторожного обращения.
- Быстрое разложение при хранении. После 2–3 месяцев хранения эффективность обеззараживания гипохлорита натрия падает на 50 %.

Для обработки воды гипохлоритом натрия необходимы точные и безопасные дозаторы.

Цифровые дозировочные насосы Grundfos — надежное, недорогое и исключительно точное решение для дозирования во всех коммерческих применениях. Работа цифровых дозировочных насосов Grundfos не зависит от колебаний напряжения в местной электросети. Встроенная функция регулирования расхода позволяет вводить дегазирующие жидкости без остановки технологического процесса.

## Обеззараживание ультрафиолетовым светом

Эта технология построена на использовании ультрафиолетовых лучей. Обеззараживание воды достигается путем ее облучения ультрафиолетовым светом с длиной волны 254 нм. УФ-лучи проникают через клеточные стенки и повреждают генетическую информацию бактерий и вирусов, нарушая их способность воспроизводиться. Для облучения воды применяется бактерицидная лампа. Установки УФ-обеззараживания в системах питьевого водоснабжения могут размещаться в точке соединения здания с водопроводом, в оборотных контурах или в точке использования.

**Преимущества:**

- УФ-обработка эффективна против свободных бактерий, подвергаемых действию УФ-лучей.

- Эта процедура не влияет на вкус и запах воды.
- В воду не добавляются химикаты.
- Обработка не зависит от кислотности воды и не изменяет ее.

#### **Недостатки:**

- Этот метод служит лишь «барьером»: удаляются только свободные бактерии, плавающие в свете бактерицидной лампы. Длительные последствия для бактерий, обитающих в водопроводной системе, отсутствуют.
- Биопленка в водопроводной сети — среда для размножения бактерий Legionella — не затрагивается данной процедурой, а УФ-излучение не влияет на оставшиеся в биопленке бактерии.
- Действие бактерицидной лампы сильно ухудшается в присутствии механических примесей и накипи в воде. Например, для защиты от осаждения накипи в воду приходится добавлять угольную кислоту.
- Система УФ-обеззараживания часто снабжается фильтром с активированным углем для удаления металлов и помутнений.

## **Фильтрация**

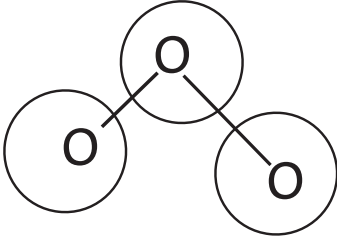
Для бытового водоснабжения обычно используется ультра- или микрофильтрация. Мембранные системы удаляют бактерии, вирусы, взвешенные частицы и другие нежелательные элементы из воды. Эти устройства обычно устанавливаются на вводе воды в здание или в оборотных системах.

#### **Преимущества:**

- Фильтрация эффективна против свободных бактерий, плавающих в воде.
- Фильтрация не влияет на вкус и запах воды.
- Кислотность воды не имеет значения.
- В воду не вводятся химикаты

#### **Недостатки:**

- Этот метод служит лишь «барьером»: удаляются только свободные бактерии,



Структура молекулы озона,  $O_3$

плавающие в воде. Длительные последствия для бактерий, обитающих в водопроводной системе, отсутствуют.

- Био пленка в водопроводных трубах и баках — среда для размножения бактерий *Legionella* — не затрагивается данной процедурой.
- В случае аварии возможно зарастание мембран многочисленной популяцией микроорганизмов.

## Озонирование

Озон — биоцид, который производится из окружающего воздуха и может вводиться в воду для целей обеззараживания. Принцип работы озонатора основан на пропускании кислорода через электрическое поле высокой напряженности. Этот процесс приводит к превращению газообразного кислорода в газообразный озон — молекулу с тремя атомами кислорода ( $O_3$ ). Выработанный озон должен сразу же использоваться, поскольку он быстро разлагается. Период полураспада озона в лучшем случае не превышает одного часа. Озон — самый эффективный окислитель для технологии обеззараживания, но он по той же причине неселективен, т.е. реагирует со всеми материалами, поддающимися окислению. Это не только органические вещества в воде, но и уплотнения и материалы труб.

Озонаторы малой производительности часто применяются в системах водяного охлаждения и фонтанах. В бассейнах озон используется как дополнительный окислитель для удаления нежелательных побочных продуктов из воды.

### Преимущества:

- Озон эффективен против свободных бактерий, плавающих в воде.
- Вода не приобретает постороннего запаха и вкуса.
- Кислотность воды не имеет значения.

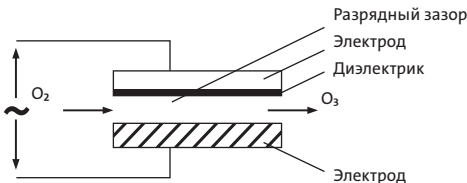
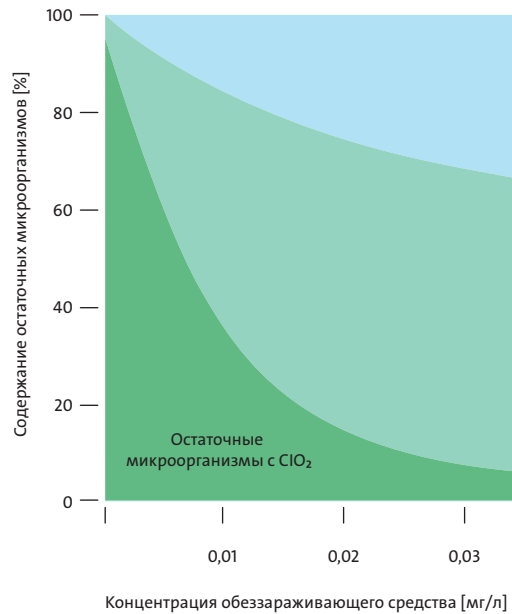


Схема устройства озонатора

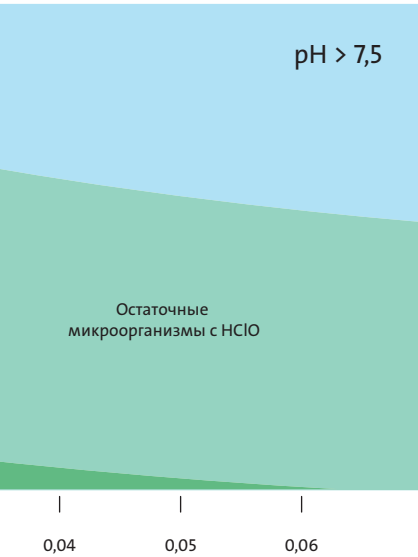
**Недостатки:**

- Этот метод также не обладает пролонгированным действием. Поскольку продолжительность воздействия невелика, бактерии в водопроводной системе не подвергаются какому-либо остаточному действию озона.
- Биопленка в водопроводной сети — среда для размножения бактерий Legionella — не затрагивается данной процедурой. Бактерии в биопленке оказываются защищенными от действия озона.



*Сравнение эффективности обеззараживания хлора и диоксида хлора*





## Диоксид хлора

Диоксид хлора ( $\text{ClO}_2$ ) по своим свойствам радикально отличается от гипохлорита и газообразного хлора. Диоксид хлора не взаимодействует с водой, но растворяется в ней физически. Диоксид хлора убивает микроорганизмы в воде путем необратимого окислительного разрушения транспортных белков в живых клетках.

Благодаря своему высокому окислительно-восстановительному потенциалу диоксид хлора намного эффективнее других биоцидов против всех видов микроорганизмов и биологических загрязнений, включая вирусы, бактерии, грибки и водоросли. Поскольку его окислительный потенциал выше, чем у хлора, требуемая дозировка значительно ниже. Диоксид хлора позволяет уничтожить микроорганизмы, устойчивые к хлору, например бактерии *Legionella*.

Существенное преимущество диоксида по сравнению с хлором и гипохлоритами состоит в его постепенном воздействии на биопленку при малой дозировке. Концентрация диоксида хлора в 1 ppm удалит практически все свободно плавающие бактерии *Legionella* и деактивирует большинство бактерий в биопленке в течение суток. Существенное истончение биопленки можно наблюдать уже спустя несколько дней. Кроме того, обеззараживающее действие диоксида хлора практически не зависит от кислотности воды, что позволяет его использовать без каких-либо затруднений как в кислой, в щелочной среде.

### Преимущества диоксида хлора многочисленны:

- Диоксид хлора эффективно удаляет биопленку во всей водопроводной системе, уничтожая среду для размножения бактерий *Legionella*.
- Диоксид хлора эффективен против свободных бактерий, плавающих в воде.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ТИПИЧНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ

В этой таблице дается оценка действия типичных решений для обеззараживания по ряду параметров. Раствор диоксида хлора превосходит остальные решения.

		Удаление биоплёнки	Действие против бактерий в биоплёнке	Действие против свободных бактерий	Влияние на вкус и запах	Зависимость от pH воды	Затраты на весь срок службы	Риск ожога пользователя	Пролонгированное действие
Принцип обеззараживания	Термическая обработка	Нет	Слабое	Среднее	Нет	Нет	Сильное	Да	Нет
	УФ-обработка	Нет	Нет	Сильное	Нет	Нет	Среднее	Нет	Нет
	Фильтрация	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Среднее	Нет	Нет
	Хлорирование (натрия гипохлорит)	Нет	Среднее	Сильное	Да	Да	Слабое	Нет	Среднее
	Озонирование	Нет	Нет	Сильное	Нет	Нет	Слабое	Нет	Нет
	Диоксид хлора	Да	Сильное	Сильное	Нет	Нет	Слабое	Нет	Сильное

*Характеристики технологий обеззараживания и дезинфектантов по ряду параметров*

- Эффективность против бактерий и биопленки в глухих ответвлениях, куда диоксид хлора способен проникать даже в отсутствие тока воды.
- Значительное пролонгированное действие. Если система временами работает с низким расходом или простаивает, диоксид хлора остается в воде и защищает систему в течение недели.
- Диоксид хлора не влияет на вкус и запах воды.
- Действие диоксида хлора не зависит от кислотности воды

Единственный недостаток данной процедуры связан с опасностями, возникающими при обращении с химикатами. Неуправляемое смешивание соляной кислоты (HCl) и хлорита натрия (NaClO<sub>2</sub>) приводит к образованию газообразного диоксида хлора.

Генераторы диоксида хлора Grundfos предназначены для использования на коммерческих объектах. Безопасный запатентованный процесс обеспечивает надежное производство раствора ClO<sub>2</sub>. Компактное исполнение со встроенным регулятором, резервуаром готового продукта и цифровым дозировочным насосом готового продукта позволяет устанавливать систему компактно. Эти аппараты используются преимущественно для обработки подводимой питьевой воды, оборотной горячей воды, охлаждающей воды, а также в декоративных фонтанах.

# ОБЯЗАННОСТИ И ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ОПЕРАТОРОВ ВОДОПРОВОДНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Почти во всех странах мира имеются санитарно-гигиенические и противоэпидемические законодательные нормы. В Директиве ЕС о питьевой воде сказано:

*«Снабжение водой, предназначенной для потребления человеком, должно осуществляться с принятием мер по недопущению вреда для здоровья, в особенности связанного с болезнетворными микроорганизмами».*

Это означает, что владельцы и операторы водопроводных систем общественных, коммерческих и жилых зданий несут полную ответственность за качество водоснабжения вплоть до крана. Водопроводные компании отвечают за качество воды до точки отбора воды из водопровода.

В большинстве стран санитарные службы обязаны инспектировать водопроводные сооружения, снабжающие водой население. Коммерческие здания должны инспектироваться с отбором проб. Для отбора проб воды санитарные службы обычно привлекают лаборатории. Превышение нормированных предельных концентраций обычно дает право санитарным службам требовать закрытия предприятия водоснабжения. Качество питьевой воды в частных домах инспектируется при поступлении запроса или выявлении признаков нарушения.

При выявлении биологического загрязнения необходимо принятие контрмер. Принимаемые меры должны быть подкреплены нормативно-правовыми актами конкретного государства.



be think innovate

---

ООО «ГРУНДФОС»  
ул. Школьная, д. 39-41, стр. 1,  
Москва, 109544  
Тел.: +7 495 737-30-00  
Факс: +7 495 564-88-11  
[www.grundfos.ru](http://www.grundfos.ru)

**GRUNDFOS** 

Название Grundfos, логотип Grundfos и Be-Think-слово являются зарегистрированными торговыми марками, принадлежащими Grundfos Management AS или Grundfos AS, Дания. Все права защищены.

70244053/117