

**Информационная брошюра о методах
дезинфекции
(Учебное пособие)**

2002

Проект:

„Модельная технологическая концепция по улучшению обеспечения безопасности при хранении хлора на примере «Мосводоканала» с учётом мероприятий по подготовке питьевой воды путем внедрения новых технологий“

UBS-FKZ 380 01 005



Информационная брошюра (учебное пособие)

Дезинфекция питьевой воды

Методы – Оборудование – Приборы

Уровень техники
на основе германских законов,
предписаний и правил

- 1. Введение**
- 2. Возбудители болезней в воде**
- 3. Предписания и правила для дезинфекции питьевой воды**
 - 3.1. Закон о защите от инфекции
 - 3.2. Германское Предписание о питьевой воде
 - 3.2.1. Микробиологические параметры
 - 3.2.2. Химические параметры
 - 3.2.3. Индикаторные параметры
 - 3.2.4. Дезинфицирующие средства
 - 3.2.5. Методы дезинфекции
 - 3.3. DVGW – Свод правил
 - 3.4. Нормы
 - 3.4.1. DIN EN нормы: средства для подготовки питьевой воды
 - 3.4.2. DIN EN ISO нормы: качество воды
 - 3.4.3. DIN нормы: методы измерения и контроля, технологии
 - 3.5. Предписание о профилактике несчастных случаев при хлорировании воды
- 4. Термины, общие понятия по дезинфекции питьевой воды**
 - 4.1. Хлорирование

- 4.2. Озонирование
- 4.3. Обеззараживание ультра-фиолетовым излучением
- 4.4. Мембранная фильтрация

5. Средства для дезинфекции

- 5.1 Газообразный хлор
- 5.2 Гипохлорит натрия
- 5.3 Гипохлорит кальция (хлорная известь)
- 5.4 Хлордиоксид
- 5.5 Дихлоризоцианурат натрия
- 5.6 Озон
- 5.7 Перекись водорода
- 5.8 Перманганат калия

6. Технологии хлорирования

- 6.1 Дозирующие установки для газообразного хлора
 - 6.1.1 Испарители жидкого хлора
 - 6.1.2 Предохранительные устройства (оборудование) для складов хлора и хлордозаторных помещений
 - 6.1.3 Установка для нейтрализации хлора
- 6.2. Дозаторы для гипохлорита натрия
- 6.3. Хлор-электролизные установки
 - 6.3.1. Оборудование для электролиза
 - 6.3.2. Мембран - электролизное оборудование
 - 6.3.3. Анодное окисление
- 6.4. Дозирующие установки для гипохлорита кальция
- 6.5. Оборудование для приготовления и дозирования хлордиоксида
 - 6.5.1. Хлорит-/ Хлор – технология

- 6.5.2. Хлорит- / соляная кислота – технология
- 6.6. Мобильные установки для хлорирования
 - 6.6.1. Проведение дезинфекции
 - 6.6.2. Предварительная очистка и промывка
 - 6.6.3. Дезинфекция ёмкостей
 - 6.6.4. Дезинфекция трубопроводов
 - 6.6.5. Мобильные установки для хлорирования – автомобильные и переносные

7. Технология озонирования

- 7.1. Озонирование при подготовке питьевой воды
- 7.2. Установки для получения озона
- 7.3. Озонирование воды
- 7.4. Удаление остаточного озона
- 7.5. Предписания по безопасности работы, предохранительные устройства, обеспечивающее безопасность работы

8. Установки для дезинфекции ультра-фиолетовым излучением

- 8.1. Требования и инструкция к ультра-фиолетовым излучателям
- 8.2. Требования к качеству воды
- 8.3. Дозирование ультра-фиолетового излучения для различных микроорганизмов

9. Установка для мембранной фильтрации

10. Обзор методов дезинфекции

- 10.1. Оценка методов дезинфекции
- 10.2. Сравнение стоимости методов дезинфекции

11. Контроль качества воды

- 11.1. Измерительные приборы
- 11.2. Установка измерительного оборудования
- 11.3. Температура
- 11.4. рН-показатель

- 11.5 Мутность
- 11.6 Свободный хлор, связанный хлор, общий хлор
- 11.7 Хлордиоксид
- 11.8 Редокс-потенциал (окислительно-восстановительный потенциал)
- 11.9 Озон
- 11.10 Адсорбция ультра-фиолетового излучения

1. Введение

Опасность переноса возбудителей инфекционных заболеваний водой при централизованном водоснабжении в настоящий момент хорошо изучена.

Это могут быть возбудители заболеваний желудочно-кишечного тракта. Прежде всего речь идет о таких заболеваниях как тиф, паратиф, холера, дизинтерия, бактериальные инфекции, гельминтоз, а также вирусные заболевания, например, гепатит и полиомиелит.

Установлено, что каждый четвертый пациент в мире, находящийся на стационарном лечении, заражен вследствие употребления недостаточно очищенной или зараженной воды. Еще и в настоящее время ежегодно умирают до 10 миллионов людей в год в результате заболеваний, причиной которых послужило употребление зараженной воды. Международный туризм и обусловленная им связь с эндемичными, эпидемически неблагонадежными регионами представляет угрозу распространения возбудителей инфекции через питьевую воду повсюду и постоянно.

Недопустимо, чтобы употребление питьевой воды приводило к инфекционным заболеваниям. К сожалению не всегда и далеко не везде есть можно получить воду, отвечающую санитарно-гигиеническим нормам. Загрязненная вода, прежде чем стать питьевой, должна быть обработана, чтобы исключить перенос возбудителей инфекционных заболеваний.

Возбудители инфекционных заболеваний должны быть удалены с помощью фильтрации или обезврежены при дезинфекции. Эти методы не являются взаимозаменяемыми. Некоторые бактерии и вирусы фекального происхождения, связанные в микрочастицы и особенно устойчивые к внешнему воздействию, включая дезинфекцию, паразиты могут быть удалены из воды только с помощью фильтрации. Обычные методы дезинфекции воды не дают гарантии их обезвреживания. Дезинфицирующие средства уничтожают, фактически, только единичные свободно взвешенные в воде бактерии и вирусы.

Дезинфекция применяется сегодня, как и в прошлом, для минимизации остаточного риска переноса возбудителей инфекции питьевой водой, но не для устранения фекальных загрязнений. Для очистки воды загрязненной фекалиями обязательно должны применяться оба метода – фильтрации и дезинфекции. Только в этом случае можно получить питьевую воду безупречную с точки зрения санитарно-гигиенических норм. Ни один из этих методов сам по себе не является достаточным для подготовки питьевой воды.

Дезинфекция является важным, как уже давно известно, но не достаточным средством защиты от распространения инфекционных заболеваний, разносимых питьевой водой. Надежность подготовки питьевой воды покоится на трех столбах: охрана водоемов от загрязнений, подготовка воды и её дезинфекция.

Ни одно из этих мероприятий не может быть заменено другим. Недостаточная защита водоемов от загрязнений или ошибки при подготовке воды не могут быть исправлены с помощью последующей дезинфекции воды.

2. Возбудители заболеваний в воде

Возбудители заболеваний, которые могут быть перенесены водой, можно подразделить на две группы:

- Возбудители болезни, находящиеся в сырой воде в таких больших количествах, что могут угрожать здоровью людей и
- Возбудители заболеваний, находящиеся в воде в столь незначительных количествах, что изначально они не представляют опасности для здоровья человека. Но при

транспортировке воды в распределительной системе трубопроводов они могут размножиться и привести к вспышке инфекционных заболеваний.

Список заболеваний и их возбудителей представлен в таблице 1. В последнее время этот список был дополнен рядом новых возбудителей инфекционных заболеваний и есть основания предполагать, что в будущем он будет и дальше пополняться. В то же время некоторые возбудители болезней, например гельминты, не были внесены в список. Они переносятся водой только в случае абсолютно неудовлетворительных гигиенических условий.

Возбудители заболеваний с фекально-оральным путем распространения выделяются через кишечник человека и животного и отличаются сильной сопротивляемостью к внешним воздействиям. Они могут привести к заболеванию человека через несколько дней, недель или даже месяцев, в случае если они находились в продуктах питания или воде. Распространение таких инфекций должно быть предотвращено с помощью всех трех вышеназванных мероприятий – охраной водоемов, подготовкой воды и её последующей дезинфекцией.

Простейшие (Protozoa)	Бактерии	Вирусы
Entamoeba histolytica (Амёбная дизентерия) Toxoplasmen (Токсоплазмы) Giardia intestinalis (Giardia lamblia) Cryptosporidien (Криптоспорида)	Тиф Паратиф Сальмонеллы Холерный вибрион E.coli (EHEC) (Кишечная палочка) Shigellen Yersinien (Дизентерийная палочка) Campylobacter	Гепатит А и Е Полиомиелит Adenoviren (Аденовирусы) Norwalkviren Sохackieviren (Коксакивирусы) Enteroviren (Энтеровирусы) Rotaviren

Таблица 1: Заболевания и возбудители болезней, которые могут быть распространены водой и которые могут изначально в сырой воде содержаться в количествах опасных для здоровья.

Таблица 2 содержит список микроорганизмов, которые могут размножаться в сырой воде. Кроме Легионелл в настоящий момент не существует рекомендаций или профилактических мероприятий для воспрепятствования размножению этих микроорганизмов. Легионеллы представляют опасность для здоровья каждого человека, независимо от сопутствующих заболеваний. Другие возбудители заболеваний, как правило, опасны лишь для людей с ослабленной иммунной системой.

Последние в зависимости от тяжести заболевания должны быть госпитализированы должны быть защищены не только от инфекций, распространяемых водой, но и от инфекций любого другого происхождения.

Legionellen Pseudomonas aeruginosa Flavobakterien Acinetobacter atypische Mycobakterien Aeromonas hydrophila Yersinien Amöben (Acanthamoeben, Narglerien)
--

Таблица 2: Возбудители заболеваний способные к размножению в воде в системе трубопроводов.

Наибольшее влияние на здоровье человека, даже на практически здоровых людей, оказывают возбудители инфекции с фекально-оральным путём заражения. (Таблица 1)

Фекально-оральный путь распространения определяет формы нахождения микроорганизмов в воде, что существенно затрудняет процессы обеззараживания воды. Такие возбудители

заболеваний образуют в воде так называемые микроагрегаты, частицы, окруженные предохраняющей их субстанцией.

Вещества, окружающие агрегат микроорганизмов, как правило, не препятствуют механической элиминации. Крупные частицы легче отфильтровать, чем мелкие. Это относится и к частицам микроорганизмов, окруженных фекальным материалом. Фильтровать таковые значительно легче, чем свободно взвешенные, изолированные микроорганизмы.

Таким образом, контролируемая фильтрация является важной ступенью очистки, предшествующей дезинфекции. При дезинфекции же физическими методами, например ультра-фиолетовым излучением, высокой температурой или химическими методами, возбудители заболеваний утрачивают способность к размножению.

И только термический метод дезинфекции оказывает равнозначное всем описанным методам воздействие на все типы возбудителей заболеваний: вирусы, бактерии или паразиты и не зависимо от того в какой форме они находятся: свободно взвешены или же связаны в микрочастицы, микроагрегаты.

Однако, для централизованного водоснабжения кипячение воды не может быть подходящим методом. И только в экстренных ситуациях можно получать питьевую воду отвечающую санитарно-гигиеническим нормам из загрязненной воды с помощью кипячения.

Другие же методы дезинфекции, обычно используемые при водоподготовке фактически не оказывают воздействия на возбудителей заболеваний, связанных в микрочастицы в воде. Поэтому фильтрация с предварительным хлопьеобразованием обязательно должна предшествовать дезинфекции воды в процессе водоподготовки.

Огромное значение фильтрации для получения чистой питьевой воды стало еще более очевидным с возникновением эпидемий, вызванных наличием паразитов (*Cryptozoiden*, *Giardien*, *Toxoplasmen*) в плохо очищенной воде.

Только в последние годы стало ясно, что паразиты, являющиеся возбудителями инфекционных заболеваний, могут распространяться с питьевой водой.

Паразиты и связанные с ними бактериальные и вирусные возбудители заболеваний не могут быть обезврежены способами дезинфекции, обычно применяемыми при водоподготовке. Недопустимо попадание паразитов в водеёмы еще на стадии предшествующей водозабору и водоподготовке. Этого можно добиться с помощью охраны и защиты природных или искусственных водоемов, используемых для водоснабжения. Удаление паразитов из воды может также происходить на стадии естественного подземного «просачивания» или искусственной фильтрацией при подготовке воды. Таким образом могут быть частично или даже полностью задержаны даже единичные, свободно взвешенные бактериальные или вирусные возбудители.

С помощью дезинфекции, следующей за фильтрацией воды, должны быть обезврежены остаточные изолированные бактерии или вирусы, которые даже при оптимальном функционировании фильтрационной установки не были задержаны фильтрами.

Таким образом, исходя из огромного значения фильтрации для получения гигиенически безупречной питьевой воды, любая загрязненная фекалиями сырая вода в первую очередь должна быть отфильтрована и только после этого продезинфицирована. Применение только одного из этих методов не является гарантией получения чистой питьевой воды.

3. Предписания и правила для дезинфекции питьевой воды

3.1. Закон о защите от инфекции

Полное название закона: Закон о профилактике и борьбе с инфекционными заболеваниями (Infektionsschutzgesetz - IfSG)

Этот закон вступил в силу 1. Января 2001 года. Целью этого закона является своевременное распознавание инфекционных болезней и предотвращение их дальнейшего распространения. Согласно этому закону возбудителями инфекционных заболеваний являются микроорганизмы, способные к размножению (вирусы, бактерии, грибки, паразиты) и другие биологически передаваемые агенты, которые могут стать причиной инфекционных заболеваний человека.

Инфекция определяется как «проникновение» возбудителя болезни в организм человека и его дальнейшее развитие или размножение.

Законом определены обязательными к регистрации с извещением следующие заразные заболевания, возбудители которых могут быть перенесены водой: холера, острый вирусный гепатит, полиомиелит, тиф, паратиф, туберкулез.

Также обязательны к регистрации случаи обнаружения в воде следующих возбудителей болезней: Adenoviren, Cryptosporiden parvum, Eschenedia coll (EHEC), Escheria coll, другие кишечно-патогенные штаммы бактерий, Giardia lamblia, вирусы гепатита А и Е, Legionelle sp. Poliovirus, Rotavirus, Salmonella paratyphi, Salmonella typhi, другие Salmonella, Shigella sp., Vibrio cholerae 01 и 0139, Yersinia enterocolitica, кишечные патогены.

В § 37, разделе 7 закона о защите от инфекции определены свойства питьевой воды для возможности использования её человеком.

По тексту закона: Вода, используемая человеком для питьевых целей не должна содержать возбудителей болезней и должна обладать такими качествами, чтобы её употребление не могло нанести вреда здоровью.

Далее по тексту закона: водозаборное и водоснабжающее оборудование, а также оборудование используемое в процессе подготовки питьевой воды подлежат надзору со стороны служб (ведомств) здравоохранения. Хотя в этом случае и нарушается одно из основных прав о неприкосновенности жилья. Другими словами: Учреждение здравоохранения может в любое время контролировать (обследовать) территорию и помещения водоснабжающих предприятий даже и без их разрешения.

В § 38 закона о защите от инфекции федеративному министерству здравоохранения Германии предписано издание правовых распоряжений (предписаний, требований и т.д.). Это положение законодательства исполняется посредством воплощения Предписания о качестве питьевой воды для использования человеком (Предписание о питьевой воде – TrinkwV 2001). Новое Предписание о питьевой воде вступит в силу 01.01.2003, приведя в действие в стране ЕС-директиву 98/83 Совета Европейского Союза от 01.11.1998 о качестве воды, используемой человеком.

3.2. Германское Предписание о питьевой воде

Целью предписания является ограждение человека от возможных вредных воздействий, обусловленных загрязнением воды, используемой человеком, с гарантией сохранения органолептических качеств воды и её чистоты.

В соответствии с этим законом «питьевой водой» является всякая вода в первоначальном натуральном состоянии или очищенная, предназначенная для питья, приготовления пищи или напитков или следующих бытовых целей:

- уход за телом и мытье тела
- чистка и мытьё предметов, которые согласно предписанию могут быть в контакте с продуктами питания,
- чистка и стирка предметов, которые по определению могут войти в контакт с человеческим телом.

Это положение имеет силу вне зависимости от происхождения воды, её агрегатного состояния или предназначения: подготовки воды для трубопроводных сетей, цистерн или разлива в бутылки;

«Водой для производства продуктов питания» является всякая вода, независимо от её происхождения и агрегатного состояния, которая используется при производстве продуктов питания при приготовлении, обработке, консервировании или внедрении в производство готовых продуктов или полуфабрикатов, предназначенных для употребления человеком. Сюда же относится вода для очистки (мытья, стирки) предметов и установок (оборудования), которые по определению могут находиться в контакте с продуктами питания. Качество используемой воды не должно отражаться на вкусовых качествах выпускаемого продукта.

В соответствии с Предписанием о питьевой воде к водоснабжающему оборудованию относится оборудование, используемое для водоснабжения, включая трубопроводные сети, производящее на постоянной основе для потребителей более 1000м³ воды в год, но также и установки, производящие максимум 1000м³ и прочее временно установленное оборудование, включая бытовое оборудование для приготовления воды и подачи её потребителям.

Тем самым и жилищное оборудование в совокупности с трубопроводами, арматурой и приборами, находящимися между пунктом забора воды для потребления человеком и пунктом подачи воды потребителю из сети водоснабжения является в соответствии с положением Предписания о питьевой воде оборудованием водоснабжения.

3.2.1. Микробиологические параметры

В соответствии с Предписанием о питьевой воде, вода, подаваемая потребителю не должна содержать возбудителей болезней, должна быть чистой и вкусной. Это требование считается выполненным, если при заборе воды, водоподготовке и распределении соблюдаются общепринятые технические Правила и если вода соответствует микробиологическим и химическим требованиям Предписания.

Кроме того, названные в Предписании о питьевой воде «параметры-индикаторы» установленные для них границы должны неукоснительно соблюдаться. Микробиологические параметры-индикаторы показаны в таблицах 3 и 4.

№	Параметр	Предельно-допустимы содержания Количество/100мл
1	Escherichia coli. (E.coli)	0
2	Enterokokken	0
3	Coliforme Bakterien	0

Таблица 3: Общие микробиологические требования к составу воды для употребления человеком

№	Параметр	Предельно-допустимые содержания
1	Escherichia coli (E. coli)	0/250 ml
2	Enterokokken	0/250 ml
3	Pseudomonas aeruginosa	0/250 ml
4	Число колоний при 22°C	100/ ml
5	Число колоний при 36°C	20/ ml
6	Coliforme Bakterien	0/250 ml

Таблица 4: Микробиологические требования к составу воды, подаваемой потребителям для наполнения бутылок или других ёмкостей для дальнейшей продажи

Вода, подаваемая потребителям, в соответствии с Законом о защите от инфекций, не может содержать возбудителей болезней в концентрации способной нанести вред здоровью человека.

Микробиологические параметры воды, подаваемой потребителям, не должны превышать пограничных нормы указанные в таблице 3.

Вода, предназначенная для разлива в бутылки и другие ёмкости и предназначенная для дальнейшей свободной продажи потребителю, должна отвечать установленным микробиологическим требованиям указанным в таблице 4.

В случае установления предпринимателем или любым другим владельцем предприятия водоснабжения или оборудования для забора воды или уполномоченным сотрудником таких предприятий очевидного заражения или подозрения на возможное заражение воды, предназначенной для потребления, должны быть проведены все необходимые мероприятия, в случае необходимости повторная дезинфекция, в соответствии с существующими техническими правилами. Если загрязнение обнаружено в трубопроводной сети или её частях, то очистка воды и приведение содержаний микробиологических показателей в границы, указанные в таблицах 3 и 4 возможно только с помощью дезинфекции. Владелец предприятия водоснабжения должен иметь в распоряжении достаточное количество дезинфицирующих веществ (хлор, хлордиоксид) для проведения дезинфекции.

3.2.2. Химические параметры

Параметры химического состава воды установленные для системы водоснабжения:

Вода, подаваемая потребителю не должна содержать химические компоненты в такой концентрации, которая могла бы нанести вред здоровью человека.

Концентрации химических веществ, загрязняющих воду, подаваемую потребителю или способных в перспективе повлиять на качество воды, должны быть максимально низкими, в соответствии с общепризнанными техническими правилами, при приемлемых расходах и принимая во внимание обстоятельства отдельных случаев.

Мы рассмотрим только два релевантных для дезинфекции химических параметра: тригалогенметаны и бромат.

Тригалогенметан образуется при озонировании и хлорировании воды как побочный продукт дезинфекции.

Если сырая вода содержит соединения брома (бромиды), при озонировании образуются броматы.

Применяемый в качестве дезинфицирующего средства раствор гипохлорита натрия содержит то или иное количество броматов, в зависимости от того какая соль используется для хлор-электролиза.

Новое Предписание устанавливает предельно-допустимое содержание тригалогенметана в питьевой воде, подаваемой потребителю - 0,05 мг/л. Определение содержания тригалогенметана в сети трубопровода не требуется в случае, если на выходе из предприятия водоснабжения содержание тригалогенметана не превышает 0,01 мг/л.

На основании справки о содержании тригалогенметана в питьевой воде подаваемой потребителю, выданной водоснабжающим предприятием, может быть принято решение об отсутствии необходимости проверки содержания тригалогенметана в трубопроводной сети. Специальной предельно-допустимой нормы содержания тригалогенметана в питьевой воде в случай повышенной дозировки хлора не существует.

В соответствии с новыми правилами подача потребителю питьевой воды, в которой концентрации определённых веществ превышают предельно-допустимые, караются законом. Наказание смягчается в случае безотлагательного (немедленного) оповещения министерства (ведомства) здравоохранения о превышении предельно-допустимых концентраций.

Рекомендуется принятие совместного с соответствующим ведомством здравоохранения решения о том, какие максимальные содержания тригалогенметана могут быть допущены в питьевой воде в случае усиленных дезинфекционных мероприятий для защиты населения от распространения инфекции.

Предельно-допустимые содержания бромата в питьевой воде – 0,025мг/л в период с 01.01.2003 по 31.12.2003. Начиная с 01.01.06 концентрация бромата в питьевой воде не должна превышать 0,01мг/л.

3.2.3. Параметры-индикаторы

Впервые в новое предписание о питьевой воде были внесены так называемые параметры-индикаторы, как важные показатели для выбора оптимального метода (технологии) дезинфекции.

В таблице 5 названы релевантные параметры для дезинфекции воды:

Параметр	Единица измерения	Предельно-допустимые концентрации	Примечания
Аммоний	мг/л NH ₄ ⁺	0,5	образует хлорамин, повышает способность поглощения хлора
Органически связанный углерод	мг/л ТОС	Без необычных изменений	определяет способность поглощения хлора и потенциал образования тригалогена
Окисляемость	мг/л O ₂	5	Этот параметр не определяется, если анализируется ТОС
Мутность	NTU	1,0	
Концентрация водородных ионов	pH – значение	≥ 6,5 и ≤ 9,5	Влияет на хлорирование, чтобы вода не способствовала коррозии
Железо	мг/л Fe	0,2	Повышает способность поглощения хлора
Марганец	мг/л Mn	0,05	Повышает способность поглощения хлора
Хлорид	мг/л Cl	250	Чтобы вода не способствовала коррозии
Электропроводность	μS/cm	2500 при 20°C	Чтобы вода не способствовала коррозии
Порог запаха		2 при 12°C 3 при 25°C	Поэтапное разбавление свободной от запаха водой и проверка на наличие запаха
Вкус		Приемлемый для потребителя и без необычных изменений	
Число колоний при 22 °C		Без непривычных изменений	См. Таблицу 4; 100/мл при подаче потребителю, 20/мл непосредственно после окончания водоподготовки в продезинфицированной воде
Число колоний при 36° C		Без необычных изменений	См. Таблицу 4
Clostridium perfringens (включая споры)	Число/100мл	0	Этот параметр определяется если вода готовится из поверхностных источников или загрязняется поверхностными источниками. В случае если это требование нарушено, соответствующие инстанции назначают расследование, чтобы определить, что подаваемая вода не представляет опасности для здоровья человека, в частности что нет угрозы инфицирования такими микроорганизмами, как Cryptosporidium и т.д..

Таблица 5: Индикаторные параметры для выбора метода дезинфекции питьевой воды.

3.2.4. Дезинфицирующие средства

Для подготовки (очистки, обработки) воды перед подачей потребителю в соответствии с новым Предписанием о питьевой воде можно использовать только средства, разрешенные федеральным министерством здравоохранения Германии и опубликованные в журнале этого министерства. Список таких средств был опубликован в октябре 2002 года. Список содержит данные о требованиях к степени очистки; о цели, с которой разрешено применять то или иное вещество; о допустимом количестве, о предельно-допустимых концентрациях остаточного вещества и продуктов его химических превращений в воде.

Список содержит также данные о минимальных концентрациях свободного хлора, хлордиоксида и озона в воде после окончания процессов дезинфекции. В этом списке определен также необходимый объем исследований средств, применяемых для водоподготовки; далее названы методы дезинфекции (Таблица 7) и условия их применения, которые обеспечивают действенность того или иного метода.

Вышеназванный список будет и в дальнейшем дополняться федеральным ведомством по охране окружающей среды Германии. Список может быть дополнен только в случае если предлагаемый метод и применяемое вещество достаточно эффективны и не могут оказывать вредного воздействия на здоровье человека и окружающую среду.

Список веществ, допущенных к использованию для дезинфекции воды показан в таблице 6.

Предприниматель или любой другой владелец водоснабжающего предприятия, использующий для дезинфекции воды средства и технологии не перечисленные в этом списке, не может подавать воду для потребления человеком.

В списке дезинфицирующих средств для подготовки питьевой воды требования к очищенной воде соответствуют DIN EN нормам. Предельно-допустимые концентрации побочных продуктов дезинфекции в воде, после окончания процесса её очистки, также приведены.

Вещество	CAS -№	EINECS- №	Назначение	Требования к чистоте	Побочные продукты реакции	Допустимое количество	ПДК по окончании обработки*	Примечания
Хлор	7782-50-5	231-959-5	Дезинфекция, производство хлордиоксида	DIN EN 937 Таб. 1 и Таб. 2: Тип 1	Тригалоген-метан	1,2 мг/л свободный Cl ₂	Максимум 0,3 мг/л свободного Cl ₂ Минимум 0,1 мг/л свободного Cl ₂	Добавка до 6 мг/л свободного Cl ₂ и содержание его до 0,6 мг/л в воде после окончания процесса не рассматривается, если нет другого способа для дезинфекции, или если дезинфекция производится частично введением аммония
Гипохлорит натрия	7681-52-9	231-668-3	Дезинфекция	DIN EN 901 Таб. 1: Тип 1, ПДК загрязнения хлоратом (NaClO ₃): <5,4% (m/m) активного хлора	Тригалоген-метан, Бромат			
Гипохлорит кальция	7778-54-3	231-908-7	Дезинфекция	DIN EN 900 Таблица 1 : Тип 1	Тригалоген-метан, Бромат			
Хлор-диоксид	10049-04-4	233-162-8	Дезинфекция	DIN EN 12671. Только данные к исходным веществам (EN 937, 901, 939, 899, 938, 12926)	Хлорит	0,4 мг/л ClO ₂	Максимум 0,2 мг/л ClO ₂ Минимум 0,05 мг/л ClO ₂	Максимально-допустимая концентрация хлорита 0,2 мг/л ClO ₂ после окончания процесса дезинфекции должна сохраниться. Остерегаться образования хлоратов
Озон	10028-15-6	Не применяется	Дезинфекция, окисление	DIN EN 1278 Приложение А 3.2	Тригалогенметан, бромат	10мг/л O ₃		

*) включая концентрацию перед водоподготовкой и во время её проведения

CAS: регистрационный номер Chemical Abstracts Service

EINECS: европейская опись существующих химических веществ – European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances

Таблица 6: Средства, допустимые к применению при дезинфекции воды, согласно §11 Предписания о питьевой воде 2001, состояние – сентябрь 2002

Методы дезинфекции ¹⁾	Назначение	Технические правила	Требования к методу	Примечания
Дозирование раствора газообразного хлора	Дезинфекция	Правила DVGW W296, W623	Полновакуумный метод	
Дозирование раствора гипохлорита натрия и гипохлорита кальция	Дезинфекция	Правила DVGW W296, W623		
Электролитическое производство хлора на месте	Дезинфекция	Правила DVGW W296, W623		
Дозирование хлордиоксида, произведенного на месте	Дезинфекция	Правила DVGW W224, W624		
Производство и дозирование озона и раствора озона	Дезинфекция, окисление	Правила DVGW W225, W296, W625		Этот метод не применим для проведения дезинфекции в трубопроводной сети ²⁾
UV – Ультрафиолетовое излучение (240-290nm)	Дезинфекция	Правила DVGW W294, W293	Допустимо применение только технически проверенных установок, действие которых соответствует излучению 400J/m ² (254nm) Продолжительность воздействия зависит от качества и мощности установки	Контроль над уже действующими установками должен быть проведен до 31.12.2005. На период до проведения проверки производитель установки должен дать исчерпывающую характеристику её дезинфицирующего воздействия. Этот метод не применим для проведения дезинфекции водопроводных сетей ²⁾

- 1) При проведении дезинфекции поверхностных вод или подземных вод, на состав которых оказывают влияние поверхностные воды, мутность обрабатываемой воды не должна превышать 0,2 FNU
- 2) В трубопроводных сетях или их частях, в которых микробиологические требования показанные в таблицах 3 и 4 могут быть выполнены только с помощью дезинфекции, предприятие водоснабжения должен иметь в своем распоряжении необходимое оборудование и достаточное для дезинфекции сети количество свободного хлора или хлордиоксида.

Таблица 7: Методы дезинфекции питьевой воды

3.3. DVGW – Свод правил

DVGW - Немецкое объединение отрасли Газо- и Водоснабжения – это научно-техническое объединение отраслей газо- и водоснабжения, основанное в 1859 году. Целью деятельности объединения является научно-техническая поддержка вышеназванной отрасли. Особое внимание уделяется вопросам техники безопасности, охраны окружающей среды и гигиены.

Членами DVGW являются:

- Специалисты отрасли газо- и водоснабжения, как персональные члены
- Предприятия отрасли газо- и водоснабжения
- Ведомства, институты и организации
- Фирмы отрасли

Поле деятельности объединения:

- Разработка правил и норм
- Контроль и сертификация
- Исследования
- Профессиональное образование
- Информация и консультации

Широко известные Технические Правила DVGW являются результатом научно-технических исследований и разработок объединения. Правила выпускаются в виде Указаний, Сообщений и Информационных листков.

DVGW разрабатывает директивы и предписания для всех методов дезинфекции, используя обширный практический опыт водоснабжающих предприятий Германии.

Технические Правила и Рекомендации DVGW, относящиеся к области дезинфекции питьевой воды представлены в таблице 8.

Для дозирования газообразного хлора, раствора гипохлорита натрия и гипохлорита кальция, также как и производства хлора электролитическим способом на месте действует **Правило DVGW – W623 „Дозирующие установки для дезинфицирующих средств или окислителей, дозирующие установки для хлора.“**

В этом документе приведены данные о дезинфицирующих средствах, транспортировке и хранении газообразного хлора, растворов гипохлорита натрия и гипохлорита кальция, о дозирующих установках и приборах, об оценке, измерениях и регулировке таких установок. Описаны также правила безопасности и профилактика несчастных случаев при работе с дозирующими установками для дезинфицирующих средств.

Правило DVGW - W 296 „Сокращение и избежание образования тригалогенметана при водоподготовке и распределении питьевой воды“ информирует о причинах образования повышенных концентраций тригалогенметана и других побочных продуктов дезинфекции. Правило показывает какие шаги должны быть предприняты, чтобы максимально сократить или по возможности избежать образование тригалогенметана в питьевой воде. Подчеркивается не только значение тщательной подготовки питьевой воды, но также и влияние первоначального состава используемой воды. Должно приниматься так же во внимание и состояние предприятия по подготовке и распределению питьевой воды.

Правило DVGW – W 224 „Хлордиоксид при водоподготовке“ описывает основные физические и химические свойства хлордиоксида и возможности его применения при водоподготовке. Применение хлордиоксида требует, с точки зрения безопасности и гигиенических требований, соблюдения определенных правил. Статья содержит описание важнейших аспектов, которые должны быть учтены при планировании, эксплуатации и охране хлордиоксидных установок.

Правило DVGW – W 624 „Дозирующие установки для дезинфицирующих и окисляющих средств: дозирующие установки для хлордиоксида“ содержит детальное описание оборудования для получения и дозирования хлордиоксида. В этом документе дается исчерпывающий обзор различных методов получения хлордиоксида.

Правило DVGW – W 225 „Озонирование при водоподготовке“ описывает применение озона при подготовке питьевой воды. В этой записке рассмотрены водно-химические аспекты озонирования, оборудование для озонирования, реакции озона с ингредиентами воды, возможные степени озонирования при водоподготовке, аналитические методы и профилактика несчастных случаев.

Главный смысл **Правила W 625 „Установки для получения и дозировки озона“** в практических рекомендациях по строительству и эксплуатации установок для озонирования. Расчет параметров озонатора, озонирование воды и удаление остаточного озона из воды и воздуха, рекомендации по профилактике несчастных случаев также рассматриваются в этом документе.

Правило W 293 „Ультра-фиолет излучающие установки для дезинфекции питьевой воды“ Возрастающий интерес к применению ультра-фиолетового излучения для дезинфекции питьевой воды привел DVGW к необходимости написания Правила об ультра-фиолетовых установках. Документ должен помочь водоснабжающим предприятиям в оценке таких установок. Здесь показаны ограничения к использованию ультрафиолетового излучения для дезинфекции питьевой воды. Требования к ультра-фиолетовым излучателям и к обработанной этим способом воде должны привести в результате к получению высококачественной питьевой воды, свободной от загрязнения и инфекционных возбудителей.

Правило DVGW – W 294 „Оборудование для ультрафиолетового излучения, применяемое для дезинфекции питьевой воды – требования и контроль“ устанавливает жесткие требования к свойствам и функциям UV-установок и регулирует процесс контроля обеззараживающего потенциала таких установок для их национальной сертификации. UV-установки, отвечающие требованиям этой записки и эксплуатирующиеся в соответствии с **правилом DVGW W 293 „Ультра-фиолет излучающие установки для дезинфекции питьевой воды“** позволяют использование таких установок в Германии на правовой основе и согласно Предписанию о питьевой воде.

Правило DVGW – W 291 „Очистка и дезинфекция систем водоснабжения (трубопроводных сетей)“ распространяется на оборудование, используемое для получения, транспортировки и распределения питьевой воды от водозабора до потребителя, на всё оборудование, которое на любом из этапов водоподготовки и водоснабжения входит в контакт с питьевой водой.

Документ описывает методы очистки и дезинфекции воды, средства для дезинфекции, используемое оборудование и отведение образующихся в процессе дезинфекции сточных вод. Во внимание принимается также всё оборудование, которое используется в процессе водозабора. В списке химикатов для дезинфекции оборудования приведены кроме хлора, гипохлорита натрия, гипохлорита кальция и хлордиоксида также перекись водорода (H_2O_2) и перманганат калия ($KMnO_4$). Подробно описаны мобильные установки для хлорирования для дезинфекции трубопроводов и резервуаров.

Правило DVGW – W 552 „Оборудование для подогрева и транспортировки питьевой воды; технические мероприятия для предотвращения появления Legionella; санация и эксплуатация“ описывает технические, гигиенические и микробиологические пути обследования оборудования, а также методы санации зараженного Legionella оборудования для подогрева и транспортировки питьевой воды и эксплуатация такого оборудования.

В связи с опасностью Legionella для здоровья человека все требования, описанные в **Правиле DVGW – W 552**, важны к соблюдению прежде всего для предприятий, снабжающих питьевой

водой большие группы потребителей - например жилые районы, больницы, гостиницы, бассейны, спортивные и промышленные комплексы.

Концепция эксплуатации нового оборудования определена в **Правиле DVGW – W 551 „Оборудование для подогрева и транспортировки....“**.

Правило DVGW – W643 „Применение промышленных измерительных приборов для контроля качества воды“ адресовано всей отрасли водоснабжения. Контроль за качеством воды приобретает всё большее значение на фоне возрастающих загрязнений окружающей среды, учащающегося применения поверхностных вод и также отчетливо возрастающих требований к качеству подаваемой воды в новом Предписании о питьевой воде. На предприятиях водоснабжения при водозаборе, водоподготовке, включая процесс дезинфекции воды, водохранилищах и в системе трубопроводных сетей все чаще устанавливается стационарное круглосуточное наблюдение за качеством воды с помощью промышленных измерительных приборов

Для параметров рН, электропроводность и содержания хлора или хлордиоксида Предписанием о питьевой воде не предусматриваются непрерывные замеры концентраций. В Правиле W 643 предлагается выбор измерительных приборов, которые могут быть встроены в оборудование водоснабжающих предприятий для непрерывного контроля за качеством воды.

DVGW	Правила
W 623 Сентябрь 1991	Дозирующие установки для дезинфицирующих средств или окислителей, дозирующие установки для хлора.
W 296 Февраль 2002	Сокращение и избежание образования тригалогенметана при водоподготовке и распределении питьевой воды
W 624 Октябрь 1996	Дозирующие установки для дезинфицирующих и окисляющих средств: дозирующие установки для хлордиоксида
W 224 Апрель 1986	Хлордиоксид при водоподготовке
W 225	Озонирование при водоподготовке; Понятия, реакции, возможности применения
W 625 Март 1999	Установки для получения и дозировки озона
W 293	Ультра-фиолет излучающие установки для дезинфекции питьевой воды
W 294 Октябрь 1997	Оборудование для ультрафиолетового излучения применяемое для дезинфекции питьевой воды – требования и контроль
W 291 Март 2000	Очистка и дезинфекция систем водоснабжения (трубопроводных сетей)
W 552 Апрель 1996	Оборудование для подогрева и транспортировки питьевой воды; технические мероприятия для предотвращения появления Legionella; санация и эксплуатация
W 643 Сентябрь 1995	Применение промышленных измерительных приборов для контроля качества воды

Таблица 8: DVGW – Правила и рекомендации по технологии дезинфекции и контролю качества воды

3.4. Нормы

3.4.1. DIN EN-нормы: средства для подготовки питьевой воды

Реагенты, используемые для обеззараживания и оксидации воды, для получения хлордиоксида, дехлорирования (редукции) и адсорбции продуктов дезинфекции, предусмотрены нормами DIN EN.

Эти европейские нормы были изданы в 3 официальных вариантах (на немецком, английском и французском языках). Каждое издание на другом языке, переведённое членом CEN (Европейский Комитет по Стандартизации, European Committee for Standardization, Europäisches Komitee für Normung, Comité Européen de Normalisation) под собственную ответственность на язык своей страны и зарегистрированное в центральном секретариате CEN, обладает равноправным статусом с официальным изданием.

Членами CEN являются Институты Стандартизации Бельгии, Дании, Германии, Финляндии, Франции, Греции, Ирландии, Исландии, Италии, Люксембурга, Голландии, Норвегии, Австрии, Португалии, Швеции, Швейцарии, Испании, Чешской Республики и Великобритании.

Информация о DIN EN – нормах для реагентов, используемых для подготовки питьевой воды структурирована и подразделена на:

- Область применения
- Нормативные указания
- Описание: идентификация, физические свойства, химические свойства
- Критерии чистоты: состав продаваемого продукта, загрязнения и побочные вещества, токсичные вещества
- Технология контроля
- Маркировка – транспортировка – хранение: способы доставки, маркировка в зависимости от степени опасности в соответствии с Директивами EU, предписания по транспортировке и маркировке транспортных средств, маркировка продукта, хранение.

Кроме этого DIN EN-нормы содержат информацию о происхождении, правилах безопасного использования, а также об отборе проб и анализе реагентов, используемых в процессе водоподготовки.

DIN EN	Реагент для очистки воды	Цель применения	Химическая формула
899	Серная кислота	Получение хлордиоксида	H ₂ SO ₄
900	Гипохлорит кальция	Дезинфекция	Ca(ClO) ₂
901	Гипохлорит натрия	Дезинфекция	NaClO
902	Перекись водорода	Окисление	H ₂ O ₂
937	Хлор	Дезинфекция, получение хлордиоксида	Cl ₂
938	Хлорит натрия	Получение хлордиоксида	NaClO ₂
939	Соляная кислота	Получение хлордиоксида	HCl
973 ¹	Хлорид натрия	Получение хлора с помощью электролиза	NaCl
1019	Диоксид серы, сернистый ангидрид	Дехлорирование, редукция	SO ₂
1278	Озон	Дезинфекция, окисление	O ₃
12120	Гидрогенсульфит натрия	Дехлорирование, редукция	NaHSO ₃
12121	Бисульфит натрия	Дехлорирование, редукция	Na ₂ S ₂ O ₅
12124	Сульфит натрия	Дехлорирование, редукция	Na ₂ SO ₃
12125	Тиосульфат натрия	Дехлорирование, редукция	Na ₂ S ₂ O ₃ · 5

			H ₂ O
12678	Перохсомоносульфат калия	Окисление	KHSO ₅
12903	Активированный уголь – порошок	Дехлорирование, адсорбция	C
12915	Гранулированный активированный уголь	Дехлорирование, адсорбция	C
12926	Пероксодисульфат натрия	Окисление, получение хлордиоксида	Na ₂ S ₂ O ₈
12931	Дихлороизоцианурат натрия, обезвоженный	Дезинфекция в случае аварии	NaCl ₂ (NCO) ₃
12932	Дихлороизоцианурат натрия, дигидрат	Дезинфекция в случае аварии	NaCl ₂ (NCO) ₃ · 2 H ₂ O

Таблица 9: DIN EN-нормы для реагентов, применяемых для обеззараживания, оксидации, получения хлордиоксида, дехлорирования (редукции) и адсорбции при подготовке питьевой воды.

3.4.2. DIN EN ISO-нормы: качество воды

Перечисленные в таблице 10 DIN EN ISO – нормы являются международными нормами в выборе аналитических методов для определения качества воды. К химическим параметрам относятся: мутность, содержание свободного хлора и общего хлора, содержание хлората, хлорида и хлорита. К микробиологическим параметрам относятся: содержание Escherichia coli, колиформных бактерий, энтерококков и определение числа колоний.

DIN EN ISO	Качество воды / аналитические методы
7027	Определение степени мутности
7393-2	Определение содержания свободного хлора и общего хлора Часть 2 : колориметрический способ N,N-диэтил-1,4-фенилендиамин для повседневного контроля
10304-2	Определение свободных анионов с помощью ионной хроматографии Часть 4: определение содержаний хлоратов, хлоридов и хлоритов в воде с минимальным загрязнением
9308-1	Определение и подсчёт Escherichia coli и колиформных бактерий Часть 1: метод мембранной фильтрации
7899-2	Определение и подсчёт кишечных энтерококков Часть 2: метод мембранной фильтрации
6222	Количественное определение культивируемых микроорганизмов – определение числа колоний с помощью прививки в питательную среду

Таблица 10: DIN EN ISO-нормы для аналитических методов определения качества воды.

3.4.3. DIN-нормы: методы измерения, технологии

Согласно DIN-нормам определения pH-показателя, окислительно-восстановительного потенциала (REDOX-напряжения), содержания озона, хлордиоксида, а также абсорбции при обработке ультрафиолетовым излучением должны производиться специалистами. В DIN-нормах очерчены области применения, объяснены основы аналитического метода, определен путь его проведения и указаны возможные погрешности при определении отдельных конкретных параметров.

Для обеззараживания питьевой воды в соответствии с DIN-нормами должны применяться определенные дозирующие установки для газообразного хлора (Хлоргаздозаторы DIN 19606) установки для получения озона (Озонаторы DIN 19627). В этих нормах четко определены области применения и правила эксплуатации таких установок.

DIN	методы измерения / технологии
38404	Часть 3
38404	Часть 5
38404	Часть 6
38404	Часть 3
38404	Часть 5
19261	Определение pH-показателя, технология проведения замеров
19265	Замеры pH, приставки для pH-замеров, общие требования
19266	Замеры pH, стандартные буферные растворы
19267	Замеры pH, технические буферные растворы
19606	Установки для дозирования газообразного хлора для подготовки питьевой воды – сборка и эксплуатация
19627	Установки для получения озона для подготовки питьевой воды

Таблица 11: DIN-нормы для методов измерения и технологий.

3.5. Предписание о профилактике несчастных случаев при хлорировании воды

Проверочный лист содержит ряд вопросов в соответствии с Предписанием о профилактике несчастных случаев при хлорировании воды газообразным хлором. Если на все вопросы получены положительные ответы, то хлорирующая установка отвечает технически безопасным стандартам Предписания о профилактике несчастных случаев при хлорировании воды.

Каждый вопрос содержит соответствующую ссылку на § и абзац Предписания о профилактике несчастных случаев при хлорировании воды.

Проверочный лист Предписания о профилактике несчастных случаев при хлорировании воды (GUV 8-15).

В данном случае: хлорирующие установки для хлоргаза, контрольный список был выпущен федеральным союзом компаний, страхующих от несчастного случая.

Фирма / член: _____

Предприятие / сооружение: _____

День посещения: _____

Участники осмотра:

Руководитель предприятия _____

Специалист по технике безопасности _____

Врач предприятия _____

Совет сотрудников _____

Ответственный по технике безопасности _____

Представители других ведомств - здравоохранения, промышленного контроля и т.д.) _____

1.	Строительство и оснащение	Да	Нет
1.1.	Производственный объект (помещение), где производят, хранят, транспортируют или применяют газообразный хлор – дальше по тексту – объект		
1.1.1.	Учитывается ли, что пол объекта у входа не может быть ниже уровня поверхности земли и выше уровня погрузочной платформы (§ 5 абз. 6)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.1.2.	Закрываются ли объекты (§ 3а абз. 1)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.1.3.	Находятся ли внутри объектов только установки для работы с хлором или туда выгружают только ёмкости для хранения хлора (§ 5 абз. 1)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.1.4.	Учитывается ли, что объекты не могут иметь сообщения с другими помещениями (§ 5 абз. 1)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.1.5.	Являются ли объекты непроницаемыми огня и газа из других помещений (§ 5 абз. 2)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.1.6.	Диаметр вентиляционных отверстий (воздуховодов) внутри объекта меньше 2 x 20 см ² (§ 5 абз. 7)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.1.7.	Учитывается ли, что температура внутри объекта не должна превышать 50°C (§ 5 абз. 10)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.1.8.	Учитывается ли, что в описанных в § 5 абз. 8 зонах безопасности запрещены канавы, карьеры, шахты и тому подобное (§ 5 абз. 8)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.1.9.	Помечены ли объекты специальными знаками (например в соответствии с дополнением 3 от UVV (§ 3а абз. 9)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2.	Выходы		
1.2.1.	Имеют ли объекты непосредственный выход на улицу (§ 5 абз. 6)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2.2.	Открываются ли двери объектов в наружную сторону (§ 5 абз. 5)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2.3.	Открываются ли двери в любой момент с внутренней стороны без ключа (§ 5 абз. 5)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3.	Установка для распыления воды (защитная водяная завеса)		
1.3.1.	Снабжены ли объекты распылителями воды для создания защитной водяной завесы (§ 5 абз. 3)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3.2.	Можно ли включить распылитель вручную, находясь за пределами объекта (§ 5 абз. 3)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.3.3.	Имеют ли объекты сифоны для стока достаточных размеров (§ 5 абз. 4)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.4.	Газоанализаторы – сигнализаторы концентрации		
1.4.1.	Есть ли на объекте необходимый газоанализатор – сигнализатор концентрации хлора (§ 5 абз. 7)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.4.2.	Соединён ли имеющийся сигнализатор концентрации хлора с установкой для образования защитной водяной завесы (§ 5 абз. 7)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.4.3.	Подключен ли сигнализатор концентрации хлора к звуковой и световой сигнализации (§ 5 абз. 7)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5.	Ёмкости для хранения хлора, трубопроводы и прочее оборудование		
1.5.1.	Оборудованы ли ёмкости для хранения хлора приспособлениями, предотвращающими их опрокидывание (падение) (§ 15 абз. 1)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5.2.	Имеются ли в установке для хлорирования воды соответствующие приспособления, отключающие доступ хлора при прекращении доступа воды (§ 6 абз. 2)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5.3.	Имеются ли в установке для хлорирования запорные (блокирующие) устройства (запорный вентиль для ёмкостей с хлором), с помощью которых хлоропровод может быть перекрыт (§ 6 абз. 2)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5.4.	Соответствуют ли соединения ёмкостей с хлором и трубопроводом; емкостей с хлором и дозаторами нормам DIN 477 Лист 1 (§ 4 абз. 1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5.5.	Помечены ли ёмкости для хлора и химических веществ специальными знаками в соответствии с их содержимым (§ 4 абз. 3)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5.6.	Заканчивается ли Abblaseleitung хлордозатора в помещении оборудованном для работы с хлором (§ 5 абз. 7)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Эксплуатация	Да	Нет
2.1.	Обучение персонала и инструкция по эксплуатации приборов и помещений		
2.1.1.	Установки для хлорирования эксплуатируются и контролируются специально обученным персоналом (§ 10)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- 2.1.2. Имеется ли инструкция по эксплуатации (§ 9 абз. 1)?
- 2.1.3. Выдана ли инструкция по эксплуатации на руки контролирующему персоналу (§ 9 абз. 2)?
- 2.1.4. Находится ли сокращенная версия инструкции по эксплуатации в помещении установки для хлорирования постоянно (§ 9 абз. 2)?

2.2. Средства для индивидуальной защиты

- 2.2.1. Имеет ли каждый работающий с установкой для хлорирования респиратор (противогаз)? При использовании противогаза несколькими персонами, дезинфицируется ли он после каждого применения (§ 12 абз.1 № 3)?
- 2.2.2. Применяются ли для противогазов фильтры B/St , серого цвета с белым кольцом, защитная степень 3b (§ 12 абз.1 № 3)?
- 2.2.3. Имеется ли для каждого противогаза запасной фильтр (§ 12 абз.1 № 3)?
- 2.2.4. Заменяются ли запасные фильтры до истечения их срока годности (§ 12 абз.1 № 3)?
- 2.2.5. Помечаются ли открытые фильтрующие коробки датой их открытия и заменяются ли они в течении полугода после открытия (§ 12 абз.1 № 3)?
- 2.2.6. Ознакомлены ли работающие с принципами работы и применения противогазов согласно DA к § 12 абз. 3 (§ 12 абз. 3)?
- 2.2.7. Происходит ли замена ёмкостей для хлора только с применением противогазов (§ 12 абз. 2)?
- 2.2.8. Находятся ли противогазы за пределами объекта в легко доступном месте, защищённом от газа и влаги (§ 12 абз. 2)?
- 2.2.9. Имеются ли при работе с ёмкостями с хлором кроме противогазов (пункт 2.2.1) как минимум 2 других респиратора в рабочем состоянии, независимо от состояния воздуха в помещении (§ 12 абз.1 № 4)?
- 2.2.10. Имеются ли в распоряжении при работе с ёмкостями с хлором как минимум 2 защитных костюма (§ 12 абз.1 № 4)?

2.3. Прочее

- | | | | |
|-----------|---|--------------------------|--------------------------|
| 2.3.1. | Защищены ли объекты от входа посторонних (§ 11) ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2.3.2. | Защищены ли ёмкости с хлором при хранении и транспортировке запорными вентилями и защитными колпаками (§15 абз. 9)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2.3.3. | Защищены ли ёмкости с хлором от опрокидывания (§15 абз. 9)? | | |
| 2.3.4. | Заменяются ли подвижные соединения при повреждении или коррозии (§15 абз. 7)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2.3.5. | Заменяются ли подвижные соединения из меди как минимум каждые 2 года (§15 абз. 7)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2.3.6. | Является ли вода в гидравлическом водяном затворе (сифоне для стока) грунтового стока (§15 абз. 11)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2.3.7. | Имеется ли контрольный реагент для определения разгерметизированности (§15 абз. 8)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. | Контроль | | |
| 3.01. | Была ли установка для хлорирования проверена при первом запуске компетентными специалистами (§19 абз. 1)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3.02. | Проверяется ли установка для хлорирования компетентными специалистами при очередном запуске как минимум один раз в год (§19 абз. 2)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3.03. | Контролируется ли установка для распыления воды (водяная защитная завеса) как минимум один раз в полгода (§19 абз. 3)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3.04. | Контролируется ли газоанализатор-сигнализатор как минимум один раз в полгода (§19 абз. 3)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3.05. | Проверяются ли герметичность подвижных соединений с трубопроводом после каждой замены ёмкостей и как минимум один раз в полгода (§19 абз. 3)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3.06. | Контролируется ли гидравлический водяной затвор der Bodenabläufe еженедельно (§15 абз. 11)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3.07. | Ведётся ли письменная документация результатов проверок пунктов 3.01. и 3.05. , а также замены подвижных соединений трубопроводов (§19 абз. 4)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

4. Термины в области дезинфекции питьевой воды

- **Дезинфекция:** Уничтожение или деактивация микроорганизмов, являющихся возбудителями болезней, с помощью средств дезинфекции и окислителей или облучением УФ-лучами. После безупречной в гигиеническом отношении дезинфекции в имеющемся количестве воды более не обнаруживаются с помощью специфических способов возбудители заболеваний, а количество не специфичных микроорганизмов находится ниже требуемого уровня.
- **Средства дезинфекции:** хлор, гипохлорит натрия, гипохлорит кальция, диоксид хлора, озон
- **Окислители:** озон, пероксид водорода, перманганат калия, пероксомоносульфат калия, пероксодисульфат натрия
- **Виды процедур по дезинфекции:** хлорирование хлором, соединениями хлора и диоксидом хлора, озонирование, облучение УФ-лучами
- **Побочные продукты дезинфекции (ППД):** В качестве побочных продуктов дезинфекции называют органические и неорганические продукты (хлораты, хлориты, броматы), образующиеся при дезинфекции с хлором, гипохлоритом или озоном. Интерес представляют, прежде всего, галогенозамещенные органические соединения. Наряду с ППД могут образовываться галогенозамещенные уксусные кислоты, галогенозамещенные ацетоннитриты и хлорпикрин. Кроме того, образуются прочие, соединения, обнаруживаемые как адсорбируемый органический связанный галоген (АОХ), а также галогенозамещенные продукты окисления.
- **Тригалогенметаны (ТГМ):** Тригалогенметан – это общее химическое название трехкратно галогенозамещенного метана (синоним: галоформ). Тригалогенметаны образуются в качестве последнего элемента цепочки реакций растворенных в воде органических веществ, содержащих хлор, гипохлорит или озон. Тригалогенметаны представляют собой сумму отдельных соединений: хлороформа, бромдихлорметана, дибромхлорметана и бромформа.
- **Потенциал образования тригалогенметанов:** Этим понятием обозначается концентрация ТГМ, получаемая в стандартизированных условиях (см. Рабочий бюллетень НОСГВХ (Немецкого объединения специалистов газового и водного хозяйства) W 295, выявление потенциала образования тригалогенметана)
- **Потенциал повторного развития микроорганизмов:** В питьевой воде после проведения успешной дезинфекции и длительного времени нахождения в сети трубопроводов могут снова зародиться микроорганизмы. Склонность к повторному образованию микроорганизмов зависит от выбранной процедуры дезинфекции, от веществ, содержащихся в воде, от температуры воды и состояния трубопроводной сети. Факторами, повышающими потенциал повторного развития микроорганизмов, являются в частности высокий уровень наличия питательных веществ и субстратов. В первую очередь, сюда относятся соединения азота, фосфора и серы (аммоний, нитраты, фосфаты, сульфаты), а также биологически расщепляемые органические вещества.
- **Потенциал воздействия:** Понятие потенциал воздействия обозначает промежуток времени, в течение которого после завершения подготовки средство дезинфекции все еще сохраняет свое дезинфицирующее воздействие. Особенно это относится к распределительной сети. Потенциал воздействия зависит от качества воды, от используемого средства дезинфекции, от его дозировки и от остаточного содержания этого средства до поступления питьевой воды в трубопроводную сеть. Так, например, у диоксида хлора хороший потенциал воздействия по сравнению с хлором, в то время как УФ-облучение потенциалом воздействия не обладает.

4.1 Термины в области обработки хлором

- **Обработка хлором:** Под обработкой хлором понимается обработка воды хлором, т.е. сведение хлорного газа или хлорного раствора с водой.
- **Хлорирование:** Хлорированием называется прямое и косвенное воздействие хлора или гипохлорита на имеющиеся в воде составляющие с различным ходом реакции, на пример, с образованием побочных продуктов дезинфекции, в частности тригалогенметанов.
- **Дозировка хлора:** Под дозировкой хлора понимают процесс добавления хлора. Дозировка указывается в г/м^3 или мг/л и производится в форме водяных растворов.
- **Доза хлора:** Дозой хлора является количество хлора, добавляемое в расчете на единицу объема воды и указываемое в мг хлора на л .
- **Расход хлора (потребление хлора):** Расходом хлора называется разница между добавленным в воду количеством хлора и остаточным содержанием хлора в воде.
- **Свободный хлор:** Хлор, присутствующий в виде гипохлоритной кислоты, ионов гипохлорита или в виде растворенного элементарного хлора.
- **Связанный хлор:** Доля суммарного хлора, присутствующая в форме хлораминов и органических хлораминов.
- **Суммарный хлор:** Хлор, присутствующий в свободном, связанном виде или и в той и другой форме.
- **Хлорамины:** Производные аммония, в которых один, два или три атома водорода замещаются атомами хлора, представленные в виде монохлорамина NH_2Cl , дихлорамина NHCl_2 и трихлорида азота NCl_3 , а также все хлорированные производные органических соединений азота.
- **Время реакции (время воздействия):** Под временем реакции понимается время, которое требуется, чтобы достичь достаточной дезинфекции. Оно должно составлять, в зависимости от условий реакции, не менее 5 минут.
- **Остаточный хлор:** Остаточным хлором является обнаружимый еще аналитическим методом свободный, связанный или суммарный хлор после заданного времени реакции.
- **Дехлорирование:** Устранение остаточного хлора в воде такими восстановителями, как диоксид серы, сульфит натрия и тиосульфит натрия.

4.2 Термины в области обработки озоном

- **Обработка озоном:** Под обработкой озоном понимается обработка воды озоном, т.е. сведение газообразного озона и парциального потока с водой с высокой концентрацией озона.
- **Озонирование:** Озонированием является прямое или косвенное воздействие озона на вещества, входящие в состав воды с различным ходом течения реакции.
- **Дозировка озона:** Под дозировкой озона понимают процесс добавления озона. Дозировка указывается в г/м^3 или мг/л .
- **Доза озона:** Дозой озона является количество озона, добавляемое в расчете на единицу объема воды и указываемое в мг озона на л .

- **Концентрация озона:** Концентрацией озона является количество озона в расчете на единицу объема. Для газа она указывается в нормальных условиях в г/м^3 , а для воды в г/м^3 или мг/л .
- **Расход озона (потребление озона):** Расходом озона называется разница между добавленным количеством озона и остаточным количеством озона в водной фазе.
- **Специфический расход озона:** Под специфическим расходом озона понимается потребность в озоне, относящаяся к одному из параметров воды, например, DOC или СКА
- **Загрузка озона:** При насыщении воды озонсодержащим газом происходит всасывание лишь части озона: абсорбированная часть носит наименование загрузки озона и является расчетной разницей добавленной и выведенной массы озона в расчете на единицу объема воды.
- **Время реакции (время воздействия):** Под временем реакции понимается время между дозировкой озона и временем, когда озон в воде более не может быть обнаружен.
- **Остаточный озон:** Остаточным озоном в газовой фазе является озон, обнаруживаемый в отработанном воздухе. Остаточным озоном в водной фазе является озон, остающийся в воде, обнаружимый еще аналитическим методом после заданного времени реакции.
- **Деозонирование (Удаление остаточного озона):** Устранение остаточного озона в воде и в газовой фазе называется деозонированием.

4.3 Термины в области дезинфекции УФ-лучами

- **Дезинфицирующий потенциал (УФ-установки):** Это дезинфекция, которая достигается с помощью УФ-установки в определенных условиях. Дезинфицирующий потенциал измеряется с помощью биодозиметра и указывается для специфического микроорганизма в долях восстановления.
- **Спектральный коэффициент абсорбции (СКА- λ):** Является соотношением спектрального десятичного уровня абсорбции $A(\lambda)$ к длине пути l , пройденного волновым излучением длины λ . Данный параметр указывается в м^{-1} . Для работы УФ-установки играет роль спектральный коэффициент абсорбции воды при 254 нм (СКА-254, DIN 38404, часть 3).
- **Спектральный коэффициент ослабления (СКО- λ):** Если УФ-лучи проходят через какую-либо оптическую среду, например, воду, то они ослабевают за счет абсорбции растворенными в воде естественными и антропогенными органическими веществами и за счет рассеивания суспензированными в воде веществами (помутнения).

Результирующей обеих эффектов является спектральный (десятичный) коэффициент ослабления СКО- λ .
Определение СКО-254 осуществляется в спектральном фотометре (согласно DIN 38404, часть 3) замером неотфильтрованной воды в кварцевых кюветах с толщиной слоя минимум 40 мм при длине волны 254 нм.
- **Пропускание:** соотношение пропущенного и попадающего излучения. Пропускание воды необходимо для осуществления конструктивных расчетов установки для УФ-облучения. Пропускание может быть рассчитано на основе показателя спектрального коэффициента абсорбции.

- **УФ-проницаемость:** Используемая на практике, указываемая в процентах мера пропускания при длине волны в 254 нм и определенной толщине слоя. Толщина слоя играет экспоненциальную роль в коэффициенте УФ-проницаемости.
- **Помутнение:** Уменьшение прозрачности воды, обусловленное наличием мелкодисперсных суспензированных веществ. Определение показателя осуществляется в соответствии с DIN EN ISO 7027 и указывается в единицах NTU (Nephelometric Turbidity Units). Решающее влияние на дезинфекцию УФ-лучами оказывают вещества, уменьшающие излучение при длине волны 254 нм, вызывающие помутнение, влияние которых при измерении спектрального коэффициента ослабления (СКО-254) также учитывается.
- **Облучение:** Облучение H является производным силы облучения E и длительности процесса облучения T $H = E \cdot t$ (Дж/м²). Единица, используемая для измерения облучения - Дж/м² = Вт · сек/м².
- **Сила облучения:** Сила облучения E является соотношением поступающей мощности излучения и площади F , на которую оно поступает.
- **Доза облучения:** Доза УФ-облучения определена как абсорбированная энергия излучения. Ее показательность в плане действенной дезинфицирующей мощности ограничена.
- **Энергия излучения:** Энергией излучения является интегрированное через излучаемые длины волн количество энергии.
- **Мощность излучения:** Мощность излучения является производным показателем из энергии излучения и времени.
- **УФ-Излучатель:** Для выработки УФ-лучей, используемых для дезинфекции воды, могут применяться исключительно ртутные излучатели. Различают ртутные излучатели низкого и среднего давления. Важными базовыми параметрами УФ-излучателей является мощность и срок пользования излучателем.
- **Срок пользования излучателем:** Указанное производителем аппарата для излучения УФ-лучей количество часов излучения, в течение которых в заданных условиях эксплуатации гарантируется необходимая для заданного дезинфицирующего потенциала мощность излучения и по истечении которого излучатель подлежит замене.
- **УФ-сенсор:** Устройство для физического замера силы облучения с селективной чувствительностью к действующему дезинфицирующему спектральному диапазону от 240 до 290 нм. Различают **аппаратные** и **опорные** сенсоры. Аппаратные сенсоры используются для постоянного контроля УФ-установки. Опорный сенсор служит для проверки аппаратных сенсоров. УФ-сенсоры должны иметь возможность калибровки.
- **Актинометрия:** Метод замера действенного в фотохимическом плане излучения. Известная актинометрическая процедура замера основана на фотохимическом восстановлении оксалата железа (III) в оксалат железа (II), количество которого после преобразования может быть определено с помощью индикатора.

4.4. Термины в области мембранной фильтрации

- **Мембранная фильтрация:** Отделение частиц из воды посредством прохождения через пористую мембрану называется мембранной фильтрацией.

- **Мембрана:** Полупроницаемый, частично пористый, частично гомогенный разделительный слой из органического или неорганического материала с симметричной или асимметричной структурой называется мембраной.
- **Материал мембраны:** Материалом мембраны называется материал, из которого состоят мембраны. Используются органические (ацетат целлюлозы (АЦ), триацетат целлюлозы (ТАЦ), полиакрилонитрил (ПАН), полиэтерсульфон (ПЭС), полисульфон (ПС), полиамид (ПА) и т.д.) или неорганические материалы (керамика, порошковый металл и т.д.)
- **Поры мембраны:** Поры мембраны представляют собой отверстия на поверхности мембраны, через которые фильтруется вода, подлежащая обработке. Микрофильтрационные мембраны имеют поры, размер которых колеблется от 0,1 до 10 мкм, ультрафильтрационные мембраны обладают порами размером от 0,01 до 0,1 мкм.
- **Площадь мембраны:** Площадью мембраны является поверхность мембраны, находящаяся в контакте с обрабатываемой водой при мембранной фильтрации.
- **Элемент мембраны:** Элемент мембраны – это мельчайшая функциональная единица мембран. Различают обмоточные, пластинчатые, оболочковые, трубчатые, капиллярные и кольцевые элементы мембраны.
- **Модуль:** Модулем называют готовый к подключению, функционально способный блок, состоящий из одного или нескольких элементов мембраны.
- **Модульный блок:** Модульный блок – это запрос нескольких блоков к одному блоку. К каждому блоку относятся соответствующие агрегаты, предназначенные для эксплуатации и промывки, причем таким образом, что возможна независимая работа одного блока. Все модули одного блока работают одновременно в одном режиме.
- **Feed:** Под **Feed** понимается подводимый к модуль поток воды. Это может быть сырая вода, которая подверглась или нет предварительной обработке.
- **Нагрузка поверхности (также флюкс или поток фильтрата):** Под нагрузкой на поверхность понимают проходящее в единицу времени количество фильтрата, относящееся к площади мембраны (например, л/м²/ч).
- **Проницаемость:** Под проницаемостью понимают расчетный поток фильтрата (например, л/м²/ч/бар), рассчитываемый на основе трансмембранного давления.
- **Выход (также Recovery):** Под выходом понимается также соотношение между произведенным количеством фильтрата и подводимым к установке по фильтрации количеством воды.
- **Трансмембранное давление (Transmembrane pressure):** Под трансмембранным давлением (трансмембранное давление = ТМД) понимается действующее над мембраной дифференциальное давление. Оно рассчитывается исходя из разницы средних показателей давления на обратной стороне и стороне фильтрата.
- **Режим Cross-Flow (CF-режим):** Режим Cross-Flow – это тип эксплуатации, во время которого подготавливаемая вода во время фазы фильтрации лишь частично фильтруется через мембрану. За счет рециркуляции не отфильтрованной части потока устанавливается сильное перетекание мембранной поверхности, чтобы ограничить образование осадка.
- **Рециркуляция:** Рециркуляция – это возврат части потока, перетекающего через обратную сторону мембраны для повторного поступления в модуль в режиме Cross-Flow.

- **Режим Dead-End (DE-режим):** Режим Dead-End – это тип эксплуатации, при которого подготавливаемая вода во время фазы фильтрации полностью и без рециркуляции фильтруется через мембрану.
- **Промывка:** Под промывкой понимается очистка мембран, осуществляемая через короткие промежутки времени (например, 30 минут), чтобы восстановить снижающуюся проницаемость мембран в связи с их возрастающей блокировкой. При промывке осуществляется подача воды над или через мембраны против направления фильтрации. В зависимости от соответствующей мембранной системы для повышения эффективности промывки используется также воздух или смесь воды и воздушных пузырьков.
- **Fouling (Блокировка):** Fouling – это уменьшение пропуски воды через мембраны в связи с отложениями на поверхности мембраны и / или в порах мембраны. Fouling соотв. блокировку называют **обратимой**, когда при промывке или очистке пропуск воды снова восстанавливается; в иных случаях - **необратимой**. Явление Fouling обусловлено коллоидами, взвесью, оксидгидратами тяжелых металлов и растворимыми органическими составляющими воды, причем существенное действие может оказать и небольшое их количество.
- **Biofouling:** Под Biofouling понимаются отложения на поверхности мембраны, обусловленные обрастанием микробиологическими элементами.
- **Химическая очистка:** Под химической очисткой понимается обработка мембран химикатами, которая необходима, когда желаемый поток фильтрата не достигается путем регулярной промывки.

5. Средства дезинфекции

В соответствии с положением о питьевой воде 2001 г. для проведения: хлорный газ, гипохлорит натрия, гипохлорит кальция, диоксид хлора и озон (см. также таблицу 6).

В качестве средств дезинфекции на предприятиях водоснабжения используются в первую очередь: хлорный газ, гипохлорит натрия, гипохлорит кальция и диоксид хлора. Эти средства используются уже в течение нескольких десятилетий и эффективны уже в небольших количествах. В таблице 12 указывается состав этих средств.

Средство дезинфекции	хим. формула	Агрегатное состояние	Стандартная форма/форма использования
Хлорный газ	Cl_2	Газообразное	В сжиженном состоянии в стальных баллонах по 50 кг, 65 кг или стальных бочках содержанием 500 и 1000 кг. Условия поставки согласно DIN EN 937 $\geq 99,5\% \text{Cl}_2$, макс. 20 ppm H_2O . Добавляется в виде водяного раствора 0,3 - 3 г/л Cl_2
Диоксид хлора	ClO_2	Жидкое, в виде водного раствора	Производится по месту использования из хлорного газа и раствора хлорита натрия либо из соляной кислоты и раствора хлорита натрия. Концентрация раствора - 2 - 4 г/л ClO_2
Гипохлорит натрия	NaClO	Жидкое, в виде водного раствора	Стандартный раствор со 150 - 170 г/л действующего хлора, содержит ок. 12 г/л натрового щелока и является из-за этого сильно щелочным, показатель pH 11,5 - 12,5; условия поставки согласно DIN EN 901 в качестве побочных элементов содержит ок. 140 г/л хлорида натрия (NaCl) и ок. 5 г/л хлората натрия (NaClO_3), плохо хранится, разлагается.
			Производится на месте методом электролиза из раствора хлорида натрия (поваренной соли) или соляной кислоты. Концентрация раствора в зависимости от процедуры электролиза от 8 до 25 г/л действующего хлора. Полученный из раствора гипохлоритный раствор имеет уровень pH-Wert от 9 до 10 и не содержит хлоратов
Гипохлорит кальция	Ca(ClO)_2	Твердое	Стандартно представлен в виде гранулята или таблеток, условия поставки согласно DIN EN 900, должен содержать минимум 65% активного хлора, 4 - 7% нерастворимых веществ и минимум 5 - 10% H_2O , используется в виде 1 - 5%-го раствора, уровень pH раствора составляет от 10 до 11.

Таблица 12: Средства дезинфекции для питьевой воды

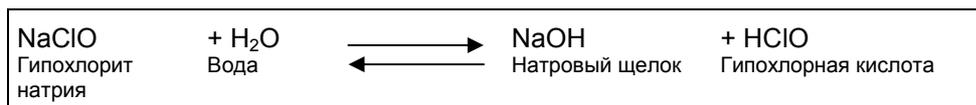
Предпосылкой для успеха дезинфекции с использованием хлора и хлорных соединений, как и при любой процедуре дезинфекции, является вода без веществ, обуславливающих помутнение. Хлор способствует уничтожению свободно суспензированных микроорганизмов, включая вирусные и бактериальные возбудители заболеваний. В поверхностных водах, близких к поверхностям вод из источников, а также в водах из горных трещин и карстовых водах фекальные загрязнения встречаются, как правило, в укрупненной форме либо в виде объединения в частицы, которые могут в больших количествах содержать возбудителей заболеваний. Здесь возбудители заболеваний защищены от воздействия дезинфицирующих средств, даже при очень высокой их концентрации. В этих случаях требуется механическое устранение частиц (укрупненных форм) с помощью предшествующей подготовки воды.

Дезинфицирующее действие свободного хлора основано в первую очередь на гипохлорной кислоте. Поэтому это действие зависит от показателя pH. Оно сильно уменьшается с возрастанием pH-Wert, а при значении pH свыше 8,5 о нем практически можно забыть (рис. 1). Дезинфицирующее воздействие связанного хлора по сравнению со свободным хлором значительно меньше. Как правило, для безупречной дезинфекции требуется время течения реакции от 15 до 30 минут.

Гидролиз и диссоциация хлора

Чтобы понять способ воздействия хлора как средства дезинфекции, необходимо знать химические реакции, протекающие при обработке питьевой воды хлором. Здесь в первую очередь необходимо упомянуть гидролиз хлора. Под «гидролизом хлора» понимают реакцию хлора с водой. Если, например, растворить хлорный газ в воде, то хлор вступит в реакцию с водой, и образуются гипохлорная и соляная кислота. Все прочие средства дезинфекции, основанные на хлоре, также вступают в реакцию с водой и также образуют гипохлорную кислоту.

Три ниже приведенных уравнения реакций демонстрируют процесс гидролиза хлорного газа, гипохлорита натрия и гипохлорита кальция, т.е. газообразного, жидкого и твердого средства для обработки хлором.



В каждом случае образуется гипохлорная кислота, которая и должна быть в наличии в качестве действующей субстанции при дезинфекции. Все три реакции представляют собой химические равновесия и зависят от уровня pH и температуры воды. В то время как соляная кислота, натровый щелок и гидрат кальция диссоциируют, гипохлорная кислота остается не диссоциированной в диапазоне от кислого до нейтрального. Только при росте показателя pH она распадается на ионы H^+ и ClO^- .

Диссоциация гипохлорной кислоты в зависимости от показателя pH представлена на рис. 1. Рисунок показывает долю гипохлорной кислоты и ионов гипохлорита в воде при температуре от 0°C до 20 °C при различных показателях pH.

Другими факторами, влияющими наряду с показателем pH на воздействие хлора при дезинфекции, являются температура, содержание свободного хлора (избыток хлора), время воздействия, степень загрязненности и загрязнение воды микроорганизмами.

В содержащей аммоний воде гипохлорная кислота вступает в реакцию с образованием хлораминов (связанный хлор). При этом хлор сначала расходуется для окисления ионов аммония.

В зависимости от имеющегося соотношения аммония с хлором и от соответствующего показателя pH могут образоваться монохлорамин и дихлорамин. Трихлорамин, который может образоваться только при низких показателях pH, практически никогда в воде не встречается.

Далее приведены отдельные реакции, протекающие при образовании хлорамина:

NH_4^+ Аммоний	+	HClO Низкохлорная кислота	NH_2Cl Монохлорамин	+	H_2O Вода	+	H^+ Ион водорода
NH_2Cl Монохлорамин	+	HClO Низкохлорная кислота	NHCl_2 Дихлорамин	+	H_2O Вода		
NHCl_2 Дихлорамин	+	HClO Низкохлорная кислота	NCl_3 Трихлорамин	+	H_2O Вода		

Необходимо соответствующим образом увеличить дозу хлора, чтобы иметь в распоряжении свободный хлор для дезинфицирующего действия. Хлорамины могут отрицательно воздействовать на вкусовые качества и запах воды.

Во многих странах хлорамины сознательно вырабатываются в питьевой воде путем добавления аммиачного газа и хлора. «Хлораминовая процедура» препятствует образованию тригалогенметанов. Так как хлорамин хотя и дезинфицирует, однако не хлорирует органические составляющие воды.

5.1. Хлорный газ

Хлор при нормальной температуре и нормальном давлении представляет собой желто-зеленого цвета, ядовитый, с пронизывающим запахом газ. Он в 2,5 раза тяжелее воздуха, а потому быстро тянется к земле и может группироваться в углублениях. Хлорный газ можно распознать по его запаху и сильному раздражающему действию на глаза и органы дыхания, а также при высокой концентрации по его желто-зеленому цвету.

Важнейшие физические свойства объединены в таблице 13:

Формула:	Cl_2
Молекулярный вес:	70,941
Цвет:	желто-зеленый
Плотность (в жидкой форме):	1,57 г/см ³ (при -34,05°C)
Плотность (в газообразной форме):	3,214 г/л (0°C, 1 бар)
Плотность (в газообразной форме) относительно воздуха:	2,491 (воздух = 1) г/л
Volumen von 1 kg Chlor bei 1 bar:	0,311 м ³
Точка кипения:	-34,05°C (1 бар)
Точка плавления:	-100,98°C
Теплота испарения:	269 кДж/кг (при 0°C)
Теплопроводность жидкого хлора:	2,2135 кДж/м ² • h (при 30°C)

Таблица 13: Физические свойства хлора

Хлорный газ под воздействием давления и охлаждения преобразуется в оранжево-желтую жидкость. Чтобы произвести сжижение хлора, при избыточном давлении, составляющем 5...6 бар, температура должна составлять 15°...20°. В этих условиях хлор наполняется в стандартные стальные бутылки и бочки. Он находится в этих емкостях, как в газообразной, так и в жидкой форме одновременно.

Давление хлора в виде газа, находящегося в емкостях с хлорным газом поверх жидкого хлора, сильно зависит от температуры.

Следствием повышенного теплового воздействия является повышенная газификация жидкого хлора, а также рост давления. Если, например, температура повышается с 20°С до 50°С, то давление в бутылки с хлором вырастает с 5,8 до 13,5 бар избыточного давления. На рисунке 2 изображена кривая испарения хлора, на которой представлена зависимость давления в бутылки с хлором от температуры.

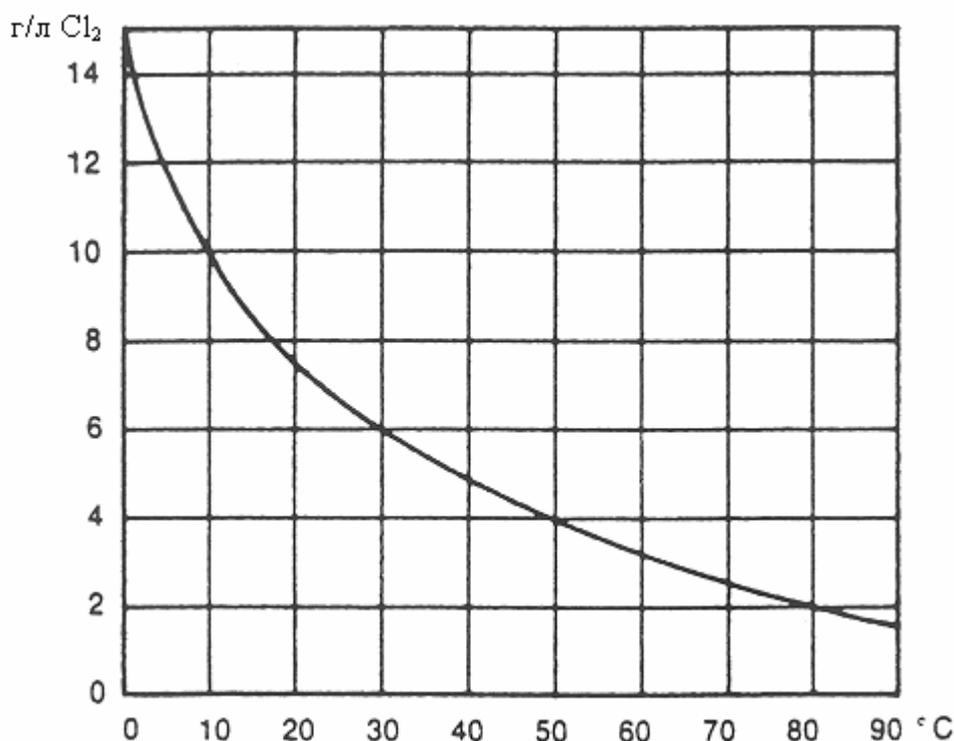


Рис. 1 Растворимость газообразного хлора в воде в зависимости от температуры. Газ подается под давлением 1 бар.

Параллельно с ростом давления газа происходит расширение жидкого хлора. Кстати, жидкий хлор представляет собой жидкость с самым большим коэффициентом расширения, который нам известен. Так, например, 1 кг жидкого хлора при 20°С занимает пространство в 0,709 л (специфический объем л/кг), в то время как при температуре 50°С это уже объем 0,760 л/кг. Наполнение жидкого хлора производится в соответствии с предписаниями закона. На 1 кг жидкого хлора используется объем заполнения в размере 0,8 л. Поэтому емкости с хлорным газом заполняются только до 80% их вместимости.

В таблице 14 приведены давление, специфический объем и специфический вес хлора в зависимости от температуры.

Температура °С	Избыточное давление бар	Спец. объем литров/кг	Спец. вес кг/литр
- 20	0,85	0,658	1,521
- 10	1,67	0,669	1,494
0	2,75	0,682	1,467
+ 10	4,12	0,695	1,439
+ 20	5,84	0,709	1,410
+ 30	7,95	0,725	1,380
+ 40	10,51	0,742	1,349
+ 50	13,56	0,760	1,317
+ 60	17,16	0,780	1,282
+ 70	21,38	0,803	1,246
+ 100	38,23	0,896	1,116

Таблица 14: Давление, спец. объем и спец. вес в зависимости от температуры

Согласно таблице 14 это значит, что жидкий хлор при температуре в 50°С заполнит объем бутылей на 95%. При 64°С жидкий хлор расширится настолько, что займет все пространство емкости. При пересечении этой пороговой температуры емкость неизбежно взорвется. Температура жидкого хлора в емкости в связи с этим не должна ни в коем случае превышать 50°.

В то время как сухой, газообразный, а также жидкий хлор при обычной температуре не вступает в реакцию с железом, начиная с температуры в 100°С, происходит разъедание железа и стали. При дальнейшем росте температуры разъедание значительно усиливается и приводит в конце к полному уничтожению стенок емкости, напорных трубопроводов и т. д.

Хлорный газ хорошо растворим в воде. Максимально достижимая степень растворения зависит от температуры воды и давления хлорного газа. Растворимость хлорного газа в воде в зависимости от температуры показана на рис. 3.

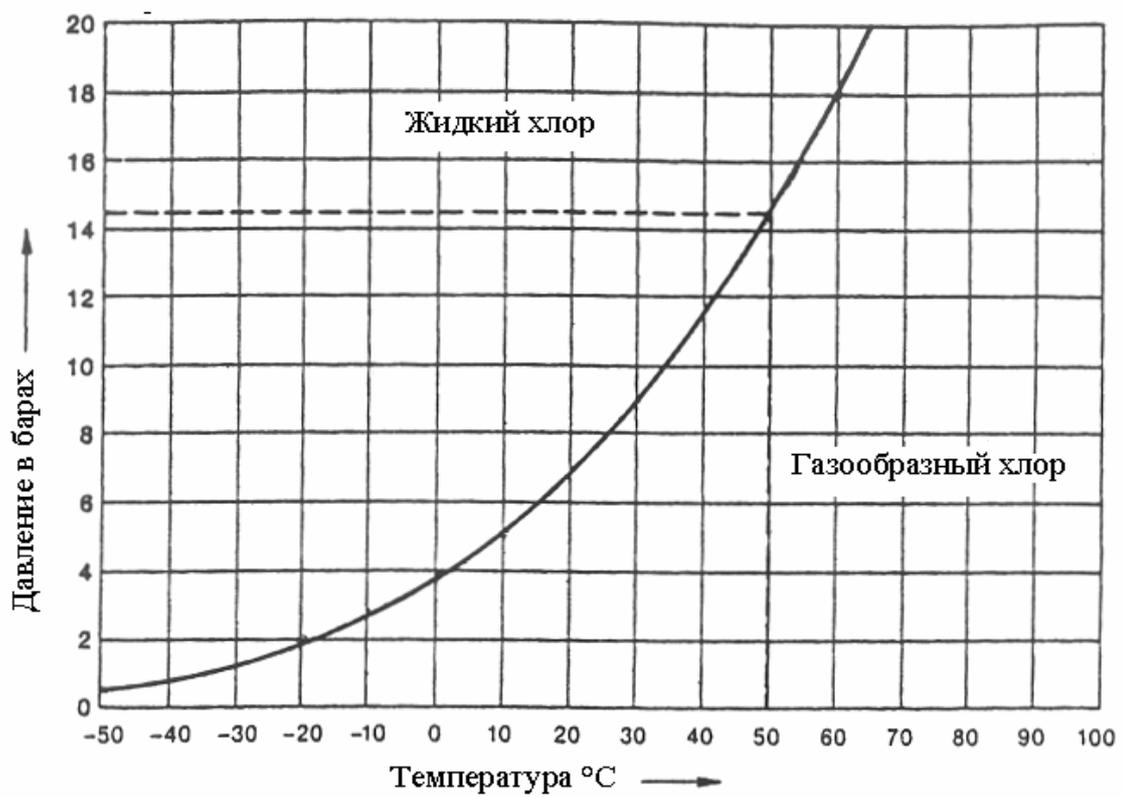


Рис.2: Растворимость газообразного хлора в воде в зависимости от температуры
Давление газа 1 бар

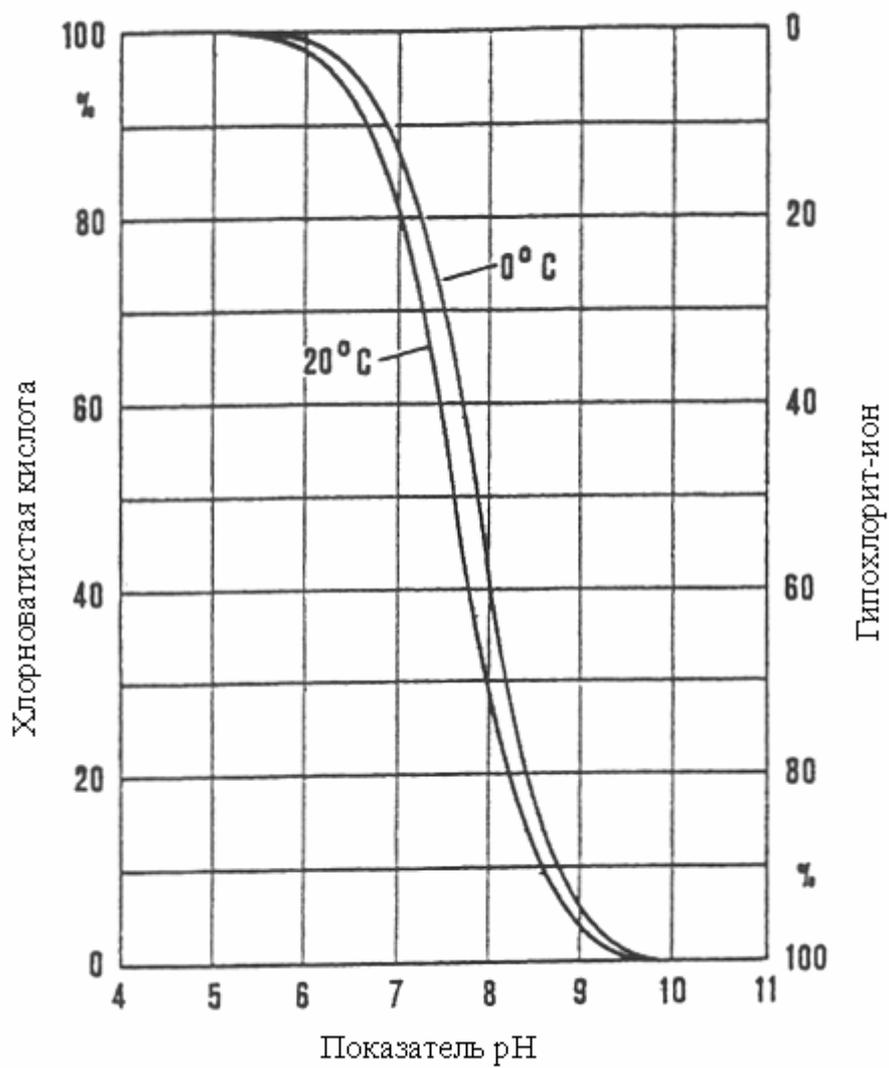


Рис. 3: Доля гипохлорной кислоты и ионов гипохлорита в зависимости от уровня рН и температуры (согласно G. M. Fair и J. G. Geyer 1961 г.)

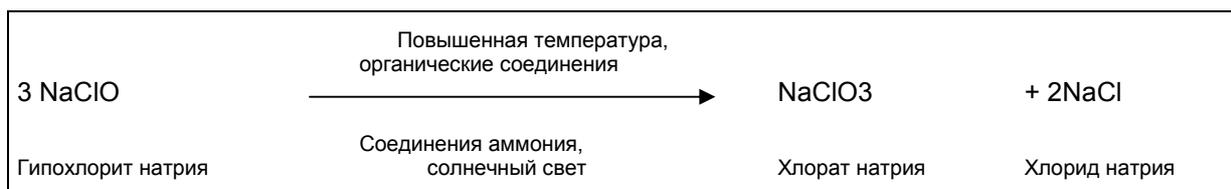
5.2. Гипохлорит натрия

Стандартный раствор гипохлорита натрия в соответствии с нормой DIN EN 901 представляет собой желто-зеленую, отдающую запахом хлора, прозрачную жидкость. Она обладает разъедающим действием и ядовита. Гипохлорит натрия, формула NaClO , будучи раствором, содержит 150-170 г/л действующего хлора. В качестве гарантии при продаже указывается параметр в 170 г/л действующего хлора, что при специфическом весе ок. 1,25 г/мл (20°C) соответствует концентрации в 15 вес.-%.

Кроме того, раствор гипохлорита натрия содержит еще 1-5 г NaOH (гидроксида натрия, натровой щелочи) и 3-8 г Na_2CO_3 (карбоната натрия, соды) на литр. За счет этого показатель pH раствора находится в щелочной зоне. Уровень pH стандартного раствора составляет около 11. Кроме того, в растворе гипохлорита натрия содержится NaCl (хлорид натрия, поваренная соль) и NaClO_3 (хлорат натрия).

Раствор гипохлорита натрия сохраняется лишь ограниченный период времени. Он постепенно разлагается, причем содержание «действующего хлора» снижается. Благоприятно на степень распада воздействуют свет и тепло, а также загрязнения, например, частицами тяжелых металлов. Потеря действующего хлора в растворе гипохлорита натрия проявляется не в форме выхода хлора в газообразном виде, а в форме появления новых химических соединений, а именно хлората, хлорида натрия и водорода.

Следующая химическая реакция показывает, что нестабильное соединение гипохлорита натрия стремится к тому, чтобы преобразоваться в более стабильные соединения хлората и хлорида натрия.



Преобразование хлорита натрия в хлорат и хлорид натрия наступает преимущественно при повышенной температуре, при прямом попадании солнечных лучей и при присутствии в растворе солей аммония и органических веществ.

При этом самую существенную роль играет температура. Таким образом, приходится считаться со следующими потерями действующего хлора в г на литр и в день:

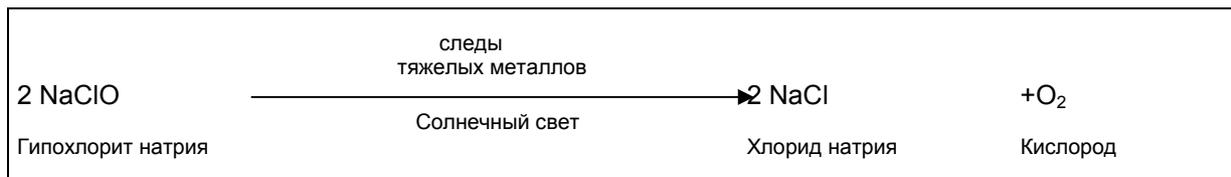
Температура раствора гипохлорита натрия в °C	Ежедневная потеря в г действующего хлора в расчете на литр
15°	0,35
20°	1,1
25°	2,0
30°	2,2
35°	5,6

Таблица 15: Потеря действующего хлора раствором гипохлорита натрия в зависимости от температуры.

Указанные данные относятся к свежему, содержащему 150 г/л действующего хлора раствору гипохлорита натрия.

Растворы гипохлорита натрия также реагируют очень чувствительно на тяжелые металлы, а также их соединения и сплавы. Так, например, малейшие следы меди, никеля, кобальта и железа вызывают распад гипохлорита натрия с появлением газообразного кислорода.

Распад представлен в последующем уравнении реакции:



Из гипохлорита натрия образуется хлорид натрия (поваренная соль) и кислород, выходящий из раствора в газообразном виде. Если на практике встречается появление пузырьков газа в растворе гипохлорита натрия в усиленном объеме, то видимо имеет место загрязнение раствора.

Гипохлорит натрия также очень чувствителен против света. Прямой солнечный свет может оказать такое воздействие, что раствор потеряет в течение нескольких часов 10-20 г хлора в расчете на литр. При этом происходит образование, как хлората натрия, так и кислорода.

Гипохлорит натрия производится также на месте использования методом электролиза растворов хлорида натрия. Здесь концентрации приготовленных растворов гипохлорита натрия составляют в зависимости от процедуры электролиза от 6 до 25 г/л действующего хлора.

5.3. Гипохлорит кальция

Гипохлорит кальция, химическая формула: $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ согласно DIN EN 900 содержит в зависимости от производства массовую долю активного хлора в пределах от 40 до 70%. Поставляется в виде белого, сыпучего гранулята или белых таблеток.

Плотность засыпки составляет около 0,8 г/см³ для гранулята и 1,9 г/см³ для таблеток. Для стабилизации хлора гипохлорит кальция содержит около 2% гидроксида кальция (кальций гидрат, $\text{Ca}(\text{OH})_2$). Кроме того, он содержит 10-11% поваренной соли (NaCl) и также еще карбонат кальция (CaCO_3) и хлорид кальция (CaCl_2).

Гипохлорит кальция должен для обеспечения безопасности содержать от 5 до 10% воды. Растворимость гипохлорита кальция составляет 180 г/л при 25°C.

Если гипохлорит кальция растворять в воде, то образуется молочно-мутный раствор. С одной стороны это обусловлено нерастворимыми веществами в продукте – гидроксида и карбоната кальция, доля которых может составлять до 7% - и с другой выделением жесткости (CaCO_3) в воде раствора.

Как правило, используется 1%-ый раствор, который устойчив в течение нескольких месяцев без снижения содержания «действующего хлора». Более сильные растворы хлора до 7% могут храниться ограниченный период времени, а содержание в них хлора постоянно уменьшается.

Здесь также следует упомянуть, что часто в связи с использованием гипохлорита кальция используется название хлорной извести. Хлорная известь является двойной солью, состоящей из хлорида кальция-гипохлорита с формулой $\text{CaCl}(\text{ClO})$ и находящей применение в качестве отбеливающего и дезинфицирующего средства.

5.4. Диоксид хлора

Диоксид хлора, химическая формула ClO_2 согласно DIN EN 12671 используется в области подготовки воды для ее дезинфекции при одновременном прохождении также и окислительных процессов. Диоксид хлора в определенных ситуациях использования обладает преимуществами по сравнению с хлором и гипохлоритами. В таблице 16 представлено сравнение некоторых качеств хлора и диоксида хлора.

Качества / Предельные значения		Хлор	Диоксид хлора
Растворимость в воде (10 °С, 1 бар)		10 г/л	ок. 15 г/л
Гидролиз, диссоциация		HClO, HCl $\text{H}^+ \quad \text{ClO}^-$	Нет, остается растворенным в воде в виде газа
Предел по вкусу и запаху в воде		0,05 мг/л	0,1 – 0,2 мг/л
Объем дозировки ¹⁾		1,2 – 6 мг/л	Макс. 0,4 мг/л
Предельные показатели содержания в питьевой воде ¹⁾		мин. 0,1 мг/л макс. 0,3 мг/л	мин. 0,05 мг/л макс. 0,2 мг/л макс. 0,2 мг/л в виде хлорита
Небольшие химические реакции с содержащимися в воде веществами	Аммоний Соединения аммония	Хлорамины	Реакция отсутствует
	Фенолы	Хлорфенолы	Окисление
	Гуминовые кислоты Углеводороды Органические субстанции	Хлорирование Тригалогенметаны Хлорорганические соединения	Окисление
	Железо-II- Марганец-II-	Окисление	Окисление
	Показатель pH Зависимость	Снижающееся дезинфицирующее действие с возрастанием pH	Остается таким же при диапазоне pH 6...9

1) согласно Положению о питьевой воде 2001

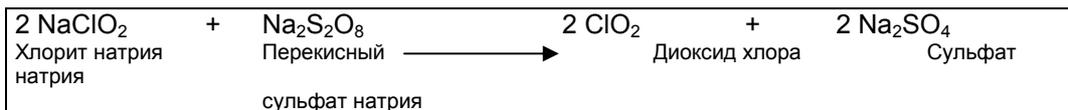
Таблица 16: Сравнение некоторых показателей и предельных значений хлора и диоксида хлора

В связи со своими физическими и физико-химическими качествами диоксид хлора готовится только в форме водяных растворов по месту использования в особой аппаратуре. Диоксид хлора производится или из хлорита (NaClO_2) и хлора (Cl_2) в качестве активатора или из хлорита натрия и кислоты – преимущественно соляной (HCl).

При этом протекают следующие реакции:



Альтернативное производство диоксида хлора может осуществляться без аппаратуры в соответствии со следующей реакцией из хлорита натрия и перекисного сульфата натрия (Хлоритно-/Перекисный процесс):



Все реакции протекают в контролируемых условиях и концентрациях. С помощью современных технологий растворы диоксида хлора готовят в реакторе производственной установки в концентрациях между 6 и 20 г/л ClO_2 . Впоследствии с учетом требований безопасности его разбавляют до концентрации использования от 0,5 до 4 г/л ClO_2 .

При дезинфекции с помощью диоксида хлора избегается образование нежелательных тригалогенметанов. Вещества, вызывающие неприятный запах и вкус воды, например, фенолы, альги или продукты их распада, окисляются диоксидом хлора и преобразуются в нейтральные по вкусу и запаху вещества.

Скорость уничтожения микроорганизмов диоксидом хлора возрастает в отличие от хлора с возрастанием показателя pH. Диоксид хлора не вступает в реакцию с аммонием или аминокислотами. Это существенное отличие от хлора, которые образует с аммонием хлорамины, которые оказывают отрицательное влияние на дезинфекцию и вкус обрабатываемой воды.

Диоксид хлора очень устойчив в воде. После окончания поглощения избыток сохраняется длительное время, таким образом, в условиях обширной сети трубопроводов и резервуаров этот избыток может быть сохранен и таким образом оказывает действенное сопротивление повторному загрязнению воды.

Диоксид хлора может образовывать окисленные побочные продукты, которые однако не вызывают подозрения, если соблюдаются максимальные объемы дозировки (0,4 мг/л ClO_2). К наиболее часто встречающимся продуктам реакции относятся карбоновые кислоты, альдегиды, кетоны и хиноны.

При наличии диоксида хлора в питьевой воде не протекают реакции хлорирования. Конечными продуктами диоксида хлора являются хлорид, хлорат и хлорит. В зависимости от качества воды от 40% до 80% используемого диоксида хлора преобразуются в хлорит. В Положении о питьевой воде указан максимальный показатель для хлорита, составляющий 0,2 мг/л ClO_2^- по завершении подготовки. Его можно соблюсти, если показатель ТОС (общий органический углерод) находится в воде на уровне ниже 1,5 мг/л.

5.5. Изоцианурат дихлорнатрия

Изоцианурат дихлорнатрия, общая формула: $\text{NaCl}_2(\text{NCO})_3$ в соответствии с DIN EN 12931 представляет собой средство дезинфекции для аварийных ситуаций.

В Германии он используется только для подготовки воды в Бундесвере и для гражданских нужд в случаях катастроф.

Изоцианурат дихлорнатрия содержит 60-63% действующего хлора и представляет собой прочный белый гранулят с запахом хлора. Он также имеется и в виде таблеток.

В качестве следующей формы изоцианурата дихлорнатрия применяется дигидрат этого соединения в соответствии с нормативом DIN EN 12932. Дигидрат изоцианурата дихлорнатрия получает дополнительно две молекулы воды ($\text{NaCl}_2(\text{NCO})_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) и обладает «действующим содержанием хлора», составляющим около 56%.

Оба соединения легко растворимы в воде. Растворимость в воде составляет для изоцианурата дихлорнатрия 250 г на литр воды при температуре 25°C. Показатель pH 1%-ого водного

раствора составляет 6-7. Действие изоцианурата дихлорнатрия основано на том, что это соединение в воде образует с помощью гидролиза изоцианурат натрия и гипохлорную кислоту:



5.6. Озон

Озон, формула: O_3 , в нормальных условиях (1 бар, 0°C) представляет бесцветный, резко пахнущий, чрезвычайно ядовитый газ. В более сильной концентрации газ озона приобретает голубоватую окраску. Чистый озон прибл. в 1,6 раз тяжелее воздуха. Концентрация озона, производимого обычными озоновыми установками, составляет 2-4 объемн.-% O_3 .

Важнейшие параметры озона приведены в таблице 17.

Формула:	O_3
Молекулярный вес:	47,98
Цвет:	голубоватый
Запах:	резкий
Плотность (в форме газа):	2,140 г/л (0°C , 1 бар)
Плотность (в форме газа) относит. воздуха:	1,655 (воздух = 1) г/л
Точка кипения:	$-110,5^\circ\text{C}$ (1 бар)
Точка плавления:	$-251,4^\circ\text{C}$

Tabelle 17: Свойства озона

Озон состоит из трех атомов кислорода (O_3) и очень легко снова разлагается при комнатной температуре с переходом в молекулярный кислород (O_2). Возникающий при этом в качестве промежуточного этапа атомный кислород очень активно вступает в реакции и придает озону большую силу окислительного воздействия. Озон уничтожает бактерии и деактивирует вирусы значительно быстрее хлора, однако для надежного уничтожения микроорганизмов и деактивации вирусов здесь также должен иметься определенный минимальный избыток озона в воде и соблюдаться параметр минимального времени воздействия.

Благодаря сильному окислительному потенциалу органические загрязнители воды разлагаются озоном, и достигается уменьшение расхода перманганата калия.

Озон очень слабо растворяется в воде, что сильно зависит от давления и температуры. В литературе приводятся различные отличающиеся друг от друга данные о растворимости озона в воде.

Если исходить из наличия чистого газа озона с давлением в 1 бар, то может быть принята теоретическая растворимость при 10°C - 1,11 г O_3 , при 20°C - 0,79 г O_3 и при 30°C - 0,49 г O_3 на литр воды.

Однако на практике указанные концентрации никогда не достигаются, так как растворимость озона в воде пропорциональна парциальному давлению в газовой фазе (идеальный газ, закон HENRY-DALTON).

Так как содержание озона в газовой фазе составляет лишь 2-4 объемн.-% O_3 , а остаток состоит из воздуха или кислорода, то имеет место также низкое парциальное давление озона. Это низкое парциальное давление и высокие балластные объемы воздуха или кислорода, которые оба также очень плохо растворимы в воде, осложняют попадание озона в воду.

Используемые обычно при озонировании специфические дозы озона: 1 - 2 г озона на г общего растворенного углерода (DOC), реакция окисления с органическими веществами не приводит к полной минерализации органических молекул.

Возникающие продукты окисления в большинстве случаев поларнее, чем их исходные соединения. Типичными продуктами окисления являются, например, альдегиды, кетоны и карбоновые кислоты. Механизмы, приводящие к образованию таких продуктов окисления, описаны в специальной литературе.

Озонирование может использоваться для удаления железа и марганца, так как озон легко окисляет двухвалентные ионы металла. Для удаления железа и марганца озон обладает особыми преимуществами в использовании, если сокращенное содержание металлов присутствуют комплексно связанными в органических составляющих, так как озон одновременно за счет окислительного разложения способствует разрушению таких комплексов.

Трехвалентный арсен быстро окисляется в пятивалентный. В противоположность окислителю хлору озон в определенных условиях подготовки воды не вступает в реакцию ни с аммонием, ни с аммонияком. Нитрит с помощью озона становится нитратом, сероводород окисляется до сульфата.

Бромиды окисляются озоном в бромат, которые с 01.01.2003 из-за своего потенциально канцерогенного воздействия содержится в питьевой воде в количестве 25 мкг/л. Ограничение образования бромата возможно путем оптимизации условий озонирования (снижения показателя pH, концентрации озона, временем прохождения реакции). При этом следует учесть, что дезинфицирующее действие и эффективное окисление могут отрицательно повлиять друг на друга.

5.8. Перекись водорода

Перекись водорода, химическая формула: H_2O_2 , приведена в перечне веществ, предназначенных для подготовки в соответствии с § 11 Положения о питьевой воде 2001, состояние: сентябрь 2002 г., только как вещество, предназначенное для окисления.

Требования к чистоте установлены в нормативе DIN EN 902. Допустимое добавление к воде составляет 17 мг/л H_2O_2 , максимальная концентрация по завершении подготовки - 0,1 мг/л H_2O_2 .

В сфере питьевой воды перекись водорода применяется главным образом для дезинфекции поверхностей арматур, задвижек и пр.

5.9. Перманганат калия

Перманганат калия, химическая формула: $KMnO_4$, благодаря своему окислительному и альгицидному действию используется при подготовке питьевой воды. Его бактерицидные свойства применяются для дезинфекции оборудования водоснабжения.

В соответствии с Положением о питьевой воде 2001 перманганат калия допущен для окисления содержащихся в воде веществ, однако, не для дезинфекции воды.

Максимально допустимая дозировка составляет 10 мг/л $KMnO_4$.

Требования к чистоте изложены в нормативе DIN EN 12672, таблица 2.

Перманганат калия представляет собой темно-фиолетовые, призматические кристаллы. Насыпная плотность составляет 1,44-1,60 кг/л. Растворимость составляет при 20°C 6,3 г в 100 г воды.

Свободно обращающийся перманганат калия с содержанием минимум 97% KMnO_4 содержит небольшие добавки солей кремниевой кислоты и очень хорошо приспособлен для дозирования в высушенном виде.

На водонасосных станциях используются растворы с массовой долей около 1%, которые в случае необходимости вплоть до дозирования могут разбавляться и дальше. Перманганат калия обладает высокой интенсивностью окраски и может быть опознан по цвету при передозировке, несмотря на относительно низкую концентрацию в подготавливаемой воде.

При дезинфекции оборудования, в частности новых, покрытых цементной смесью трубопроводов снабжения, растворы перманганата калия (обладавая концентрацией до ок. 50 g/m^3) обладают временем воздействия от 12 до 24 часов.

Преимуществом по сравнению с хлором дезинфекция перманганатом калия обладает в этом случае благодаря малой опасности, более легкой транспортировке и лучшим возможностям визуального контроля.

Перманганат калия обладает альгицидным действием особенно на нитевидные альги. Напротив, рост планктонных альг ограничивается лишь немного. Борьба с альгами осуществляется преимущественно в инфильтрационных и реакционных емкостях. Используемая концентрация составляет от 0,5 до 2 g/m^3 .

6. Технологическое оборудование для обработки хлором

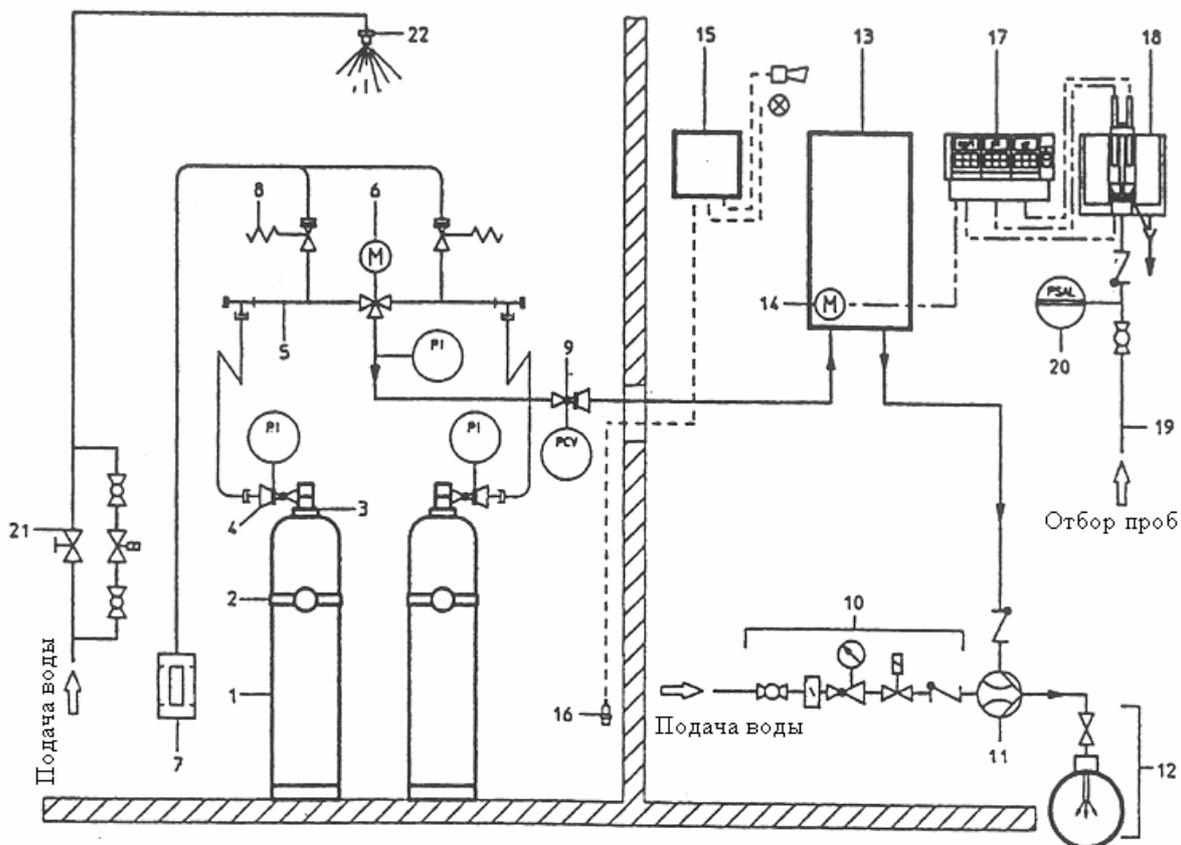
6.1. Установки дозирования хлорного газа

Используемые сегодня приборы дозирования хлорного газа почти все работают по принципу вакуума или полного вакуума и применяются исключительно для косвенного хлорирования. Под косвенным хлорированием при подготовке воды понимается производство хлорного раствора, изготавливаемого на месте применения из хлорного газа и воды. Этот хлорный раствор впоследствии играет роль средства дезинфекции. С внедрением полновакуумных установок по дозировке хлора с точки зрения безопасности более не существует никаких возражений в плане использования хлорного газа.

Под полным вакуумом понимается то, что на всех этапах процесса, т.е. начиная с бутылки (или бочки) хлора и заканчивая местом введения (инжекторным вводом) присутствует разреженная среда. Поэтому при неисправности, будь она в магистрали подвода хлорного газа, в дозирующем устройстве или в газопроводе к инжектору (месту добавления) хлорный газ выйти не может.

В случае нарушения изоляции в систему поступит воздух, а значит риск того, что произойдет утечка хлорного газа, исключен. Таким образом, полновакуумный принцип предлагает максимум безопасности. На рис. 4 изображена полновакуумная установка по дозировке хлорного газа.

Начиная с клапана подключения к бутылки давление хлорного газа, составляющее в ней около 6 бар, снижается до разрежения в –150 мбар. Это гарантирует то, что при нарушении изоляции или даже обрыве магистрали не произойдет утечки хлорного газа. Через автоматически срабатывающий переключатель резервуара производится переключение от пустых к полным бутылкам, что гарантирует непрерывную подачу хлора. В качестве дополнительного устройства безопасности для контроля складского и дозирующего помещения для хлорного газа следует установить устройство сигнализации газовой опасности.



- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Ёмкость с хлором 2. Закрепление ёмкостей с хлором 3. Вентиль (клапан) на ёмкости с хлором 4. Клапан регулирующий вакуум и обратный клапан 5. Вакуумопровод 6. Автоматический переключатель для ёмкости с хлором 7. Адсорбционный фильтр 8. Предохранительный клапан для удаления воздуха 9. Предохранительный вакуумный вентиль 10. Водопроводная арматура 11. Инжектор | <ol style="list-style-type: none"> 12. Введение в систему 13. Полновакуумный дозатор газообразного хлора 14. Электрический мотор 15. Газоанализатор-сигнализатор 16. Чувствительный элемент датчика 17. Измерительные модули с регуляционной функцией для хлора, показателя pH, Редокс-потенциала 18. Проточная арматура 19. Измерительный трубопровод 20. Контрольный измеритель 21. Устройство для распыления воды 22. Распылитель (форсунка) |
|--|--|

Рисунок 4: Схема установки для дозирования хлорного газа по полновакуумному принципу с автоматическим переключением бутылей с хлором, прибором для замера хлора с регулятором и со всеми системами безопасности (водоорошающей установкой, устройством сигнализации утечки хлорного газа) в помещении для хранения хлора.

Чтобы придерживаться предписанных законодателем норм содержания хлора в питьевой воде дозировка хлора должным образом соответствовать количеству воды и показателям распада хлора.

Автоматическая дозировка хлора может осуществляться в соответствии с количеством воды, избытком хлора либо в соответствии с обоими критериями. При постоянном уровне распада хлора в воде регулировка в условиях меняющегося объема воды осуществляется в соответствии с ее протоком. При постоянном протоке воды, однако, меняющемся показателе распада хлора, регулировка осуществляется по избытку хлора. Самым точным и лучшим для обеспечения качества воды является использование обоих параметров.

Предпосылкой для осуществления автоматической дозировки хлора по его избытку является точный замер содержания хлора. Только благодаря надежному, постоянному и достаточно чувствительному замеру хлора автоматическая установка по дозировке хлора может работать удовлетворительно. На предприятиях водного хозяйства зарекомендовали приборы для замера хлора, работающие по принципу деполяризации и обладающие гидромеханической очисткой электродов.

Установки по дозировке хлорного газа в целом применяются для добавления хлорного газа начиная с 5 г/ч до 200 кг/ч.

6.1.1. Установки по испарению хлора

Из емкости с хлором каждый час можно забирать лишь около 1% его изначальной массы заполнения в газообразной форме (например, 650 г/ч из бутылки с хлором, заполненной на 65 кг).

При большем заборе в час из-за повышенного выделения тепла произойдет охлаждение хлора, а значит, возможности забора уменьшатся (внешние признаки: обледенение емкости с хлором). Чтобы этого избежать, следует осуществить подключение нескольких или больших по размеру емкостей. Из-за потребности в тепле при заборе хлора рекомендуется использовать отопление помещения, допустимая температура в соответствии с предписанием по предотвращению несчастных случаев «Обработка воды хлором» составляет минимум 15°C и максимум 50°C . Большие количества хлора целесообразно брать из емкостей с хлором в жидкой форме и преобразовывать в форму газа в особых испарителях хлора. Сжиженный хлор нельзя помещать между запорными арматурами без возможности его расширения.

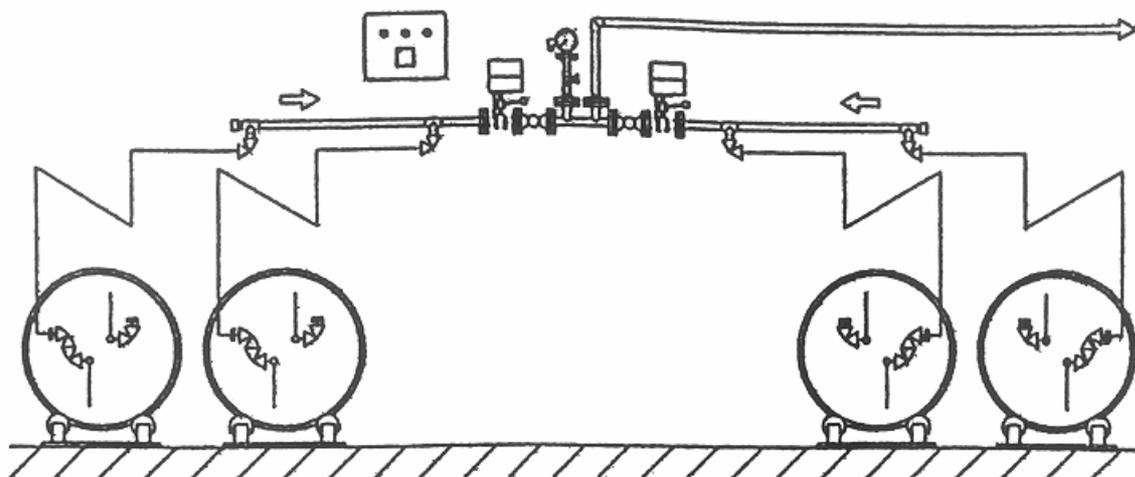


Рис. 5 Подача хлора из ёмкости для хранения жидкого хлора с с автоматическим переключателем от пустой к полной ёмкости.



Рис. 6 Подача газообразного хлора для транспортировки и установка ёмкостей с хлором в хранилище



Рис. 7 Испаритель жидкого хлора с подводными трубами для жидкого хлора и отводным трубопроводом для газообразного хлора, оборудованный регуляторами давления

Применение испарителя хлора рекомендовано, когда объем дозировки превышает 40 кг хлора в час.

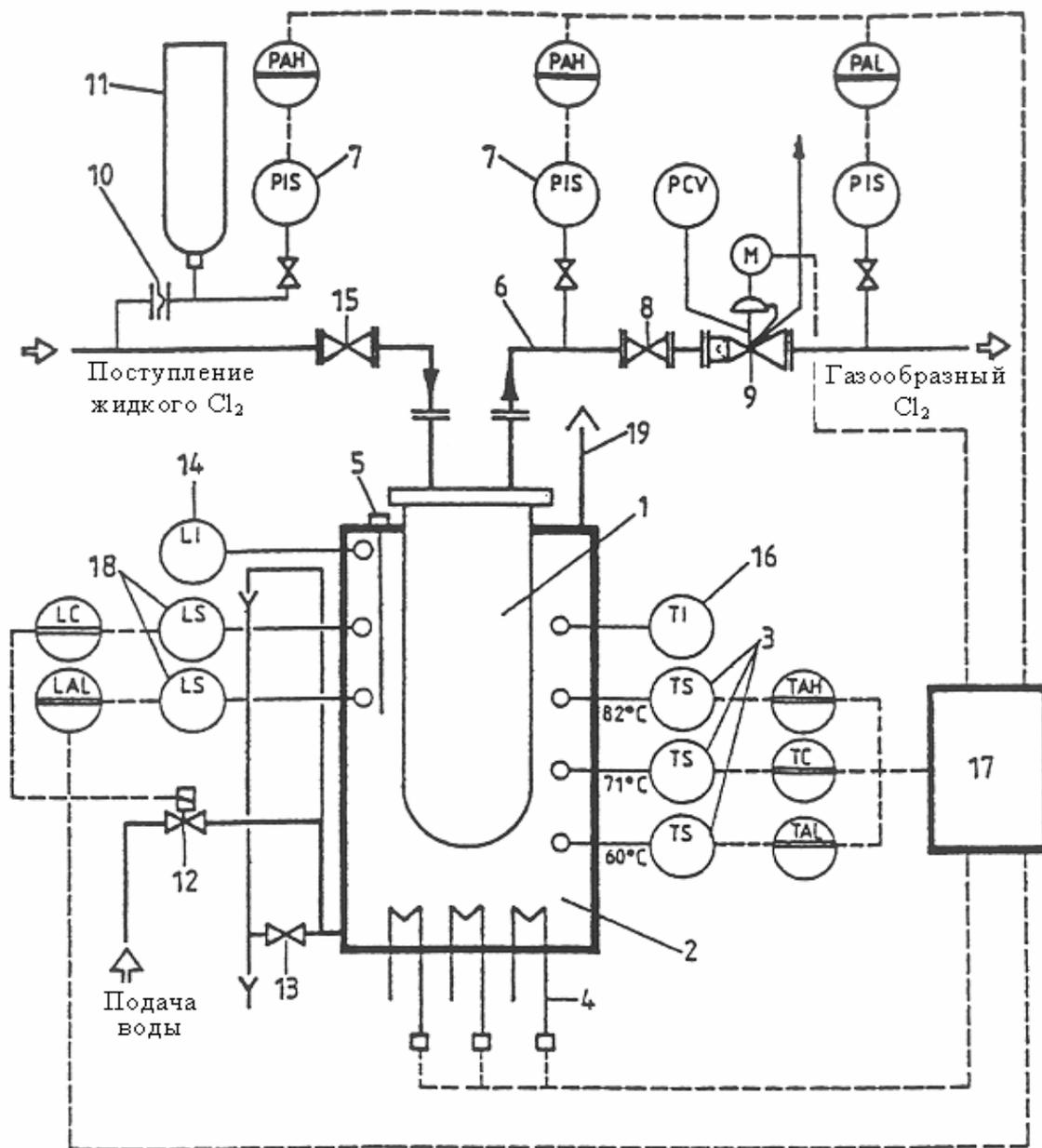
Испаритель необходим, когда жидкий хлор берется из больших резервуаров.

Электрические нагревательные элементы подают тепло для водяной ванны. Вместо электрического подогрева испаритель может эксплуатироваться с прямым паровым подогревом.

Напорный резервуар состоит из стального цилиндра с проверенным давлением в 60 бар. Напорный резервуар и резервуар водяной ванны защищены от коррозии тремя магниевыми анодами.

Резервуар водяной ванны оцинкован снаружи и внутри. Благодаря специальной защитной изоляции избегаются тепловые потери. Все элементы испарителя размещены в корпусе из полиэстера, усиленным стекловолокном. Корпус легко снимается, что обеспечивает доступность и возможность обслуживания деталей испарителя. На встроенной панели управления размещены индикаторы уровня воды и температуры, а также амперметр для устройства защиты катодов.

В отдельном шкафу управления находится все оборудование для управления и контроля над испарителем. Все важные функции индицируются лампами контроля эксплуатации и индикации поломок.



- | | |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Напорный резервуар для жидкого-газообразного хлора (Cl_2) 2. Водяная баня, около 70°C 3. Термостат 4. Погружной электронагреватель 5. Аноды для защиты от коррозии 6. Подача газообразного хлора (Cl_2) 7. Контактный манометр 8. Трубопроводная (запорная) арматура 9. Редуктор и запорный клапан с мин. контактным манометром | <ol style="list-style-type: none"> 10. Предохранительная мембрана 11. Расширительный сосуд (компенсатор) 12. Водяная баня – подводящая арматура 13. Водяная баня – выпускная арматура с устройством для слива 14. Водяная баня – уровнемер 15. Запорная арматура 16. Показатель температуры 17. Прибор управления 18. Переключатель уровня 19. Вентиляция (деаэрация) |
|---|---|

Рис. 8 Схема испарителя хлора

Испаритель хлора работает следующим образом: Жидкий хлор из складского резервуара через погружную трубу попадает сверху в стальной напорный резервуар. В то время как погружная труба для жидкого хлора достает почти до дна напорного резервуара, забор хлора осуществляется с помощью короткой заборной трубы. Такой порядок ограничивает давление в стальном напорном резервуаре давлением подключенного складского резервуара.

Жидкий хлор проходя через водяную ванну нагревается и переходит в форму газа. Редукционный клапан на выходе испарителя не дает хлорному газу обратного хода после этого клапана.

Уровень жидкости в стальном напорном резервуаре автоматически подстраивается под забор хлорного газа. Если уровень забора постоянен, то давление газа в резервуаре уменьшается, а уровень жидкости растет. Это увеличивает площадь теплообмена и происходит испарение большего количества жидкости. Давление газа увеличивается до тех пор, пока оно не будет находиться в равновесии с давлением подачи. Уменьшение забора хлорного газа имеет обратное действие.

Температура водяной ванны регулируется до уровня 71°C. Аварийные выключатели срабатывают при превышении и снижении температуры от допустимого уровня и контролируют, таким образом, регулировку температуры.

С выхода от испарителя хлорный газ через запорный и редукционный клапан с электрическим или пневматическим приводом, поддерживающий желаемый уровень рабочего давления, попадает в устройство дозирования хлорного газа.

Эксплуатационную безопасность обеспечивают следующие устройства:

- Конструкция испарителя обеспечивает самостоятельно регулировку уровня жидкости в стальном напорном резервуаре, в зависимости от объема забора или требуемой площади теплообмена.
- Предохранительная шайба, давление срабатывания: 14,5 или по выбору 22 бар, в соединении с расширительной емкостью и контактным манометром защищают магистраль сжиженного газа от недопустимого избыточного давления.
- Автоматический запорный и редукционный клапан давления на выходе испарителя, соединенный с миниконтактным манометром, защищает последующее оборудование от контактов со сжиженным газом. Клапан закрывается также при срабатывании миниконтакта температуры воды.
- Максиконтактный манометр на выходе испарителя защищает напорный резервуар в случае ошибок в управлении (закрыт клапан включения и выключения, включен подогрев).
- Аварийные выключатели минимального (60°C) и максимального (82°C) уровня температуры контролируют работу регулирующих термостатов для водяной ванны.
- Отдельный шкаф управления обеспечивает электрическую блокировку функций безопасности и сообщает о неисправностях с помощью безпотенциального сигнала общей тревоги.



Рис. 9 Дозирующее оборудование для газообразного хлора для протяженных трубопроводов. Максимальная загрузка хлора 200 кг/час

6.1.2. Устройства, обеспечивающие безопасность в хранилищах хлора и помещениях для дозирования хлора

В предписании по предотвращению несчастных случаев «Обработка воды хлором» имеются положения о строительстве и оснащении помещений для хлора в форме газа, по эксплуатации установок для хлорного газа, а также по их проверке и личному защитному оснащению.

Приведенные в данном предписании по предотвращению несчастных случаев рекомендации выполнения работ указывают, как можно достичь целей защиты.

Они не исключают иных, как минимум таких же надежных решений, имеющих место в технических правилах других государств-членов Европейского Союза и других государств – участников соглашения о Европейском экономическом пространстве.

Указания, кроме того, содержат прочие пояснения к предписаниям по предотвращению несчастных случаев.

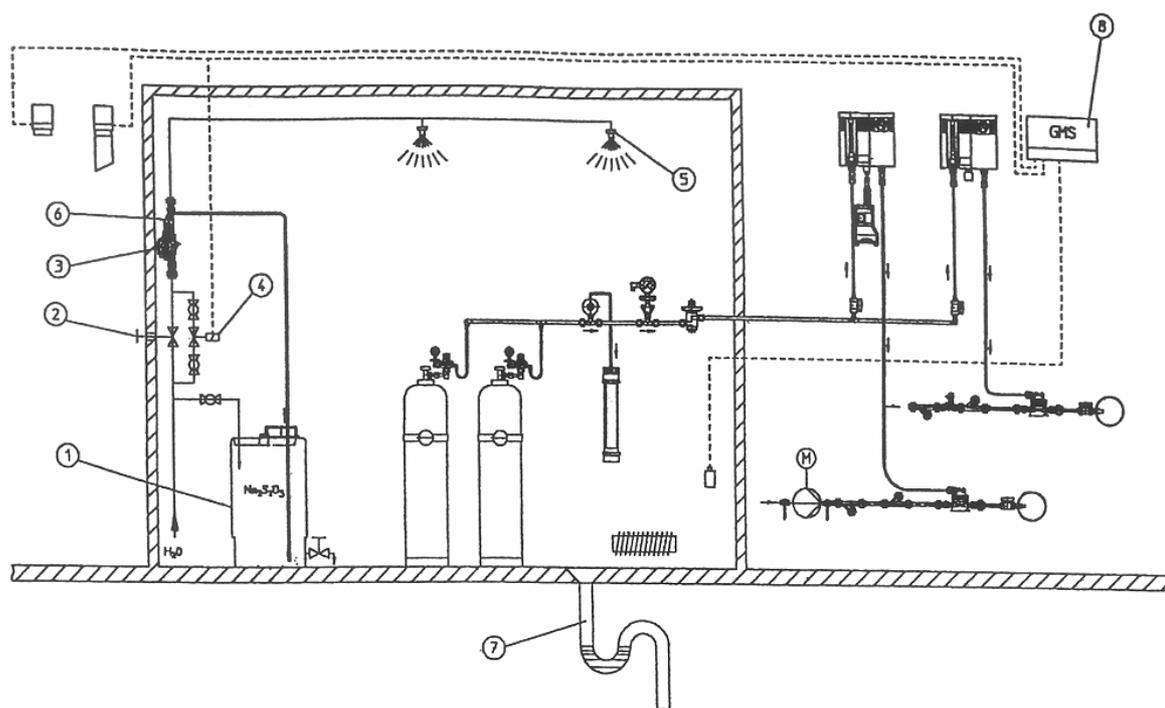
В главе 3.5. имеется контрольный список с вопросами по важнейшим параграфам предотвращения несчастных случаев. В каждом вопросе имеется ссылка на соответствующий параграф и абзац Положения о предотвращении несчастных случаев.

Здесь с помощью рис. 10 следует остановиться на важнейшем оборудовании, обеспечивающем безопасность в помещении для хранения хлорного газа: Это установка водяного орошения,

водяная магистраль с изоляцией воздушного пространства и сигнализация наличия опасности от хлорного газа.

В этом случае в воду для орошения добавляется раствор тиосульфата натрия (антихлор), чтобы увеличить эффективность нейтрализации хлорного газа.

На рисунке 10 изображено оборудование, позволяющее конденсировать вышедший хлорный газ и нейтрализовать его химическими методами.



1. Ёмкость с мешалкой или измельчителем
2. Запорный кран. Должен включаться вне пределов хлорохранилища
3. Инжектор
4. Магнитный вентиль
5. Распылитель (форсунка)
6. Заслонка в проточном трубопроводе
7. Сток с гидравлическим (водяным) затвором
8. Газоанализатор-сигнализатор

Рис.10 Предохранительное и защитное оборудование в помещении хлораторной.
Для образования водяной завесы используется тиосульфат натрия (антихлор).



Рис.11 Сигнальный прибор для определения газообразного хлора

Установка состоит из емкости-насадки с мешалкой для ручной трамбовки или соответствующим электрическим устройством, в котором производится подготовка раствора тиосульфата натрия в виде 2%-го раствора.

Емкость-насадка должна устанавливаться в помещении для складирования хлора, однако может находиться вне помещения для хлорного газа. В любом случае, однако, она должна быть защищена от замерзания.

В подводящей магистрали установки водяного орошения установлен инжектор с всасывающим устройством. В магистрали всасывания находится заслонка, играющая ведущую роль для объема поступающего раствора тиосульфата натрия.

При задействовании установки водяного орошения через инжектор происходит подача раствора тиосульфата натрия, который добавляется к воде для орошения.

6.1.3. Установка для нейтрализации хлора

В хранилищах бочек с хлором, вмещающих, как правило, до десяти бочек по 500 или 1000 кг, используются устройства абсорбции хлорного газа (установки для уничтожения хлора). Они эксплуатируются с натровой щелочью и тиосульфатом натрия.

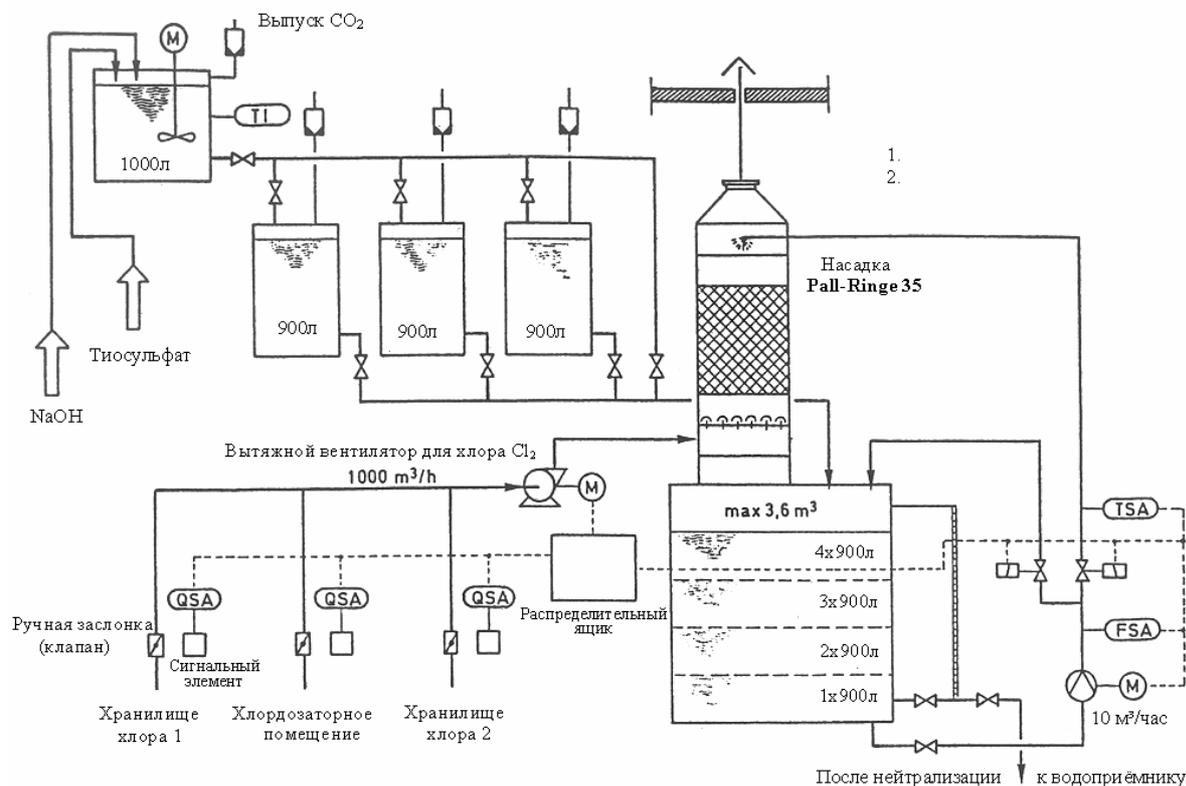


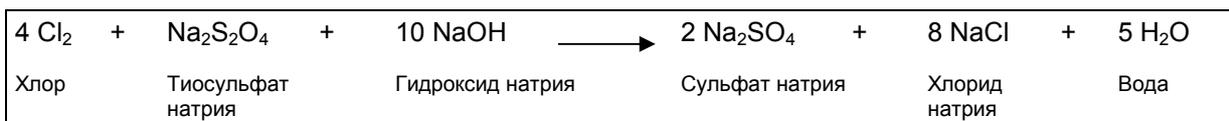
Рис. 12 Оборудование для поглощения хлора с вытяжным вентилятором и оросительной башней. В качестве промывочной жидкости (мощего раствора) используется смесь тиосульфата натрия и раствора едкого натра.

Для отвода и уничтожения выходящего хлорного газа используются установки рабочей воды или вентиляторы, подключенные к башенной градирне с насадочной колонной.

На рисунке 12 схематически изображена действующая установка по уничтожению хлора, рассчитанная на хранилище хлора с 2 х 500 кг бочками хлора.

Для химической нейтрализации хлорного газа используются растворные смеси из натровой щелочи (NaOH) и тиосульфата натрия (Na₂S₂O₃). Эта жидкость проводится через башенную градирню (высота 2,70 м, диаметр 1,20 м) с насадочной колонной в 1,50 м. Резервуар для мощей жидкости имеет полезный объем в 3,6 м³.

Нейтрализация хлорного газа происходит по следующему уравнению:

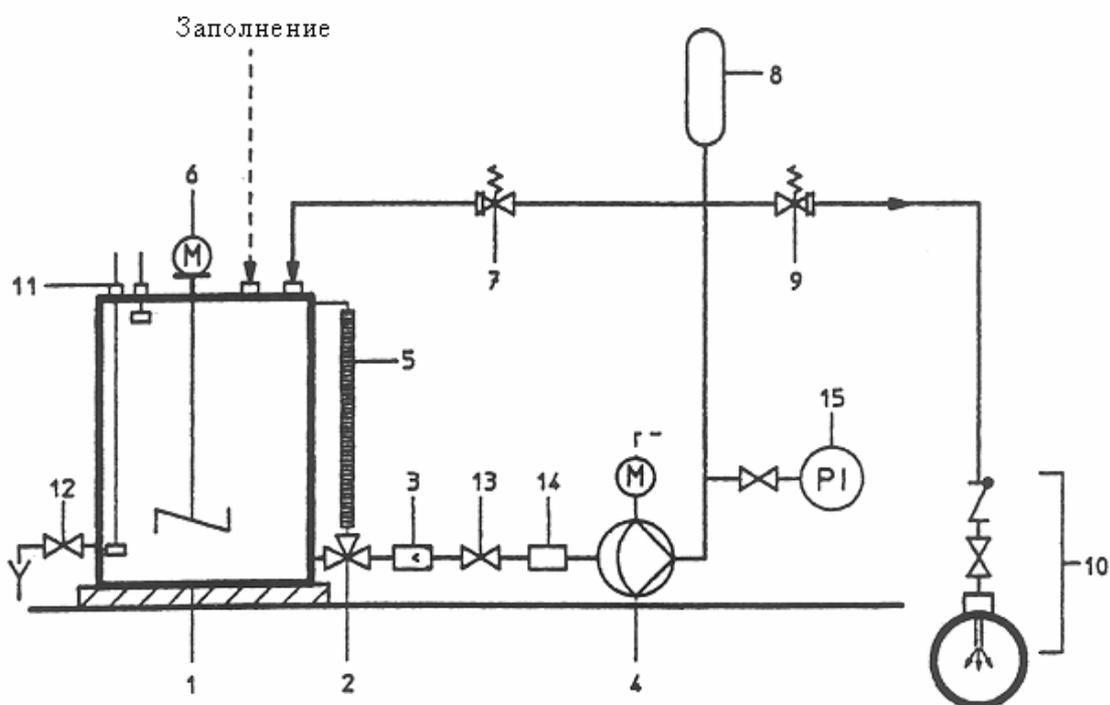


Продуктом реакции является нейтральная соляная кислота, которая может быть отведена при соответствующем растворении в приемник.

6.2. Установки для дозирования гипохлорита натрия

Дозировка раствора гипохлорита натрия осуществляется из резервуаров, как правило, с помощью мембранных насосов. Магистраль на стороне забора по возможности короткая и как минимум на одну номинальную длину больше, чем напорная магистраль. Преимуществом пользуется малая высота подачи жидкости. Дозировочные магистрали за насосом должны укладываться с подъемом, что позволяет избежать помех от пузырьков газа.

Чтобы защитить дозировочные магистрали от гидравлических ударов (см. рисунок 13), следует установить соответствующий смягчитель пульсаций (см. рис. 13). Имеющийся в этом смягчителе объем газа сжимается и принимает пульсации давления. С помощью последующего клапана для поддержания напора достигается почти равномерный объемный поток.



- | | |
|--|---|
| 1. Ёмкость | 9. Арматура для поддержания напора |
| 2. Переключательная арматура | 10. Предохранитель обратного замыкания |
| 3. Фильтр | 11. Уровнемер |
| 4. Насос-дозатор | 12. Сливной кран ёмкости |
| 5. Контрольно-измерительная труба | 13. Запорная арматура |
| 6. Смеситель | 14. Раструб трубы для дегазации (деаэрации) |
| 7. Предохранитель избыточного давления | Манометр |
| 8. Пульсационный амортизатор | |

Рис. 13 Дозирующая установка для раствора гипохлорита натрия

Засорения на устройстве ввода за счет образования жесткости, возможно избежать с помощью особой конструкции этого устройства.

6.3. Установки электролиза хлора

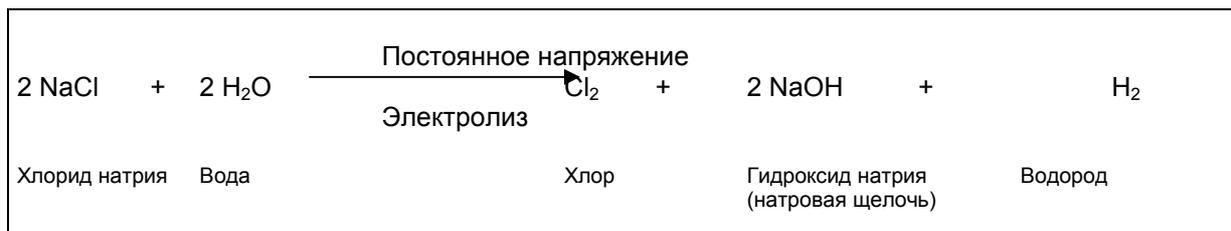
Установки для электролиза хлора применяются везде, где по причинам безопасности запрещается транспортировка, хранения и дозировка хлорного газа.

Если хотят исключить недостатки ограниченного хранения стандартного раствора гипохлорита натрия, можно получить раствор гипохлорита натрия на месте электролизом хлора, а впоследствии использовать полученный раствор без долгого промежуточного хранения и соответственно без потерь хлора.

Если сравнить друг с другом эксплуатационные расходы на отдельные средства обработки хлором (см. таблицу 23) друг с другом, то собственное производство раствора гипохлорита натрия на установках электролиза оказывается особенно выгодным. За счет собственного выбора используемой для электролиза соли можно в дальнейшем минимизировать содержания бромата в самостоятельно производимом растворе.

Здесь действует правило: Чем меньше содержание бромата в соли для электролиза, тем меньше бромата будет произведено в подготовленном растворе гипохлорита натрия. Исследованные до сих пор стандартные растворы гипохлорита натрия содержали до 20 мг бромата на литр.

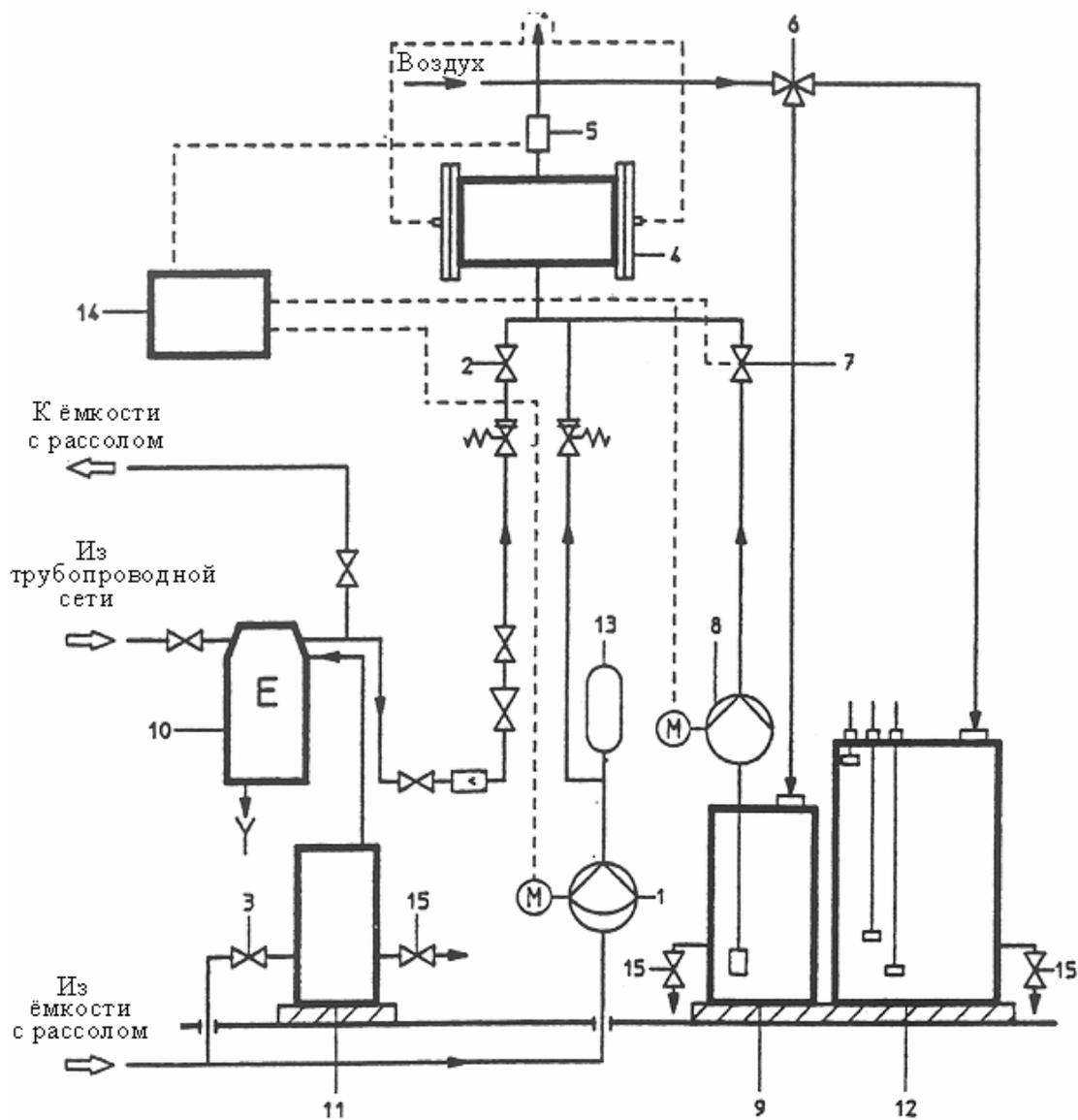
Производство раствора гипохлорита натрия электролизом NaCl осуществляется при соблюдении определенных условий при подаче постоянного напряжения. Реакции, протекающие при электролизе раствора хлорида натрия, приведены в следующих уравнениях.



Для производства раствора гипохлорита натрия на месте имеются два различных процесса: установки для электролиза без и с мембранами. В то время как установки без мембраны имеют расположенные в одной трубе аноды и катоды (трубчатые установки для электролиза), в установках электролиза с мембраной анод отделен от катода мембраной.

6.3.1. Трубчатые установки для электролиза

Трубчатая установка для электролиза состоит в основном из емкости для соляного раствора с насосом для дозирования, электролизной камеры с выпрямителем, где переменный ток преобразуется в постоянный, а также емкостью для подготовленного раствора гипохлорита. На рисунке 14 изображена схема процесса электролиза в трубчатой установке.



- | | |
|--|--|
| 1. Насос-дозатор | 10. Оборудование для уменьшения жёсткости воды |
| 2. Регулирующая арматура | 11. Ёмкость для приема рассола (рассольной воды) |
| 3. Запорная арматура | 12. Ёмкость для NaClO |
| 4. Ячейка для электролиза (электролизер) | 13. Пульсационный демпфер |
| 5. Контроль уровня | 14. Пульт управления |
| 6. Трехходовая арматура | 15. Сливной кран ёмкости |
| 7. Запорная арматура | |
| 8. Циркуляционный насос | |
| 9. HCl – Ёмкость | |

Рис.14 Технологическая схема установки для электролиза



Рис. 15 Оборудование для электролиза со смягчителем воды.
Очистка электродов происходит автоматически с помощью соляной кислоты

Раствор гипохлорита натрия (рассол) готовится из соляных таблеток (хлорид натрия согласно DIN EN 973) и умягченной воды и разбавляется в заключение умягченной водой, прежде чем попадет в камеру электролиза.

Электроды состоят из титана с покрытием из оксидов драгоценных металлов. На поверхности электродов в процессе электролиза возникает повышенная температура, следствием которой являются отложения накипи и гидроксида магния. Поэтому необходимо регулярно проводить очистку электродов соляной кислотой. Процесс очистки происходит автоматически, причем сначала производится осушение камеры электролиза, а затем ее промывка водой. Подготовленный раствор гипохлорита натрия содержит 8 г/л действующего хлора.

Образующийся при электролизе водород разбавляется воздухом с помощью вентилятора и выводится наружу.

Установки для трубчатого электролиза бывают для диапазонов производительности от 100 до 5000 г хлора в час. Из 3 кг соли (хлорида натрия) производится 1 кг хлора.

6.3.2. Мембранная электролизная установка

В мембранной электролизной установке анодная и катодная камера разделены мембраной (см. рис. 16).

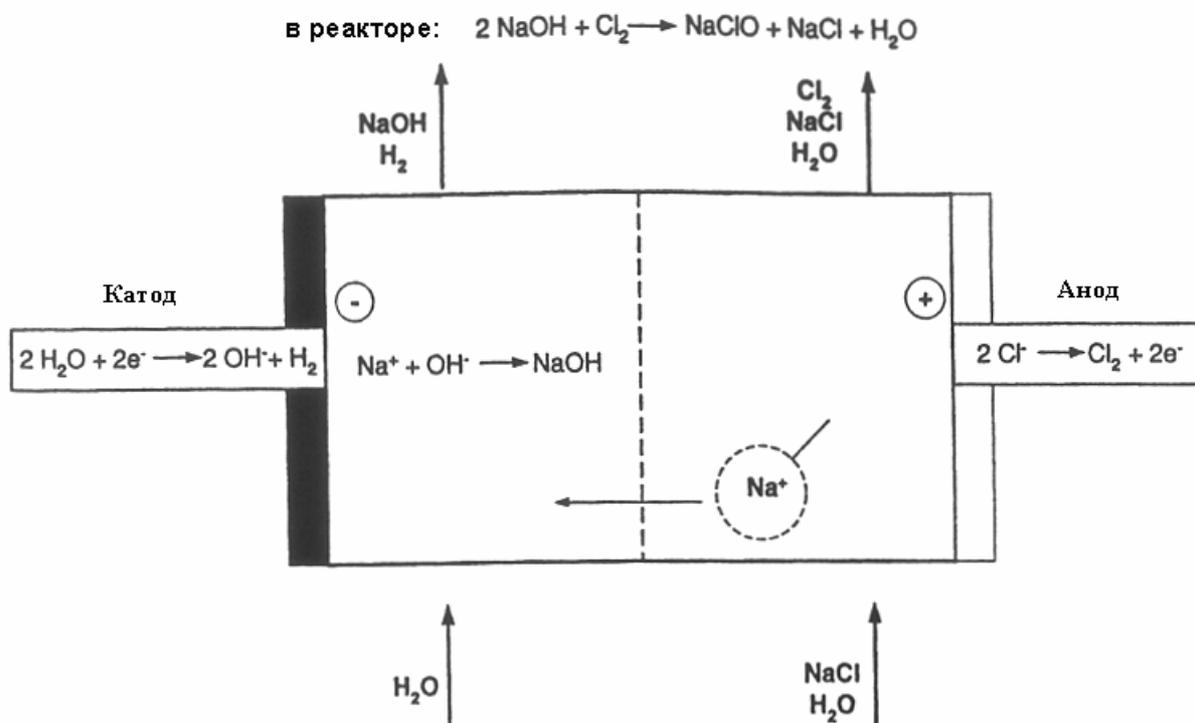


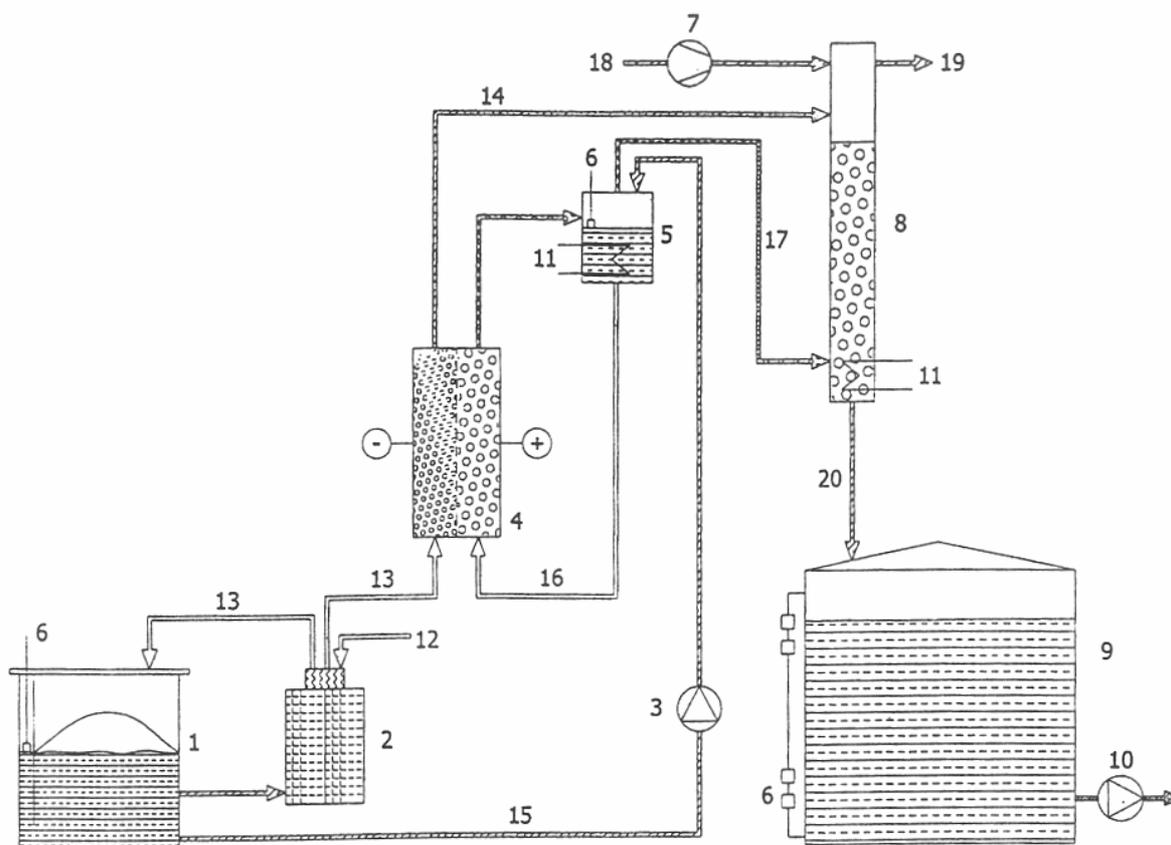
Рис. 16 Физические и химические процессы в мембранно-электролизной ячейке при получении гипохлорита натрия

В анодную камеру подается насыщенный соляной раствор из емкости для рассола. В катодную камеру подается умягченная вода. В катодной камере вода (H_2O) преобразуется в OH^- ионы и водородный газ (H_2). В анодной камере ионы хлорида (Cl^-) окисляются в хлорный газ (Cl_2). Ионы натрия (Na^+) через мембраны переходят в катодную камеру и с ионами OH^- натровую щелочь (NaOH).

Только положительные ионы натрия могут проникнуть через селективную мембрану для ионов. После выхода из анодной камеры образовавшийся хлорный газ отделяется в хлорном сепараторе от тощего рассола – вкратце анолита. Этот рассол снова направляется в анодную камеру. Существует замкнутый контур между анодной камерой и сепаратором хлора. Уровневый выключатель в сепараторе управляет подачей насыщенного рассола, проходящего через дозировочный насос.

Далее хлорный газ подается в реактор, где он вступает в реакцию с освобожденной от водородного газа натровой щелочью из катодной камеры. Отделенный водород разбавляется с помощью вентилятора и безопасно выводится наружу. С помощью двух теплообменников большая часть используемой для электролиза электроэнергии регенерируется. Произведенный раствор гипохлорита натрия попадает в резервуар для хранения продукта, откуда производится его забор с помощью дозирующего насоса и подача к обрабатываемой воде.

На рисунке 17 изображена полная схема процесса на установке мембранного электролиза. С помощью контурного отвода рассола при мембранном электролизе весь хлорид использованной соли (NaCl) преобразуется в действующий хлор. Это значит, что из 1,7 кг соли производится 1 кг хлора. Таким образом, процесс мембранного электролиза является наиболее дешевым методом производства хлора для производства дезинфекции.



- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Ёмкость для раствора соли | 11. Холодная вода |
| 2. Оборудование для смягчения воды | 12. Техническая вода |
| 3. Насос-дозатор для рассола | 13. Вода со сниженной жёсткостью |
| 4. Ячейка для электролиза OSEC-NT | 14. Раствор едкого натра + водород |
| 5. Хлорсепаратор | 15. Насыщенный соляной раствор |
| 6. Переключатель уровня | 16. Анолит |
| 7. Вентилятор | 17. Газообразный хлор |
| 8. Реактор | 18. Воздух |
| 9. Запасная ёмкость для NaClO | 19. Воздух + водород |
| 10. Насос-дозатор для NaClO | 20. Гипохлорит натрия |

Рис.17 Технологическая схема мембранно-электролизной установки



Рис. 18 Современная мембранно-электролизная установка, состоящая из пяти модулей. Производительность 2500г хлора в час

6.3.3. Анодное окисление

Электролитная дезинфекция воды – в немецкоговорящих странах называемая в основном анодным окислением – пока еще сравнительно мало известна. Как и УФ-дезинфекция она работает без добавления химикатов, однако обладает в отличие от нее определенным резервом дезинфекции (потенциалом).

Предпосылкой осуществления «электролизного метода» является наличие в воде ионов хлорида.

Принцип действия

При анодном окислении два или более электрода помещаются в дезинфицируемую воду, и на них подается постоянное напряжение. Здесь не происходит разделения анода и катода мембраной.

С помощью подаваемого между электродами напряжения происходит электролитический распад воды. У анода возникает кислород, а у катода – водород. За счет присутствия ионов хлорида на аноде, кроме того, производится хлор (Cl_2), преобразующийся гидролизом в гипохлорную кислоту и соляную кислоту.

Находящиеся в катода ионы OH^- с ионами натрия образуют натровую щелочь, которая приводит к повышению уровня pH непосредственно на катоде. Затем у катода образуется водород.

В литературе и документации фирм описаны несколько вариантов расположения электродов.

На практике в большинстве случаев используется набор электродов с большим количеством параллельных пластин, состоящих либо из тянутого металла, либо тонкой жести и включаемых либо би- либо однополярно.

Наборы электродов похожи на трубчатую установку для электролиза. Однако электроды установлены прямо в трубопроводе (магистралах для фильтрата) или в байпасе. В качестве материала для электродов сегодня используются исключительно титановые электроды с покрытием.

В ранних публикациях дезинфицирующее воздействие анодного окисления сводится главным образом к окислительному уничтожению соответствующих микроорганизмов на аноде. Однако под этим способом действия следует поставить большой знак вопроса. Сегодня доминирует мнение, что дезинфицирующее действие по большей части связано с окислительным действием веществ, образующихся на аноде. Вещества образуются из ионов хлорида, находящихся в воде и являющихся такой же субстанцией, как гипохлорная кислота и ионы гипохлорита.

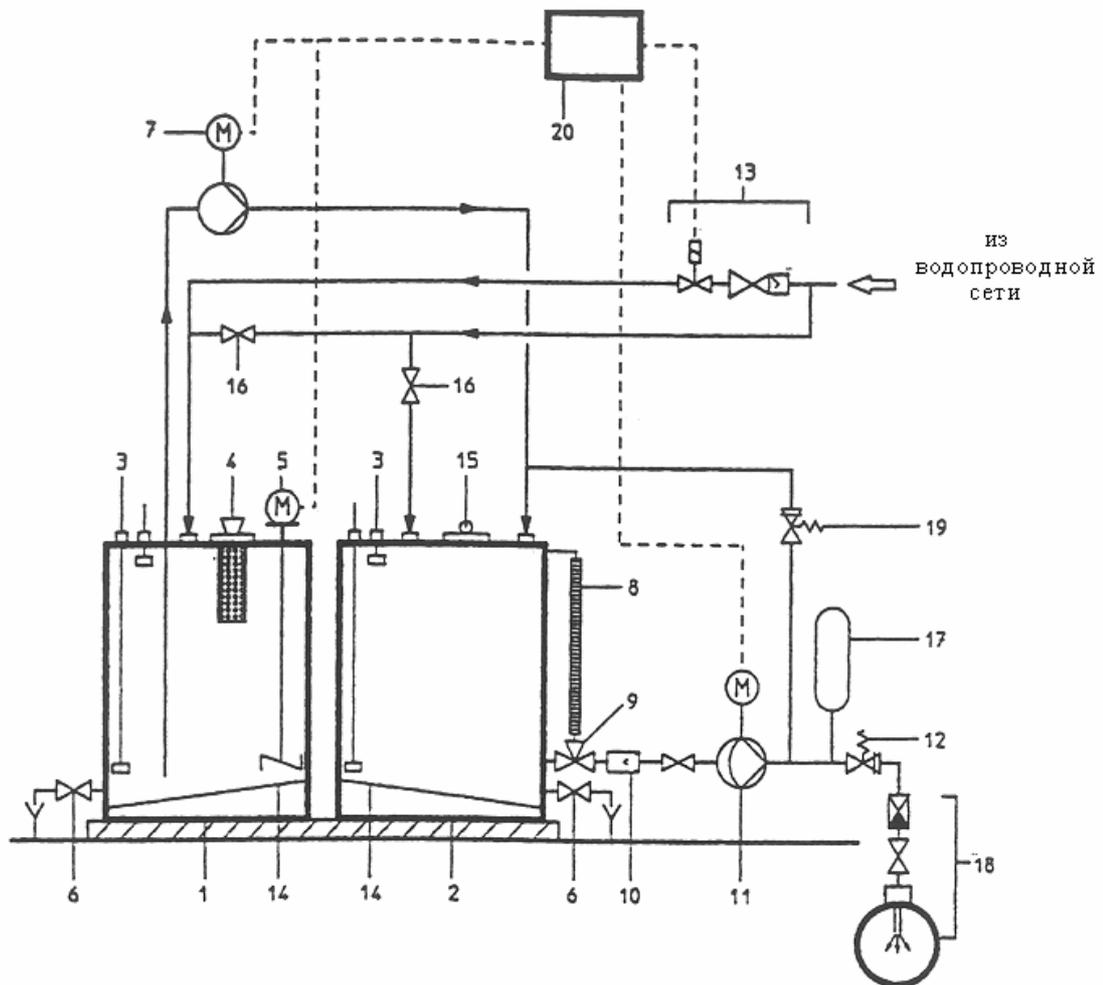
Важнейшими параметрами влияния на всю систему являются:

- содержание хлорида в подлежащей обработке воде
- напряжение соотв. сила тока на специальных электродах камеры электролиза
- температура воды в системе
- длительность пребывания воды в электродной камере, т.е. проток через систему

С помощью подходящих сенсоров, а также замера параметров и их обработки, возможно управлять установкой таким образом, что она будет обладать оптимальной производительностью дезинфекции во всех существенных режимах эксплуатации.

6.4. Установки для дозирования гипохлорита кальция

Гипохлорит кальция является твердым хлорным препаратом, имеющимся в торговле в виде гранулята или таблеток. Для производства раствора для дозирования используется гранулят, содержащий в зависимости от продукта от 65 до 75% действующего хлора.



- | | |
|--|---|
| 1. Ёмкость для приготовления раствора | 12. Арматура для поддержания напора |
| 2. Запасная ёмкость | 13. Арматура для технической воды |
| 3. Уровневый электрод | 14. Наклонные днища |
| 4. Загрузочное отверстие для гипохлорита кальция | 15. Заслонка для очистки и осмотра |
| 5. Перемешивающее устройство с электродвигателем | 16. Арматура для подачи воды для разбавления и промывания |
| 6. Сливное устройство | 17. Пульсирующий демпфер |
| 7. Насос для перелива | 18. Вводное устройство с предохранителем обратного потока |
| 8. Труба для контрольных измерений | 19. Предохранитель избыточного давления |
| 9. Трехходовая арматура | 20. Пульт управления |
| 10. Фильтр | 21. из водопроводной сети |
| 11. Насос-дозатор | |

Рис. 19 Дозирующая установка для гипохлорита кальция

На рис. 19 схематически представлена установка для дозирования. Для приготовления раствора для дозирования используются емкости для растворения и дозирования со скошенным дном, так как гипохлорит кальция содержит ок. 10% нерастворимых частиц. Они осаждаются на дне емкости,

и приблизительно через 30 минут получается прозрачный раствор гипохлорита, которым можно заполнить дозировочную емкость.

Для дозировки используются преимущественно мембранные дозировочные насосы, которыми можно управлять с помощью устройств замера и регулировки избытка хлора.

6.5. Установки подготовки и дозировки диоксида хлора

Диоксид хлора ввиду своих физико-химических свойств производится на месте применения. Для производства важны два процесса:

- процедура хлорит / хлор
- процедура хлорит / соляная кислота

В процессе хлорит / соляная кислота можно исходить из наличия растворенного исходного раствора (раствор хлорита натрия 7,5%, соляная кислота 9%), или работать с концентрированной соляной кислотой, разбавляемой непосредственной перед реакцией.

С недавних пор имеется альтернативный процесс производства диоксида хлора без использования аппаратуры. При этом процессе хлорит натрия и перекисный сульфат натрия вступают в реакцию в форме водных растворов (процесс хлорит / перекись).

Однако данная процедура не приспособлена для обычной водонасосной станции и используется лишь при незначительной потребности в диоксиде хлора.

В принципе наряду с правилами технической безопасности для всех процессов действует следующее:

- используемый хлорит натрия следует по возможности полностью преобразовывать в диоксид хлора
- при химических преобразованиях следует избегать образования нежелательных побочных продуктов, например, хлората
- стабильный раствор диоксида хлора имеется в наличии длительное время
- концентрация производимого раствора диоксида хлора не должна превышать для соблюдения безопасности 5 г/л ClO_2 .

6.5.1 Процедура хлорит / хлор

Для производства диоксида хлора по методу хлорит / хлор используется хлорный газ и стандартный 24,5%-ый раствор хлорита натрия. На рис. 20 изображена установка для подготовки диоксида хлора, работающая по методу хлорит / хлор.

Из хлорного газа, количество которого (г/ч) регулируется на полновакуумном приборе для дозировки хлора, и воды в инжекторе производится хлорный раствор, который затем поступает в емкость для реакции.

Концентрация хлорного раствора должна составлять минимум 3 г/л Cl_2 .

Одновременно из резервуарной емкости с помощью дозировочного насоса поступает раствор хлорита натрия (300 г/л = 24,5%), который также поступает в емкость для реакции. Количество раствора хлорита натрия индицируется на индикаторе потока.

Минимальное время реакции в емкость составляет 4-5 минут.

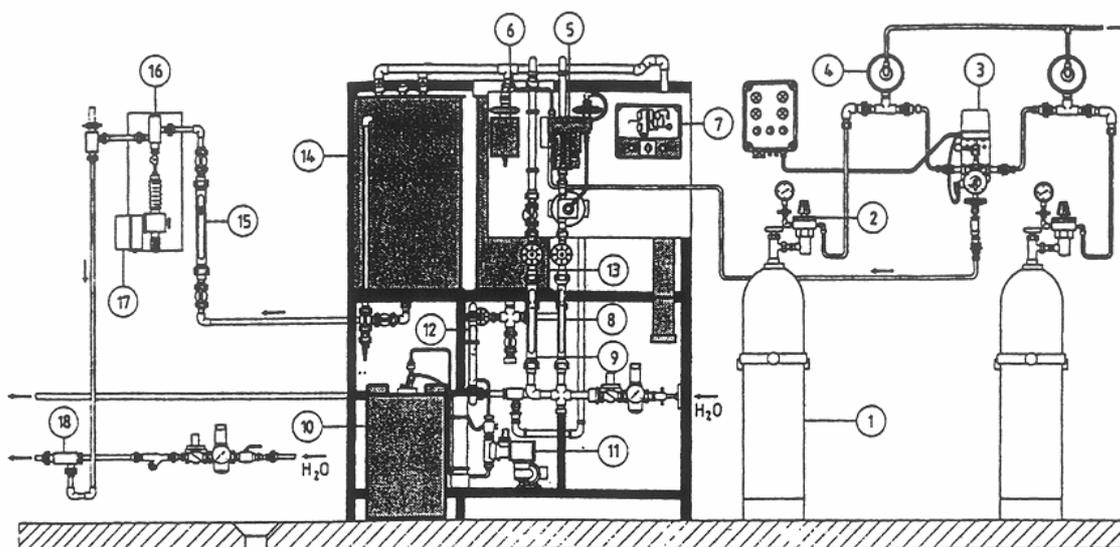
Весовое соотношение хлора к хлориту натрия составляет при реакции 1:1,9 (хотя стехиометрическое преобразование составляет 1:2,55) и достигается преобразование хлорита натрия в диоксид хлора на 98%.

По окончании реакции и до поступления раствора диоксида хлора в резервуарную емкость добавляется вода для разбавления. Объем разбавляющей воды зависит от желаемой концентрации использования диоксида хлора. Для безопасности она не должна превышать 5 г/л ClO_2 .

Подготовленный исходный раствор диоксида хлора при заданной настройке соотношения хлора и хлорита натрия 1:1,9 почти не содержит хлора. Во время заполнения инжектор засасывает выходящий из раствора диоксида хлора в емкости газ диоксида хлора и растворяет его в воде. При остановке приемник воды защищает от утечки газа.

Устройства контроля и безопасности установки заблокированы системой управления таким образом, что постоянно гарантируется соотношение хлора и хлорита натрия, а также выбранная концентрация исходного раствора.

Дозировка раствора диоксида хлора может осуществляться с помощью инжекторов (рис. 20) и дозировочных насосов. При меняющемся объемном потоке питьевой воды должна меняться и дозировка. При прекращении потока воды дозировка должна быть прекращена.



- | | |
|---|---|
| 1. Баллон с хлором | 9. Ёмкость для транспортировки раствора
натриумхлорита |
| 2. Устройство для подключения баллона | 10. Насос-дозатор для натриумхлорита |
| 3. Вакуумный переключатель для
баллонов с хлором | 11. Расходомер для раствора
натриумхлорита |
| 4. Вентиль для выпуска воздуха | 12. Реактор |
| 5. Вакуумный дозатор для газообразного
хлора | 13. Ёмкость для раствора хлордиоксида |
| 6. Вакуумный переключатель | 14. Расходомер |
| 7. Шкаф комплектного
распределительного устройства с
мимической мнемосхемой | 15. Регулирующий вентиль |
| 8. Расходомер для инжекторной подачи
воды | 16. Серводвигатель (сервомотор) |
| | 17. Отсасывающий инжектор для раствора
хлордиоксида |

Расходомер для воды для разбавления

Рис. 20 Установка для получения и дозирования хлордиоксида по хлорит-/хлорной технологии.

Процесс хлорит / хлор обладает тем преимуществом, что установки для приготовления дают возможность регулировки исходного раствора во всех соотношениях между хлором и диоксидом хлора.

Установки по подготовке диоксида хлора, содержащий только диоксид хлора, а также хлор в различных пропорциях. В зависимости от регулировки соотношения хлорита натрия и хлора может быть произведен исходный раствор диоксида хлора, который либо не будет содержать хлора, либо в котором его будет содержаться много.

Это является особым преимуществом процесса хлорит / хлор, когда следует произвести дезинфекцию поверхностной воды, в которой большой показатель уровня ТОС. С помощью соответствующего исходного раствора можно противодействовать сильному образованию хлорита, а также производству тригалогенметанов.

За счет использования смеси диоксид хлора – хлор можно соблюсти предельные показатели содержания тригалогенметана и хлорита.

6.5.2 Процесс хлорит / соляная кислота

Использование исключительно жидких исходных веществ допускает несколько вариантов устройства установки.

Различия идут по:

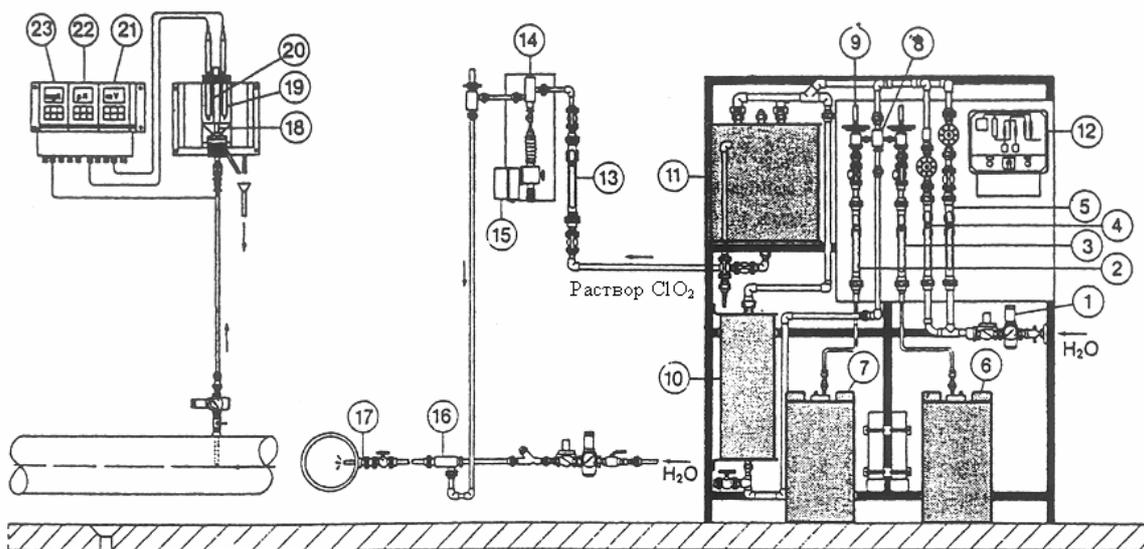
- концентрации используемых химикатов хлорита натрия и соляной кислоты
- способу эксплуатации оборудования с постоянным или не постоянным режимом работы

Во всех случаях раствор хлорита натрия с соляной кислотой преобразуется в реакторе в диоксид хлора. Серная кислота (H_2SO_4) из-за малого выхода диоксида хлора и вынужденно более долгого времени реакции не применяется.

При не постоянном использовании оба исходных вещества и вода для разбавления через инжекторы или насосы для дозировки поступает в реактор. Непосредственно после этого для безопасности происходит необходимое разбавление раствора до концентрации ок. 2 г/л, прежде чем он попадет в резервуарную емкость. Она эксплуатируется без давления, причем следует обеспечить вентиляцию и вытяжку (приемник воды, отсасывающий инжектор). Встроенные уровневые выключатели начинают и завершают заполнение и периодическую подготовку диоксида хлора. Выход и скорость реакции увеличиваются повышением концентрации реактивов, избытка кислота (низкий уровень pH) и температуры. Как уже упомянуто, ионы хлорида ускоряют реакцию, а с серной кислотой достигаются значительно худшие результаты.

Практика при использовании этого метода показала, что при концентрациях ClO_2 от 15 г/л до 20 г/л в реакторе можно достичь выхода от 85% до 90%, а также быстрой установки равновесия (требуемое время реакции 7 - 10 мин. при $\geq 15^\circ C$ и 10 – 15 мин. при $< 15^\circ C$) при уровне применения кислоты более чем в 350%.

На рисунке 21 показана установка по подготовке диоксида хлора, работающая с разбавленным раствором хлорита натрия (7,5%) и разбавленной соляной кислотой (9%), и где дозировка раствора диоксида хлора в питьевую воду осуществляется в виде частично разбавленного в последующем потока.



- | | |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Редуктор 2. Расходомер с концевым (предельным) выключателем для соляной кислоты 3. Расходомер с концевым (предельным) выключателем для раствора натрияхлорита 4. Расходомер с концевым (предельным) выключателем) для инжектора с технической водой 5. Расходомер с концевым (предельным) выключателем для воды для разбавления 6. Ёмкость для раствора натрияхлорита 7. Ёмкость для соляной кислоты 8. Отсасывающий (вытяжной) инжектор 9. Вентиль регулирующий вакуум 10. Реактор 11. Запасная ёмкость для раствора хлордиоксида | <ol style="list-style-type: none"> 12. Пульт управления и система электронных предохранителей с мимической мнемосхемой 13. Расходомер с концевым (предельным) выключателем для раствора хлордиоксида 14. Регулирующий вентиль 15. Серводвигатель 16. Отсасывающий инжектор для раствора хлордиоксида 17. Впрыскивающая труба 18. Хлор-электродная система 19. Редокс-электроды 20. pH-электроды 21. Редокс измерительный усилитель 22. pH измерительный усилитель с цифровым регулятором 23. Хлор измерительный усилитель с цифровым регулятором 24. Раствор ClO_2 |
|---|---|

Рис. 21 Установка для получения и дозирования хлордиоксида по технологии хлорит-/соляная кислота

В процессе хлорит / кислота реакция исходных веществ происходит в объемном соотношении 1:1, поэтому для их добавления следует подготовить резервуары одинаковой емкости. Размеры этих емкостей определяются в зависимости от ожидаемого расхода и вместимостью подвозящего транспорта.

Так как резервуары рассчитаны на безнапорную эксплуатацию при их заполнении и осушении следует обеспечить надлежащую вентиляцию и вытяжку.

Также следует гарантировать, что при поломках и утечках соответствующие химикаты не смешаются, будут надежно собраны и соответствующим образом утилизированы.

Соляные кислоты и хлорит натрия являются едкими и раздражающими веществами. При работе с такими веществами следует обратить внимание обслуживающего персонала на возможные опасности и проинформировать его о необходимых мерах защиты. Следует принимать меры защиты и соблюдать правила техники безопасности в соответствии с действующими предписаниями по охране труда и предотвращению несчастных случаев, а также в соответствии с техническим уровнем, медициной труда и правилами гигиены, а также прочими зарекомендовавшими себя знаниями в области науки о труде.



Рис. 22 Установка для получения и дозирования хлордиоксида по технологии с использованием хлорита и соляной кислоты в разбавленном растворе. Производительность установки до 250 г хлордиоксида в час.

6.7. Передвижные установки для хлорирования трубопроводов и резервуаров с целью их обеззараживания.

Для обеспечения населения гигиенически безупречной питьевой водой, очищена от патогенных бактерий, вирусов и паразитов должна быть не только вода, но и оборудование, используемое предприятиями водоснабжения: трубопроводы, ёмкости (резервуары), арматура и насосы. Обеззараживание всего оборудования необходимо проводить перед началом эксплуатации, после каждого ремонта или длительных перерывов в эксплуатации.

Все вышеперечисленное оборудование предприятий водоснабжения, используемое для хранения или распределения питьевой воды должно быть всегда в гигиенически безупречном состоянии независимо от того вводится ли в эксплуатацию новое оборудование, отремонтировано уже бывшее в эксплуатации или же вновь запущен в работу не действовавший какое-то время блок. Во всех этих случаях необходимо провести обеззараживание оборудования, чтобы предотвратить угрозу загрязнения питьевой воды патогенными микроорганизмами. Обеззаражена должна быть как подаваемая вода, так и всё

оборудование системы водоснабжения (резервуары, ёмкости, трубопроводы, арматура, насосы, фильтры, колодцы).

Резервуары, трубопроводы и т.д. являются согласно немецкому закону о продуктах питания «предметами первой необходимости», которые используются при обработке воды и находятся в непосредственном контакте с ней. Согласно этому закону вновь прокладываемые трубопроводы, например, должны быть тщательно обеззаражены для предотвращения распространения микробиологического загрязнения с питьевой водой.

Разрешённые средства дезинфекции и их максимально допустимые количества определены Предписанием о питьевой воде. Для обеззараживания оборудования всей системы водоснабжения используются эти же средства за исключением озона и ультра-фиолетового излучения. Предельно-допустимые концентрации реагентов определенные Предписанием для питьевой воды не всегда достаточны для надежного обеззараживания оборудования станций водоснабжения. Поэтому после каждой дезинфекции резервуаров и водопроводов проводится их тщательное промывание, чтобы в дальнейшем состав питьевой воды соответствовал жестко установленным нормативам.

Уже на стадии планирования и строительства систем водоснабжения должны соблюдаться меры предосторожности, препятствующие проникновению микроорганизмов через воздух, персонал, рабочие инструменты и т.д. При выборе строительных материалов (арматура, трубы, уплотнители материал, краска и т.д.) нужно обращать внимание на свойства материала, способствующие предотвращению микробиологического загрязнения. Используемые материалы не должны способствовать размножению микроорганизмов, и в то же время должны быть устойчивыми к реагентам, используемым для обеззараживания. Уже во время монтажа оборудования и строительных работ в системе водоснабжения необходимо вести профилактические работы с целью предотвращения возможного микробиологического заражения частей системы.

В качестве дезинфицирующих реагентов для подготовки питьевой воды используются газообразный хлор в стальных сосудах, сжиженный под давлением, раствор гипохлорита натрия или гипохлорит калия в виде гранул или таблеток.

Для дезинфекции арматуры, оборудования, заслонок и т.д. используют перекись водорода и раствор перманганата калия. Выбор реагента зависит от назначения, местных обстоятельств и наличия передвижного дозирующего оборудования. Все дезинфицирующие средства применяются в виде водного раствора. В то же время гипохлорит кальция может применяться также и в форме таблеток.

Обеззараживающее действие хлора и его неорганических соединений зависит не столько от формы средства сколько от его концентрации, скорости поглощения хлора, жесткости и значения pH воды.

Кроме того, решающую роль играют длительность воздействия и растворимость дезинфицирующего средства в воде.

6.7.1 Проведение обеззараживания

Метод дезинфекции системы питьевого водоснабжения определяется местными условиями. Особое внимание уделяется обеззараживанию оборудования - резервуаров, ёмкостей, насосов и трубопроводов, а также колодцев, скважин и фильтров.

6.7.2. Предварительная очистка и промывание

Перед обеззараживанием резервуаров для питьевой воды необходимо провести тщательную предварительную очистку. Во избежание затвердения осадков такую очистку надо проводить, по возможности, сразу после спуска воды. С помощью механической очистки гидроокислы железа и другие не сильно затвердевшие налёты и осадки могут быть удалены. Это делается с помощью водяной струи или механического трения. Наилучший результат достигается водной струей под большим напором.

Для сокращения времени очистки и облегчения работы существуют на сегодняшний день химикалии, хорошо действующие даже при сильно приставших загрязнениях. Эти вещества наносятся на поверхность или добавляются в воду при чистке струёй под большим давлением. Часто средства для чистки, находящиеся в продаже, содержат дезинфицирующие компоненты, действие которых при сильных загрязнениях ограничено. В этих случаях должна быть произведена дополнительная дезинфекция. После новой прокладки труб, ремонта водопроводной сети, при вводе в эксплуатацию долго не использовавшегося трубопровода перед дезинфекцией необходимо промывание водой. Это мера помогает в очистке от механических загрязнений, оставшихся после прокладки труб или ремонта. У труб с малым внутренним диаметром промывание водой может в некоторых случаях сделать дополнительную дезинфекцию излишней. Важную роль при этом играют скорость потока (минимум 0,64 м/с) и количество промывающей воды. Если эта скорость не достигается или результаты бактериологического исследования после промывания не удовлетворительные, необходимо провести дополнительную дезинфекцию. При ремонтных работах все используемые трубы, детали и арматура должны быть обработаны слабым хлорным раствором (раствором гипохлорита натрия или гипохлорита кальция) или слабым раствором перекиси водорода. В случае необходимости может быть использован раствор перманганата калия. Специальное обеззараживание насосов как правило не требуется. Большая скорость воды в корпусе насоса обуславливает высокую степень очистки уже в пробном режиме с чистой водой. Если же несмотря на это обеззараживание насосов необходимо, то оно должно быть проведено одновременно с дезинфекцией трубопроводов и арматуры.

6.7.3. Обеззараживание резервуаров

Выбор метода обеззараживания зависит от объема резервуара и местных условий. Так например в пустую и предварительно очищенную ёмкость может быть залит раствор гипохлорита натрия. Содержание хлора в воде не должно превышать 10 мг/л. После 24 часов (минимум) действия раствор выливается и резервуар может заполняться питьевой водой. Одним из недостатков этого метода является то, что потолок и верхняя часть стен ёмкости остаются необработанными. Кроме того большой объём резервуара потребует соответственно большое количество обеззараживающих реагентов, которые после использования должны быть устранены (ликвидированы) без угрозы нанесения вреда окружающей среде. Обработка всех поверхностей резервуара после предварительной очистки хлорным раствором является наиболее дешёвым и надёжным методом. Для обеззараживания резервуаров небольшого объема могут быть использованы передвижные хлорирующие установки. Содержание хлора в растворе может составлять от 50 до 200 мг/л. Работы по обеззараживанию резервуаров проводятся в защитной одежде и респираторах, а в случае необходимости и в противогазах.

6.7.4. Обеззараживание трубопроводов

На практике зарекомендовали себя несколько методов обеззараживания трубопроводов. При выборе метода важны следующие аспекты:

- время действия раствора
- возможности устранения хлорного раствора (учитывая концентрацию и количество)

Используются следующие методы:

Стандартный метод

При этом методе обеззараживание происходит под воздействием хлорного раствора (хлорированной воды), находящейся продолжительное время в трубопроводе. Трубопровод наполняется водой через патрубок (штутцер), воздушный клапан или гидрант. Одновременно, с помощью насоса-дозатора и смесителя или передвижной хлорирующей установки в постоянной пропорции добавляется раствор хлора. Концентрация хлора в воде в трубопроводе должна составлять от 10 до 100 мг/л, учитывая способность воды к поглощению хлора (первичный

состав воды), материал из которого сделаны трубы и возможность в дальнейшем полного и безопасного устранения дезинфицирующего раствора.

Концентрация хлора в воде до 50 мг/литр зачастую достаточна для полного обеззараживания.

При предварительно очищенных трубопроводах безупречное обеззараживание достижимо даже при концентрации раствора 5-10мг/литр.

При проведении обеззараживающих работ в трубопроводах необходимо тщательно контролировать процесс и исключить возможность проникновения хлорного раствора в действующую часть водопроводной сети.

Запорная арматура, отделяющая отрезок сети, обрабатываемый хлором, от сети питьевого водоснабжения, находящейся в эксплуатации, должна быть предварительно проверена на герметичность. Введение хлора в систему прекращается только после того, как трубопровод полностью заполнен хлорированной водой. Процесс обеззараживания трубопровода по этой технологии длится как минимум 12 часов. И на протяжении всего этого времени вода должна содержать определенную концентрацию свободного хлора.

Проточный метод

Применяется для обеззараживания трубопроводов с большим внутренним диаметром труб. По этой технологии на протяжении длительного времени одновременно с промыванием труб в воду добавляется раствор хлора.

Многократно, на протяжении всего процесса при выпуске воды и в гидрантах для промывки должна определяться концентрация хлора в воде. Обеззараживающий хлорный раствор (вода с повышенным содержанием хлора) в трубопроводе должен быть 2 – 3 раза полностью заменен в процессе обработки.

Метод многократного хлорирования

Для обеззараживания трубопроводов с высокой степенью микробиологического загрязнения целесообразно применять метод многократного дискретного (прерывного) хлорирования.

Трубопровод заполняется хлорированной водой (с концентрацией хлора около 50мг/л). После нескольких часов бактерицидного воздействия трубопровод должен быть тщательно промыт. Наполнение трубопровода хлорированной водой и последующее промывание повторяются несколько раз вплоть до получения безукоризненных бактериологических показателей в нехлорированной воде.

Хлорирование во время проверки давления

Комбинация обеззараживания трубопроводов одновременно с проверкой давления в них – метод хорошо зарекомендовавший себя на практике. По этой технологии уже при первом заполнении труб используется хлорсодержащая вода. Необходимое для проверки повышенное давление внутри трубопровода способствует проникновению хлорного раствора в поры материала из которого изготовлены трубы, фланцы, соединительные муфты и т.д. и соответственно улучшает его бактерицидное воздействие.

Устранение хлорного раствора (хлорсодержащей воды)

Существуют различные пути устранения хлорсодержащей воды, использованной для дезинфекции резервуаров и труб. Одним из таковых является понижение концентрации хлора в воде путем разбавления до такого уровня, чтобы вода уже не представляла опасности для общественной сети каналов и водоприёмников. Растворенный в воде хлор можно также химически осадить, добавив раствор тиосульфата натрия (антихлор) или адсорбировать активированным углем. Существуют передвижные установки для дехлорирования воды - «Дехлораторы», которые наряду с дехлорированием проводят также, в случае необходимости, нейтрализацию кислой воды.

6.7.5 Передвижные и переносные установки для хлорирования

Передвижные установки для хлорирования воды хорошо зарекомендовали себя как мобильное средство для обеззараживания резервуаров и водопроводов. Тип установки и ее свойства определяется видом и объемом предстоящей работы.

Переносные установки для хлорирования воды, встроенные в стальные рамы, удобны для использования на небольших водоснабжающих предприятиях. Такая установка может быть в любой момент загружена в транспортное средство (например в грузовую машину).

Оборудование для дозирования (хлордозатор или дозирующий насос) выбирается в зависимости от области предстоящего применения и необходимого количества хлора.

Хотя некоторые водоснабжающие предприятия не применяют хлорирование воды при нормальной эксплуатации, они могут иметь переносные установки для хлорирования воды на случай аварийных или непредвиденных ситуаций.

Передвижные установки для хлорирования воды рациональны для использования на больших водоснабжающих предприятиях. Здесь выбор станции зависит от предполагаемого объема работ и возможных расстояний. Установка, которую не предполагают часто использовать, может быть укреплена на одноосном прицепе, преимуществом которого является подвижность в любой местности.

При длительном стационарном применении более удобными являются двусосные прицепы (например, строительные вагончики), внутри которых можно оборудовать отдельные помещения для хранения хлора, дозирования хлора и рабочего персонала. Установка для дозирования хлора может быть также встроена в контейнер. Для частого применения на удаленных друг от друга объектах (например, в больших городах), приспособлены легковые транспортные средства с встроенными системами хлорирования (маленькие грузовые машины, автобусы).

Транспортные средства должны иметь аварийный генератор и соответствовать нормам безопасности дорожного движения. Звукоизоляция на передвижных установках для хлорирования также должна соответствовать общепринятым нормам, поскольку в аварийных ситуациях такие установки могут использоваться в ночное время.

Передвижные насосы-дозаторы

Жидкие бактерицидные реагенты, такие как растворы гипохлорита натрия, гипохлорита калия или хлордиоксида добавляются в воду с помощью насосов-дозаторов. Такие дозаторы укрепляются на тележку вместе с емкостью для бактерицидных реагентов. (Рис.23)



Рис.23 Передвижная дозирующая установка для хлорного раствора. Все детали оборудования съемные. Дозирование может производиться вручную или автоматически.

Мембранные насосы-дозаторы, приводящиеся в действие электрическими моторами, хорошо зарекомендовали себя в практическом применении. Электрический мотор должен иметь защиту от водяных брызг и приспособлен к работе переменным током (240V, 50Hz). Все части насоса, непосредственно контактирующие с дезинфицирующим раствором, должны быть устойчивыми к химическим реагентам.

При выборе насоса надо учитывать максимально возможное встречное давление в системе. Существующие мембранные насосы-дозаторы имеют производительность от 1 л/час и более. В большинстве случаев применения передвижных установок для хлорирования требуемая дозировка обеззараживающего реагента составляет 10...1000 л/час.

Бактерицидные реагенты – растворы гипохлорита натрия, гипохлорита кальция и хлордиоксида – должны храниться и транспортироваться в светонепроницаемых ёмкостях. Размер ёмкости определяется поставленной задачей. Для измерения изменения объёма раствора под воздействием давления установка должна быть оборудована пьезометром, поскольку

продуктивность (производительность) насоса-дозатора напрямую зависит от встречного давления в месте соединения с резервуаром или трубопроводом. Для возможности разбавления бактерицидного раствора установка (ёмкость) должна иметь смеситель.

Изображённый на рис. передвижной насос-дозатор регулируется автоматически в зависимости от количества протекающей воды, что позволяет поддерживать установленное равномерное содержание хлора в воде в трубопроводе или ёмкости.



Рис.24 Передвижная дозирующая установка для растворов гипохлорита натрия и гипохлорита кальция. Дозировка осуществляется с помощью магнитного насоса-дозатора.

Переносные дозирующие установки для газообразного хлора

Переносные дозирующие установки для газообразного хлора состоят из дозатора, насоса для воды и одной или двух ёмкостей с газообразным хлором.

Водный насос может приводиться в действие как электрическим (240/400 V, 50 Hz) так и бензиновым двигателем.

Инжектор, встроенный в дозатор создаёт вакуум, открывающий с помощью редукционного клапана подводную трубку подключенной ёмкости хлора. В инжекторе происходит интенсивное перемешивание хлора с водой. Полученный таким образом раствор под давлением подается в трубопровод или ёмкость для обеззараживания.

В зависимости от давления, создаваемого насосом и необходимых для обеззараживания порций газообразного хлора дозированный хлорный раствор может подаваться в ёмкость или трубопровод при встречном давлении до 12 бар.

Переносные дозирующие установки для хлорирования, как показала практика, просты в управлении и имеют большой диапазон областей применения. Эти установки могут быть использованы в различных ситуациях, поскольку располагают сменными дозаторами, позволяющими выбрать необходимые параметры для дозирования различных начальных объемов воды.

На рис.25 показана переносная дозирующая установка для газообразного хлора с насосом для воды, работающим от электродвигателя. Установка рекомендуется для объединений водоснабжающих предприятий, не располагающих оборудованием для хлорирования воды и для сельскохозяйственных водоснабжающих предприятий, обслуживающих большие территории.



Рис.25 Передвижная дозирующая установка для газообразного хлора. Приспособлена к переноске вручную или к перевозке на автомобиле. Насос для повышения давления, инжектор, баллон для газообразного хлора (с обратной стороны установки).



Рис.26 Передвижная установка для получения и дозирования хлордиоксида. Эти установки предназначены для уничтожения бактерий *Legionella* в системе распределения горячей воды.

Передвижные дозирующие установки для газообразного хлора

Передвижными дозирующими установками называются установки, установленные на базе прицепа вагончик или небольшое транспортное средство. Такие установки могут использоваться для хлорирования трубопроводных сетей водоснабжения как в больших городах так и в слабозаселенной местности.

Монтаж дозирующих установок, насосов, ёмкостей для перевозки и хранения хлора и таких агрегатов как вентиляционный барабан, обогреватель и т.д. производится соответственно размерам кузова или салона транспортного средства и предельно допустимой нагрузке на ось автомобиля. Выбор дозаторов зависит от условий и объема предстоящей работы. Помещение должно быть оснащено вентиляцией, водоотводящей системой, электрическим отоплением (электробатареей) и управляемым снаружи оборудованием для получения водяной завесы.

Энергоснабжение установки должно быть рассчитано на питание как от сети, так и от аварийного генератора.



Рис.27 Передвижная установка для хлорирования водопроводных сетей, встроенная в грузовой автомобиль.

7. Технология озонирования

7.1. Подготовка и обеззараживание питьевой воды озоном

Озон является самым сильным окислительным и дезинфицирующим средством, применяемым при подготовке питьевой воды. Присутствие озона интенсивно повышает окисление органических загрязняющих веществ. Кроме того озон является надежным обеззараживающим реагентом в отношении патогенных микроорганизмов и вирусов. Озон улучшает также процессы коагулирования коллоидных веществ в воде и улучшает её органолептические показатели (цвет, запах, вкус).

Количество добавляемого в воду озона зависит от первичного состава воды и желаемой цели и может составлять от 0,7 до 5 мг/л. Недостатками технологии озонирования при водоподготовке являются плохая растворимость озона и его относительно быстрый распад. Повышенная токсичность озона и побочных продуктов его разложения ведет к необходимости тщательного удаления остаточного озона из питьевой воды перед подачей потребителю.

Согласно Предписанию о питьевой воде максимально допустимое количество озона в воде в процессе водоподготовки может составлять 10 мг/л, но после обработки воды максимально допустимая концентрация не должна превышать 0,05 мг/л.

Озонирование в Европе вытесняет хлорирование в качестве первой ступени в процессе водоподготовки.

«Предварительное хлорирование» все чаще замещается «предварительным окислением». Эта же тенденция наблюдается и во всём мире, поскольку озонирование имеет в сравнении с хлорированием некоторые преимущества, но не имеет его недостатков. Озон оказывает достаточно разнообразное влияние на биологические и химические процессы, происходящие в воде. Большинство из них зависят от того на каком этапе водоподготовки вводят озон и от его количества.

Предварительное озонирование (предварительное окисление) проводится при нормальных условиях с небольшим количеством добавляемого озона на непродолжительное время (1 - 2 мин.). После предварительного озонирования в воде не остаётся озона или же он присутствует в весьма незначительных количествах.

Главные цели предварительного озонирования:

- удаление вкуса, запаха и цвета необработанной воды
- уничтожение и обезвреживание бактерий, вирусов, паразитов и спор. Малое количество добавляемого озона и недостаточность времени для прохождения реакций не позволяет считать процесс обеззараживания законченным на этом этапе
- удаление или окисление тригалогенметанов, изначально присутствовавших в необработанной воде (уменьшение потенциала образования тригалогенметанов)
- улучшение процессов микрокоагуляции

При озонировании воды на следующих этапах её обработки, например, после фильтрации, устанавливаются более длительные временные интервалы для прохождения реакции и соответственно возрастает остаточное содержание озона в воде. Продолжительность реакции здесь, как правило, составляет около 4 минут.

Для обеспечения гарантированной дезинфекции применяется так называемое **ст-показатель**. **с** – это остаточное содержание озона в воде в мг/литр и **t**- расчётная продолжительность пребывания воды в реакционной камере озонатора.

Например: для гарантированной дезинфекции воды значение $ct = 1,6$, которое вычисляется из 4 минут длительности реакции при 0.4 мг/литр остаточного содержания озона.

4минуты x 0.4 мг/литр=1,6 минут x мг/литр

по окончании озонирования остаточный озон удаляется с помощью гранулированного активированного угля. Активированный уголь адсорбирует при фильтрации не только остаточный озон, но и побочные продукты озонирования – например, альдегиды и кетоны.

Фильтры из активированного угля удаляют из воды также и все адсорбируемые вещества, которые несмотря на проведенную обработку остались в воде. При повторном озонировании достигается:

- полная дезинфекция (бактерии, вирусы)
- окисление органических соединений (фенолы, тензиды, пестициды)
- превращение биологически неразлагающихся веществ в биологически разлагающиеся
- уменьшение расхода средств дезинфекции (хлора, хлордиоксида) при обработке трубопроводных сетей

В качестве побочных продуктов озонирования в воде появляются помимо альдегидов и кетонов еще и броматы. Бромат образуется в результате реакции озона и ОН – радикала с бромидом. Содержание броматов в воде после обработки зависит от концентрации бромидов в переработанной («сырой») воде, количества добавленного озона (ct – показатель), pH – показателя, температуры и присутствия веществ, поглощающих радикалы.

Согласно Предписанию о питьевой воде определено следующее предельно-допустимое содержание бромата в питьевой воде:

с 01.01.2003 до 31.12.2007 – 0,025 мг/л,
с 01.01.2008 – 0,010 мг/л.

7.2. Установки для производства озона.

Озон образуется при воздействии электрического разряда на кислород или кислородосодержащие газы. Электрический разряд происходит между двумя электродами, разделёнными диэлектрическим материалом, в пространстве, содержащем газ. Один из электродов находится под высоким напряжением, противоположный электрод заземлён.

В 1857 году Вернер фон Сименс построил первую техническую установку для производства озона. До сегодняшних дней все озonoпроизводящие системы базируются на применённом Сименсом принципе «тихого электрического разряда». Озон получают из чистого кислорода, или из кислорода, содержащегося в воздухе. Разрядные устройства в процессе развития были сильно упрощены, а их мощность увеличена. Сегодня применяются трубчатые и пластинчатые разрядные элементы.

Все приборы, в которых используются эти элементы, имеют общее принципиальное строение, при котором два металлических электрода (нержавеющий металл) разделяются диэлектриком (специальное стекло) и/или воздушным зазором. К электродам подводится переменный ток любой частоты, при этом диэлектрик выполняет функцию добавочного сопротивления, препятствующего переходу тока с одного электрода на другой. При пропускании кислородосодержащего газа через воздушное пространство между электродами происходит электрический разряд, приводящий к образованию озона. На рисунке 28 схематически представлен трубчатый озонатор. Рисунок 29 показывает образование озона в электрическом переменном поле.

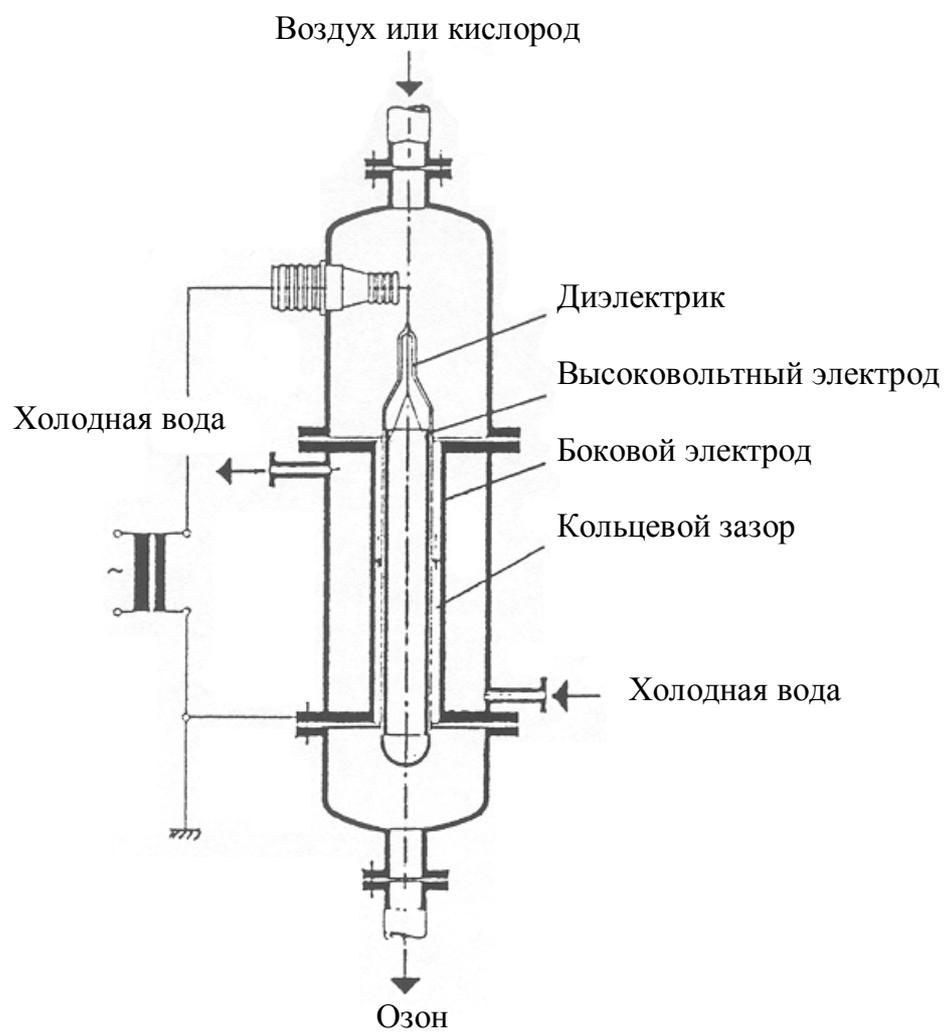


Рис. 28 Принципиальная схема трубчатого озонатора

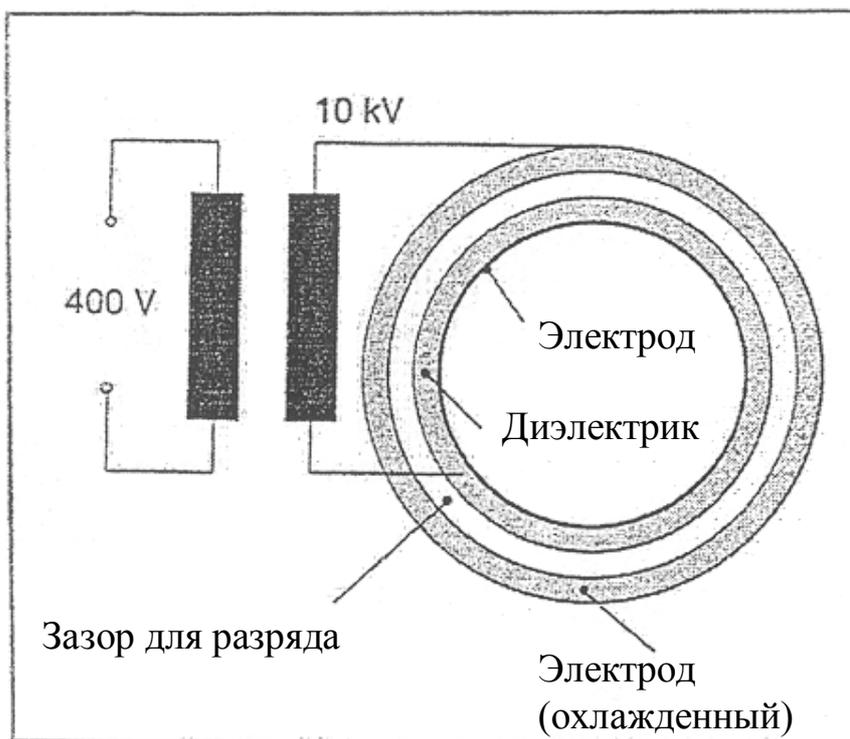
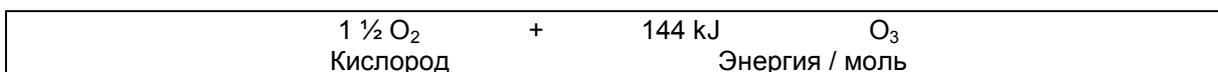


Рис. 29 Образование озона в электрическом переменном поле

Образование озона это равновесная реакция. Образование и разложение молекул озона происходит одновременно. Этот эндотермический процесс, требует относительно большого количества энергии. Для образования озона используется только незначительная часть этой энергии; оставшаяся энергия освобождается в виде тепла.

Поскольку распад озона происходит при высоких температурах значительно быстрее, генерирующие озон элементы (пластины и лампы) охлаждаются водой.

Озон генерируется в результате следующей реакции:



В зависимости от конструкции озонатора, условий эксплуатации и используемого газа (воздух или кислород) только около 10% подведённой энергии будет использовано на производство озона. Оставшиеся 90% превратятся в тепло, которое должно быть отведено, чтобы уменьшить скорость распада озона. Поэтому одним из важных условий производства озона является интенсивное охлаждение пространства, в котором происходит разряд.

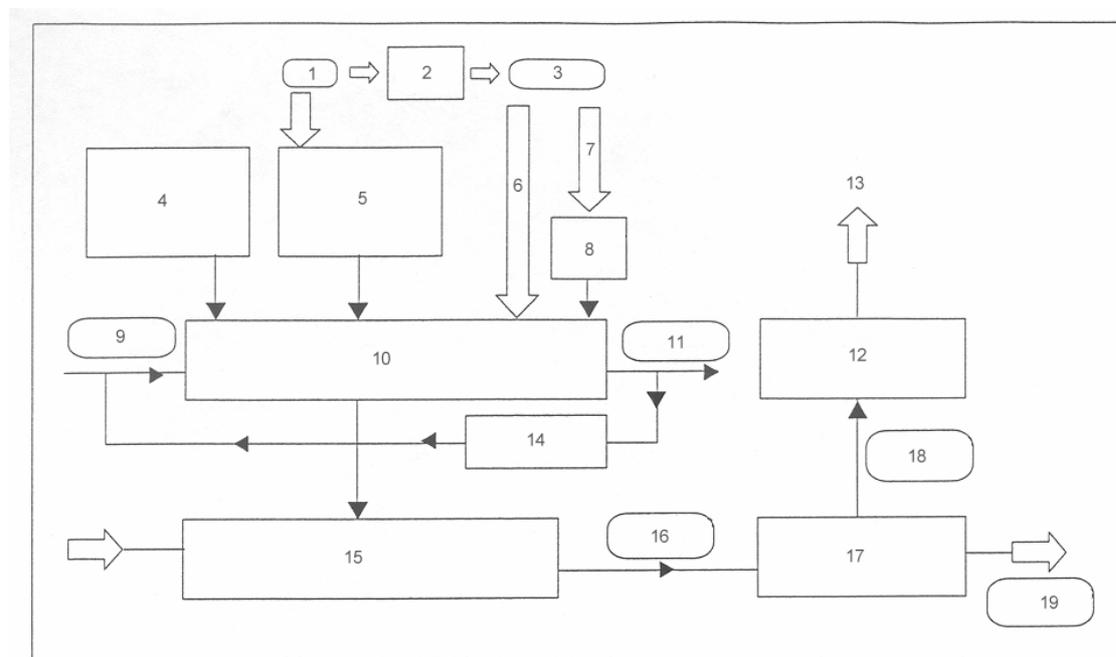
Коэффициент полезного действия и получение требуемой концентрации озона зависят в первую очередь от содержания кислорода в используемом газе. Из технического кислорода можно произвести при одинаковых затратах энергии почти в два раза больше озона существенно большей концентрации, чем из воздуха. Это значит, что при использовании кислорода требуются гораздо меньшие по объёму как озонотроизирующие элементы, так и газопроводы и арматура. При этом, правда, надо учитывать стоимость кислорода.

Газ, применяемый для производства озона, должен быть механически очищен и осушен до точки росы, ниже 288 К. При этих условиях достигается экономичная и бесперебойная

эксплуатация. Установки, производящие озон, состоят из оборудования для подготовки воздуха (фильтры для задержки пыли), для понижения влажности, озонатора, высоковольтного и регулируемого трансформаторов.

Производительность, коэффициент полезного действия и надёжность в эксплуатации озонаторов зависит, в основном, от чистоты, влажности и температуры используемого кислородсодержащего газа (воздуха, кислорода). В зависимости от конструкции озонатора, установки, подготавливающие используемый газ, эксплуатируются под давлением или наоборот в разряженном пространстве (вакуум). Для понижения влажности воздуха при нормальном давлении используются такие адсорбенты, как силикагель, алюминийоксидгель или молекулярные сита. В осушающих системах, работающих под давлением, в качестве адсорбента, в большинстве случаев, используют активированный глинозём.

На рисунке 30 показана схема получения озона из воздуха и из кислорода. Техническое устройство озонаторов использующих воздух или кислород одинаково.



- | | | | |
|---|-------------------------------------|----|-------------------------------------|
| 1 | Воздух | 10 | Озонатор |
| 2 | Расщепление воздуха | 11 | Холодная вода |
| 3 | Кислород | 12 | Удаление остаточного озона |
| 4 | Выработка электроэнергии около 10KV | 13 | Свободный от озона отработанный газ |
| 5 | Подготовка воздуха | | (воздух) |
| | Компрессия | 14 | Холодильный агрегат |
| | Первичная очистка | 15 | Озонирование воды |
| | Осушка | 16 | Озонсодержащая вода |
| 6 | Газообразный | 17 | Реактор |
| 7 | Жидкий | 18 | Озонсодержащий отработанный газ |
| 8 | Испарение | 19 | Обработанная вода |
| 9 | Холодная вода | | |

Рис. 30 Образование озона из воздуха или кислорода

Оборудование для производства озона должно соответствовать нормам DIN 19627, содержащим требования к монтажу, материалам, месту расположения, охлаждению, техническим параметрам; указания по эксплуатации такого оборудования и предельно-допустимые концентрация озона.

Озонаторы, собранные из элементов в виде ламп или пластин, могут иметь различную форму и конструкцию. В одном озонаторе может быть до нескольких сотен элементов, производящих озон.

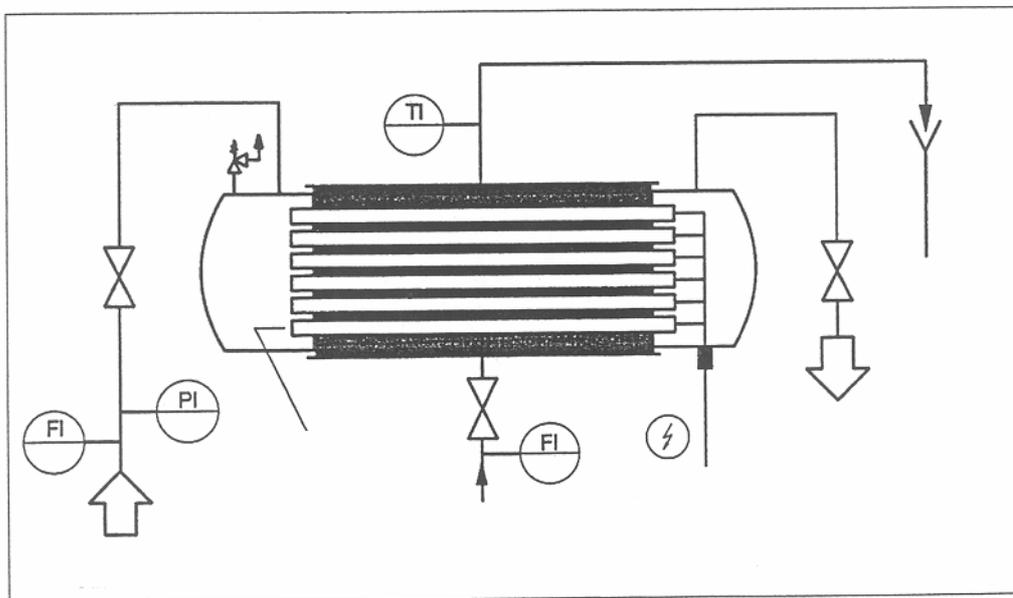


Рис. 31 Технологическая схема озонатора в соответствии с Техническими правилами DVGW – W 622

Для производительности выше 1 кг/ч хорошо зарекомендовали себя установки, работающие от напряжения около 10 kV и при частоте в инверторах около 600 Hz. Ограничитель напряжения в пределах 10 kV повышает длительность службы элементов, производящих озон.

При используемой в наше время средней концентрации озона 10-13% в газовой смеси, для получения 1 кг озона требуется 10 кг кислорода.

Для производительности ниже 1 кг/ч используются установки, работающие со средней и высокой частотой и применяющие воздух. Расходы энергии при работе с воздухом на 60% выше, чем при работе с кислородом.

Необходимая для обеззараживания концентрация озона в воде определяется экспериментальным путем. Такая концентрация должна быть определена для всех встречающихся типов воды. Особенное внимание должно быть обращено на способность смешивания озона с водой, скорость реакции и соответственно необходимое время воздействия для полного или частичного обеззараживания.

Укомплектованные установки для озонирования, состоящие из элементов, производящих озон, оборудования для смешивания, ёмкости для реакции и резонаторов, выводящих остаточный озон из системы, должны устанавливаться в изолированных, запирающихся помещениях. Эти помещения должны быть оборудованы, в зависимости от применяемых методов, газоанализаторами-сигнализаторами и вытяжной вентиляцией. Система вентиляции должна обеспечивать как минимум трехкратную смену воздуха в час.

Устройства для забора, охлаждения и просушивания воздуха (кислорода) не считаются частью установки для озонирования.

В DIN 19627 определены требования для расположения установки для производства озона, учитывающие электричество, климат и производственные условия.

По положению о предотвращении аварийных ситуаций все помещения, в которых установлено оборудование для производства озона, трубопроводы и ёмкости для озонсодержащей воды, должны иметь сигнальную аварийную систему, реагирующую на озон. Измерительные датчики сигнализаторов должны быть расположены в местах, где в случае аварии ожидается самая высокая концентрация озона. Предельно-допустимая концентрация озона в воздухе для таких сигнализаторов обычно составляет 1 мг/м³. Сигнализаторы должны быть оборудованы как оптическим, так и акустическим сигналом тревоги.

Остановка производственного процесса и включение вентиляционной системы должно, в случае тревоги, происходить автоматически. Температура воздуха в помещении, в котором установлено производящее озон оборудование согласно DIN 19627 не должна превышать 30°C; относительная влажность должна составлять около 60%. Не допускается также присутствие пыли и паров химически активных реагентов.

7.3. Оборудование для введения озона в воду

Плохая растворимость озона в воде усложняет процесс введения его в обрабатываемую воду. В настоящее время существуют различные методы введения озона в воду, различающихся размерами контактной площади газообразной и жидкой фаз, давлением в системе и продолжительностью реакции.

Для повышения эффективности введения озона необходимо использовать по возможности тонкодисперсные распылители газа, дающие высокую турбулентность.

Следующие методы применяются в настоящее время:

- **Аэрация части потока воды или всего потока с помощью инжектора и статического смесителя**

Часть потока обрабатываемой воды с помощью подкачивающего насоса (насос для повышения давления) подаётся в инжектор, который вносит озоновую смесь в воду. Подключение статического смесителя повышает эффективность процесса. Введение смеси воды и газообразного озона в основной поток осуществляется в трубопроводе с помощью еще одного статического смесителя. (Рис.32) Возможность достижения высокой концентрации озона в небольшой части потока позволяет применять системы сравнительно небольших размеров.

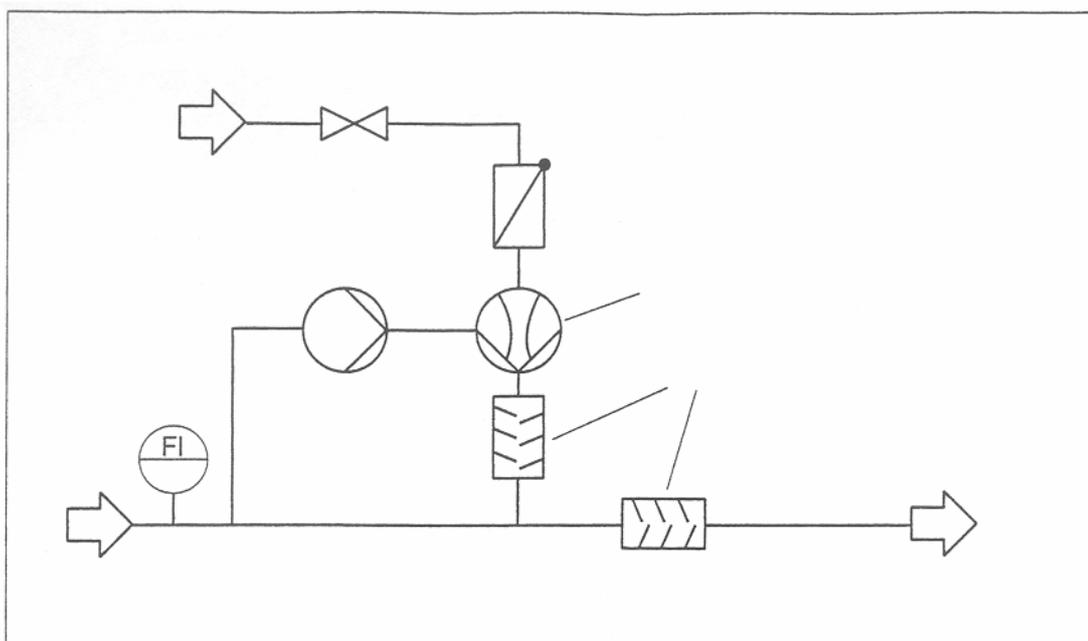


Рис. 32 Введение озона в воду с помощью инжектора и смесителя в полный или частичный поток

После этого должно быть предоставлено достаточное время для прохождения реакции (внутри трубопровода или ёмкости). Регулируемая скорость потока воды, проходящей через статический смеситель, должна гарантировать оптимальную эффективность. Остаточный озон должен быть устранен по окончании процесса обеззараживания.

Аэрация всего потока воды возможна с помощью инжекторной системы Вентури. Для этого весь объем воды прокачивается с помощью насоса через инжекторную систему. Вследствие большой разницы в скорости водного потока и воздушно-озоновой смеси происходит высокоэффективное дисперсное перемешивание.

Свечевая аэрация

Тонкодисперсное введение озона в воду происходит через пористые металлокерамические пластины или керамические пластины или свечи на дне 5-6-метрового резервуара (рис.33).

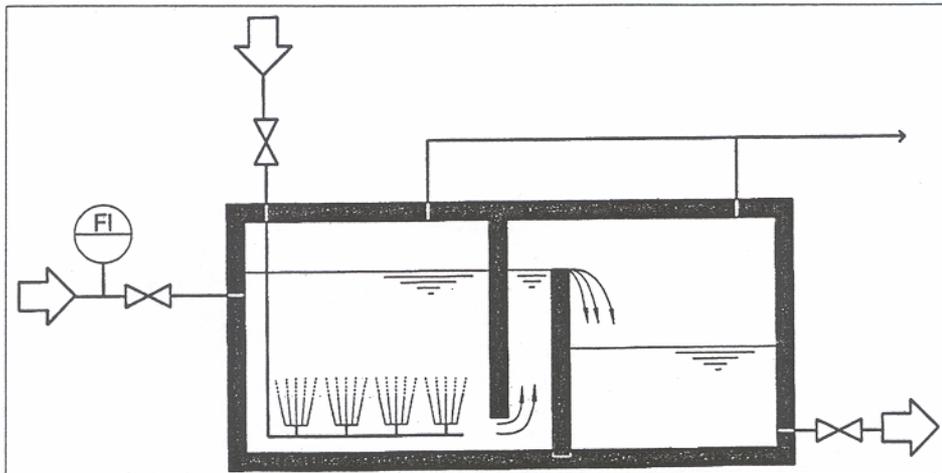


Рис. 33 Озонирование воды с помощью свечевой газации

Этот метод подходит для больших объемов газа, которые применяются, например, озонаторных установках, получающих озон из воздуха.

При достижимой концентрации озона в воздухе от 20 до 25 г/м³ для получения каждого кг/час озона требуется 40-50 м³/час газа. Вместо свечевой аэратора могут быть использованы также мембранные дисковые аэраторы. В них отмечается гораздо меньшее падение давления в сравнении с традиционными свечевыми аэраторами. Количество подаваемого газа при свечевом аэрировании строго ограничено. При увеличении потока газа на единицу аэрации дисперсное распределение газа в воде не даст желаемого гарантированного эффекта.

При варьировании требуемых объемов газа в резервуар для аэрации могут быть встроены несколько систем для аэрации, которые могут при необходимости быть включены или выключены. Системы для свечевой аэрации требуют относительно большого объема строительных работ. Необходимо учитывать также опасность образования пленок на аэраторах вследствие осаждения извести, окислов железа и марганца.

Аэрация в колонне

Введение газа происходит в этой системе с помощью встречного потока (Рис. 34). Объем потоков может варьировать. Этим методом достигается высокая эффективность при введении газа в воду.

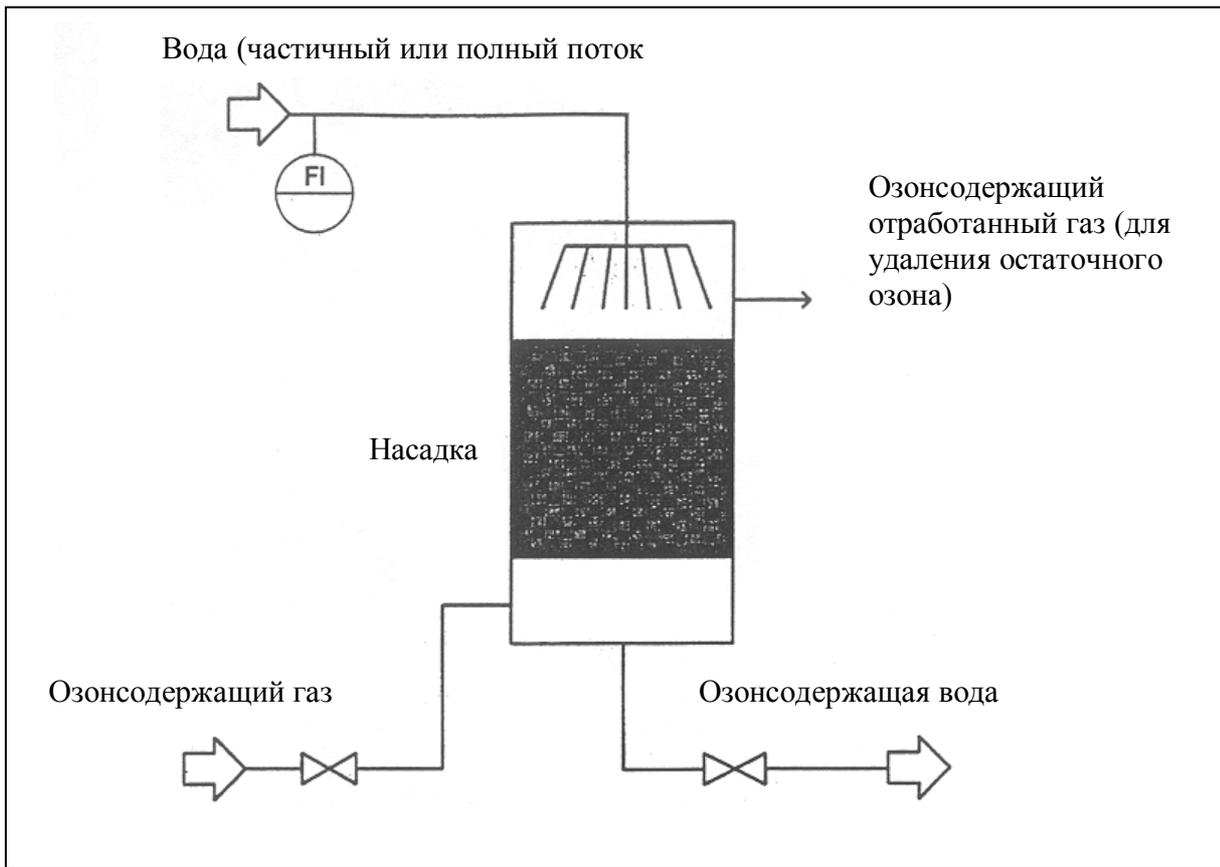


Рис. 34 Озонирование воды с помощью аэрационной колонны

Аэрация с помощью вращающихся смесителей

Для этого метода применяются находящиеся в воде вращающиеся смесители, перемешивающие озон с водой. Метод используется в ситуациях с постоянным потоком воды и небольшим диапазоном регулирования. Также этот метод применяется если вода содержит железо, соединения марганца, осаждающиеся на керамических свечах.

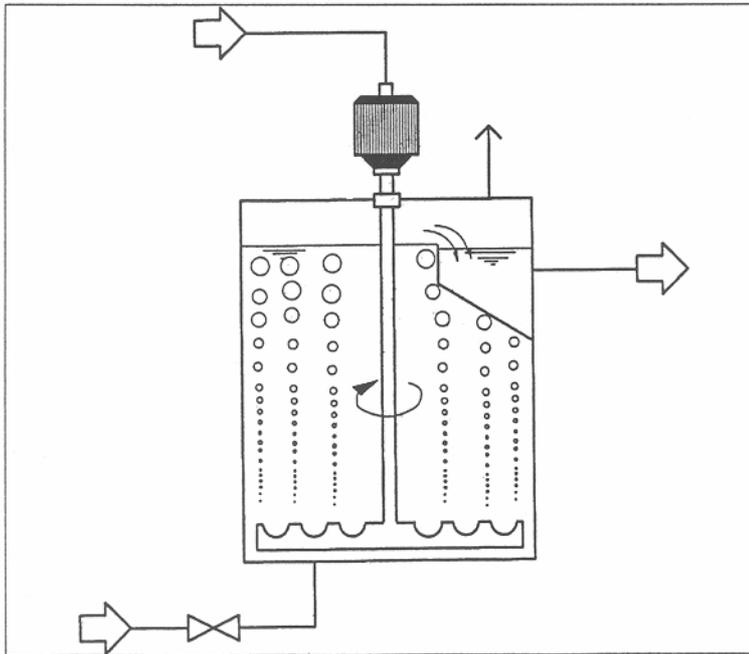


Рис. 35 Озонирование воды с помощью вращающегося (ротационного) смесителя

7.4. Удаление остаточного озона.

Полное растворение озона в обрабатываемой воде не происходит на в одной из описанных выше систем. При хорошо сбалансированном процессе и стабильном давлении, водой поглощается около 95% озона. Тем не менее в определенных ситуациях до 25% озона остаются нерастворенными.

Остаточный озон должны быть тщательно отфильтрован, прежде отработанный газ попадет в атмосферу. При этом обработка отработанного газа считается эффективной, если концентрация остаточного озона не превышает $0,02 \text{ мг/м}^3$.

Обычно применяемые методы.

- Термическое устранение остаточного озона.

При температуре свыше 310°C происходит полный распад озона. Для надёжности рекомендуется нагревать отработанный газ до 350°C . При этом минимальное время нахождения газа в области разогрева составляет 2 секунды. Нагретый и очищенный отработанный газ направляется в теплообменник (газ – газ), в котором он охлаждается, разогревая соответственно газ, ещё содержащий озон до 300°C . Таким образом для достижения температуры распада потребуется только энергия повышающая температуру от 300°C до 350°C .

В случае необходимости встраивается вентилятор для вытяжки газа. Теплообменник и реактор должны быть построены из легированной стали.

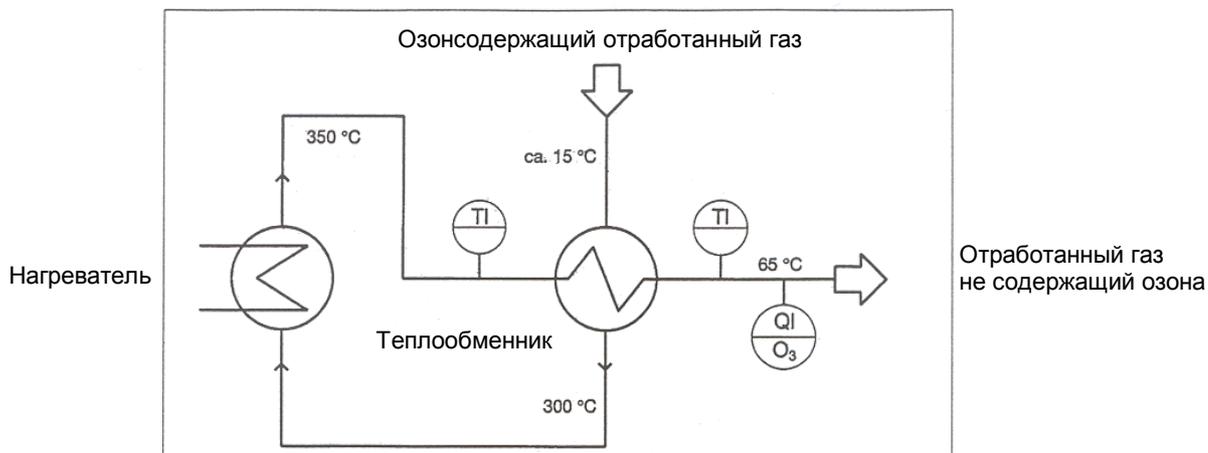


Рис. 36 Термический способ выведения остаточного озона из системы

- Каталитическое удаление остаточного озона.

В качестве катализаторов для осаждения озона используют палладий и металлоксид на основе CuO/ MnO. Температура насыщенного водным паром газа должна быть достаточно большой, чтобы в парах катализатора не происходила конденсация воды, что могло бы привести к разрушению вмещающего резервуара. Система для каталитического удаления остаточного озона состоит из нагревателя, реактора, каталитической установки и вытяжного вентилятора. Рабочая температура пластины катализатора, во избежание конденсации, должна составлять от 60 до 80°C.

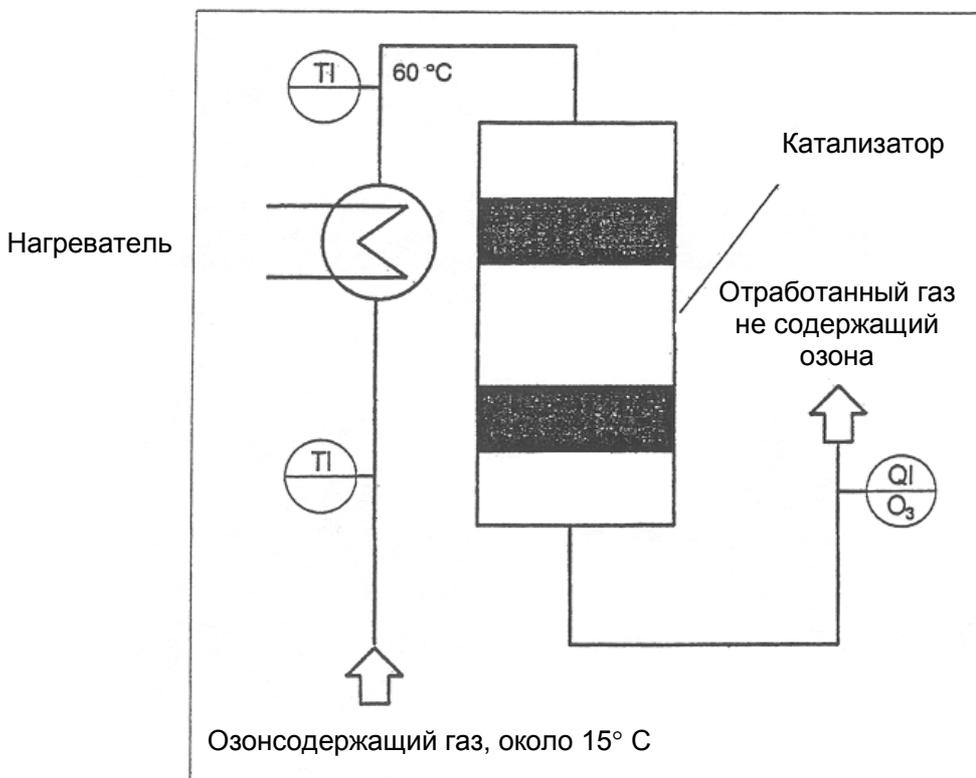


Рис. 37 Каталитический способ выведения остаточного озона из системы

Нагреватель и реактор должны быть выполнены из лигированной стали. При этом методе тепло обработанного газа можно использовать в теплообменнике. При расчёте системы должны быть использованы максимально возможный объём газа и максимально-возможная концентрация озона в нём. Обработываемый газ не должен содержать веществ, деактивирующих катализаторы - так называемых «ядов», таких как хлор, бром, окислы азота.

- Удаление остаточного озона с помощью гранулированного активированного угля

Этот метод используется сегодня только для очистки воздуха в помещении. Для удаления остаточного озона из отработанного газа этот метод не подходит из-за высокой пожароопасности.

При контакте озона с активированным углем происходит химическая реакция (2,7 г озона реагируют стехиометрически с 1г активированного угля). Структура гранул угля при этом разрушается. Уголь постепенно превращается в порошок и, в зависимости от концентрации озона в отработанном газе должен, периодически заменяться. Необходимо избегать скачкообразного увеличения концентрации озона и резких изменений объёма подаваемого газа. Таковые могут привести к перегревам, возгоранию и вспышкам.

7.5 Предотвращение аварий. Меры безопасности.

Показатель МАК (Максимальная концентрация на рабочем месте при восьмичасовом рабочем дне) составляет 0,1 ppm, соответствующих 0,2 мг/м³ озона в воздухе помещения.

Возможное воздействие озона на человека:

ppm озона см/м ³ озона	Физиологическое воздействие
0,02	Граница чувствительности к запаху
0,02-0,5	Потеря чувствительности к запаху после 5 минут воздействия, сухость в носу, кашель, слёзы
0,1	Предельно-допустимая концентрация для рабочих мест при восьмичасовом рабочем дне
0,5-2	Раздражение глаз и органов дыхания, при нескольких часах воздействия раздражение дыхательных путей и бронх, рвота
> 10	Потеря сознания, кровотечение в лёгких и при продолжительном воздействии смерть вследствие отёка лёгких.
> 5000	Смертельно, в течение нескольких минут

Присутствие озона в воздухе распознается человеком даже при весьма незначительных его концентрациях (граница чувствительности запаха 0,02 ppm). При более высоких концентрациях запах становится неприятно острым, начинается раздражение органов дыхания и глаз.

При концентрациях от 0.02 до 0.5 ppm происходит онемение обонятельных органов. После 5 минут воздействия озона такой концентрации человек перестает чувствовать запах, что особенно опасно.

Концентрация озона выше 0,5 ppm интенсивно раздражает глаза и органы дыхания. Появляются сухость во носу и горле, кашель, чихание, слёзы, головные боли.

Концентрация до 2 ppm приводит после воздействия в течении нескольких часов к сильному раздражению дыхательных путей, нарушению восприятия вкуса, рвоте.

Персонал, подвергающийся частому или долгому воздействию озона в низких концентрациях, может заболеть хроническими бронхиальными заболеваниями.

Концентрация озона выше 10 ppm приводит при длительном воздействии к потере сознания, лёгочным кровотечениям и смерти. Вдыхание озона в концентрации выше 5000 ppm приводит к смертельному исходу в течение нескольких минут. При этом концентрация озона 5000 ppm (соответственно 0.5 Vol %) может быть легко достигнута в воздухе, потому что современные озоновые системы производят концентрацию озона от 2 до 4 Vol %. В настоящее время системы сконструированы так, что при такой концентрации газ не проникает за пределы установки.

Помещения, в которых производится и дозируется озон, должны быть оснащены предохранительными и предупреждающими приборами, реагирующими на повышение концентрации озона в воздухе.

Должен иметься аварийный выключатель, с помощью которого в аварийной ситуации производство озона немедленно останавливается. Выключатель должен быть расположен в легко достигаемом и безопасном месте, находящимся за пределами помещения с установкой для производства озона.

- **Индивидуальное защитное снаряжение**

Каждый сотрудник, работающий с установкой для производства озона, должен иметь именную, озоноустойчивый противогаз с маской, закрывающей лицо и действующим фильтром. Противогазы должны храниться в помещениях, в которых не производится никаких работ с озоном, и быть защищены от пыли и влажности. Противогазы должны быть готовы к применению и легко доступны на каждом рабочем месте.

В помещения, содержащие озон в воздухе, в случае необходимости, можно входить только в противогазе. Если предполагаемые концентрации озона превышают 1000 ppm, то необходимо применять дыхательные аппараты, работающие автономно и не сообщающиеся с окружающим воздухом, и устойчивый воздействию озона защитный костюм.

Персонал должен уметь пользоваться защитным снаряжением. Для поддержки уровня знаний, как минимум один раз в год, должны проводиться семинары, во время которых отрабатывается порядок действий в аварийной ситуации.

Покинув помещение с озоном, одежду надо поменять, потому что оставшийся на ней озон может оказать позже вредное влияние.

Все помещения, в которые может проникнуть озон, должны быть отмаркированы опознавательными знаками и содержать таблички с указаниями «При запахе озона срочно сообщить и обеспечить вентиляцию», предупреждающий сигнал «Опасность отравления» и запрещающий знак «открытый огонь, курение». Табличка «Производитель озона» должна быть отчётливой.

8. УФ-установки для дезинфекции

То, что УФ-лучи обладают стерилизующим воздействием, известно уже с начала прошлого столетия. Однако только в наше время установки по выработке УФ-лучей достигли уровня мощности, обеспечивающего их использование с целью дезинфекции питьевой воды. За это время УФ-установки достигли уровня стерилизации питьевой воды, сравнимого с процедурами химической дезинфекции.

УФ-лучи воздействуют на изменение наследственности (параметров DNS или RNS) микроорганизмов. Это приводит к потере ими способности к размножению.

Необходимая для дезактивации доза облучения зависит от различных факторов. Находящиеся вместе или абсорбированные частицами твердых материалов микроорганизмы труднее уничтожить, чем находящиеся отдельно. Растительные бактерии, вирусы и грибки также чувствительны к воздействию УФ-лучей.

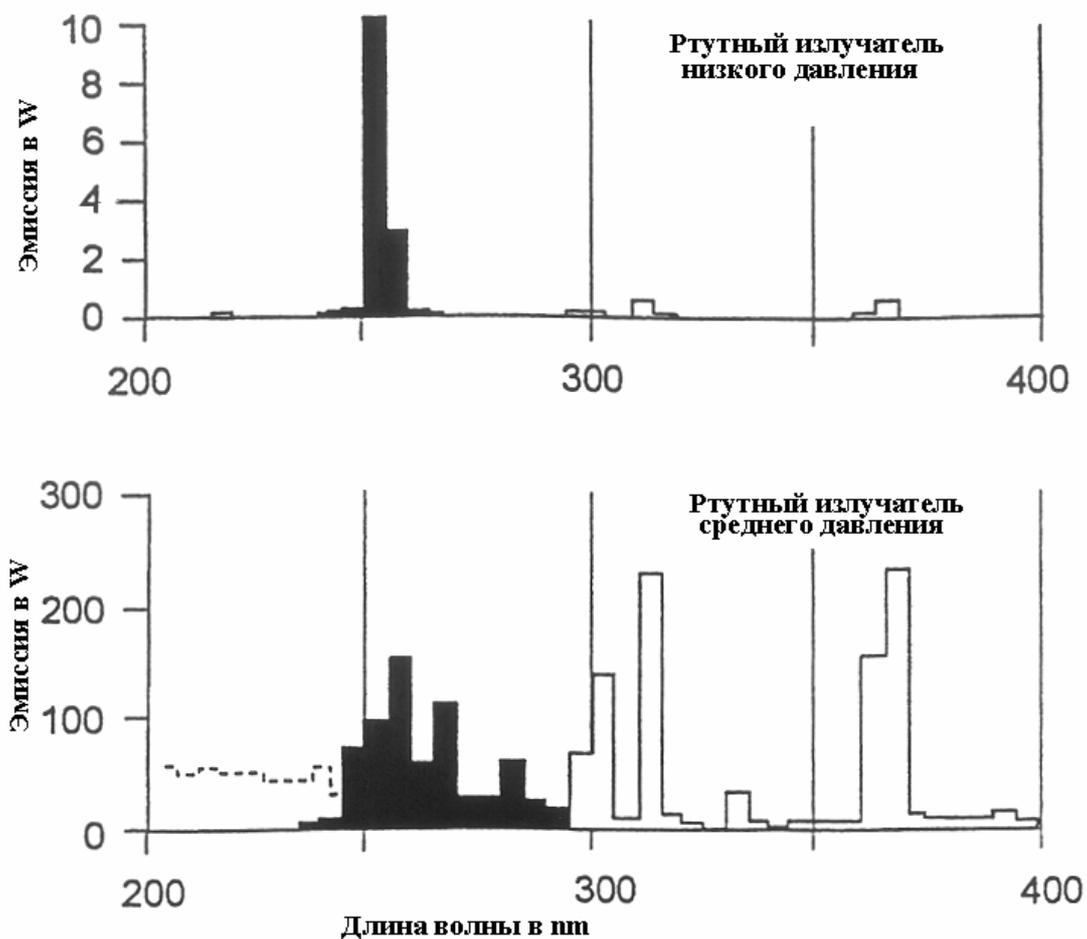


Рис.38 Спектральная эмиссия для ртутного излучателя низкого и среднего давления. При использовании излучателя среднего давления область спектра < 240nm (заштриховано черным) должна быть отфильтрована специальной кварцевой лампой.

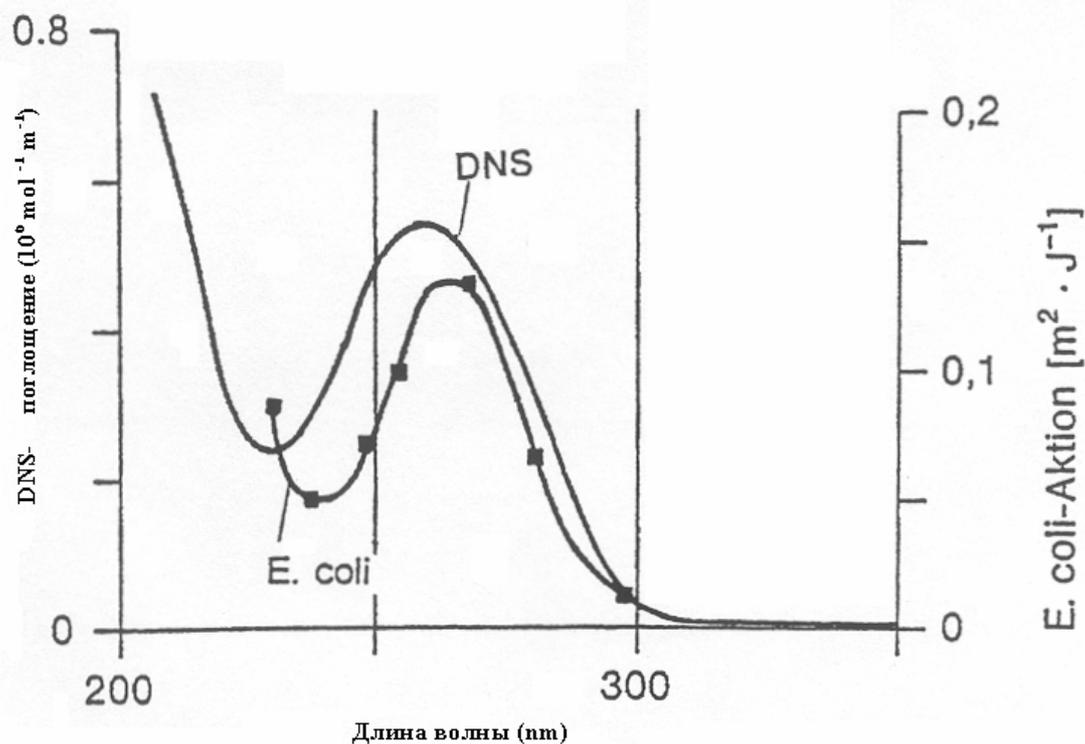


Рис. 39 Область спектра с дезинфицирующим воздействием: абсорбционный спектр для DNS, абсорбционный спектр для инактивации E.coli

Значительно более высокой сопротивляемостью обладают споры бактерий и паразиты. Споры бактерий не играют существенной роли при снабжении питьевой водой и не затрагиваются ни процедурой химической дезинфекции, ни дезинфекцией УФ-лучами. Паразиты обладают высокой сопротивляемостью как по отношению к УФ-лучам, так и по отношению к химическим средствам дезинфекции. Они могут размножаться с помощью питьевой воды, и их следует уничтожать с помощью других подготовительных процедур.

Для достижения безупречной дезинфекции на предприятии системы водопровода требуется как минимум одно действенное в дезинфицирующем плане облучение силой в 400 Дж/м^2 .

Дезинфицирующая эффективность облучения УФ-установкой может быть констатирована только с помощью микробиологических исследований.

УФ-облучение обладает дезинфицирующим воздействием только непосредственно на месте его использования. Поэтому при использовании УФ-лучей следует быстрее опасаться повторных загрязнений, чем в воде, в которой химические средства дезинфекции удерживают ее свойства с помощью УФ-облучения на уровне соответствия требованиям безопасности. Так как следует обеспечивать безупречное состояние питьевой воды постоянно, то и дезинфекция, проводимая с помощью УФ-лучей, должна отвечать высоким требованиям безопасности.

УФ-дезинфекция воды требует наличия аппаратов для облучения, которые должны быть рассчитаны на использование в соответствии со свойствами воды (абсорбция УФ-излучения) и для предусмотренного объема расходы воды.

Требования к УФ-установкам и их проверке изложены в Рабочем бюллетене НОСГВХ (Немецкого объединения специалистов газового и водного хозяйства) W 294, а при эксплуатации УФ-установок следует соблюдать положения Памятки НОСГВХ W 293.

Безупречная работа УФ-установок обеспечивается лишь в случае, когда соблюдаются условия эксплуатации, для которых свидетельствуется дезинфекционная эффективность установки с проверкой в соответствии с положениями Рабочего бюллетеня НОСГВХ W 294. В частности следует придерживаться параметров допустимого объемного тока (расхода) и минимальной силы облучения в контрольной точке, измеряемой с использованием калиброванных УФ-сенсоров.

Предпосылкой для надежной дезинфекции с помощью УФ-лучей, как и при химической дезинфекции, является наличие воды с минимальным количеством частиц. Кроме того, рекомендуется, чтобы спектральный коэффициент ослабления (СКО-254) не превышал уровня в 8 м^{-1} . Также с целью избежания образования отложений в камере облучения уровень содержания растворенного железа должен быть менее 0,03 мг/л, а марганца менее 0,02 мг/л.

При облучении УФ-лучами в диапазоне от 240 до 290 нм с соблюдением требуемых для дезинфекции условий не происходит образования никаких продуктов в значительной концентрации.

Так как УФ-лучи обладают силой воздействия только непосредственно в УФ-установке, то на этапе распределения воды дезинфицирующее воздействие отсутствует. Новая директива по вопросам питьевой воды также указывает на то, что процедура не приспособлена для производства дезинфицирующего потенциала (потенциала воздействия) в сети распределения.

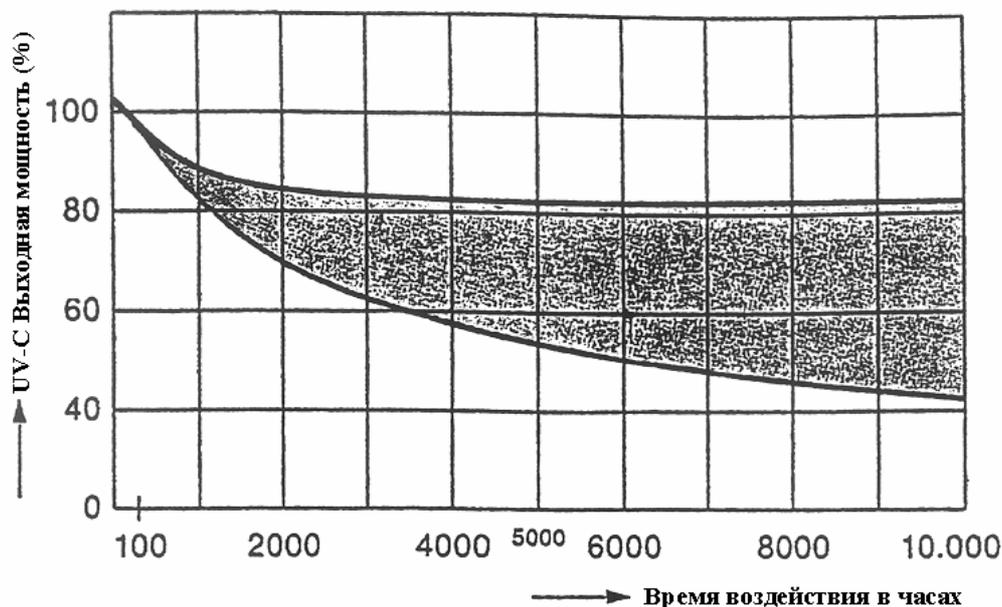


Рис. 40 Градиент относительной интенсивности облучения ртутного излучателя низкого давления как функция времени. Ширина заштрихованной поверхности показывает, что различные типы излучения в зависимости от долговременной стабильности могут показывать большую разницу.

8.1 Требования и конструктивные данные установок УФ-облучения

УФ-установки для дезинфекции питьевой воды должны обладать дезинфицирующим потенциалом, соответствующим обладающему микробиологическим воздействием облучению помещения силой в 400 Дж/м^2 .

Параметры УФ-установки для дезинфекции определяются в соответствии со свойствами воды (в частности, СКО-254, спектральным коэффициентом ослабления при длине волны 254 нм) и объемным током ($\text{м}^3/\text{ч}$).

УФ-установки должны быть оборудованы таким образом, чтобы обеспечивалось постоянное соблюдение и контроль условий эксплуатации, для которых был проверен дезинфицирующий потенциал. Это обеспечивается замером протока и силы УФ-облучения как минимум в одной установленной контрольной точке.

Используемые для контроля УФ-сенсоры должны селективно улавливать УФ-облучение в диапазоне волн от 240 до 290 нм и обеспечивать минимальную силу облучения в контрольной точке при заданных условиях эксплуатации.

Конструкция УФ-установки представлена на рис.41

- ①= Интенсивность UV излучения/трансмиссия
 ②= Расход

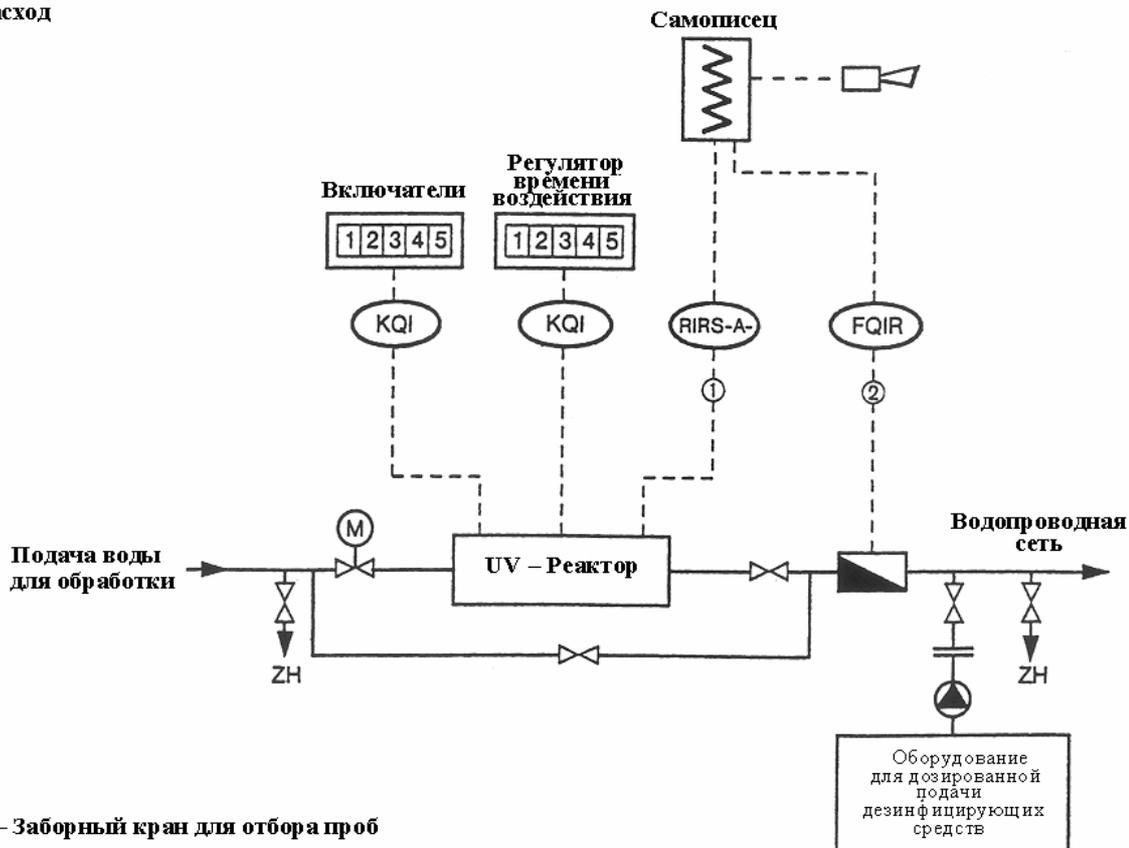


Рис. 41 Технологическая схема процесса работы установки для обеззараживания питьевой воды ультрафиолетовым излучением

Подводящая и отводящая арматура, которая не должна быть изменена или перемещена для ограничения объемного потока и сохранения его желаемых параметров, должна быть соответствующим образом замаркирована и закреплена.

Если осуществляется включение УФ-установки в режим дезинфекции, то следует принять во внимание, что излучателям требуется несколько минут работы для достижения полной мощности излучения. Подача воды в сеть может быть осуществлена только в случае, если УФ-установка была включена в течение определенного (в соответствии с данными производителя) минимального периода времени, а достижение достаточного уровня силы облучения индицируется УФ-сенсорами.

Если через УФ-установку длительное время (например, более 30 минут) не пропускается вода, то рекомендуется ее отключить. Количество включений следует регистрировать на счетчике так же, как и количество часов эксплуатации, так как включения могут сократить срок службы излучателей.

Следует гарантировать, что на УФ-установку не будет поступать объем воды, превышающий ее расчетные параметры. Чтобы не допустить этого, достаточно, например, спроектировать УФ-установку такого масштаба, чтобы можно было к ней подключить все одновременно работающие насосы.

Работоспособность каждого отдельного излучателя должна проверяться с помощью подачи электричества. О поломке излучателя необходимо объявить на месте, а сигнал тревоги немедленно передать обслуживающему персоналу. Как только от этого может пострадать

качество дезинфицирующего действия, следует немедленно принять дополнительные меры по дезинфекции.

Для контроля достаточности силы облучения на каждой УФ-установке должно иметься калибруемое оборудование для замера УФ-излучения.

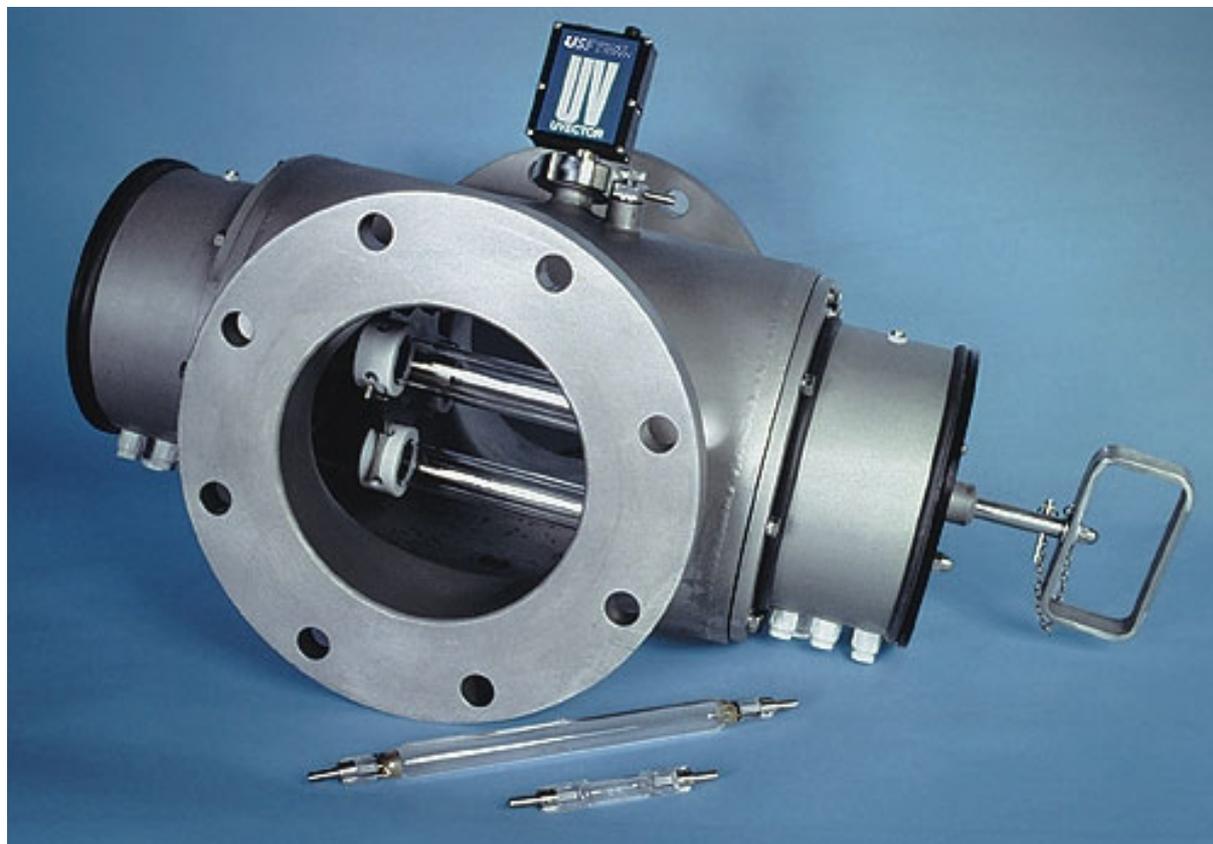


Рис. 42: UV-излучатель, встраиваемый в трубопровод
Прибор состоит из кварцевой трубки, излучателя, аппарата для механической очистки и UV-Сенсора

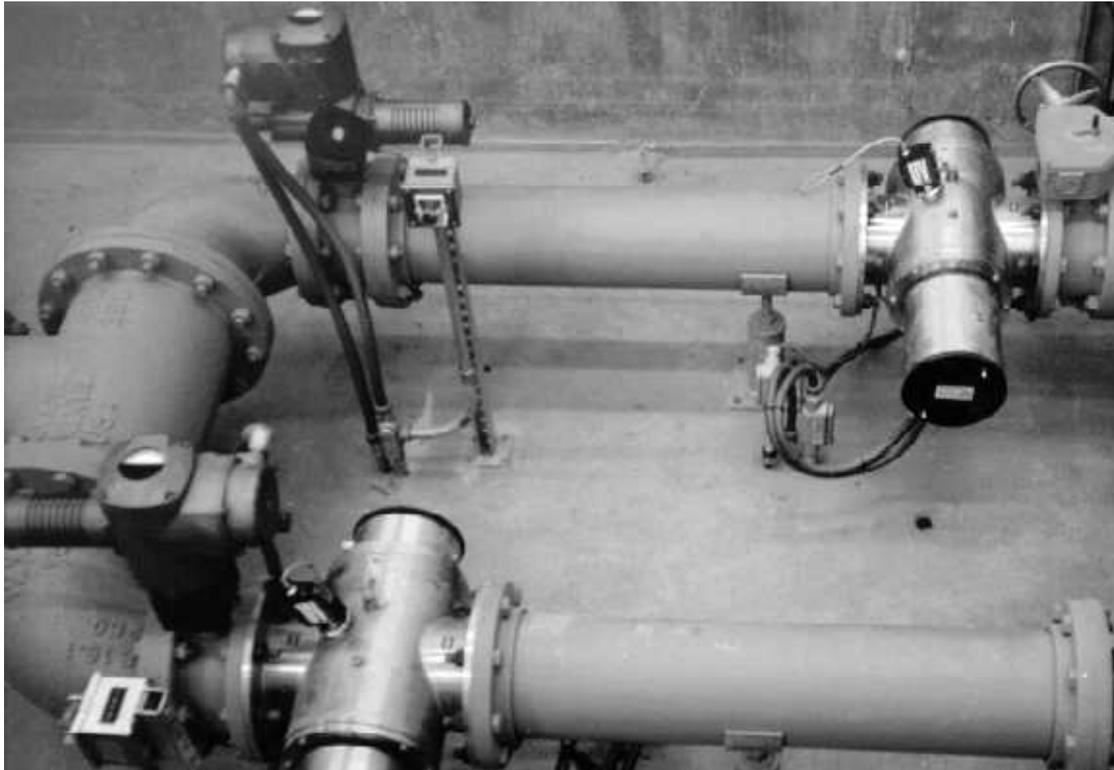


Рис. 43: Два ультра-фиолетовых иллучателя, встроенных в трубопровод. Один из них для постоянного воздействия.

Контроль силы облучения имеет огромное значение еще и потому, что надлежащую работу установки после процедуры УФ-облучения, в отличие от химических средств дезинфекции, впоследствии нельзя проконтролировать постоянными замерами наличия дезинфицирующих средств.

Параметры измерения силы облучения и расход воды по каждому УФ-дезинфицирующему реактору следует постоянно регистрировать и регулярно документировать вместе со всеми остальными важными производственными данными.

При силе облучения ниже минимально установленного уровня следует соответствующим образом сократить расход воды соответствующей установкой и дать сигнал тревоги обслуживающему персоналу. Если расход уменьшить не удастся или предписанный минимальных расход (для безупречной работы гидравлики) не удастся соблюсти, то следует немедленно дать распоряжение о дополнительных мерах по дезинфекции, например, с помощью дозировки химических средств дезинфекции.

Замеренный уровень силы облучения, при котором дается предупреждение или сигнал тревоги и должны быть приняты меры по обеспечению дезинфекции, должен соответствовать местным особенностям. Следует осуществлять регулярную проверку УФ-сенсоров, а в случае необходимости – их калибровку.

Для контроля безупречной работы УФ-установки следует осуществлять регулярное взятие проб до, и после дезинфекции и проводить их бактериологическое обследование.

Стандартные работы по обслуживанию в соответствии с имеющимся опытом ограничиваются регулярными работами по очистке, а также очередной заменой УФ-излучателей.

Очистка кварцевых защитных труб может осуществляться как механическим способом, так и с помощью чистящих средств. Механическая очистка в целом предполагает демонтаж кварцевых

защитных труб. При механической очистке без демонтажа защитных труб (стеклоочистителем) следует гарантировать, что очищаемый материал не приведет к загрязнению питьевой воды.

Перед вводом в эксплуатацию после каждой очистки установку следует обильно промыть, чтобы не допустить загрязнения выпускаемой из нее питьевой воды. Если УФ-установка открывается для очистки, и в ней имеются участки, которые не затронуты действием УФ-лучей, то с помощью химических средств дезинфекции необходимо гарантировать, чтобы никакие загрязнения из этих участков не попали в выпускаемую питьевую воду.

Стенки реактора соотв. рефлекторы следует также подвергать очистке, когда их отражающая мощность снижается.

Так как отложения могут возникнуть во всех участках УФ-установки, а при механической очистке полых труб излучателя отложения в других местах не удаляются, то УФ-установку следует подвергать очистке целиком через определенные промежутки времени.

Замену УФ-излучателей необходимо производить при достижении минимальной силы облучения. УФ-излучатели следует менять только **комплектно** для данной УФ-установки.

Для каждой УФ-установки разрешается использовать только допущенные к использованию на ней УФ-излучатели. При замене излучателя необходимо произвести очистку установки.

Наряду с количеством отработанных часов следует также принимать во внимание количество включений.

Частое включение и выключение УФ-излучателей сокращает их срок службы. Из-за большого значения дезинфекции питьевой воды рекомендуется за реактором предусмотреть пункт дозирования химического средства дезинфекции. Тогда в случае технического сбоя или ухудшения качества воды может быть произведена ее химическая дезинфекция.

Для работы такого пункта дозирования подойдет, например, передвижная дезинфицирующая установка.

Указания по технике безопасности

Следует принять во внимание биологическое воздействие, оказываемое на человека при прямом попадании УФ-лучей, а именно покраснения кожи вплоть до ожогов, воспаления сетчатки и роговицы глаза.

Чувствительность глаза к УФ-излучению особенно велика в диапазоне длин волн от 260 до 270 нм. Следует избегать воздействия УФ-лучей на открытые участки кожи и, особенно на незащищенные глаза.

8.2 Требования к воде

При использовании УФ-излучения в целях дезинфекции питьевой воды свойства обрабатываемой воды также существенны для действенности дезинфекции.

Принцип функционирования данной процедуры требует того, чтобы как можно большее количество излучаемой дезинфицирующей энергии излучения в диапазоне длин волн от 240 до 290 нм фактически достигло микроорганизмов.

Поэтому влияние свойств воды на мощность дезинфекции УФ-установкой следует рассматривать в том аспекте, что спектральное ослабление УФ-лучей за счет прочих веществ, входящих в состав воды, должно быть минимальным.

Кроме того, может произойти отложение содержащихся в воде веществ, например соединений железа и марганца, на защитных трубках УФ-излучателей, что также оказывает отрицательное воздействие на мощность дезинфекции.

Из всех названных факторов можно вывести некоторые базовые требования.

- Побочные вещества, содержащиеся в воде (соединения железа и марганца, красители, муть) должны быть представлены лишь в таких минимальных объемах, чтобы это не ослабляло эффективность дезинфекции.

- УФ-установка должна быть рассчитана на максимальный уровень ожидаемого коэффициента ослабления при длине волны в 254 нм.

- На защитных трубках излучателя не должны появляться осадения в виде таких веществ, как, например, соединения железа и марганца.

- Контроль достаточности силы облучения должен производиться с помощью постоянного замера параметров калибруемым сенсором, осуществляющим замеры селективно в эффективном для проведения дезинфекции диапазоне длин волн (240 – 290 нм).

Значительную роль для обеспечения эксплуатационной безопасности играют предварительные исследования, дающие заключение о ситуации при производстве воды неудовлетворительного качества в случае длительной эксплуатации (минимум один год).

Это необходимо в частности, когда используется сырая воды, качество которой подвержено зависящим от погодных условий колебаниям, а также в которой имеют место сезонно обусловленные изменения параметров мутности.

8.3. Доза УФ-облучения для различных микроорганизмов

Микроорганизмы – Тип	J/m ² für 90 % Уничтожение	J/m ² für 99 % Уничтожение	J/m ² für 99,9 % Уничтожение	J/m ² für 99,99 % Уничтожение
Salmonella typhii	10 – 40	20 – 80	30 – 120	40 – 160
Legionella pneumophila	20 – 50	40 – 100	60 – 150	80 – 200
Escherichia coli	50 – 60	100 – 120	150 – 180	200 – 240
Pseudomonas aeruginosa	50 – 60	100 – 120	150 – 180	200 – 240
Vibrio cholerae	60 – 70	120 – 140	180 – 210	240 – 280
Polimyelltis Virus	30 – 70	60 – 140	90 – 210	120 – 280
Bacillus subtilis	60 – 80	120 – 160	180 – 240	240 – 320

Tuberculosis bacillus	100	200	300	400
Hepatitis B Virus	30 – 110	60 – 220	90 – 330	120 – 440

Таблица 19: Ультра-фиолетовое облучение в J/m^2 соответственно Ws/m^2 для уничтожены от 90 до 99,99 % различных микроорганизмов

9. Мембранная фильтрация

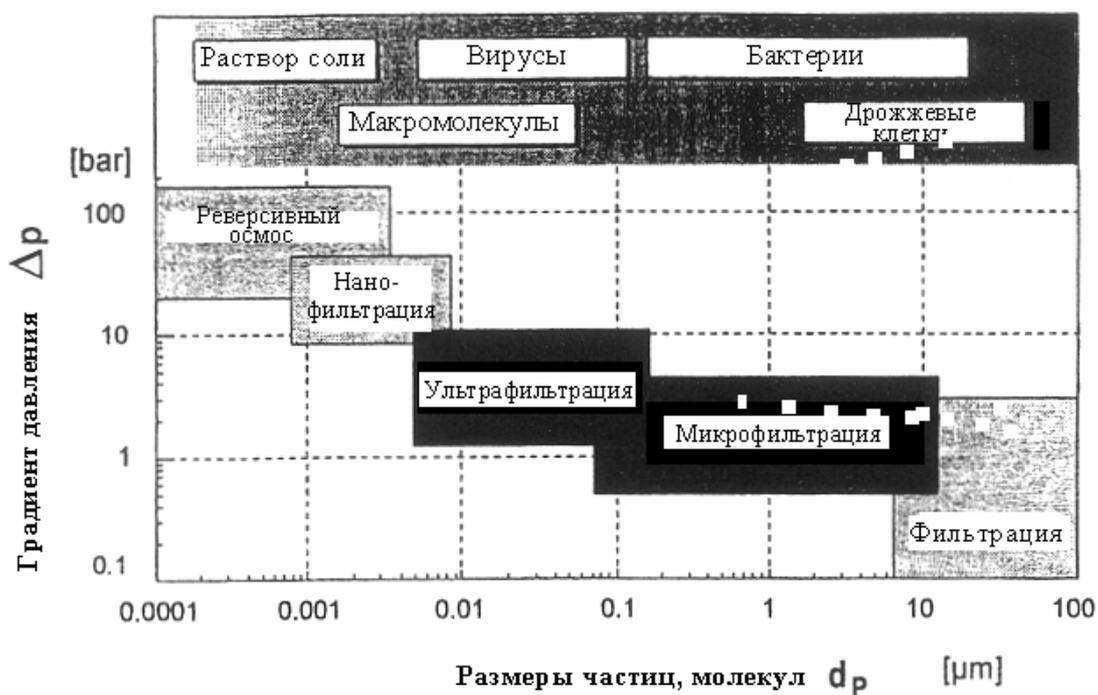


Рис. 44 Мембранная технология

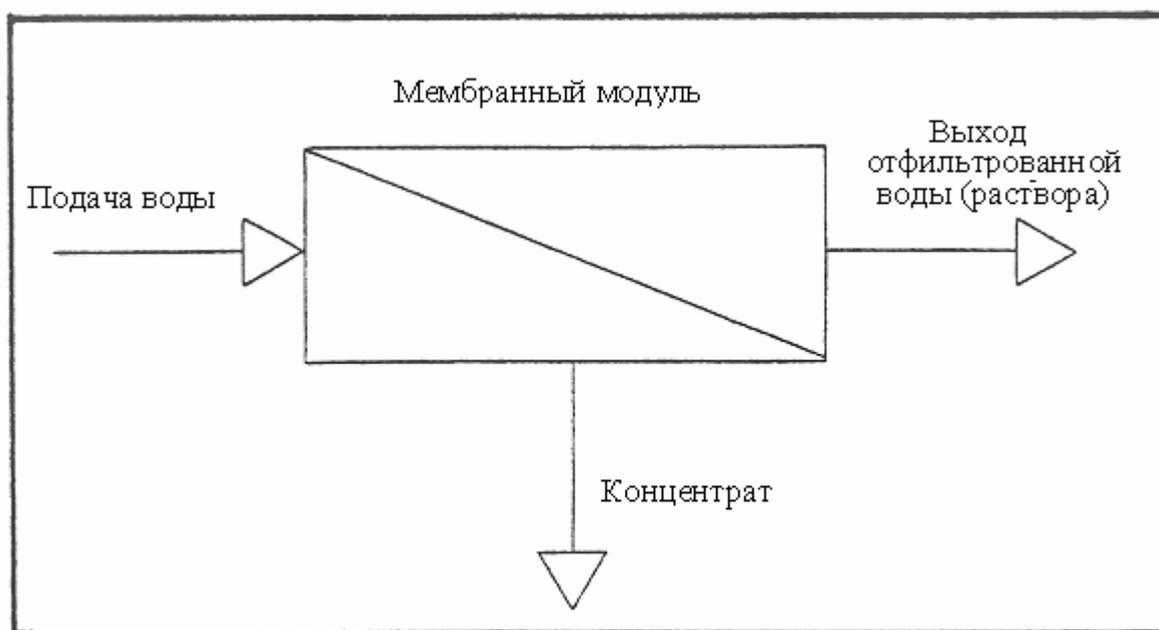


Рис. 45 Принципиальная схема мембранной технологии

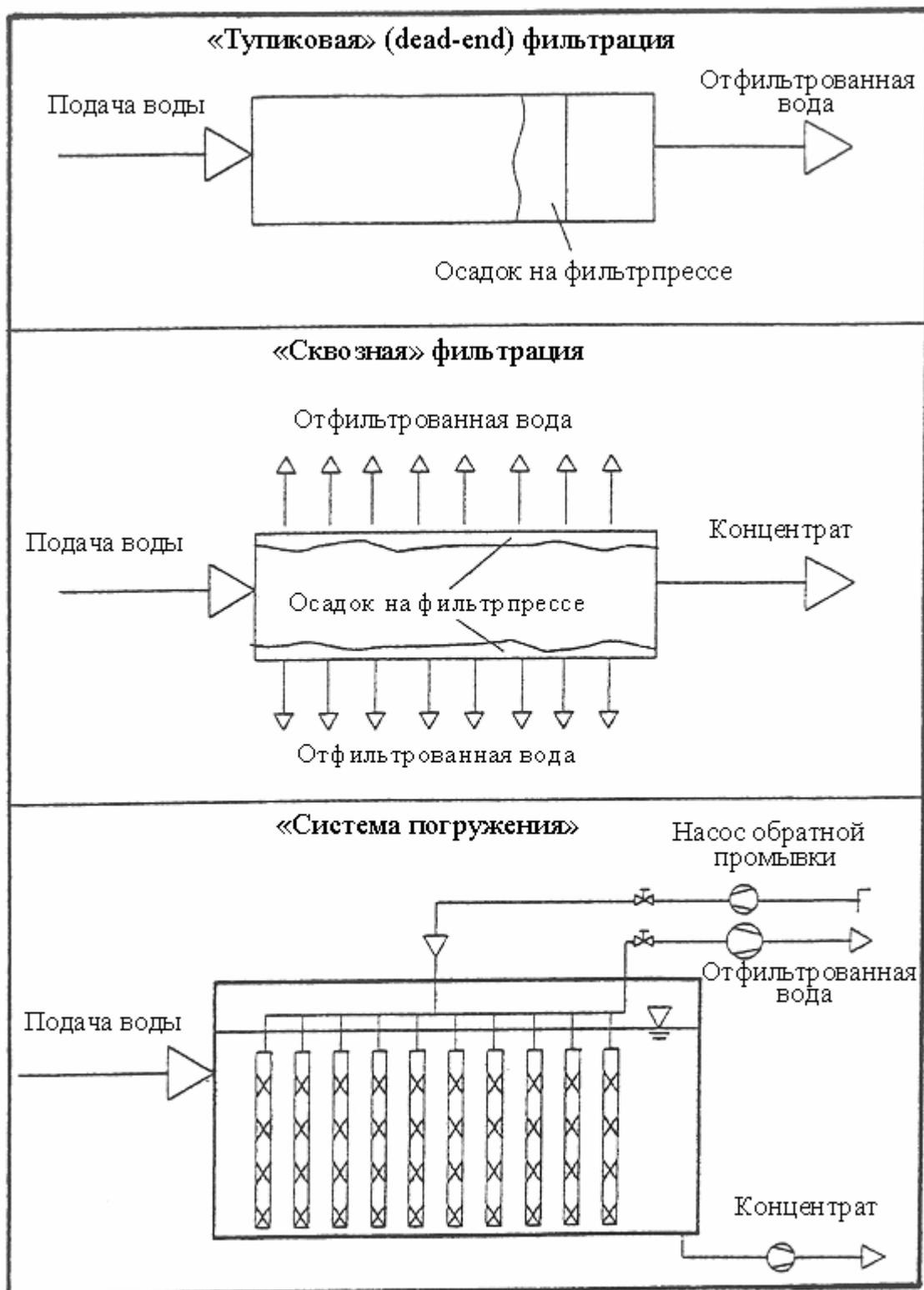


Рис. 46 Важнейшие схемы использования мембранной технологии для обработки питьевой воды

Bei geringen Feststoffgehalten im Feed können mit langen Filtrationsintervallen hohe Ausbeuten und damit eine hohe Leistungsfähigkeit der Anlage erreicht werden. Mit steigendem Feststoffgehalt nimmt die Verblockungsneigung zu, so dass die Anzahl der Spülungen erhöht werden muss. Damit steigen Energiebedarf und Filtratverlust bei der Spülung.

Flachmembranelemente werden stets von außen beaufschlagt, wobei die Stabilität der Membranen durch Stützplatten auf der Filtratseite sichergestellt ist. Dies gilt auch für die getauchten Plattenmembranen. Getauchte Kapillarrohrmembranen werden ebenfalls meist von außen beaufschlagt.

11. Контроль качества воды

11.1. Применение промышленных измерительных приборов

Промышленные измерительные приборы для постоянных замеров избранных параметров используются с целью контроля, управления и регулировки подготовительного и дезинфицирующего оборудования, а также для контроля свойств сырой и питьевой воды.

Наиболее важными из параметров являются: температура, показатель pH, мутность, содержание свободного, суммарного хлора, диоксида хлора, окислительно-восстановительное напряжение, озон и УФ-адсорбция, а также показатель ТОС аммония, содержание железа и марганца. За исключением ТОС, содержания железа и марганца для всех прочих параметров имеются приборы, осуществляющие постоянные замеры. Эти приборы все больше используются на водонасосных станциях в сфере добычи сырой воды, ее подготовки, включая дезинфекционный контроль, хранение и распределение.

Преимущество заключается в осуществлении постоянного наблюдения с регистрацией изменений, колебаний и экстремальных показателей, которые при проведении выборочных замеров не охватываются. Параметры измерений могут быть объявлены, переданы, задокументированы и подвергаться дальнейшей переработке.

Постоянно измеряемые параметры используются в дальнейшем для управления и регулировки дозировочных установок.

Постоянная запись отдельных параметров может также служить в качестве доказательства для органов надзора.

При постоянном документировании таких параметров, как уровень pH, удельная проводимость, содержание хлора и диоксида хлора отпадает необходимость в проведении предписанных Положением о питьевой воде ежедневных исследований.

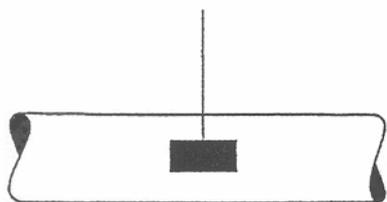
Описанные здесь процессы представляют собой лишь выборку среди наиболее важных и используемых главным образом в настоящее время измерительных приборов. Промышленные измерительные приборы состоят из чувствительного элемента (сенсора), преобразователя показаний, а также устройств индикации и регистрации.

Выходные сигналы преобразователя измеряемых параметров могут использоваться для автоматизации процесса в устройствах регулировки и управления. Кроме того, они могут быть в дальнейшем обработаны на компьютере.

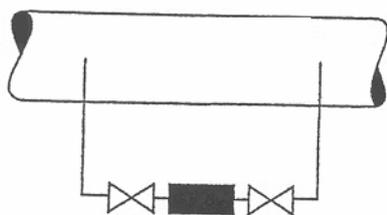
11.2. Установка измерительных устройств

Чувствительные элементы для осуществления постоянных измерений существуют в различных вариантах исполнения: в виде погружной, встраиваемой и проточной аппаратуры.

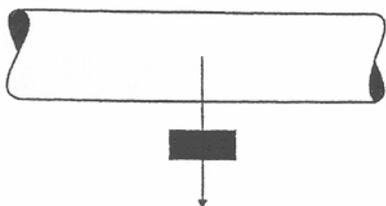
Все используемые приборы должны быть приспособлены для установки в сырых помещениях (см. рис. ...) и быть легкими в обслуживании. Точка забора воды для замеров должна выбираться таким образом, чтобы величина измеряемого параметра не была искажена (например, после осуществления перемешивания). Если требуется наличие магистралей для забора проб, ведущих к чувствительному элементу, то они должны быть выполнены и эксплуатироваться таким образом (материал для труб, длина магистралей, проток и т.д.), чтобы измеряемый параметр до поступления на чувствительный элемент не изменился недопустимым образом.



Измерительный прибор, встроенный или погруженный в резервуар (ёмкость)



Измерительный прибор, встроенный или проходной, подключенный к обводному трубопроводу с насосом. Этот вариант выбирается когда исследуемая вода для замеров не может быть отведена



Измерительный прибор, встроенный или проходной, подключенный напрямую к трубопроводу или резервуару (ёмкости)

Рис. 47 Варианты монтажа измерительных приборов

11.3. Температура

Важным показателем качества воды является ее температура. Равномерность температуры грунтовой воды указывает, например, на хорошее экранирование по отношению к поверхности земли. Вода с поверхности может иметь сильно колеблющуюся температуру. Более сильные отклонения температуры в грунтовых водах указывают на соответствующий источник влияния. Причинами могут являться: попадание осадков или воды с поверхности, поступление охлажденной воды, наличие тепловых насосов или протечки в тепломагистралях.

Температура воды в определенном аспекте определяет ее качество, прежде всего вкус. Диапазон температуры от 8 до 12°C воспринимается по отношению к питьевой воде как приятно и освежающе действующая; вода с повышенной температурой (выше 15°C) кажется безвкусной и пресной; очень холодная вода с температурой ниже 5°C при питье кажется неприятной и может вызвать осложнения в состоянии здоровья (желудочно-кишечные нарушения).

Температура воды косвенно свидетельствует и о ее происхождении. Так, например, очень глубокие грунтовые воды обладают повышенной температурой. В Германии вода из скважины, если температура воды превышает постоянно 20°C и более, называется «термальной».

Температура воды также оказывает влияние на процессы подготовки и дезинфекции в плане скорости реакции; от температуры зависит и растворимость в воде различных газов. Скорость, с которой идут химические и биологические процессы, также зависит от температуры воды. Это сказывается особенно на следующих этапах подготовки воды: коагуляции, прохождении биологически действующих фильтров и быстрой декарбонизации.

Вместе с ростом температуры по причине подвижности ионов возрастает также и дезинфицирующее действие хлора. Для замеров температуры используются преимущественно термометры сопротивления.

В зависимости от случаев применения используются различные варианты конструктивного исполнения в зависимости от типа защитных трубок и диапазона температуры. Термометры сопротивления могут быть встроены непосредственно в трубопровод или в имеющуюся проточную арматуру. При этом они не создают помех, а обслуживание может быть осуществлено раз в год с помощью поверочных термометров.

11.4. Уровень pH

Ввиду протекания различных химических, физических и биологических процессов уровень pH может быстро меняться. Таким образом, измерение показателя pH указывает на изменения свойств воды; это важно для контроля над процессами ее подготовки и дезинфекции, дает исходные данные о коррозионном действии воды и является основой для оценки воды в свете Положения о питьевой воде. Согласно ему уровень pH питьевой воды должен составлять от 6,5 до 9,5.

Изменения показателя pH воды могут быть обусловлены различными причинами, либо указывают на загрязнение и антропогенные факторы влияния, которые следует учитывать при подготовке воды.

Уровень pH воды оказывает также влияние и на ее органолептические свойства; вода с показателем pH ок. 8 отдает пресным, а при более высоком уровне этого показателя становится заметным мыльный привкус. Вода имеет свежий вкус, когда показатель pH

находится на уровне ниже 7,5 и она одновременно холодная, а также в ней присутствует достаточное количество CO₂ (ок. 10 мг/л и более).

Низкий уровень показателя pH предопределяет, правда не обязательно, кисловатый привкус воды. Для большинства химических равновесий веществ, образующих состав воды, уровень pH имеет огромное значение. Множество равновесий кислотных оснований, гетерогенных и окислительно-восстановительных реакций с переходом протонов находится под существенным влиянием уровня pH.

Показатель pH среди прочих факторов оказывает влияние на растворимость гидроксидов, карбонатов, солей кремниевой кислоты.

При возрастании уровня pH ослабляется действие хлора при дезинфекции. А скорость обеззараживания с помощью диоксида хлора с увеличением показателя pH наоборот не снижается.

В трубопроводах и резервуарах уровень показателя pH определяет коррозионное действие воды по отношению к используемым материалам и конструкциям.

Определение уровня pH осуществляется электрометрическим методом с помощью стеклянного электрода (стержневой мерной цепочки). Установка электрода производится в прямооточном резервуаре, причем следует соблюдать не слишком высокую скорость набегающего потока электрода по измеряемой воде. При условии сильных температурных колебаниях (> 5°C) необходима компенсация температурных влияний.

Шкала показателя pH установлена с помощью стандартных буферных растворов, соответствующих **DIN 19266** либо **DIN 19267**. Измерительный усилитель должен быть произведен в соответствии с **DIN 19265**, а стеклянный электрод (одновитковая мерная цепочка) должен быть высокоомным согласно **DIN 19261**.

Максимальное отклонение показателя pH от фактического значения должно составлять ± 0,1. Должно иметь место длительное постоянство в нулевой отметке шкалы электродов (pH 7,00). В воде с электропроводностью <50 µS/cm не могут использоваться гелевые электроды. В этом случае необходимо предусмотреть одновитковые мерные цепочки со шлифованной диафрагмой и собственным питающим резервуаром для KCl-электролитного раствора.

На электродах не должно быть отложений (железа, марганца, извести). Перед калибровкой следует произвести механическую или химическую очистку электродов. Калибровка может быть произведена лишь в случае, когда температура электродов дошла до уровня температуры буферного раствора.

Калибровка осуществляется с помощью двух буферных растворов, соответствующих **DIN 19266** либо **DIN 19267**. Наиболее частой причиной ошибок, возникающих при электрохимических измерениях показателя pH, являются загрязненные буферные растворы.

В течение времени из-за старения стеклянной мембраны увеличивается ее сопротивление; крутизна электродов снижается. Если данное явление не может быть скомпенсировано с помощью измерительного усилителя, то электрод следует заменить.

Использование замеров уровня pH для управления и регулировки в принципе возможно. Они применяются, прежде всего, в условиях наличия у воды хороших буферных свойств, а также при воде с постоянным длительным составом.

Измерение мутности в соответствии с **DIN EN ISO 7027** вот уже долгое время используется в качестве быстрого метода оценки воды в плане содержания в ней нерастворенных веществ.

В Положении о питьевой воде указан предельный показатель в размере 1,0 NTU (Nephelometric Turbidity Units). Числовое значение соответствует бывшей единице измерения мутности FNU (Formazine Nephelometric Units). Предельный показатель в размере 1 NTU действует в германском Положении о питьевой воде для воды на выходе с водонасосной станции.

Владелец предприятия или другой собственник водонасосной станции должны немедленно сообщить в компетентные органы (Ведомство по делам здравоохранения) о неожиданном либо постоянном росте данного показателя.

В качестве ориентира «эстетического качества» питьевой воды источники ВОЗ указывают уровень рН в 5 NTU и замечают, что уровень < 1 NTU следует предпочесть только в целях эффективности дезинфекции, так как более высокие показатели соотв. более высокое количество мутных веществ защищает микроорганизмы от проникающей дезинфекции и даже может оказать положительное влияние на рост колонии бактерий.

При дезинфекции (см. табл. 7) поверхностных вод или воды, находящейся под влиянием поверхностных вод, показатель мутности не должен превышать 0,2 NTU.

Постоянный замер мутности с помощью промышленных измерительных приборов используется для контроля сырой воды и для проверки установок по подготовке воды, основной задачей которых является удаление из воды мелких частиц.

Рекомендуется производить замеры мутности воды до и после таких процедур подготовки.



Рис. 48 Полный комплект оборудования для определения мутности в питьевой воде, с прибором для определения оптических свойств (слева), и электронных значений (справа)

Каким образом должно осуществляться постоянное удаление замутнения из воды долгое время было менее вопросом соответствующей техники для подготовки воды, чем вопросом ее философии.

Сегодня достигнуто единство в том, что на современных установках по подготовке воды, например, для поверхностной воды, должна осуществляться полная элиминация всех суспензированных веществ, чтобы произвести отделение с высокой степенью надежности, в том числе и микроорганизмов. Этим достигается выполнение важной предпосылки для подачи питьевой воды с постоянно безупречными гигиеническими параметрами. Такие установки обходятся минимумом дезинфекционных средств, и даже через несколько дней нахождения питьевой воды в распределительной сети ее загрязнения не происходит.

В принципе лишь некоторые свободно суспензированные в воде бактерии быстро и без проблем уничтожаются с помощью хлора или диоксида хлора, а также УФ-облучения. К

бактериям, находящимся в частичках взвеси, это не относится. Здесь существует опасность того, что средства дезинфекции либо УФ-облучение не проникнут внутрь частиц и защищенные таким образом бактерии не будут убиты.

Тоже относится и к бактериям, облаченным в непроходимый для средств дезинфекции слой слизи, а также к кистам и созревающим кистам лямблий и криптоспорид.

Поэтому риск, возникающий вместе с недостаточным удалением взвеси при подготовке, удастся лишь очень условно скомпенсировать более высокими дозами дезинфицирующих средств. Даже высокая концентрация средств дезинфекции в питьевой воде не дает достаточной безопасности.

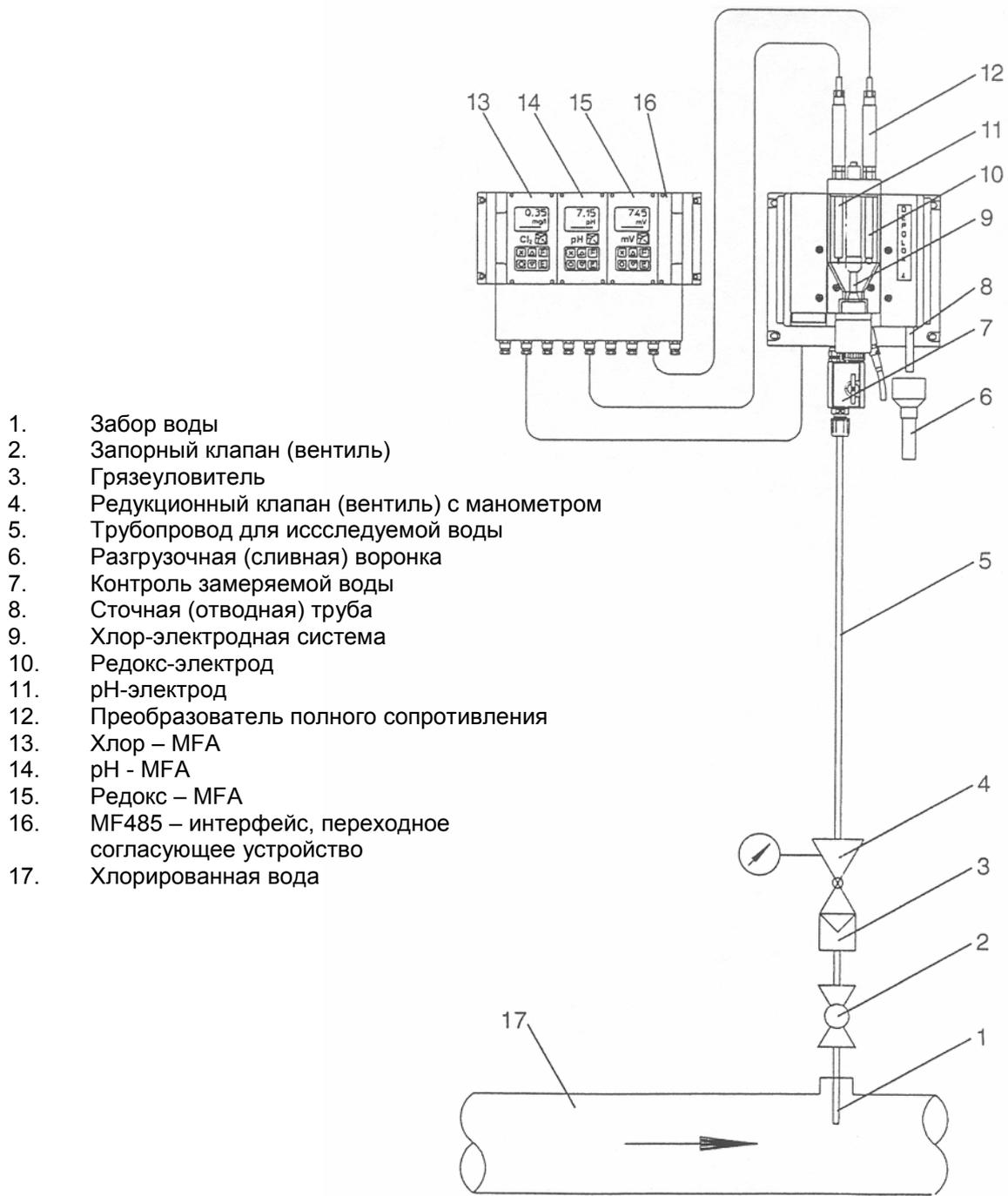
Для поверхностной воды, ну и конечно и для не безупречной в бактериологическом плане грунтовой воды и воды из источников, предельный параметр в 1,0 NTU, в частности, после сильных осадков и при наводнении, является чрезвычайно высоким. В этом случае мутность, как уже было упомянуто, должна находиться на уровне менее 0,2 NTU, а по возможности даже менее 0,1 NTU.

Мутность воды вызывается наличием нерастворенных веществ, как органических, так и неорганических частиц, коллоидами, а также пузырьками газа. Если на такие частицы попадает свет, то часть его рассеивается, притом что под рассеиванием абсолютно в общем смысле понимается отклонение луча света от своего направления. Степень рассеивания определяется, прежде всего, количеством и свойствами (например, размером, формой и цветом) частиц. Замер мутности основан на измерительно-техническом учете этого рассеянного излучения.

Полученный таким образом измерительный параметр зависит от длины волны используемого света и геометрии измерительного устройства (угла замера).

Для обеспечения международной сравнимости параметров мутности оба эти условия были закреплены в стандарте **DIN EN 27027** (здесь используется еще единица FNU) и в аналогичном по названию нормативе **ISO 7027**. В соответствии с этими документами используется свет определенной длины волны (860 нм) под углом замера 90°.

При замере прозрачной воды (с меньшей мутностью) использование света с длиной волны 550 нм и шириной полосы в 30 нм приводит к большей интенсивности рассеивающего излучения и к более стабильным показателям. В соответствии с **DIN EN 27027** измерительный прибор должен обладать возможностью калибровки.



1. Забор воды
2. Запорный клапан (вентиль)
3. Грязеуловитель
4. Редукционный клапан (вентиль) с манометром
5. Трубопровод для исследуемой воды
6. Разгрузочная (сливная) воронка
7. Контроль замеряемой воды
8. Сточная (отводная) труба
9. Хлор-электродная система
10. Редокс-электрод
11. pH-электрод
12. Преобразователь полного сопротивления
13. Хлор – MFA
14. pH - MFA
15. Редокс – MFA
16. MF485 – интерфейс, переходное согласующее устройство
17. Хлорированная вода

(График: USF Wallace & Tieman)

Рис. 49 Типичная установка полного измерительного и регулирующего оборудования для определения хлора, pH-значений и Редокс-потенциала. Измерительной ячейкой для хлора может быть также определено содержание хлордиоксида и озона.

11.6. Свободный хлор, связанный хлор, суммарный хлор

Обработка воды хлором относится к самым распространенным процедурам дезинфекции. Растворенный в воде хлор вступает в реакцию с образованием гипохлорной кислоты (HClO), ионов гипохлорита (ClO^-) и соляной кислоты (HCl). Весовая концентрация образующихся отдельных соединений зависит в частности от уровня показателя pH воды. При диапазоне уровня показателя pH между 6 и 8 в наличии практически только гипохлорные кислоты и ионы гипохлорита. Так как уничтожение микроорганизмов приписывается преимущественно гипохлорным кислотам, то показатель уровня pH воды играет важную роль.

В физическом смысле растворенный хлор (Cl_2), гипохлорная кислота и ионы гипохлорита обозначаются как свободный хлор. В присутствии аммония или органически связанного азота в воде могут образовываться иные соединения хлора (монохлорамин, дихлорамин, трихлорамин), в которых хлор еще обладает окислительными и дезинфицирующими свойствами. Данные соединения объединяются под единым термином «связанный хлор».

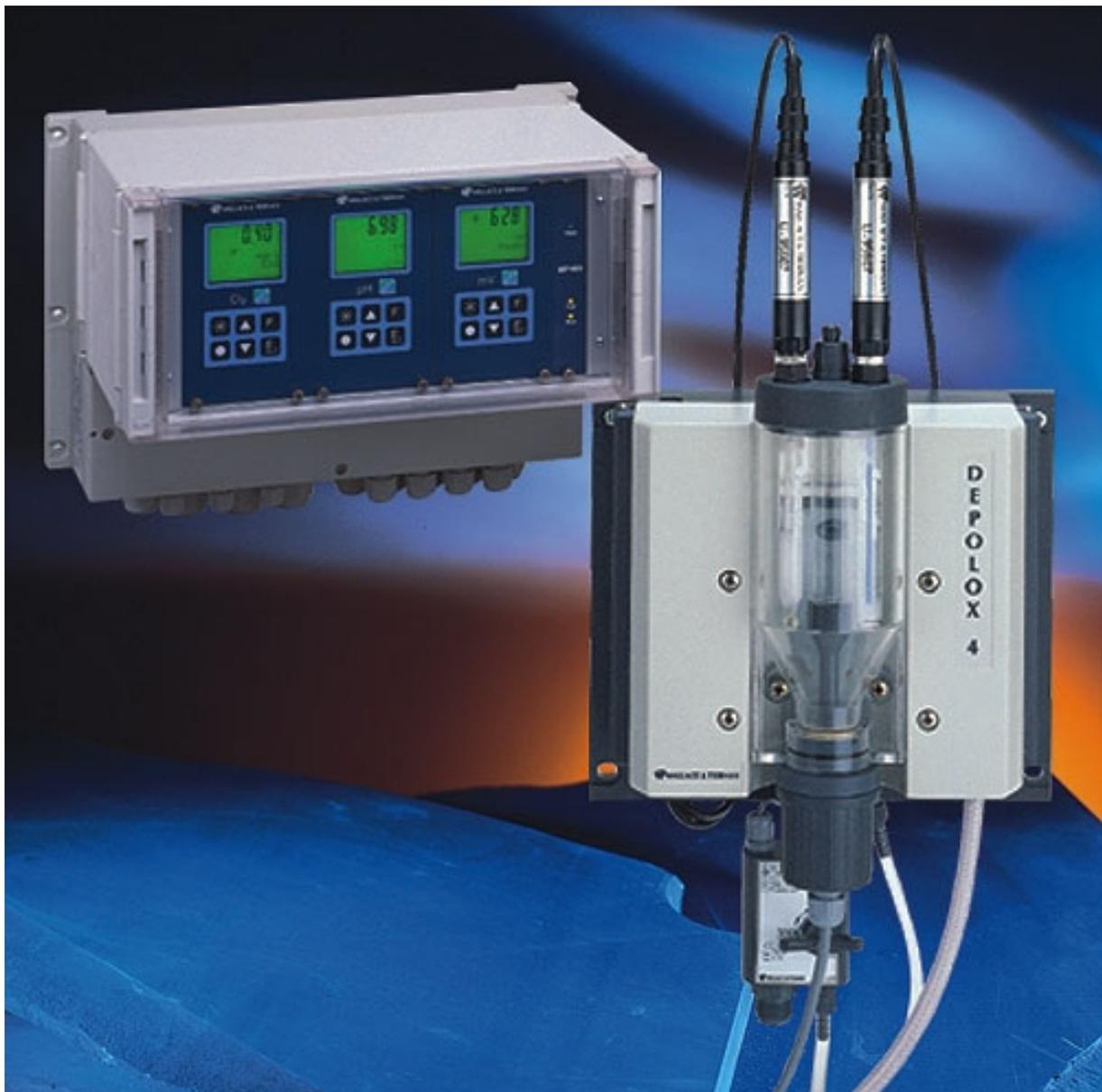


Рис. 50: Приборы для измерения содержания свободного хлора, pH-показателя и Редокс-потенциала . Измерение содержания хлора происходит в нижней части плексигласовой коробки, для измерения показателя pH и редокс-потенциала встроен преобразователь, дающий возможность получать сигнал без помех

Для дезинфекции питьевой воды в некоторых странах применяется т.н. хлораминовая процедура. Из аммиачного и хлорного газа получают хлорамин, действующий впоследствии как дезинфицирующее средство. В германском Положении о питьевой воде данная процедура более не упоминается.

Сумма свободного и связанного хлора образует суммарный хлор. Стандартное определение хлора в воде относится к учету свободного хлора, так как в соответствии с Положением о питьевой воде в хлорированной воде должно соотв. может иметься некое минимальное и максимальное количество свободного хлора. Наряду со свободным хлором часто бывает важно знать содержание связанного хлора. Так как для связанного хлора непосредственной методики

определения содержания не существует, то здесь наряду с замером свободного хлора требуется отдельное определение количества суммарного хлора. Разница концентрации суммарного и свободного хлора дает содержание связанного хлора.

Если в дезинфицируемой воде хлор представлен только в виде хлорамина, то содержание замеренного суммарного хлора соответствует содержанию связанного хлора. В германском Положении о питьевой воде в качестве веществ, используемых при подготовке питьевой воды, допущены к использованию хлор, гипохлорит натрия, гипохлорит кальция, диоксид хлора и озон, причем озон не применим для создания дезинфекционного потенциала в сети распределения.

Допустимый объем добавления хлора должен составлять не более 1,2 мг/л свободного хлора, он может возрастать вплоть до 6 мг/л свободного хлора, если иным способом невозможно соблюдение микробиологических требований или если на дезинфекцию временами отрицательное влияние оказывает аммоний.

Содержание свободного хлора в подготовленной воде составляет макс. 0,3 мг/л и при добавлении свыше 1,2 мг/л не должно превышать 0,6 мг/л.

В соответствии с Положением о питьевой воде после завершения подготовки остаточное содержание свободного хлора должно составлять минимум 0,1 мг на литр питьевой воды.

Понятие «после завершения подготовки» нигде официально не определено. На практике исходят из того, что через 15-30 минут после добавления средства дезинфекции подготовка завершена.

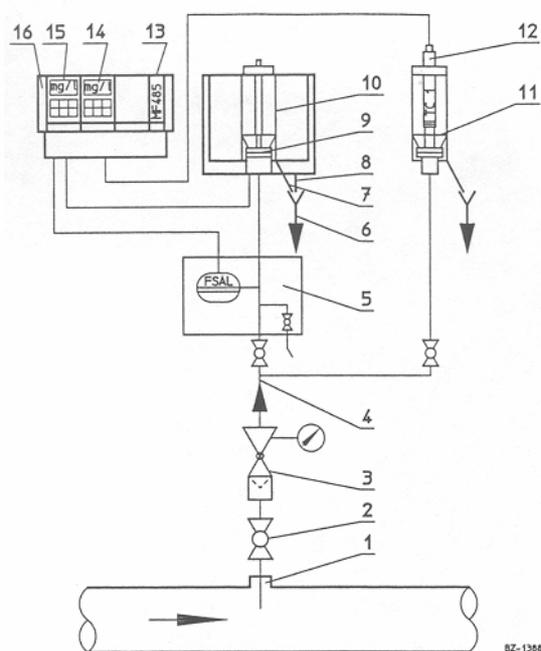
Предельный показатель содержания связанного соотв. суммарного хлора в Положении о питьевой воде не указан, так как традиционный ранее для Германии «хлораминовый метод» в Положении о питьевой воде более не приводится. Несмотря на это замеры связанного хлора в поверхностных водах, где в большинстве случаев в холодное время года в сырую воду происходит поступление аммония, имеют значение. Допустимые ошибки в показателях замеров для свободного хлора могут составлять $\pm 0,05$ мг/л.

В соответствии с германским Положением о питьевой воде в подробном ежедневном исследовании отпадает необходимость, если ведется постоянное протоколирование. Для постоянных замеров хлора в Положении о питьевой воде не предписывается особая методика исследования или процедура проведения замера.

Для отдельного исследования, а также для калибровки постоянно работающих измерительных приборов сегодня в качестве колориметрической, фотометрической или объемно-аналитической процедуры используется DPD-методика. Более подробно определение содержания хлора по DPD-методике описано в нормативе **DIN EN ISO 7339-2**. Для постоянного замера содержания свободного хлора в большинстве случаев используются измерительные ячейки, которые могут принять прочие измерительные электроды, например, для замера уровня pH и стержневые мерные цепочки для окислительно-восстановительных процессов, а также датчики удельной проводимости в общей проточной арматуре.

Благодаря такому модульному методу измерительные системы можно комбинировать в соответствии с требованиями к процедуре. Используемая чаще всего при дезинфекции питьевой воды комбинация состоит из замера свободного хлора, окислительно-восстановительного напряжения и показателя pH.

Целесообразной является следующая комбинация – свободный хлор, окислительно-восстановительное напряжение, притом, что первый замер содержания хлора регулирует степень дезинфекции, а второй замер содержания хлора и замер окислительно-восстановительного напряжения служит для проверки дезинфекции на выходе из водонасосной станции.



1. Отбор воды
2. Запорный клапан (вентиль)
3. Редукционный клапан (при начальном давлении выше 4 килобар)
4. Подводящий трубопровод
5. Реле расхода с отборником проб
6. Сливная (разгрузочная воронка)
7. Выпускной шланг
8. Сливной шланг
9. Система электродов Свободный хлор
10. Измерительная ячейка
11. Расходная арматура
12. Измерительная ячейка для общего хлора TCl
13. MF485 – интерфейс, переходное согласующее устройство
14. MFA Хлор N (связанный хлор)
15. MFA Хлор (связанный хлор)
16. Корпус

(График: USF Wallace & Tiernan)
8Z-1388

Рис. 51 Технологическая схема определения содержания свободного хлора и общего хлора в питьевой воде. Вода, подаваемая на оба измерительных прибора имеет одинаковый состав. Разница сигналов на выходе (общий хлор минус свободный хлор) покажет содержание связанного хлора на модуле (MFA Chlor N).

Уровень связанного хлора определяется не напрямую, а через замер суммарного хлора. Датчик для замера суммарного хлора состоит из стабилизирующей напряжение 3-х электродной системы, покрытой мембраной, с рабочим электродом из золота, противоположного электрода из легированной стали и опорного электрода.

Если хотят показать и зарегистрировать непосредственно содержание связанного хлора (хлорамина), то замер суммарного хлора комбинируют с показателями измерительного прибора для замеров свободного хлора. К обоим приборам подают одну и ту же воду. Из сигналов выхода обоих измерительных приборов в модуле суммарного хлора вычисляется разница. Эта разница суммарного и свободного дает показатель связанного хлора, который непосредственно и индицируется.

11.7. Диоксид хлора

Если для дезинфекции используется диоксид хлора, то после завершения подготовки (см. Положение о питьевой воде) должно иметься в наличии остаточное содержание диоксида хлора в количестве не менее 0,05 мг на литр питьевой воды. В нормативе **DIN 38408, часть 5**, понятие диоксида хлора описано более подробно. Для продукта реакции хлорита, возникающего при использовании диоксида хлора, может использоваться определение в соответствии с нормативом **DIN EN ISO 10304-4** «Определение растворимых анионов с помощью ионной хроматографии», часть 4: Определение хлората, хлорида и хлорита в слабо загрязненной воде.

Для диоксида хлора допустимая норма добавления составляет 0,4 мг/л, предельный показатель после подготовки составляет около 0,20 мг/л ClO_2 . Предельный показатель для восстановленного хлорита в питьевой воде составляет 0,20 мг/л.

На сегодняшний день диоксид хлора применяется практически исключительно для дезинфекции в зоне чистой воды, а также в качестве дезинфицирующего средства при транспортировке воды по трубопроводам, прежде всего, в системе водоснабжения удаленных потребителей. Доза добавления на большинстве германских водонасосных станций лежит в пределах между 0,10...0,20 мг диоксида хлора на литр, таким образом, чтобы никогда не был достигнут максимальный предельный показатель содержания хлорита 0,20 мг/л.

В то время как ранее диоксид хлора часто использовался в комбинации с хлором для дезинфекции воды, сегодня почти повсюду применяется один только диоксид хлора. Это значит, что проведение замеров также упростилось, так как в проверяемой воде вместе с диоксидом хлора сам хлор не содержится.

Если в питьевой воде наряду с уровнем хлора должен быть замерен показатель содержания диоксида хлора, то с недавних пор для этой цели имеется в распоряжении чувствительный к диоксиду хлора, покрытый мембраной электрод.

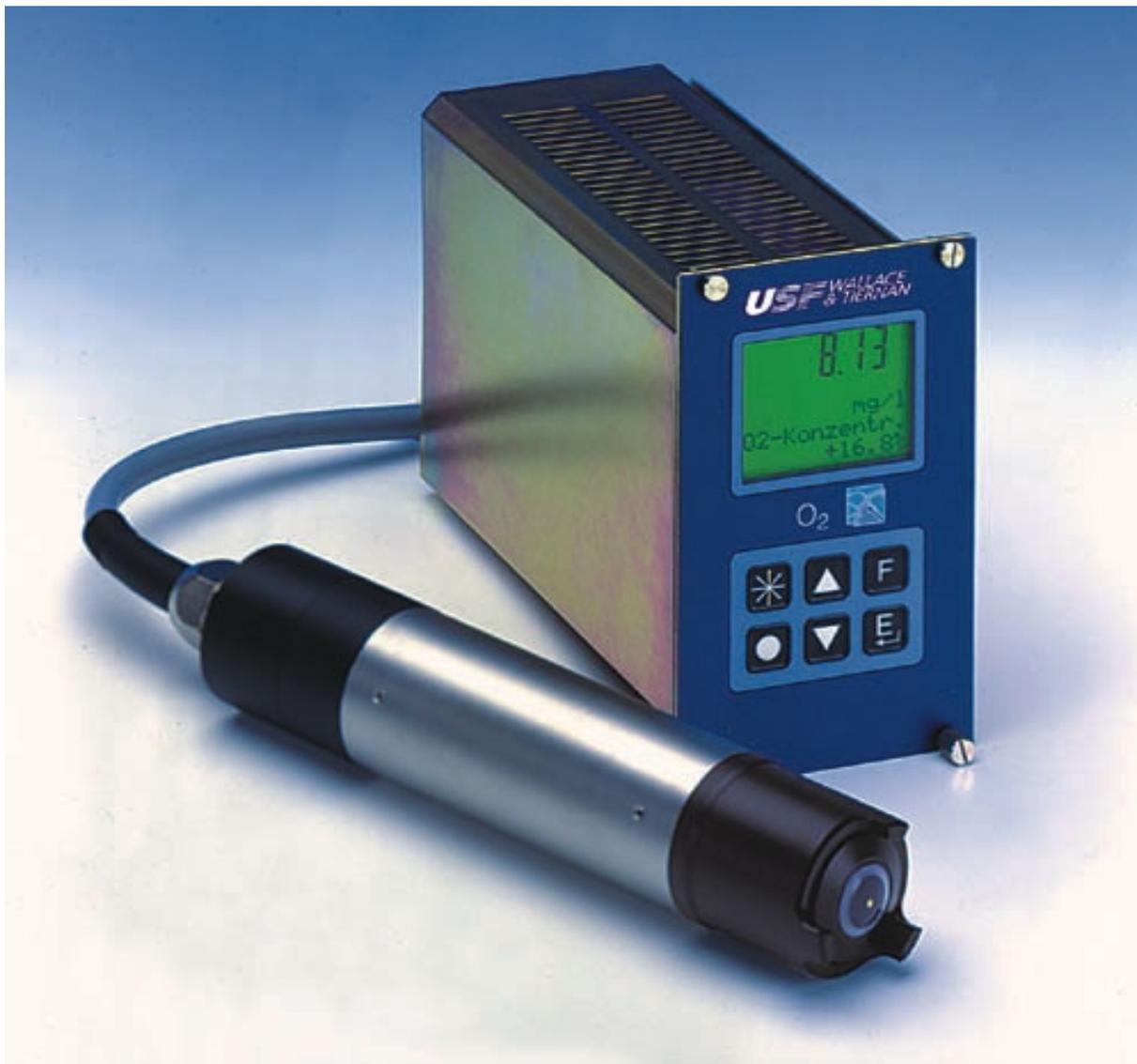


Рис. 52 Измерительный электрод и усилитель для селективных замеров содержания хлордиоксида, общего хлора и озона

11.8. Окислительно-восстановительное напряжение

Окислительно-восстановительное напряжение обусловлено растворенными в воде окисляющими и восстанавливающими веществами, если они действуют на поверхности электрода. Оно указывается в виде напряжения между внутренним проводником электронов и стандартным водородным электродом. Это определение понятия окислительно-восстановительного напряжения, как оно сформулировано в нормативе **DIN 38404, часть 6**. Далее в этом нормативном документе сказано: «Окислительно-восстановительное напряжение указывает на состояния и процессы в воде, при которых начинают действовать окисляющие и восстанавливающие вещества».

Как понимать данные формулировки в свете дезинфекции питьевой воды? В качестве восстанавливающих веществ в питьевой воде могут рассматриваться присутствующие в ней загрязнения и органические нагрузочные вещества, в то время как такие средства дезинфекции, как хлор, диоксид хлора или озон присутствуют в качестве окисляющих веществ.

Окислительно-восстановительное напряжение, которое, например, имеет место в хлорированной воде, является, таким образом, мерой окисляющего и одновременно дезинфицирующего действия воды при одновременном учете имеющейся на данный момент нагрузки воды, которую представляют собой загрязнения. Его можно также обозначить как дезинфекционная способность воды. Уровень окислительно-восстановительного напряжения в случае хлорирования в первую очередь зависит от концентрации хлора, но точно также он зависит и от типа и концентрации возможных партнеров хлора по реакции.

Это касается и таких субстанций, которые не заметны за счет быстрого связывания свободного хлора.

Окислительно-восстановительное напряжение зависит от уровня pH и в малой мере от температуры воды. Таким образом, окислительно-восстановительное напряжение является величиной с более широким охватом, чем концентрация хлора, так как она помимо концентрации средств дезинфекции включает также и прочие параметры, воздействующие на дезинфекционную способность воды.

Связь между окислительно-восстановительным напряжением и концентрацией средств дезинфекции не является линейной.

Так вода с одинаковой концентрацией хлора может иметь различное окислительно-восстановительное напряжение, а, следовательно, обладать и различными дезинфицирующими способностями. Если вода с различной концентрацией хлора обладает равным окислительно-восстановительным напряжением, то и дезинфицирующие способности этих типов воды одинаковы. Вот уже многие годы окислительно-восстановительное напряжение используется для контроля дезинфекции питьевой воды.

В практике работы водонасосных станций окислительно-восстановительное напряжение в качестве мерной величины играет особую роль для дезинфицирующей способности воды там, где подготавливается вода, в которой иногда приходится считаться с более сильным присутствием происходящих из водорослей веществ или аммония. В эти периоды времени концентрация средств дезинфекции теряет свою выразительность, в то время как замер окислительно-восстановительного напряжения позволяет составить верное суждение об имеющихся дезинфекционных способностях.

Следующая точка зрения является производной от тяжести проведения анализа хлора и диоксида хлора при очень низких уровнях их концентрации. Для того чтобы оперировать малыми уровнями содержания дезинфицирующих средств, однако все-таки обеспечивать надежную дезинфекцию, окислительно-восстановительное напряжение оказывается подходящим параметром, так как оно сильнее всего реагирует на изменения концентрации этих средств при малом диапазоне этой концентрации.

На рис.53 показано окислительно-восстановительное напряжение при растущем содержании свободного хлора. Однако этот график также демонстрирует то, что окислительно-восстановительное напряжение не может быть использовано в качестве параметра для регулировки, а также то, что «передозировку хлора» с помощью этого показателя обнаружить невозможно.

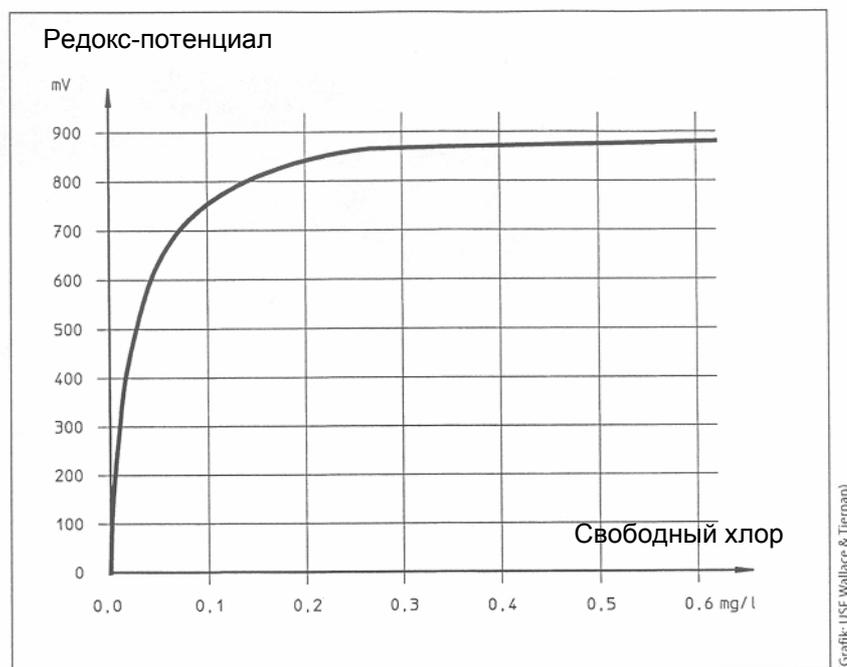


Рис. 53 График зависимости окислительно-восстановительного потенциала (редокс-потенциал) питьевой воды от содержания свободного хлора

Предельные показатели или соответствующие диапазоны окислительно-восстановительного напряжения, необходимые для надежной дезинфекции, нигде не изложены.

Для того чтобы на водонасосной станции выяснить, какой уровень окислительно-восстановительного напряжения требуется для надежной дезинфекции, необходимы целые серии испытаний. Здесь вместе с показателем окислительно-восстановительного напряжения следует рассматривать и результаты микробиологического анализа, содержание дезинфицирующих средств и уровень pH.

Хотя в нормативе **DIN 38404, часть 6** (Понятие окислительно-восстановительного напряжения) указано, что этот показатель должен указываться как напряжение между одним инертным проводником электронов и стандартным водородным электродом, по практическим соображениям замеры производятся с помощью платинового электрода против опорного серебряного / из хлорида серебра электрода (Ag/AgCl).

На измерительном модуле указывается фактически замеренное напряжение U_G (против Ag/AgCl). Устройство для измерения окислительно-восстановительного напряжения состоит из соответствующего одноразового мерного электрода с системой сравнения из Ag/AgCl, преобразователя полного сопротивления, каротажного кабеля и измерительного модуля. В качестве проточной арматуры при комбинировании с замером хлора используется аналогичная проточная арматура.

11.9. Озон

Озон применяется в целях окисления и дезинфекции при подготовке питьевой воды и может содержаться в воде после приготовления в концентрации не более 0,05 мг/л (Положение о питьевой воде). Данный уровень соответствует приблизительно химическому пределу обнаружения озона стандартным DPD-методом (DPD – диэтил-пэ-фенилендиамин) и означает, что в воде почти отсутствует озон. Понятие озона в соответствии с DPD-методом описано более подробно в нормативе **DIN 38408, часть 3**. Если остаточный озон после соответствующего времени реакции или контактирования не распался, то его следует удалить по медицинским, коррозионно-техническим причинам, а также с целью устранения запаха озона, например, с помощью последующей фильтрации через активированный уголь. Таким образом, по завершении подготовки озон не должен содержаться в питьевой воде.

Измерение остаточного содержания озона в воде служит цели постоянного контроля окисления и может быть использовано для соотв. регулирования добавления озона.

Измерение может также использоваться для обнаружения предельного показателя по завершении подготовки, а также для функционального контроля фильтра из активированного угля. Для обнаружения озона в воде используется несколько постоянно работающих измерительных приборов. Они могут работать по следующим принципам: фотометрическому, амперометрическому (открытые и покрытые мембраной электроды) замеру УФ-адсорбции. Амперометрическое измерение с помощью покрытой мембраной 2-х-электродной системы, а также замер УФ-адсорбции определяют концентрацию озона селективно, независимо от возможно присутствующих прочих окислительных и дезинфицирующих средств, например, хлора. При процедуре замера УФ-излучения озон с помощью вентилирования удаляется из воды и в заключение обнаруживается в газообразной фазе с помощью УФ-адсорбции при длине волны излучения 254 нм.

Прочие процедуры замера озона в воде охватывают все окислительные субстанции, в зависимости от которых окислительный потенциал может иметь различную силу. Поэтому точное указание концентрации возможно лишь, когда в воде не присутствует одновременно никакое другое средство окисления. Это имеет место в большей части всех используемых в водном хозяйстве установок для замеров уровня озона.

Из-за быстрого распада озона места взятия проб должны быть подобраны таким образом, чтобы магистрали для прохождения воды, используемой для замеров, были максимально короткими. Кроме того, материал, из которого сделаны эти магистрали, ни в коем случае не должен ускорять распад озона. Используемый материал должен быть соответствующим образом отобран и предварительно обработан.

11.10. Адсорбция УФ-излучения

Растворенные в воде естественные и антропогенные органические вещества адсорбируют ультрафиолетовый свет. Для их суммарного учета используется постоянное измерение адсорбции УФ-излучения при длине волны 254 нм в соответствии с **DIN 38404 часть 3** (Понятие адсорбции в сфере УФ-излучения). Это делает надежной и просто возможной обычную оценку и контроль свойств воды и процедуры ее подготовки (например, окисление, адсорбцию).

Спектральный коэффициент адсорбции при длине волны в 254 нм является одновременно суммарным параметром содержания растворенных органических веществ. Имеются корреляции и по отношению к прочим суммарным параметрам, например ТОС и CSB.

С помощью параметра СКА можно рассчитать трансмиссию, важный расчетный показатель установок УФ-облучения.

Постоянные замеры ослабления излучения при длине волны 254 нм осуществляются с помощью фотометров, которые оборудованы источником УФ-света, измерительными окошками из кварца и чувствительными к УФ-лучам сенсорами.

Параметры измерений указываются в м^{-1} . Возможное влияние мутности можно установить с помощью замера при длине волны 436 нм. Установка измерительных приборов производится непосредственно в магистраль или проточную арматуру. Данные о параметрах СКА могут быть использованы для добавления коагулянтов и вспомогательных средств коагуляции, а также активированного угля в виде порошка.