**«Справочник перспективных технологий водоподготовки и очистки воды с использованием технологий, разработанных организациями оборонно-промышленного комплекса и учетом оценки риска здоровью населения»**

Оглавление

[ВВЕДЕНИЕ 3](#_Toc9599367)

[ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 3](#_Toc9599368)

[ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ. 4](#_Toc9599369)

[Классификация источников водоснабжения. 5](#_Toc9599370)

[Классификация показателей наличия загрязнений природных вод во взаимосвязи с методами их удаления 8](#_Toc9599371)

[ **Железо.** 11](#_Toc9599372)

[ **Марганец.** 12](#_Toc9599373)

[ **Окисляемость.** 13](#_Toc9599374)

[ **Цветность.** 14](#_Toc9599375)

[ **Нитраты.** 14](#_Toc9599376)

[ **Вкус и привкус (для питьевой воды).** 15](#_Toc9599377)

[ **Запах.** 16](#_Toc9599378)

[Карта выбора технических и технологических решений для справочника перспективных технологий водоподготовки. 19](#_Toc9599379)

[Классификация систем водоснабжения. 22](#_Toc9599380)

[ОПИСАНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ: 24](#_Toc9599381)

[Структура и группировка объектов централизованных систем водоснабжения. Влияние состояния объекта технологического передела на качество воды у конечного потребителя. 24](#_Toc9599382)

[Алгоритм выбора доступных технологий водоподготовки 25](#_Toc9599383)

[Классификация методов водоподготовки, исходя из целевого назначения 29](#_Toc9599384)

[**■** Аэрация, напорная и безнапорная. 36](#_Toc9599385)

[**■** Дегазация, атмосферная и вакуумная. 37](#_Toc9599386)

[**■** Микрофильтрация. 37](#_Toc9599387)

[**■** Химическое окисление: хлор, гипохлорит, озон, перманганат калия. 37](#_Toc9599388)

[ Флотация. 38](#_Toc9599389)

[ Фильтрация на кварцевом песке или других инертных материалах, одноступенчатая и двухступенчатая. 38](#_Toc9599390)

[ Фильтрация на ультрафильтрационных мембранах, вакуумная и напорная. Мембранная ультрафильтрация пропускает воду и растворенные в ней соли, задерживает взвешенные вещества, коллоиды, крупные растворенные формы (макромолекулы) и специфические загрязнения, такие как бактерии, вирусы. Размер пор ультрафильтрационных мембран составляет 0,01 - 0,05 мкм. 39](#_Toc9599391)

[ Доочистка активированным углем. 39](#_Toc9599392)

[**■** Обеззараживание хлорсодержащими реагентами. 40](#_Toc9599393)

[**■** Корректировка активной реакции pH воды, подаваемой в сеть. 40](#_Toc9599394)

[Обеззараживание воды. 42](#_Toc9599395)

[Использование методологии оценки риска здоровью в практике выбора технологии водоподготовки *(версия ФБУЗ СПБ).* 49](#_Toc9599396)

[СПИСОК (ОБЗОР) ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 61](#_Toc9599397)

[ПРИЛОЖЕНИЯ 61](#_Toc9599398)

[ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ТЕРМИНЫ 66](#_Toc9599399)

# ВВЕДЕНИЕ

Цель Справочника: обеспечение мероприятий в рамках выполнения Федерального проекта «Чистая вода». В справочнике представлена краткая информация, позволяющая обосновать по единому алгоритму выбор перспективных технических и технологических решений применяемых в проектах мероприятий по реконструкции, модернизации, строительства объектов централизованных систем водоснабжения.

# ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

 Проблема обеспечения бесперебойного, надежного, безопасного водоснабжения и гарантированного качества питьевой воды у конечного потребителя, соответствующего требованиям санитарного законодательства, связана с решением нескольких взаимосвязанных задач, к которым относятся:

* Выбор, получение разрешения на использование источника водоснабжения и обеспечение мероприятий, направленных на сохранение качества источника водоснабжения населенного пункта или предприятия
* Расчет и прогноз на перспективу Водного баланса производства и потребления услуг водоснабжения. (Схема Водоснабжения)
* Выбор эффективных технологий водоподготовки, с учетом качества воды водоисточника и региональных особенностей, климатических и гидрогеологических условий
* Обеспечение гарантированного качества подаваемой абонентов воды в соответствии с требованиями законодательства
* Обеспечение безопасности, надежности функционирования системы водоснабжения
* Экономическая возможность применения выбранных технических и технологических решений,

Система водоснабжения в процессе эксплуатации должна удовлетворять требованиям безопасности, надежности и экономичности. Безопасность системы водоснабжения учитывает требования экологического законодательства, промышленной безопасности, охраны труда и здоровья работников. Недоучет требований надежности при проектировании, строительстве и эксплуатации систем может привести к нарушениям режима хозяйственно-питьевого водоснабжения. Под надежностью понимается способность системы гарантированно обеспечивать потребителей питьевой водой в необходимых количествах, требуемого в соответствии с санитарно-гигиеническим законодательством качества и под требуемым напором. Одним из показателей надежности функционирования системы может служить вероятность её безотказной, безаварийной работы в течение рассматриваемого установленного времени.

# ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.

Справочник может использоваться:

* Сотрудниками организаций ВКХ и муниципалитетов:
* при разработке схем водоснабжения;
* для определения направлений развития систем водоснабжения;
* при разработке и утверждения инвестпрограмм;
* при разработке технических заданий на проектирование, для оценки предлагаемых проектных решений;
* для анализа состояния и работы существующих систем водоснабжения;
* выбора решений, при проведении предпроектной оценки вариантов;
* для оценки стоимости инвестиций, работ, услуг и выбору оптимальных решений по эксплуатации;
* Работниками проектных организаций при разработке проектов;
* Работниками ФАУ «Главгосэкспертизы» и иными экспертными организациями при проведении экспертизы технических решений проектов, а также стоимостных показателей;
* Сотрудниками органов государственной власти, подведомственныых организаций – при принятии решения об оказании мер господдержки проектам по развитию водоснабжения;
* Региональными структурами ФАС (РСТ, РЭК) - при экспертизе тарифов на услуги централизованного питьевого водоснабжения как основанием для выводов о целесообразности (нецелесообразности) использования технологий (методов) при оказании услуги потребителям;

## Классификация источников водоснабжения.

Источники водоснабжения делятся на поверхностные и подземные. Выбор, получение разрешения на использование источника водоснабжения и обеспечение мероприятий, направленных на сохранение качества источника водоснабжения населенного пункта или предприятия, регулируется санитарным законодательством в случае поверхностного источника, в случае подземных источников необходимо выполнять требования законодательной базы по недропользованию. Характеристика и класс (ГОСТ 2761-84) водного источника определяет исходное основание для выбора технологических решений.

Таблица 1. Данные по требованиям к источнику питьевого водоснабжения и соответствующим технологиям водоподготовки

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п  | Показатели источника по ГОСТ 2761-84 Источники питьевого водоснабжения | Классы |
| 1 | 2 | 3 |
| Подземные воды |
| 1  | Мутность, мг/л (не более) | 1,5 | 1,5 | 10 |
| 2  | Цветность, градусы (не более) | 20 | 20 | 50 |
| 3  | рН, ед. рН | 6,0-9,0 | 6,0-9,0 | 6,0-9,0 |
| 4  | Fe общ-, мг/л | 0,3 | 10 | 20 |
| 5  | Мп2+, мг/л | 0,1 | 1 | 2 |
| 6  | H2S, мг/л | Отсутствие | 3 | 10 |
| 7  | F", мг/л | 1,5-0,7 | 1,5-0,7 | 5 |
| 8  | Перманганатная окисляемость, мгОг/л | 2 | 5 | 15 |
| 9  | Число бактерий группы кишечных палочек в литре (БГКП) | 3 | 100 | 1000 |
| Поверхностные воды |
| 1  | Мутность, мг/л (не более) | 20 | 1 500 | 10 000 |
| 2  | Цветность, градусы (не более) | 35 | 120 | 200 |
| 3  | Запах, (балл) | 2 | 3 | 4 |
| 4  | рН, ед. рН | 6,5-8,5 | 6,5-8,5 | 6,5-8,5 |
| 5  | Fe общ, мг/л | 1 | 3 | 5 |
| 6  | Мп2+, мг/л | 0.1 | 1 | 2 |
| 7  | Фитопланктон, мг/л | 1 | 5 | 50 |
| 8  | Фитопланктон, кл/см | 1 000 | 10 000 | 50 000 |
| 9  | Перманганатная окисляемость, мг СЬ/л | 7 | 15 | 20 |
| 10  | БПК, мг 02/л | 3 | 5 | 7 |
| 11  | Число лактоположительных кишечных палочек в литре (ЛПКП) | 1 000 | 10 000 | 50 000 |
| **Методы водоподготовки: поверхностные водные источники****1 класс** - фильтрование с реагентной обработкой или без нее, обеззараживание;**2 класс** - коагулирование, отстаивание, фильтрование, обеззараживание; при наличии фитопланктона - микрофильтрование;**3 класс** - основные методы - то же что и для 2-го класса, а также дополнительно: вторая ступень осветления, окислительные и сорбционные методы и более эффективные методы обеззараживания.**Подземные источники водоснабжения****1 класс** – не требуется обработка;**2 класс** - аэрирование, фильтрование, обеззараживание **3 класс** - предусмотренные во 2-м классе, с применением дополнительных - фильтрование с предварительным отстаиванием, использование реагентов и т.д. |

Для выбора технологических схем следует принимать статистические данные показателей водоисточника, согласно табл.1, начиная от предыдущего завершенного месяца на дату разработки технологической схемы за последние пять лет. Следует принимать максимальные суточные зафиксированные значения показателей загрязняющих веществ на основании аккредитованной физико-химической и микробиологической лаборатории. Для водородного показателя воды (рН) принять максимальные и минимальные значения. Из полученных пяти максимальных суточных значений за пять лет (для рН добавить минимальные значения) принимаются средние значения каждого показателя (*Rср макс сут 5*), согласно таблицы 1, которые используются для расчетов и выбора технологических схем.

Период максимальной загрязненности (*t1*) определяется следующим образом: принимаются результаты анализов качества воды водоисточника за последние 5 лет характерных загрязнений с максимальными значениями. К периоду максимальной загрязненности (*t1*) относятся соотношения значений *Rср макс сут 5 : Rср ср сут 5 ≥ 2* загрязненности водоисточника, длящийся не менее двадцати (20) дней в году. При неудовлетворение требования загрязнености водоисточника *t1,* водоисточник следует относить к периоду *t2*. *(см. табл.3 и 4):*

t1 - принимается в случае максимальных загрязнений при условие разницы средних максимальных значений (Rср макс сут 5) не менее, чем в 2 раза от среднеговых значений (Rср ср сут 5) показателей загрязняющих веществ, не менее 20 дней в году.

t2 - постоянное присутствие в течение года при неудовлетворение требований t1.

Rср макс сут 5 = (Rмакс сут год 1 + Rмакс сут год I + … + Rмакс сут год 5) : 5

Rср ср сут 5 = (Rср сут год 1 + Rср сут год I + … + Rср сут год 5) : 5

t1 ≥ Rср макс сут 5 : Rср ср сут 5 ≥ 2 не менее 20 дней в году

При формировании мероприятий по строительству и реконструкции станций водоподготовки на перспективу необходимо:

* оценивать и подтверждать объемы ресурсов поверхностных и подземных источников, пригодных для питьевого водоснабжения; оценивать динамику изменения характеристик по качеству и объему (расходу) прогнозных ресурсов и разведанных эксплуатационных запасов;
* в обязательном порядке предусматривать наличие проекта зоны санитарной (ЗСО) охраны, организация водоохранных зон и прибрежных водоохранных полос и обеспечением режима хозяйственной деятельности в ЗСО;
* организовать контроль и мониторинг качества источника водоснабжения с определением зависимости качественных показателей воды источника водоснабжения от внешних климатических, гидрогеологических, антропогенных воздействий;
* разработать мероприятия по снижению сброса загрязняющих веществ в источники водоснабжения, мероприятия по охране и восстановлению источников питьевого водоснабжения, с целью рационального использование природной воды.

## Классификация показателей наличия загрязнений природных вод во взаимосвязи с методами их удаления

Системы классификации природных вод и способы как можно более краткой характеристики качества воды (индекс качества воды) разрабатываются более, чем сто лет. Выделено 625 и даже более классов, групп, типов и разновидностей вод. В.И. Вернадский считал, что число видов природных вод больше 1500 единиц.

В настоящее время в нашей стране утверждены предельно допустимые концентрации загрязнителей и методики их определения более, чем по 1500 ингредиентам. Для утверждения того или иного источника для нужд питьевого водоснабжения требуется комплексное исследование и заключение на возможность использование в качестве источника водоснабжения, которое выдается органами Роспотребнадзора.

Для выбора технологических решений водоподготовки практический интерес представляет фазово-дисперсная классификация примесей воды, разработанная Л.А. Кульским. Для задач, связанных с очисткой воды, эта классификация полезна тем, что, определив фазово-дисперсное состояние примесей в воде и установив ее принадлежность к какой-то группе, можно предварительно выбрать комплекс методов и стадий очистки воды. При этом фазово-дисперсное состояние примесей должно устанавливаться после каждой стадии обработки воды и учитываться при проектировании всей схемы водоподготовки. (табл. 2) Методы обработки воды, определенные Л.А. Кульским:

Группа I. Воздействие на взвеси (например, седиментация, осветление во взвешенном слое, осадительное центрифугирование, центробежная сепарация в гидроциклонах, флотация, фильтрование).

Группа II. Воздействие на коллоидные примеси, в том числе высокомолекулярные соединения, вирусы: коагуляция, флокуляция, электрокоагуляция, адсорбция на высокодисперсных материалах, в том числе глинистых минералах, ионитах, окисление (хлорирование, озонирование), воздействие ультрафиолетом.

Группа III. Воздействие на растворенные органические вещества и газы: десорбция газов и легколетучих органических соединений путем аэрирования, адсорбция на активных углях, природных и синтетических ио-нитах и других высокопористых материалах, пенная флотация, ректификация, окисление (электро-химическое, биологическое, хлором, озоном, диоксидом хлора и др.).

Группа IV. Воздействие на примеси ионогенных неорганических веществ: ионный обмен, электродиализ, реагентная обработка. мембранные фильтрование.

Группа V. Воздействие на воду: дистилляция, вымораживание, магнитная обработка, обратный осмос, напорная фильтрация.

Группа VI. Воздействие на водную систему в целом: (например, закачка в подземные горизонты) .

Таблица 2. Классификация вод по фазово-дисперсному состоянию примесей.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Группа | Наименование примесей | Размер частиц, мкм | Характеристика примесей |
| I | Взвеси | >10-1 | Суспензии и эмульсии, обусловливающие мутность воды, микроорганизмы и планктон |
| II | Коллоидно-растворенные вещества | 10-110-2 | Коллоиды и высокомолекулярные соединения, обусловливающие окисляемость и цветность воды; вирусы |
| III | Молекулярно-растворенные вещества | 10-210-3 | Газы, растворимые в воде; органические вещества, придающие воде запах и привкус |
| IV | Вещества, диссоциированные на ионы (электролиты) | <10-3 | Соли, кислоты, основания, придающие воде жесткость, щелочность |

Все источники водоснабжения связаны с окружающей его внешней средой. На него оказывают влияние условия формирования поверхностного или подземного водного стока, разнообразные природные явления, индустрия, промышленное и коммунальное строительство, транспорт, хозяйственная и бытовая деятельность человека. Последствием этих влияний является привнесение в водную среду новых, несвойственных ей веществ загрязнителей, ухудшающих качество воды. Загрязнения, поступающие в водную среду, классифицируют по разному, в зависимости от подходов, критериев и задач. Основная классификация выделяет химическое, физическое (в основном, тепловое воздействие) и биологические загрязнения. Химическое загрязнение представляет собой изменение естественных химических свойств вода за счет увеличения содержания в ней вредных примесей как неорганической (минеральные соли, кислоты, щелочи, глинистые частицы), так и органической природы (нефть и нефтепродукты, органические остатки, поверхностно активные вещества, пестициды). В табл. 3 и 4 представлены классы и подклассы поверхностных вод по природным и антропогенным загрязнителям. Соответствующая классификация для подземных вод представлена в таблице 14.

В практике наиболее часто встречающие в поверхностных и подземных источниках примеси влияющие на выбор перспективных для эффективной работы технологий водоподготовки следующие:

* **Взвешенные твердые примеси**

Присутствующие в природных водах, состоят из частиц глины, песка, ила, суспендированных органических и неорганических веществ, планктона и различных микроорганизмов. В

* **Железо.**

В подземных водах присутствует, в основном, растворенное двухвалентное железо в виде ионов Fe2+. Трехвалентное железо появляется после контакта такой воды с воздухом и в изношенных системах водораспределения при контакте воды с поверхностью труб. В поверхностных водах железо уже окислено до трехвалентного состояния и, кроме того, входит в состав органических комплексов и железобактерий. Норматив содержания железа общего в питьевой воде - не более 0,3 мг/л.

Железо придает воде неприятную красно-коричневую окраску, ухудшает её вкус, вызывает развитие железобактерий.

* **Марганец.**

Марганец относится к группе тяжёлых металлов, имеет природное происхождение. Встречается чаще всего в воде вместе с растворенным железом Fe2+. Содержание марганца в воде питьевого качества не должно превышать значений 0,1 мг/л.

Последствия превышения содержания марганца в воде - образование трудно выводимых темно-коричневых или черных пятен на поверхности оборудования, накопление отложений в трубопроводах.

* **Жесткость**

Жесткость воды в природных водах обусловливается наличием в воде ионов кальция (Са2+), магния (Mg2+), стронция (Sr2+), бария (Ва2+), железа (Fe3+), марганца (Mn2+). Но общее содержание в природных водах ионов кальция и магния несравнимо больше содержания всех других перечисленных ионов – и даже их суммы. Поэтому под жесткостью понимают сумму количеств ионов кальция и магния – общая жесткость, складывающаяся из значений карбонатной (временной, устраняемой кипячением) и некарбонатной (постоянной) жесткости. Первая вызвана присутствием в воде гидрокарбонатов кальция и магния, вторая наличием сульфатов, хлоридов, силикатов, нитратов и фосфатов этих металлов. Однако при значении жесткости воды более 9 ммоль/л нужно учитывать содержание в воде стронция и других щелочноземельных металлов.

* **Органические вещества**

В воде источников водоснабжения может быть обнаружено несколько тысяч органических веществ различных химических классов и групп. Органические соединения природного происхождения (гуминовые вещества, различные амины) и техногенного происхождения (поверхностно-активные вещества) способны изменять органолептические свойства воды (запах, привкус, окраску, мутность, способность к пенообразованию, пленкообразование), что позволяет их выявить и ограничить их содержание в питьевой воде.

Органические вещества подразделяются на группы:

* растворенных примесей: (гуминовые кислоты и их соли – гуматы натрия, калия, аммония; некоторые примеси промышленного происхождения; часть аминокислот и белков;
* нерастворенных примесей**: (**фульвокислоты (соли) и гуминовые кислоты и их соли – гуматы кальция, магния, железа; жиры различного происхождения; частицы различного происхождения, в том числе микроорганизмы;

В то же время огромное число органических соединений весьма неустойчивы и склонны к непрерывной трансформации, поэтому непосредственное определение концентрации органических веществ в питьевой воде затруднительно, из-за чего содержание их принято характеризовать косвенным путём в мг О2/л, определяя окисляемость и цветность питьевой воды.

* **Окисляемость.**

Окисляемость - это показатель, характеризующий содержание в воде органических и минеральных веществ. Окисляемость выражается в мЮ2 необходимого на окисление этих веществ, содержащихся в 1 дм3 исследованной воды.

Различают несколько видов окисляемости воды: перманганатную (1 мг KMnO4 соответствует 0,25 мг O2), бихроматную, иодатную. Наиболее высокая степень окисления достигается бихроматным и иодатным методами. В практике водоочистки для природных малозагрязненных вод определяют перманганатную окисляемость, а в более загрязненных водах - как правило, бихроматную окисляемость (называемую также ХПК - химическое потребление кислорода). Окисляемость является очень удобным комплексным параметром, позволяющим оценить общее загрязнение воды органическими веществами.

Значение перманганатной окисляемости выше 5 мг О2/л свидетельствует о содержании в воде легко окисляющихся органических соединений, многие из которых имеют отрицательное влияние на здоровье человека. При обеззараживании такой воды хлорированием образуются хлоруглеводороды, вредные для здоровья человека и строго контролируемые при подготовке питьевой воды.

Если в результате анализов воды обнаружено, что значение перманганатной окисляемости выше 5 мг О2/л, такая вода требует очистки от органических загрязнений.

* **Цветность.**

Цветность - показатель качества воды, обусловленный главным образом присутствием в воде гуминовых и фульвовых кислот, а также соединений железа (Fe3+). Количество этих веществ зависит от геологических условий в водоносных горизонтах и от количества и размеров торфяников в бассейне исследуемой реки. Так, наибольшую цветность имеют поверхностные воды рек и озер, расположенных в зонах торфяных болот и заболоченных лесов. Зимой содержание органических веществ в природных водах минимальное, в то время как весной в период половодья и паводков, а также летом в период массового развития водорослей - цветения воды оно повышается.

* **Нитраты.**

В поверхностных и подземных источниках воды присутствуют соединения азота в виде нитратов и нитритов. В настоящее время происходит постоянный рост их концентрации из-за широкого использования нитратных удобрений, избыток которых с грунтовыми водами поступает в источники водоснабжения. Согласно санитарным правилам и нормам, в воде централизованного водоснабжения содержание нитратов не должно превышать 45 мг/л, нитритов — 3 мг/л.

* **Водородный показатель (рН), Окислительно-восстановительный потенциал (Редокс-потенциал)**

Величина pH – один из важнейших показателей качества воды для определения ее стабильности, накипеобразующих и коррозионных свойств, прогнозирования химических и биологических процессов, происходящих в природных водах, данный показатель является одним ихз основных при выборе технологии реагентной обработки.

Редокс-потенциал(мера химической активности) Eh вместе с рН, температурой и содержанием солей в воде характеризует состояние стабильности воды. В частности этот потенциал необходимо учитывать при определении стабильности железа в воде. Eh в природных водах колеблется в основном от минус 0,5 до +0,7 В. Подземные воды классифицируются:

* Eh > +(0,1–1,15) В – окислительная среда, в воде присутствует растворенный кислород, Fe3+, Cu2+, Pb2+, Mo2+ и др.
* Eh – 0,0 до +0,1 В – переходная окислительно-восстановительная среда, характеризуется неустойчивым геохимическим режимом и переменным содержанием кислорода и сероводорода, а также слабым окислением и слабым восстановлением разных металлов;
* Eh < 0,0 – восстановительная среда; в воде присутствуют сероводород и металлы Fe2+, Mn2+, Mo2+ и др.

Зная значения рН и Eh, можно по диаграмме Пурбэ установить условия существования соединений и элементов Fe2+, Fe3+, Fe(ОН)2, Fe(ОН)3, FeСО3, FeS, (FeOH)2+.

* **Вкус и привкус (для питьевой воды).**

Вкус воды определяется растворенными в ней веществами органического и неорганического происхождения и различается по характеру и интенсивности. Различают четыре основных вида вкуса: соленый, кислый, сладкий, горький. Все другие виды вкусовых ощущений называются привкусами (щелочной, металлический, вяжущий и т.п.). Интенсивность вкуса и привкуса определяют при 20°С и оценивают по пятибалльной системе.

Качественную характеристику оттенков вкусовых ощущений - привкуса выражают описательно: хлорный, рыбный, горьковатый и так далее. Наиболее распространенный соленый вкус воды чаще всего обусловлен растворенным в воде хлоридом натрия, горький - сульфатом магния, кислый - избытком свободного диоксида углерода и т.д.

* **Запах.**

Запах - показатель качества воды, определяемый органолептическим методом с помощью обоняния на основании шкалы силы запаха. На запах воды оказывают влияние состав растворенных веществ, температура, значения рН и целый ряд прочих факторов. Запах в питьевой воде может иметь как природную причину появления, например, в поверхностных источниках в период развития жизнедеятельности фитопланктона, в подземных водах наиболее часто встречается запах сероводорода, так и причину технологическую, например, обеззараживание хлорреагентами. Интенсивность запаха воды определяют экспертным путем при 20°С и 60°С и измеряют в баллах.

* **Микробиологическое загрязнения** природных вод вызваны наличием патогенных микроорганизмов, например, бактерий, вирусов, водорослей, грибов, простейших и их токсинов, уровень микробиологических загрязнений влияет на выбор технологий обеззараживания.

Таблица 3. Классы поверхностных вод по определяющим природным ингредиентам

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Класс вод | Наименование классов вод | Ориентировочные концентрации определяющих ингредиентов | Период |
| А1 | Цветные маломутные воды | Ц=20-200 0ПКШ, М < 20 мг/л, Т = 0-25 °С, рН = 6,8-9,0 , ПО 6-10 мг02 /л | t2 |
| А2 | Высокоцветные маломутные воды | Ц > 200-650 0ПКШ, М = 5-50 мг/л, Т = 0-30 °С, рН = 6-8, ПО 8-25 мг02 /л | t1 |
| А3 | Цветные маломутные воды с повышенной окисляемостью | Ц > 200-650 0ПКШ, М = 5-50 мг/л, Т = 0-30 °С, рН = 6-8, ПО 8-25 мг02 /л | t2 |
| B1 | Воды со средними значениями цветности и мутности | Ц = 25-150 0ПКШ, М = 20-150 мг/л, Т = 0-30 °С, рН = 6-9, ПО 6-10 мг02 /л | t2 |
| В2 | Маломутные воды со средними значениями цветности | В1 кроме М. М = 5-50 мг/л | t2 |
| В3 | Воды со средними значениями цветности и мутности, содержащие в большом количестве фитопланктон и зоопланктон | B1, дополнительно Ф = 103 -106 кл/мл | t2 |
| В4 | Воды со средними значениями цветности и мутности и повышенной окисляемости | В1 кроме ПО ПО = 10-25 мг02 /л | t2 |
| С1 | Мутные, малоцветные воды | ц < 20 0ПКШ, М = 250-1000 мг/л, т = 0-25 °с, рН = 7-9, ПО 5-8 мг02 /л | t2 |
| С2 | Высокомутные воды с преобладанием минеральных загрязнений | М= 1000-5000 мг/л, т = 0-35 °с, рН = 7-9, ПО 3-8 мг02 /л | t1 |
| С3 | Высокомутные воды с повышенной окисляемостью | с2, кроме ПО. ПО = 8-18 мг02 /л | t1 |
| D1 | Воды, содержащие в большом количестве фитопланктон и зоопланктон | ц < 200 0ПКШ, М < 5-50 мг/л, ф= 103-106 кл/мл, т = 0-30 °с, рН = 6,5-9, ПО ~ 5-8 мг02/л | t1 |
| D2 | Воды, содержащие в большом количестве фитопланктон и зоопланктон с повышенным содержанием органического вещества | D1 кроме ПО. ПО = 8-25 мг02 /л | t1 |
| E | Жесткие, минерализованные воды | С >1000 мг/л, ЖО > 7 мг-экв/л, М< 1000 мг/л, ц< 20-150 0ПКШ | t2 |

Ц - цветность, М - мутность, Т - температура, рН - водородный показатель, ПО - перманганатная окисляемость, С - общая минерализация, Ф - количество клеток фитопланктона, ЖО - жесткость общая, t1 - период появления до 3 месяцев в году; t2 - постоянное присутствие в течение года.

Таблица 4. Подклассы поверхностных вод по определяющим антропогенным ингредиентам.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Подкласс вод  | Ингредиенты антропогенного происхождения  | Ориентировочные концентрации определяющих ингредиентов  | Нормативы СанПиН (ВОЗ)  | Период |
| 1 | Нефтепродукты  | 0,1-0,5  | 0,1 (0,3)  | t1 |
| 2 | Фенолы  | 0,001-0,01  | 0,001  | t1 |
| 3 | ПАВ анионоактивные  | 0,5-2,5  | 0,5 (-)  | t1 |
| 4 | Азот аммонийный  | 2-10  | 2,0 (не уст.)  | t1 |
| Нитраты,  | 45-90  | 45,0 (не уст.)  | t1 |
| нитриты  | 3-6  | 3,0 (не уст.)  |  |
| 5 | Пестициды:  |  |  | t1 |
| линдан гептахлор ДДТ | 0,002-0,02 0,05-0,30 0,002-0,02  | 0,002(0,003) 0,05 (0,1) 0,002  |
| 6 | Соли тяжелых металлов:  |  |  | t1,t2 |
| ртуть свинец хром медь цинк  | 0,0005-0,001 0,03-0,1 0,05-0,25 1,0-5,0 5,0-20,0  | 0,0005(0,001) 0,03 (0,03) 0,05 (0,05) 1,0(1,0) 5,0 (5,0)  |
| железо кадмий  | 0,3-1,5 0,001-0,005  | 0,3(0,3) (0,001)  |
| 7 | Хлорорганические соединения:  |  |  | t1,t2 |
| четыреххлористый углерод  | 0,006-0,01  | 0,006 (0,003)  |
|  хлороформ  | 0,2-0,5  | 0,2 (0,1!!) (0,2)  |
| 8 | Радиационные загрязнители, Бк/л, общая α -радиация общая β-радиация  |  |  | t2 |
| 0,1-0,4 1,0-3,0  | 0,1 1,0  |

## Карта выбора технических и технологических решений для справочника перспективных технологий водоподготовки.

В разделе даны рекомендации по алгоритму выбора оптимальных эффективных технологических и технических решений водоподготовки для реализации мероприятий по реконструкции и модернизации существующих сооружений с повышением эффективности работы в соответствии с нормативными требованиями, и для новых проектных решений станций водоподготовки, с учетом условий по типу и качеству источника водоснабжения и требуемой производительности станции водоподготовки для отдельно взятых населенных пунктов.

 Рекомендации выданы для конкретных объектов системы водоснабжения на основании данных, полученных от муниципалитетов. Рекомендации могут использоваться при предварительном планировании мероприятий по строительству, реконструкции и модернизации объектов водоподготовки. При выборе проектных технических решений необходимо проверять наличие свидетельств о госрегистрации, деклараций о соответствии и т.д. для используемых  материалов, оборудования, устройств и других технических средств водоподготовки (Основание - Решение Комиссии Таможенного союза от 28.05.2010 N 299 «О применении санитарных мер в таможенном союзе», ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования»).

Используемые документы, литература. Раздел содержит выборочную информацию из действующих нормативных и справочных документов, используемых при проведении анализа эффективности существующего состояния систем водоснабжения, разработке рекомендаций по повышению качества питьевой воды посредством реконструкции, модернизации и строительства новых систем водоподготовки с использованием современных и перспективных технологий и доведения доли населения, обеспеченного качественной питьевой водой, до 100%.

**Нормирование качества воды.**

Эволюция изменений нормируемых показателей качества питьевой показывает все больший рост количества новых показателей и ужесточение уровней предельных концентраций. Число нормируемых химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения в 1954 г. было 6, в 1973-м – 420, в 1982 г. – 951, в 1988-м – 1345, а в настоящее время – согласно ГН 2.1.5.1315-03 и ГН 2.1.5. 1316-03 – в питьевой воде нормируется содержание около 1500 веществ. Разрабатываются более точные методы анализов, исследователи находят новые, до сих пор неизвестные или ранее неопределяемые примеси. Поэтому в настоящее время повсеместно присутствует проблема не соответствия технологических схем водоподготовки, построенных до 2003 года, обеспечить гарантированное качества питьевой воды и проектную производительность, в связи с тем, что сооружения водоподготовки проектировались на более мягкие требования к качеству питьевой воды.

Перечень основных показателей и нормируемые уровни по показателям качества питьевой воды в России, действующих на начало 2019 года, представлен в таблицах 5-8.

Таблица 5. Требования к качеству питьевой воды. СанПиН 2.1.4.1074-01

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатели | Ед. измерения | СанПиН 2.1.4.1074-01 |
| Нормативы ПДК, не более |
| Водородный показатель | ед. рН | в пределах 6-9 |
| Общая минерализация(сухой остаток) | мг/л | 1000 (1500) |
| Жесткость общая | мг-экв/л | 7,0 (10) |
| Окисляемость перманганатная | мг О2/л | 5 |
| Нефтепродукты, суммарно | мг/л | 0,1 |
| Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные | мг/л | 0,5 |
| Фенольный индекс | мг/л | 0,25 |
| Щелочность | мг НСО3-/л | 0,25 |
| Неорганические вещества |
| Алюминий (Al3+) | мг/л | 0,5 |
| Азот аммонийный | мг/л | 2 |
| Асбест | милл.во- локон/л | - |
| Барий (Ва2+) | мг/л | 0,1 |
| Берилий(Ве2+) | мг/л | 0,0002 |
| Бор (В, суммарно) | мг/л | 0,5 |
| Ванадий (V) | мг/л | 0,1 |
| Висмут (Bi) | мг/л | 0,1 |
| Железо ^е,суммарно) | мг/л | 0,3 (1,0) |
| Кадмий (Cd,суммарно) | мг/л | 0,001 |
| Калий (К+) | мг/л | - |
| Кальций (Са2+) | мг/л | - |
| Кобальт (Со) | мг/л | 0,1 |
| Кремний (Si) | мг/л | 10 |
| Магний (Mg2+) | мг/л | - |
| Марганец (Мп,суммарно) | мг/л | 0,1 (0,5) |
| Медь (Си, суммарно) | мг/л | 1 |
| Молибден (Мо,суммарно) | мг/л | 0,25 |
| Мышьяк (As,суммарно) | мг/л | 0,05 |
| Никель (№,суммарно) | мг/л | 0,01 |
| Нитраты (mNO3") | мг/л | 45 |
| Нитриты (mNO2") | мг/л | 3 |
| Ртуть (Hg, суммарно) | мг/л | 0,0005 |
| Свинец (РЬ,суммарно) | мг/л | 0,03 |
| Селен (Se, суммарно) | мг/л | 0,01 |
| Серебро (Ag+) | мг/л | 0,05 |
| Сероводород (H 2S) | мг/л | 0,03 |
| Стронций (Sr2+) | мг/л | 7 |
| Сульфаты (SO 42-) | мг/л | 500 |
| Фториды (F) для климатическихрайонов I и II | мг/л | 1,51,2 |
| Хлориды (C1-) | мг/л | 350 |
| Хром (Cr3+) | мг/л | 0,5 |
| Хром (Cr6+) | мг/л | 0,05 |
| Цианиды (CN-) | мг/л | 0,035 |
| Цинк (Zn2+) | мг/л | 5 |

Величина, указанная в скобках, во всех таблицах может быть установлена по указанию Главного государственного санитарного врача.

Таблица 6. Требования по микробиологическим и паразитологическим показателям воды (СанПиН2.1.4.1074- 01)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатели | Единицы измерения | Нормативы |
| Термотолерантныеколиформные бактерии | Число бактерий в 100 мл  | Отсутствие |
| Общие колиформные бактерии | Число бактерий в 100 мл | Отсутствие |
| Общее микробное число | Число образующих колонии бактерий в 1 мл | Не более 50 |
| Колифаги | Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл | Отсутствие |
| Споры сульфоредуцирующихклостридий | Число спор в 20 мл | Отсутствие |
| Цисты лямблий | Число цист в 50 мл | Отсутствие |

Таблица 7. Требования к органолептическим свойствам воды (СанПиН2.1.4.1074-01)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатели | Единицы измерения | Нормативы |
| Запах | баллы | 2 |
| Привкус | баллы | 2 |
| Цветность | градусы | 20 (35) |
| Мутность | ЕМФ (ед. мутности пофармазину)или мг/л (по каолину) | 2,6 (3,5)1,5 (2,0) |

Таблица 8. Требования по радиационной безопасности питьевой воды (СанПиН2.1.4.1074-01)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Ед.измерения | Нормативы | Показатель вредности |
| Общая а-радиоактивность | Бк/л | 0,1 | радиац. |
| Общая Р-радиоактивность | Бк/л | 1,0 | радиац. |

Источник (таблицы 5-8): Нормы качества воды, действующие в РФ, СанПиН 2.1.4.1074-01

## Классификация систем водоснабжения.

Централизованная система холодного водоснабжения - комплекс технологически связанных между собой инженерных сооружений, предназначенных для водоподготовки, транспортировки и подачи питьевой и (или) технической воды абонентам.

Системы водоснабжения классифицируются по ряду признаков.

1. По **надежности подачи воды**: водопроводы бывают одной из 3-х категорий зависимо от требований бесперебойной подачи воды
2. По **виду обслуживаемого объекта**: системы водоснабжения подразделяют на городские, поселковые, а также промышленные, сельскохозяйственные, железнодорожные и др.

3. По **виду используемых природных источников**: Различают системы водоснабжения, забирающие воду из поверхностных источников (рек, водохранилищ, озер, морей) и подземных (артезианских, родниковых). Имеются также системы смешанного типа питания.

4. По **назначению** системы водоснабжения делят на хозяйственно-питьевые, производственные, противопожарные и объединенные. Последние, как правило, устраивают в населенных пунктах.

5. По **технологическим переделам**:

* по виду источника водоснабжения: с водоснабжением из поверхностных, подземных источников, а также со смешанными источниками водоснабжения.
* по способу подачи воды: водопроводы бывают напорные с механической подачей воды насосами и самотечные при расположении водоисточника на высоте, обеспечивающей естественную подачу воды потребителям.
* по давлению: низкого давления или высокого давления.
* по производительности водоподготовительные сооружения целесообразно классифицировать в следующем порядке (таблица 9).

Таблица 9. Классификация сооружений по производительности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование | Производительность | Обслуживаемое население |
| Крупные: | более 40 тыс.м3/сут. | - более 200 тыс. чел. |
| Большие: | 10 - 40 тыс.м3/сут. | - 50 - 200 тыс. чел. |
| Средние: | 4 – 10 тыс.м3/сут. | - 20 - 50 тыс. чел. |
| Небольшие: | 1- 4 тыс.м3/сут. | - 5 - 20 тыс. чел. |
| Малые: | 100 - 1000м3/сут. | - 500 - 5 000 чел. |
| Сверхмалые: | 20 - 100 м3/сут. | - 100 - 500 чел. |
| Индивидуальные: | менее 20 м3/сут. | - менее 100 чел. |

С учетом современного развития техники и технологий крупные водоподготовительные сооружения производительностью более 40 тыс.м3/сут. относятся к объектам капитального строительства. Водоподготовительные сооружения производительностью от 20 м3/сут. до 40 тыс.м3/сут. могут изготавливаться в заводских условиях в контейнерном и блочно-модульном исполнении и поставляться в готовом виде. Населенные пункты с численностью менее 100 человек целесообразно обеспечивать индивидуальными средствами очистки воды или используя подвоз воды питьевого качества.

# ОПИСАНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ:

## Структура и группировка объектов централизованных систем водоснабжения. Влияние состояния объекта технологического передела на качество воды у конечного потребителя.

Для обеспечения единообразия стратегий технического воздействия на систему водоснабжения, с целью гарантированного улучшения качества питьевой воды у потребителя, необходимо провести агрегирование и группировку объектов системы водоснабжения по функциональным, технологическим, территориальным и иным признакам, характеризующим специфику объектов и их взаимосвязь.

Это позволит обеспечить технологическое и организационное единство объектов при формировании инвестиционных программ направленных на реализацию мероприятий по реконструкции, модернизации и строительству объектов централизованных систем водоснабжения.

В соответствии с требованиями Федерального закона от 07.12.2011 №416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» организации, осуществляющие водоснабжение, при формировании инвестиционной программы должны руководствоваться результатами обязательного технического обследования объектов системы водоснабжения.

Состав работ по техническому обследованию включает в себя:

* камеральное обследование;
* техническую инвентаризацию имущества, включая натурное, визуальное-измерительное обследование и инструментальное обследование объектов централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения;
* определение технико-экономической эффективности объектов централизованных систем водоснабжения и водоотведения.

Информация, получаемая при техническом обследовании, является базовой при планировании развития систем водоснабжения и водоотведения. На основании ее формируются состав мероприятий для конкретного объекта системы водоснабжения.



Рисунок 1. Группировка объектов централизованной системы водоснабжения.

Наравне с оценкой эффективности отдельно взятого мероприятия, в обязательном порядке должно оцениваться влияние этого мероприятия на функционирование системы в целом. Это позволит эффективно расставить приоритеты и сформулировать общие проблемы системы ВС и задачи, которые решает конкретное мероприятие.

## Алгоритм выбора доступных технологий водоподготовки

Выбор технологических решений при проектировании и строительстве новых сооружений должен быть обоснован с учетом состава и свойств обрабатываемой воды, требуемой обоснованной производительности, в том числе на перспективу, специфики работы имеющихся водоочистных сооружений, особенностей транспортировки воды потребителям (длина водопроводной сети, время нахождения воды в сети), требований нормативных документов санитарного и отраслевого законодательства, требований безопасности и надежности технологических процессов а также требований принципа разумной достаточности состава сооружений для достижения эффективной очистки воды.

Необходимость совершенствования технологий очистки воды (реконструкция и модернизация) обусловлена, с одной стороны, имеющимся физическим износом и амортизацией существующих сооружений, а также, с другой стороны, изменению требований к качеству питьевой воды по сравнению с годами строительства сооружений и качественным изменением состояния водоисточника, что особенно актуально для поверхностных источников водоснабжения.

Обоснованность решений должна быть выполнена с учетом оценки риска комплексных факторов возможного ухудшения качества питьевой воды по технологическим переделам водоснабжения с ориентацией на конечного потребителя,

Цель выбора эффективных и оптимальных технологий водоподготовки, как и цель реконструкции или модернизации уже существующих сооружений, состоит в обеспечении гарантированного бесперебойного получения потребителями в достаточном количестве и обеспечивающем потребности в развитии инфраструктуры города качественной питьевой воды:

* 1. безопасной в эпидемиологическом и радиационном отношении
	2. безвредной по химическому составу
	3. благоприятной в отношении органолептических свойств

Алгоритм выбора эффективных оптимальных технологических решений состоит из следующих позиций:

* техническое обследование и анализ эффективности системы водоснабжения с целью повышения качества очистки воды или безопасности технологического процесса, выявлению проблемных зон по технологическим переделам системы водоснабжения, ранжирования отдельных рисков, учитывающих основные причины несоответствия качества питьевой воды гигиеническим требованиям.
* изучение рынка технологического оборудования и практического опыта применения технологий в аналогичных условиях (тип и качество водоисточника, проектная производительность, климатическая зона, особенно актуально для поверхностных источников, гидрогеологические условия, региональные особенности, уровень эксплуатационных затрат, уровень автоматизации технологического процесса, уровень квалификации обслуживающего персонала, система транспортировки питьевой воды).
* в случае если нет реализованных аналогов целесообразно проведении цикла лабораторных, и (или) пилотных опытно-промышленных испытаний на конкретных объектах.
* анализа эффективности (в том числе, экономической) предлагаемой технологии для конкретных условий водоснабжения

Принятие решения по выбору технологии осуществляется проектной организацией или поставщиком технологии и оборудования на основании лабораторных изысканий, а также сравнения различных вариантов. При этом согласно общепринятой практике организация, принимающая принципиальные технологические решения, должна нести финансовые обязательства по гарантии достижения показателей качества воды.

**Краткое описание технологий водоподготовки.**

Необходимо отметить, что на сегодняшний день существует достаточно много схем, методов и установок для водоподготовки. Однако использование любых схем или методов водоподготовки требует привязки к каждому конкретному водоисточнику, с обязательным определением их технологической надежности и гигиенической эффективности (т.е соответствия требованиям бесперебойного водоснабжения и требованиям санитарного законодательства в области качества воды).

Основные технологические схемы обработки питьевой воды включают реагентные, безреагентные и специальные методы водоподготовки (рис. 2). Эффективность обработки воды различными методами по некоторым приоритетным показателям представлена в приложении 1.

При выборе схем водоподготовки следует учитывать, что процессы очистки приводят не только к снижению концентраций химических веществ в воде, но также могут выступать как фактор изменения химической природы присутствующих в воде соединений и в конечном итоге привести к изменению характера гигиенических и токсикологических эффектов. Особая роль в этих процессах принадлежит сильным окислителям – хлору и озону.



Рисунок 2. Основные технологические схемы обработки воды

## Классификация методов водоподготовки, исходя из целевого назначения

**Группы методов водоочистки по целевому назначению:**

1. Улучшение органолептических свойств воды (осветление, обесцвечивание, дезодорация, озоно-сорбция);

2. Обеспечение эпидемиологической безопасности (хлорирование, озонирование, электроимпульсная обработка, ультрафиолетовое облучение, дезинфектанты);

3. Кондиционирование подземных вод (умягчение, обессоливание и опреснение, дегазация, обезжелезивание и деманганация, фторирование и обесфторивание, стабилизационная обработка, обескремнивание и.т.д.);

4. Извлечение и улучшение газового состава (удаление сероводорода, кислорода, метана, свободной углекислоты и др.);

5. Извлечение трудноокисляемой органики, вредных продуктов, образующихся попутно при обработке воды (обратный осмос, биосорбция, нанофильтрация и др.)

6. Повышение барьерной функции сооружений водоподготовки, в том числе от антропогенных загрязнений (озоно-сорбция)

**Схемы водоподготовки могут быть классифицированы следующим образом:**

* **Применение реагентов** - безреагентные и реагентные;
* **Эффект осветления** - для глубокого и неглубокого осветления воды;
* **Число технологических процессов** - одно-, двух- и многопроцессные;
* **Число ступеней технологического процесса** - одно-, двух- и многоступенчатые;
* **Характер движения обрабатываемой воды** - самотечные (безнапорные) и напорные.

Исходя из качества источника водоснабжения, при выборе технологий водоподготовки необходимо использовать расширенную классификацию качества воды водных источников.

Таблица 10. Основные технологические методы по очистке

поверхностных вод.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Методы водоподготовки** | **Удаляемые примеси, форма воздействия на них и условия применения** | **Код метода** |
| **I. Безреагентные методы обработки.** |
| Удаление грубодисперсных примесей в центробежном поле  | Грубо- и тонкодисперсные примеси с плотностью частиц >1000 кг/м  | ГЦ  |
| Отстаивание в ковшах и открытых отстойниках, в том числе с тонкослойными модулями и слоем взвешенного осадка  | ГДП с концентрацией взвеси более 2000-5000 мг/л  | От  |
| Фильтрование через сетчатые перегородки  | ГДП с размером частиц более 20-40 мкм, Ф > 1000 кл/л  | СтФ  |
| Фильтрование через обсыпку фильтрующих оголовков  | ГДП, плавающие вещества, щепа, листья, остатки растений водотоков и водоемов  | ОбФ  |
| Фильтрование через крупнозернистую среду в префильтрах  | ГДП с размером частиц менее 1,0 мм  | КПФ  |
| Медленное фильтрование  | ГДП, коллоидные взвеси и бактерии, М < 50 мг/л  | МФ  |
| Биологическая предочистка в русле водотоков или во входных биореакторах с использованием при крепленной микрофлоры  | Органические и минеральные примеси, при ПО > 5 мг02/л, Т > + 5 °С, Ф > 500 кл/л  | БПБ  |
| Аэрирование воды | Газообразные и летучие органические соединения, взвесь с плотностью < 1000 кг/м , низкое содержание кислорода, наличие нефтепродуктов  | А |
| Флотация без применения коагулянтов  | Органические вещества при ПО > 6-8 мг02/л и содержании нефтепродуктов >1-2 мг/л; интенсификация процессов коагулирования  | ФлБ  |
| **II. Реагентные методы обработки** |  |
| Обработка воды коагулянтами и флокулянтами  | Тонкодисперсные и коллоидные взвеси, агрегативно и кинетически устойчивые, требующие агрегации и придания им когезионных и адгезионных свойств: снижения электрокинетических сил отталкивания  | К(Ф) |
| Хлопьеобразование скоагулированных частиц в свободном или стесненном объеме  | Укрупнение и образование агломератов скоагулированных коллоидов и тонкодисперсной (d<0,l мкм) взвеси минерального и органического происхождения  | ХлО  |
| Обработка хлором (гипохлоритом натрия, кальция)  | Органические вещества, обуславливающие цветность воды, трудноокисляемая органика (ПО <15 мгОг/л) и наличие отдельных ингредиентов (железа, марганца, сероводорода), болезнетворные бактерии и другие микроорганизмы  | Хл  |
| Обработка воды озоном  | Маломутные высокоцветные воды; трудноокисляемые органические вещества, обуславливающие цветность, запах и привкус; обезжелезивание, деманганация удаление сероводорода, нефтепродуктов, фенолов, болезнетворные бактерии и другие виды микроорганизмов  | ОЗ  |
| Обработка воды УФ- облучением  | Воды малоцветные и маломутные, болезнетворные микроорганизмы и вирусы  | УФ-об  |
| Флотация с применением реагентов  | Органические вещества обуславливающие цветность, ПО< 15 мг02/л; нефтепродукты и масла 2-15 мг/л  | ФлР  |
| Реагентное отстаивание  | Органические минеральные примеси (М < 2500 мг/л, Ц < 250 0ПКШ)  | ОтР  |
| Обессоливание на ионообменных фильтрах  | С <2-3 г/л; Ж0 <10-15 мг- экв/л; М < 1,5-5 мг/л; Ц < 20 0ПКШ  | ПО  |
| Обессоливание и умягчение обратным осмосом  | С < 35 мг-экв/л, Ц < 20 0ПКШ, М < 10 мг/л  | ОО  |
| Снижение солесодержания элек­тродиализом  | С < 10 мг-экв/л; М < 1,5 мг/л; Ц < 20 0ПКШ; содержание железа до 0,3 мг/л  | ЭД  |
| Фторирование  | Содержание фтора <1,5 мг/л  | Фт  |
| Реагентное осветление в слое взвешенного осадка с рециркуляцией  | те же, что и в предыдущем пункте  | ОВОР  |
| Реагентное скорое фильтрование  | Коагулированная взвесь с размером частиц <100 мкм после предочистки М < 200 мг/л, Ц < 200 0ПКШ  | СкФР  |
| Сорбционная доочистка в стационарном слое адсорбента  | Ароматические органические вещества, нефтепродукты < 1 мг/л, азот аммонийный, фенолы, пестициды, ПАВ, диоксины, хлорорганические соединения; М <10 мг/л, Ц < 20 0ПКШ  | СрГУ  |
| Сорбция с вводом мелкогранульных или порошковых сорбентов в очищаемую воду  | Неприятные привкусы и запахи; азот аммонийный, нефтепродукты, ПАВ, пестициды  | СрПУ  |
| Реагентное умягчение  | ЖО <30 мг-экв/л; М < 50 мг/л  | УмР  |
| Стабилизационная реагентная обработка  | При индексе Ланжелье IL > и < 0; при показателе стабильности Пс > 1; при показателе коррозионной активности Пк > 0,35 (при t = 8-25 °С)  | СтР  |
| Стабилизационная фильтрационная обработка воды  | те же (уточняются технико- экономическими расчетами)  | СтФ  |
| Обессоливание реагентное  | С < 3-5 г/л; Ж0 < 15 мг-экв/л; М < 150 мг/л, Ц < 150 0ПКШ  | ОсР  |

На основании представленных в таблицах 1,2,3,4,10 данных выбор технологии водоподготовки может быть представлен следующим образом (табл.11).

Таблица 11. Алгоритмизация выбора технологий водоподготовки (поверхностная вода).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Класс вод  | Группа примесей  | Период  | Рекомендуемые технологические схемы  |
| А1  | II  | t2  | ХЛ—>К(Ф)—>ХлО —>ОтР—>СкФР—>XЛ  |
| А3  | II  | t2  | ОЗ1—>К(Ф)—>ФлР—>СкФР—>О32—>СрГУ—>ХЛ  |
|  | II, III  | t1  | БПБ—>К(Ф) —>СкФР—>ОЗ—>СрПУ—> СкФР2—>ХЛ  |
|  | II, III  | t2  | БПБ—>К(Ф) —> СкФР —> ЮЗ —>СрГУ—>ХЛ  |
| А2  | II, III  | t2  | БПБ—ОЗ1—>К(Ф)—>ХлО—>РО—>СкФР—О32—>ГУ—>ХЛ  |
| II, III  | t1  | ОЗ—>К(Ф) —>ХлО—>ОтР—>СкФР—>ОЗ2—>СрПУ—>СкФР2—>ХЛ  |
| B1  | I, II  | t2  | ХЛ—>К(Ф) —>СкФР—>СрПУ—>СкФР2—>ХЛ  |
| В2  | I, II  | t2  | БПБ—>К(Ф)—СкФР—ОЗ—СрГУ—>ХЛ  |
| С1  | I  | t2  | ОбФ(ГЦ)—>БПБ—>К(Ф)—ОВОР—> СкФР—>ХЛ  |
| I, II  | t2  | ОбФ(ГЦ)—>БПБ—>К(Ф)—>ХлО—ОтР—>C —>кФР —>ОЗ —>СрГУ —>ХЛ  |
| I, II, III  | t1  | От—>БПБ—>К(Ф)—>СкФР1—>СрПУ—> СкФР2—>ХЛ  |
| С2  | I, II,  |  | От—>БПБ—>К(Ф)—ОВОР—>СкФР—>ХЛ  |
|  | I, II  | От—>БПБ—>К(Ф)—>ХлО—ОР—>СкФР—ОЗ—>СрГУ—>ХЛ  |
| С3  | I, II  | От—> ОбФ—>К(Ф) —>КПФ—>ОЗ—>СрПУ—>СкФР—>ХЛ  |
| D1  | I,  | t2  | СтФ(МФ) —>БПБ—>К(Ф) —>СкФР1—>ОЗ—>СрГУ—>ХЛ  |
| I, II  | t1  | СтФ(МФ) —>БПБ—>К(Ф) —>СкФР—>ОЗ—>СрПУ—>СкФР2—>ХЛ  |
| D2  | I, II, III  | t1  | Фл—>БПБ—>К(Ф) —>ХЛ—>ОТ—>СрПУ—>СкФР—>ХЛ  |
| E  | IV  | t2  | Об—>К(Ф,Щ) —>ОВОР—>СкФР—>ХЛ  |
| IV  | t1  | От—>БПБ—>К(Ф)—ЮВОР—>СкФР1—> СрПУ—>СкФР2—>ХЛ  |
| IV  | t2  | ОбФ—>К(Ф) —>ОВОР—>СкФР—>ОЗ—>CрГУ—>ХЛ  |
| IV  | t2  | ОбФ—>К(Ф) —>СкФР—>ОО(ЭД) —>СрГУ—>ХЛ  |

Таблица 12. Алгоритмизация выбора технологий очистки поверхностных вод с учетом антропогенных загрязнений.

|  |  |
| --- | --- |
| Класс вод | Подкласс вод (табл.4) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| А1 | Т3 | Т2 | Т2 | Т3 | Т4 | Т1[К(Ф)] | Т2(СрПУ) | Т1[К(Ф), СрПУ] |
| А2 | Т2 | T1 | Tl | T1 | Т2 | Т1[К(Ф)] | Т2(СрГУ) | Т2[К(Ф)) |
| В | T1 | Т2 | Т2 | Т2 | Т2 | Tl | Т2(СрПУ) | T1(CpГУ) |
| C1 | Т2 | Т2 | Т2 | Т2 | Т2 | T1[K(0)] | Т2(СрПУ) | T1[K(Ф), СрГУ)] |
| С2 | T1 | Т2 | Т2 | Т2 | Т2 | T2 | Т3 | Т1(ПУ,СрГУ) |
| D | Т2 | Т2 | Т2 | Т3 | Т2 | T1[K(Ф)] | Т3(СРГУ) | Тз[К(Ф), СрГУ] |
| Е | Т2 | Т3 | Т3 | Т3 | Т3 | T2 | Т(СрПУ) | Т1[К(Ф),СрГУ] |

Примечания: 1. Технологические параметры методов водообработки, типы реагентов, инертных фильтрующих материалов и сорбентов, дозы коагулянтов и флокулянтов уточняются в процессе технологических изысканий для конкретного водоисточника и места водозабора.

2. Номер технологической схемы соответствует номеру, относящемуся к конкретному классу вод (см. табл. 11)

Исходя из данных таблицы 1 и расширенной классификационной разбивки по загрязнениям подземных вод,разработанных [Журбой М.Г]. классификаторы технологий позволяют скомпоновать общую технологическую схему очистки подземной воды в каждом конкретном случае, исходя из исходных качественных показателей воды. При выборе общей технологической схемы очистки подземной воды в условиях повышенных антропогенных нагрузок на водоисточник за основу принимается класс и подкласс природных загрязнений с добавлением эффективных технологий очистки от конкретных антропогенных загрязнений по группам и подгруппам.

Таблица 13. Технологические схемы очистки подземных вод от природных загрязнений по классам для питьевого водоснабжения.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Класс подзем­ных вод  | Подкласс  | Условия применения  | Технологические схемы  | Степень очистки  |
| 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
| 1  | 1.1  | *Т>* 6 °С; С03 2- св.< 200 мг/л, С03 2- агр. > 0, IL < 0  | Глубокая аэрация, стабилизация, обеззараживание  | *IL* > 0,3 μСаСО3=4-10 мг/л |
| 1.2  | Т<3°С, С03 2 -св <200мг/л; С03 2 -агр. > 0, IL< 0  | Нагрев до 6 °С, аэрация- дегазация, реагентная стабилизация, обеззараживание  | То же |
| 2  | 2.1  | Fe < 3 мг/л, Мп < 0,1 мг/л С03 2 -св. <45 мг/л, рН > 6,8, IL < 0  | Упрощенная аэрация, фильтрование, стабилизация, обеззараживание  | Fe < 0,3 мг/л,Mn < 0,1 мг/л |
| 2.2  | Fe < 5 мг/л, Мп <0,5 мг/л С03 2 -св. < 45 мг/л, рН > 7,2  | Глубокая аэрация, «сухое фильтрование», стабилизация, обеззараживание  | Fe < 0,3 мг/л, Мп < 0,1 мг/л  |
| 2.3  | Fe < 10 мг/л, Мп < 1 мг/л С03 2 -св.< 200 мг/л; рН> 6,0  | Биосорбция , фильтрование, стабилизация, обеззараживание  | Fe < 0,05 мг/л, Мп < 0,05 мг/л  |
| 3  | 3.1  | Fe < 15 мг/л, Мп < 1,0 мг/л С03 2 -св. < 200 мг/л; рН> 6,0  | Биосорбция , фильтрование, стабилизация, обеззараживание  | Fe < 0,3 мг/л, Мп<0,1 мг/л  |
| 3.2  | Fe < 20 мг/л, Мп < 2 мг/л, F< 1,5 мг/л, С03 2- св.< 200 мг/л; рН>6,0  | а) Биосорбция, ввод перманганата калия, фильтрование, стабилизация, обеззараживание  | Fe < 0,1 мг/л, Мп < 0,05 мг/л  |
| б) Глубокая аэрация, фильтрование, озонирование, сорбция на ГАУ, стабилизация обеззараживание  | Fe<0,l мг/л, Мп < 0,05 мг/л  |
| 3.3  | Fe < 20 мг/л, Мп < 1 ,0 мг/л С03 2- св. < 200 мг/л; рН> 6,0  | Глубокая аэрация, фильтрование, озонирование, сорбция на ГАУ, обесфторивание на фильтре с активированным оксидом алюминия, стабилизация, обеззараживание  | Fe<0,l мг/л, Мп < 0,05 мг/л, F = (0,7-1,5) мг/л  |
| 4  | 4.1  | Fe < 25 мг/л, Mn < 3 мг/л, F < 1,5 мг/л, С02св. < 200 мг/л, минерализация <1000 мг/л, рН > 6,0, IL < 0  | Глубокая аэрация, коагуляция, флокуляция, фильтрование, озонирование, сорбция на ГАУ, стабилизация, обеззараживание  | Fe < 0,3 мг/л, Мп < 0,1 мг/л, IL + 0,3  |
| 4.2  | Fe < 30 мг/л, Мп < 5 мг/л, F < 7 мг/л, Минерализация <1000 мг/л С02св. < 200 мг/л; рН > 6,0  | Глубокая аэрация, коагуляция, фильтрование, озонирование, сорбция на ГАУ, фильтрование на активированном оксиде алюминия, стабилизация, обеззараживание  | Fe< 0,3 мг/л, Мп < 0,1 мг/л, F =(0,7-1,5) мг/л4, II >0  |
| 4.3  | Fe < 3 мг/л, Мп < 5 мг/л, F < 7 мг/л, минерализация < 2000 мг/л, С02св. < 200 мг/л; рН > 6,0  | Биосорбция, коагуляция, флокуляция,фильтрование, ввод перманганата калия, фильтрование, электродиализ, сорбция на ГАУ, стабилизация, обеззараживание  | Fe < 0,1 мг/л, Mn< 0,05 мг/л, F< 1,5 мг/л, минерализация < 400 мг/л  |
| 4.4  | Fe < 30 мг/л, Мп < 5 мг/л, F <7 мг/л, С02св. < 200 мг/л, минерализация<1000мг/л, рН > 6,0  | Биосорбция, коагуляция, флокуляция, фильтрование, фильтрование через модифицированную КМ11О4 загрузку, фильтрование через активированный оксид алюминия, стабилизация, обеззараживание  | F< 0,7-1,5 мг/л, Fe < 0,3 мг/л, Мп < 0,1 мг/л, F = (0,7-1, 5) мг/л,  |
| 5  | 5.1  | Fe < 40 мг/л, Мп < 7 мг/л, F < 7 мг/л, минерализация < 5000 мг/л, СО2св. < 200 мг/л, рН>6,0, IL<0  | Глубокая аэрация, преозонирование, фильтрование, озонирование, фильтрование, электродиализ, сорбция на ГАУ, стабилизация, обеззараживание  | Fe < 0,1 мг/л,Мп < 0,05 мг/л, F < 1,5 мг/л, минерализация до 500  |
| 5.2  | Fe < 40 мг/л, Мп < 7 мг/л, F < 10 мг/л, минерализация <5000 мг/л, С02св. < 200 мг/л, рН > 6,0  | а) Глубокая аэрация, коагуляция , фильтрование, озонирование, фильтрование, электродиализ, сорбция на ГАУ, стабилизация, обеззараживание  | Fe < 0,1 мг/л, Мп < 0,05 мг/л, Минерализация <300 мг/л, F = (0,7-1, 5) мг/л  |
| б) Биосорбция, коагуляция, флокуляция, фильтрование, ввод перманганата калия, фильтрование, обратный осмос, (электродиализ) стабилизация, обеззараживание  | Fe < 0,1 мг/л, Мп < 0,05 мг/л, цветность < 5 град, минерализация <300 мг/л, F = (0,7-1, 5) мг/л  |

Таблица 14. Основные технологические методы по очистке подземных вод от природных компонентов и антропогенных загрязнений

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Способ, метод**  | **Код**  | **Способ, метод**  | **Код**  |
| Упрощенная аэрация  | УА  | Биологическая денитрификация  | БДН  |
| Аэрация  | А  | Ионный обмен  | ИО  |
| Дегазация  | д  | Сорбция /фильтрация на модифицированной цеолитовой загрузке  | С / ФМЗ  |
| Глубокая аэрация  | ГА  | Подкисление  | Подкисл.  |
| Обеззараживание  | Обз  | Электрохимический метод  | ЭМ  |
| Фильтрование  | Ф  | Ионный обмен на селективных смолах  | ИОСС  |
| Фильтрование  | Ф1,  | Реагентное осаждение  | РО  |
| первой ступени  |  |  |  |
| Биосорбция  | БС  | Хлорирование  | X  |
| Введение КМп04  | КМп04  | Флотация с применением реагентов  | ФР  |
| Озонирование  | Оз  | Озонирование в сочетании с УФ  | Оз+УФ  |
| Коагуляция  | К  | Окислитель  | Окисл.  |
| Флокуляция  | Фл  | Ввод порошкообразного угля  | ПАУ  |
| Фильтрование через загрузку с Активированным оксидом алюминия /гранулированным углем  | АОА/ ГАУ  | Барботирование воздуха  | БВ  |
| Электродиализ  | ЭД  | Насадочные колонны  | НК  |
| Фильтрование через модифицированную загрузку  | ФМЗ  | Вакуумная дегазация  | ВД  |
| Обратный осмос  | ОО  | Пенная дегазация  | пд  |
| Ультрафильтрация  | УФ  | Нагревание  | t0  |
| Стабилизационная обработка воды  | С  |  |  |

Таблица 15. Алгоритмизация выбора технологий очистки подземных вод от природных примесей.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Класс  | Подкласс  | Технологические схемы  | Условное обозна­чение |
| 1 | 1.1 | ГА —>С —> Обз  | T1  |
| 1.2 | t°—> А - Д —> С —> Обз  | Т2  |
| 2 | 2.1 | УА —> Ф —> С —> Обз  | Т3  |
| 2.2 | ГА —> Ф —> С —> Обз  | Т4  |
| 2.3 | БС —> Ф—> С —> Обз  | Т5  |
| 3 | 3.1 | БС —> Ф —> С —> Обз  | Т6  |
| 3.2 | а) БС—> КМп04 —>Ф —> С —> Обз б) ГА —> Ф —> Оз —> ГАУ —> С —> Обз  | Т7  |
| Т8  |
| 3.3 | ГА —> Ф —> Оз —> ГАУ —> АОА —> С —> Обз  | Т9  |
| 4 | 4.1 | ГА —> К —> Фл —> Ф —> Оз —> ГАУ —> С —> Обз  | Т10  |
| 4.2 | ГА —> К —> Ф —> Оз —> ГАУ —> АОА —> С —> Обз  | Т11  |
| 4.3 | КМпО4 —> БС—> К —>Фл —> Ф —> Ф —> ЭД —> ГАУ —> С —> Обз  | T12  |
| 4.4 | БС —> К —> Фл —> Ф —> ФМЗ —> АОА —> С —> Обз  | Т13 |
| 5 | 5.1 | ГА —> Оз —> Ф —> Оз —> Ф —> ЭД —> ГАУ —> С —> Обз  | Т14  |
| 5.2 | а) ГА —> К —> Ф —> Оз —> Ф —> ЭД —> ГАУ —> С —> Обз б) БС —> К —> Фл —> Ф —> КМпО4 —> Ф —> ОО —> ЭД —> С —> Обз  | T15  |

**Описание технологических методов**

* Аэрация, напорная и безнапорная.

Аэрация - процесс, целью которого является окисление железа и марганца, а также компенсация дефицита кислорода в исходной воде и освобождение воды от нежелательных или избыточных газов - углекислого газа и сероводорода.

Методы аэрации можно классифицировать по способу контакта жидкой и газовой фаз: стекание воды по поверхности, разбрызгивание воды в воздухе и ввод воздуха в жидкость. Различают аэраторы со свободной поверхностью и напорные.

* Дегазация, атмосферная и вакуумная.

Основное назначение - удаление кислорода, сероводорода, углекислого газа. В результате повышается уровень рН, снижается агрессивность воды. Для частичного удаления углекислого газа процедура осуществляется с помощью разбрызгивания, барботажа, механического диспергирования. Все системы отдувки являются противоточными. Для более глубокого удаления газов применяются вакуумные дегазаторы.

* Микрофильтрация.

Применяется для удаления из поверхностной воды водорослей, планктона на барабанных и дисковых микрофильтрах, оборудованных фильтрующими элементами из тонкой металлической или пластмассовой сетки с размером отверстий 20^60 мкм (микрофильтры) и 0.3^0.5 мм (барабанные сетки).

* Химическое окисление: хлор, гипохлорит, озон, перманганат калия.

Возможные области применения основных окислителей: окисление железа и марганца, аммонийного азота, снижение цветности органических соединений. Ограничения в применении окислителей:

- при применении хлора - образование хлорорганических соединений и появление привкусов;

- при применении озона возможно образование броматов;

- при применении перманганата калия возможно появление окрашивания воды и осадка.

* коагуляция - флокуляция, во флокуляторах с принудительным перемешиванием, сульфатом или оксихлоридами алюминия.

Коагулирование воды - процесс обесцвечивания и осветления природной воды с применением реагентов - коагулянтов, которые при взаимодействии с гидрозолями и растворимыми примесями образуют осадок. Используется для подготовки воды к операциям отстаивания, флотации и фильтрации. Процесс коагулирования проводится в две ступени: смешение реагента с водой и флокуляция. Обычное время флокуляции составляет 12 - 15 минут, однако при температуре воды 1°Соно составит до 18 - 22 минут.

В процессе флокуляции примеси образуют флокулы - хлопьевидный осадок, который из-за значительного размера удаляется из воды отстаиванием, флотацией или фильтрованием.

* Отстаивание, традиционное и тонкослойное, осветление в слое взвешенного осадка. Распространенный процесс разделения твердой и жидкой фаз. Выбор метода и параметры зависят от гидравлической крупности частиц, выделяемых из воды.

Применяется в случаях значительного содержания взвешенных веществ, превышающего экономически обоснованную грязеёмкость механических фильтров.

* Флотация.

Флотация представляет собой процесс разделения фаз: жидкость - твердое вещество, применяемый в отношении частиц, плотность которых меньше плотности жидкости.

Флотация происходит в присутствии реагентов под действием микропузырьков воздуха, который растворяется в воде под давлением. Удельные нагрузки воды во флотаторах значительно превышают соответствующие нагрузки в отстойниках и осветлителях.

* Фильтрация на кварцевом песке или других инертных материалах, одноступенчатая и двухступенчатая.

Фильтрация на кварцевом песке или других инертных материалах может осуществляться в напорном и безнапорном режимах, и представляет из себя процесс разделения жидкости и взвешенных веществ при прохождении через пористую среду, теоретически задерживающую все частицы взвешенных веществ и пропускающую жидкую фазу фильтрации.

Основным технологическим параметром процесса фильтрации является грязеёмкость фильтра между циклами регенерации.

В технологической линии двойной фильтрации применяются две последовательные ступени. На первой ступени используется песок с повышенным эффективным размером частиц, и в нем происходит грубая фильтрация. На второй ступени фильтрация с однослойной тонкой (песок) или двуслойной загрузкой.

* Фильтрация на ультрафильтрационных мембранах, вакуумная и напорная. Мембранная ультрафильтрация пропускает воду и растворенные в ней соли, задерживает взвешенные вещества, коллоиды, крупные растворенные формы (макромолекулы) и специфические загрязнения, такие как бактерии, вирусы. Размер пор ультрафильтрационных мембран составляет 0,01 - 0,05 мкм.

Напорная ультрафильтрационная мембрана имеет более высокие скорости фильтрации в сравнении с вакуумной. В отличие от фильтрации на кварцевом песке или других инертных материалах, ультрафильтрационные мембраны не имеют ограничений по грязеёмкости. Обеззараживающий фактор ультрафильтрационных мембран на порядок выше, чем у ультрафиолетового облучения.

* Доочистка активированным углем.

Рационально использовать на завершающей стадии очистки воды для удаления запахов, привкусов и хлорорганических соединений при обеспечении нормативного качества воды по показателям железа, марганец, цветность, окисляемость на предшествующих стадиях очистки. Срок службы активированного угля имеет существенные ограничения при применении предварительного хлорирования. Предварительное озонирования воды с минимальными дозами (1…1,5 г/м3) способствует более эффективному и качественному удалению запахов, привкусов и хлорорганических соединений из воды, а также продлению срока службы угольной загрузки.

* Обеззараживание хлорсодержащими реагентами.

Необходимость и режимы обеззараживания воды при подаче в водопроводную сеть устанавливается органами Роспотребнадзора и обеспечивается с применением жидкого хлора или гипохлорита натрия. Применение жидкого хлора связано с высокими требованиями к безопасности его хранения и транспортировки. В этой связи предпочтение часто отдают альтернативной технологии обеззараживания с использованием гипохлорита натрия.

В водопроводных сетях значительной протяженности интерес представляет применение технологии хлораммонизации.

* Корректировка активной реакции pH воды, подаваемой в сеть.

Процедура корректировки водородного показателя рН воды, подаваемой в сеть, заключается в корректировке кальций - углеродного равновесия, для защиты сооружений и сети от коррозии или от образования солевых отложений, а также для защиты здоровья потребителей. Основным реагентом корректировки рН воды является известь.

Комплексные технологические решения по выбору перспективных технологий находятся в зависимости от анализа качества исходной воды и должны включать оптимальный набор для каждого конкретного объекта. В качестве примера можно использовать данные таблицы 16, 17.

Таблица 16. Комплексные технологические решения по выбору технологий.

|  |  |
| --- | --- |
| Показатели качества воды | Варианты применения технологий |
| «Железо общее», мг/л,менее 3,0 | Вариант 1: Аэрация, фильтрация на кварцевом песке, обеззараживание.Вариант 2: Химическое окисление, фильтрация на кварцевом песке, обеззараживание.Вариант 3: Химическое окисление, фильтрация на мембране, частичное обеззараживание. |
| «Железо общее», мг/л 3,0 - 10,0 | Вариант 1: Химическое окисление, фильтрация на кварцевом песке, обеззараживание.Вариант 2: Химическое окисление, отстаивание, фильтрация на кварцевом песке, обеззараживание.Вариант 3: Химическое окисление, фильтрация на мембране, частичное обеззараживание. |
| «Цветность», градусы, менее 120 | Вариант 1: Коагуляция, флокуляция, фильтрация на кварцевом песке, обеззараживаниеВариант 2: Коагуляция, флокуляция, отстаивание, фильтрация на кварцевом песке, обеззараживаниеВариант 3: Коагуляция, флокуляция, фильтрация на мембране, частичное обеззараживание. |

Таблица 17. Варианты апробированных решений для

очистки подземных вод.

|  |  |
| --- | --- |
| Технологическая схема обработки воды  | Условия применения по качественным показателям  |
| Озонирование- фильтрование через кварцевую загрузку -адсорбция на ГАУ -NaClO | мутность | 1,7-5 (0,2-0,6) мг/л |
| цветность | 10-30 (< 5) град. |
| перманганатная |  |
| окисляемость | 1,4- 14(0,6-1,8) мг02 /л |
| фенолы | 1-8 (<1)мкг/л |
| нефтепродукты | до 4,9 (<0,1) мг/л, |
| железо | 0,2-12(0,1-0,2) мг/л, |
| марганец | до 1,4 (0,05-0,1) мг/л |
| РН | 6,3-7,8, |
| жесткость | 2,8 ммоль/л |
|  | щелочность | 2-2,8 ммоль/л |
| Аэрация - дегазация - коагулирование - фильтрование озонирование - адсорбция на ГАУ - (NaCIO). | мутность | 0,4-1,5 (0,2) мг/л |
| цветность | 3-20 (< 5) град. |
| перманганатная |  |
| окисляемость | 2,5 (1,8) мг02 /л |
| фенолы | 1-3 (<1) мкг/л |
| нефтепродукты | до 4,9 (< 0,1) мг/л, |
| железо | до 21 (0,05 мг/л, |
| марганец | до 4 (0,05) мг/л |
| рН | 6-8 |
| жесткость | 4-8 ммоль/л |
| щелочность | 1,5-2,5 ммоль/л |
| Аэрация - дегазация - обезжелезивание- адсорбция на ГАУ - ионный обмен на ионите - цеолите (напр. клиноптилолите в Na-форме) – обеззараживание (NaCIO).  | температура  | 1-5°С  |
| запах (сероводородный)  | 3-5 (отс.) балл  |
| перманганатная  |  |
| окисляемость  | до 8 (5) мг02 /л  |
| фенолы  | 15 (<1) мкг/л  |
| цветность  | 50-100 (8) град.  |
| азот аммонийный  | 15 (отс.) мг/л  |
| метан  | до 40 (0,4) мг/л  |
| углекислота  | до 160 мг/л  |
| нефтепродукты  | до 1 (< 0,1) мг/л,  |
| железо общее  | до 12 (0,3) мг/л,  |
| марганец  | до 0,5 (0,1) мг/л  |
| рН  | 6-8  |
| ПАВ  | 0,5 (0,3) мг/л  |
| щелочность  | 6,5 ммоль/л  |
| Аэрация - дегазация – озонирование – фильтрование (осветление, обезжелезивание, деманганация) - адсорбция на ГАУ - УФ- обеззараживание. Варианты: 1. Аэрация – первичное озонирование – обезжелезивание –вторичное озонирование - адсорбция на ГАУ - УФ- обеззараживание. 2. Аэрация – первичное озонирование обезжелезивание - вторичное озонирование с УФ воздействием - введением Н2О2 - адсорбция на ГАУ - УФ- обеззараживание  | температура  | 3-5 °С  |
| запах (сероводородный)  | 3-5 (отс.) балл  |
| перманганатная  |  |
| окисляемость  | до 25 (5) мг02/л  |
| фенолы  | 25 (<1) мкг/л  |
| цветность  | 70 (5-10) град.  |
| азот аммонийный  | 6,6 (до 0,3) мг/л  |
| метан  | до 50 (0,5) мг/л  |
| углекислота  | до 200 мг/л  |
| нефтепродукты  | до 2 (< 0,05) мг/л,  |
| железо общее  | до 20 (0,05) мг/л,  |
| марганец  | до 4 (0,05) мг/л  |
| рН  | 6  |
| ПАВ  | 2 (0,3) мг/л  |
| Аэрация - дегазация - первичное реагентное фильтрование через загрузку из цеолита, обработанного КМп04 (обезжелезивание) -озонирование - отстаивание -адсорбция на цеолите -вторичное реагентное фильтрование через загрузку из цеолита, обработанного КМп04 (деманганация) - адсорбция на цеолите -обеззараживание хлором  | температура  | 1-3 °с  |
| бактериальное  |  |
| загрязнение  | до 10 ПДК (отс.)  |
| перманганатная  |  |
| окисляемость  | до 25 (5) мгО2 /л  |
| цветность  | 50-110(10) град.  |
| марганец  | до 2,5 (0,05) мг/л  |
| метан  | до 50 (0,5) мг/л  |
| нефтепродукты  | до 4,9 (< 0,05) мг/л,  |

## Обеззараживание воды.

При хлорировании в воде образуются новые хлорорганические соединения, являющиеся продуктами трансформации загрязнений. Употребление воды, содержащей галогенсодержащие соединения (ГСС), приводит к угнетению иммунной системы, заболеваниям печени, почек, поджелудочной и щитовидной железы, центральной нервной системы, но главное – ряд ГСС являются канцерогенами (приложение 2).

Некоторые приоритетные вещества, образующиеся в процессе водоподготовки и транспортировки, в том числе при хлорировании воды, представлены в приложении 3.

К росту содержания ГСС в питьевой воде приводит увеличение дозы подаваемого хлора или высокое содержание в обрабатываемой воде общего органического углерода. Основная часть ГСС образуется в течение первых 2 - 4 часов после ввода хлора. Молекулы ГСС имеют относительно небольшие размеры и с трудом поддаются удалению современными методами водоподготовки. Поэтому усилия специалистов должны быть направлены не на удаление, а на предотвращение образования галогенсодержащих соединений.

Таким образом, должна быть проведена коррекция схем хлорирования, предполагающая отказ от подачи высоких доз хлора в неочищенную речную воду или перенос места ввода основнойдозы хлора в конец технологической схемы водоподготовки.

Снижению дозы первичного хлорирования способствуют процессы коагуляции и флокуляции, в том числе с использованием синтетических полиэлектролитов. Синтетические органические высокомолекулярные коагулянты могут применяться совместно с неорганическими (соли алюминия и железа) или, что характерно для современных технологий очистки воды, в качестве самостоятельных основных реагентов. Высоко молекулярные флокулянты применяются, как правило, для увеличения эффекта очистки воды после ее коагуляции. Синтетические полиэлектролиты сами по себе являются малотоксичными соединениями, но могут содержать мономеры и примеси, представляющие очень высокий риск для здоровья населения. Реальная минимизация риска для здоровья населения может быть достигнута в условиях соответствующего контроля качества реагентов и обоснования максимально допустимой дозы, обеспечивающей безопасное их использование в технологиях очистки воды.

В обработанной воде следует проводить соответствующий контроль:

- полиамины (полиэпихлоргидриндиметиламины, полиЭПИ-ДМА) - по показателям эпихлоргидрин, диметиламин, 1,3-дихлор-2-пропанол, 2,3-дихлор-1-пропанол;

- полидиаллилдиметиламмоний хлориды (полиДАДМАХ) – по показателям остаточного количества полиДАДМАХ и ДАДМАХ;

- полиакриламиды (НАПАА, КПАА) – по показателям акриламид и акриловая кислота.

 Порядок надзора за их применением изложен в МУ 2.1.4.1060-01 «Санитарно-эпидемиологический надзор за использованием синтетических полиэлектролитов в практике питьевого водоснабжения».

Возможно использование других реагентов, в частности, полигексаметиленгуанидана [ПГМГ], который при совместном применении с коагулянтами обеспечивает снижение показателя цветности, снижение показателя мутности более чем на 90%, что актуально для регионов Европейского Севера. Технологическая и гигиеническая эффективность использования ПГМГ была доказана производственными испытаниями на Череповецком водоканале.

Следует отметить, что ПГМГ и входящие в его состав мономеры не относятся к канцерогенным веществам и, следовательно, не формируют канцерогенный риск для населения, в отличие от ГСС при хлорировании. В целом полимерные электролиты эффективны для устранения вирусов, цист простейших и одноклеточных водорослей.

В последнее время в России интенсифицировался процесс замены в водопроводной практике газообразного или сжиженного хлора на гипохлорит натрия. При этом устраняется два вида опасного воздействия хлора – его высокая острая токсичность при ингаляции и взрывоопасность. По всем другим неблагоприятным для здоровья свойствам хлор и гипохлорит натрия не различаются.

К хлорсодержащим средствам обеззараживания воды относится также диоксид хлора.В отличие от хлора, диоксид хлора не вступает в реакции замещения (хлорирования) с примесями, содержащимися в воде, а только в реакции окисления, и поэтому практически не образует хлорорганических соединений. Это важное свойство определяет преимущество использования диоксида хлора по сравнению с хлором.

Вместе с тем, диоксид хлора в питьевой воде в результате реакции диспропорционирования трансформируется в хлорит- и хлорат-анионы, которые обладают токсичными свойствами. Это обстоятельство ограничивает допустимую дозу диоксида хлора в воде и вызывает необходимость в нейтрализации продуктов трансформации, что усложняет и удорожает технологию его применения.

Эффективным агентом водоподготовки является озон. Преимущества озона перед хлором состоят в том, что озон улучшает органолептические свойства воды и обеспечивает бактерицидный эффект при меньшем времени контакта. Вместе с тем, при обработке воды озоном в ней могут образовываться продукты озонолиза органических веществ в виде карбонильных соединений (альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, броматы). Среди них наиболее опасны из-за своей токсичности формальдегид и броматы, относящиеся к канцерогенным веществам.

При озонировании цветных вод может происходить повышение концентрации фенола в обработанной воде в результате деструкции гумусовых соединений. Частичная деструкция гумусовых соединений обуславливает появление в воде биоразлагаемых органических веществ, являющихся источником углерода для бактерий; создает потенциальную возможность вторичного роста микроорганизмов в резервуарах чистой воды, в распределительных сетях.

Опасность других продуктов озонолиза для здоровья возрастает в случае комбинации в схеме обработки воды озонирования и последующего хлорирования. При этом могут образовываться хлорированные продукты озонолиза, обладающие мутагенными и канцерогенными свойствами, что часто требует применения в дальнейшем сорбционной очистки.

В целом, в большинстве случаев в коммунальном хозяйстве в реальной технологической практике озонирование рассматривается как мощная комплексная технология очистки природных вод в сочетании с другими технологиями. Чаще всего применяется «преозонирование» - первичное озонирование в небольших дозах 1,5-2,0 мг/л, что позволяет эффективно проводить окисление различных примесей содержащихся в исходной воде и в сочетании с другими технологиями достичь хороших результатов по водоподготовке, так же весьма распространено применение озонирования в сочетании с сорбционной очисткой «озоно-сорбция» позволяющей нивелировать побочные продукты озонирования, улучшить органолептические показатели очищенной воды и повысить барьерную роль очистных сооружений. Данные методы применяется на ряде водопроводных станций – Нижний Новгород, Москва, Санкт-Петербург, Ярославль, Курган и др.

Жесткие ограничения по широкому спектру побочных продуктов, образующихся в результате нерационального применения окислительных методов, необходимость обеспечения обеззараживания воды в отношении устойчивых к хлору микроорганизмов, обосновывают целесообразность, так называемой, комплексной концепции множественных барьеров. Данная концепция предполагает применение технологий, сочетающих химические окислительные и физические методы очистки.

В рамках этих подходов, одним из самых безопасных и, в то же время, максимально эффективным в отношении всего спектра микроорганизмов методом обеззараживания является ультрафиолетовое излучение, позволяющее обеспечить с высокой степенью эффективности инактивацию устойчивых к хлорированию вирусов, цист лямблий, ооцист криптоспоридий, спор сульфитредуцирующих клостридий.

Комбинация УФ облучения и хлорирования позволяет обеспечить эпидемическую безопасность воды и создает условия для корректировки регламента хлорирования с целью снижения в воде концентраций побочных продуктов. В зависимости от поставленных задач и технологической схемы водоподготовки, УФ облучение может использоваться в различных точках технологической цепи. Определяющим фактором в выборе места размещения УФ оборудования является качество воды на различных этапах очистки.

Установлено также, что обработка УФ облучением очищенной воды, содержащей соединения хлора на уровне 1,0-1,2 мг/л, является безопасным процессом, не сопровождающимся образованием дополнительных побочных токсичных продуктов.

Комбинация ультрафиолетового облучения с современными методами глубокой очистки (озонирование и мембранная фильтрация) обеспечивает высокую степень удаления из воды органических соединений. Озонирование воды, предшествующее УФ обеззараживанию, уже много лет применяется в Финляндии, Канаде, США. В России водоподготовка на основе совместного использования современных технологий хлорирования, озонирования и ультрафиолетового облучения применяется, в частности, на Слудинской водопроводной станции г. Нижний Новгород.

В последнее десятилетие в коммунальном хозяйстве осваиваются методы мембранной фильтрации. Эти технологии предназначены, в основном, для решения задач очистки природных вод в общих комплексах водоподготовки. Использование мембранных установок часто позволяет отказаться от первичного хлорирования, что снижает опасность образования хлорорганических соединений. Ультрафильтрацию можно рассматривать и как эффективное средство обеззараживания воды в отношении патогенных микроорганизмов, таких как ооцисты Cryptosporidium, бактерии Escherichia coli, Salmonella, Shigella.

В общем случае отсутствие последействия требует применения хлорирования, к тому же, ультрафильтрация не всегда эффективна для удаления вирусов.

Перспективным направлением совершенствования процессов очистки природных вод является биосорбционно-мембранная технология. Предварительная обработка воды по данной технологии позволяет уменьшить при последующем хлорировании образование токсичных хлор- и броморганических соединений на 40-50% за счет удаления в биореакторе органических загрязнений.

В настоящее время разрабатываются и уже частично реализованы на практике новые технологические процессы очистки и обеззараживания воды с применением нанореагентов, синтетических и природных наносорбционных материалов. Научный и практический интерес имеют разработки по использованию бактерицидной и фунгицидной эффективности традиционных и перспективных дезинфектантов на основе наночастиц металлов, способных оказывать биоцидное действие.

Разработана технология изготовления и применения реагента нового поколения – алюмокремниевого флокулянта-коагулянта АКФК, в котором используются алюминиевая и силикатная составляющие. Перспективность АКФК определяется его универсальностью и высокой эффективностью при решении различных задач: осветление и очистка воды от взвешенных частиц, от растворимых и малорастворимых органических веществ, от ионов металлов; данная технология позволяет расширить температурный режим использования реагентных методов.

 Действие АКФК основано на образовании комплексных соединений с развитой сорбционной поверхностью в результате интеграции отдельных процессов в единую систему. Механизм очистки воды реализуется за счет объемной сорбции загрязнителей на самоорганизующихся алюмокремниевых комплексах.

Разрабатываются технологии очистки поверхностных вод с применением нанофильтрационных аппаратов, в которых сорбционные материалы на основе гидроксилатов магния позволяют очищать природные воды одновременно от железа, марганца, фтора и бора.

Широким спектром антимикробного действия за счет малых размеров и значительной удельной поверхности обладают наночастицы серебра. В экспериментальных условиях установлено биоцидное действие наночастиц серебра в отношении модельной бактериальной микрофлоры (Е.соli) и вирусной микрофлоры (РНК-содержащие фаги MS-2) в воде. Инактивация модельных микроорганизмов происходит значительно более интенсивно в процессе фильтрования воды через модифицированные кластерами наносеребра фильтры по сравнению с контролем (угольный фильтр без нанесения наночастиц).

В связи со способностью модифицированных наночастиц серебра длительное время сохранять бактерицидные свойства рациональным является добавление его в фильтрующие материалы, лаки, краски и другие покрытия баков аккумуляторов и резервуаров чистой воды.

Физико-химические и биологические, в т.ч. токсические, свойства наночастиц и наноматериалов на их основе являются результатом не только их химического состава, но и таких характеристик, как геометрические характеристики, размер, форма, число наночастиц, величина площади поверхности, которые и определяют их реакционную способность. Таким образом, использование в системах водоподготовки нанотехнологий может быть реализовано только после разработки и утверждения соответствующей нормативно-методической базы

## Использование методологии оценки риска здоровью в практике выбора технологии водоподготовки *(версия ФБУЗ СПБ).*

Наиболее эффективным средством обеспечения санитарно-эпидемической безопасности питьевого водоснабжения является использование метода оценки и управления риском, который предусматривает все этапы организации системы водоснабжения, от водозабора до доставки потребителю питьевой воды. Цель состоит в том, чтобы дифференцировать этапы формирования риска, определить уровни риска и своевременно выполнить корректирующие мероприятия.

К основным задачам достижения положительного результата в практике питьевого водоснабжения относятся: минимизация загрязнения водоисточника и водосборной территории, снижение или устранение загрязнений путем водоочистки, предупреждение вторичного загрязнения при хранении и транспортировке питьевой воды.

Решение задач достигается путем выполнения следующих мероприятий:

- оценка возможностей конкретной системы обеспечить подачу населению питьевой воды безвредной и безопасной для здоровья;

- выявление потенциальных источников загрязнения и организация производственного контроля;

- контроль качества питьевой воды с целью подтверждения эффективности водоподготовки;

- выполнение корректирующих действий по обеспечению бесперебойной подачи воды потребителю.

Риск качества питьевой воды для здоровья формируется из суммы рисков, детерминированных:

- качеством воды источника и его охраной;

- эффективностью водоподготовки, в результате которой могут изменяться не только исходные уровни химических веществ, но и могут появляться новые продукты трансформации, часто более токсичные и опасные, чем исходные вещества;

- транспортировкой и распределением, в результате которых в воду могут поступать новые вещества, вымываемые из материалов конструкций и появляющиеся в результате биообрастания водопроводных труб и резервуаров чистой воды.

Заявленная проблема может быть решена с использованием определения поэтапных рисков. В результате имеется возможность не только характеризовать конечный риск для потребителя питьевой воды, но и выделять, в рассматриваемой системе централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, причины и уровни, формирующие этапные риски, и, следовательно, оптимизировать управленческие решения по обеспечению населения безвредной питьевой водой.

Оценка риска здоровью (в данном контексте) - это комплекс расчетов вероятности возникновения отрицательных реакций в здоровье человека при употреблении питьевой воды в течение всей жизни (70 лет) конкретного качества (по сути - математическое моделирование).

Методика расчетов оценки риска здоровью является официальной и выполнена в соответствии с Руководством P 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» 2004 года.

С целью унификации количественных и качественных характеристик все блоки функциональной модели могут быть выражены в виде трех уровней риска для здоровья пользователей централизованной системой водоснабжения.

Алгоритм осуществления риск ориентированного надзора за безопасностью питьевого водоснабжения в рамках оценки и управления, может быть выражен на основе ранжирования отдельных рисков, учитывающих основные причины несоответствия качества питьевой воды гигиеническим требованиям (таблицы 18-22).

Прежде всего, это касается блока «охрана источника», где в качестве приоритетных факторов могут рассматриваться постоянство качества воды в источнике, характер землепользования на водосборной территории, гидрогеологические или гидрохимические характеристики, региональные климатические особенности.

Специфика блока «эффективность водоподготовки» заключается не только в несоответствии исходных уровней загрязнения поступающей на очистку воды, несоответствии ее проектным параметрам технологии очистки, но и обусловлена появлением новых продуктов трансформации.

Таблица 18. Классификация рисков для здоровья за счет веществ, присутствующих в питьевой воде (для веществ, обладающих канцерогенным риском)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индивидуальныйпожизненныйканцерогенныйриск CR | Класс риска | Меры, необходимыедля снижения риска |
| < 10-6 | Низкий | Не требуются |
| >10-6-10-5 | Приемлемый | Увеличение кратностиопределения веществ, формирующихвеличину риска |
| >10-5 | Неприемлемый | Незамедлительные меры по снижению риска в течение срока, обусловленного выраженностью неприемлемого риска |

Таблица 19. Классификация рисков для здоровья за счет веществ, присутствующих в питьевой воде (для неканцерогенных веществ)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Коэффициентопасности HQ | Класс риска | Меры, необходимыедля снижения риска |
| <0,1 | Низкий | Не требуются |
| >0,1-1,0 | Приемлемый | - Учитывается риск за счет приоритетных веществ, поступивших из других сред- Увеличивается кратность производственного контроля по приоритетным веществам, формирующим риск |
| >1,0 | Неприемлемый | Выполняются меры по снижению риска в течение сроков, обоснованных величиной риска |

Таблица 20. Классификация рисков для здоровья за счет питьевого фактора

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Классриска | Класс водоисточника по ГОСТ 2761-84 | Соблюдение режима и наличие поясов ЗСО по СанПин 2.1.4.1110-02 | Соблюдение требований по СанПиН 2.1.4.980-00 | Соблюдение СП 2.1.5.1059-01 СанПиН 2.1.7.1287-03 |
| Низкий | 1 | Наличие 3-х поясов ЗСО, соблюдение в них санитарного режима | Соблюдаются | Соблюдаются требования нормативных документов |
| Приемлемый | 2 | Отсутствие3-го пояса ЗСО | Согласован ВНДС | Соблюдаются толькотребования СП2.1.5.1059-01 |
| Неприемлемый | 3 | ОтсутствиеЗСО | НДС не согласован  | Требования документов не соблюдаются |

Таблица 21. Классификация рисков для здоровья за счет питьевого фактора, детерминированного процессом водоподготовки

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Класс риска | Критерии риска за счет воды, поступающей в сеть после водоподготовки | Соблюдение технологического регламента | Качество реагентов, загрузок, материалов | Производственный контроль  |
| Низкий | Низкий по величине коэффициента опасности и индивидуального пожизненного канцерогенного риска | Согласован с органами Роспотребнадзора | Концентрация веществ в водных вытяжках и экстрактах <0,1 ПДК | Методы контроля обеспечивают чувствительность на уровне 0,1 ПДК |
| Приемлемый | Приемлемый по величине коэффициента опасности и индивидуального пожизненного канцерогенного риска | Согласован с органами Роспотребнадзора | Концентрация веществ в водных вытяжках и экстрактах <0,5 ПДК | Методы контроля обеспечивают чувствительность на уровне 0,5 ПДК |
| Неприемлемый | Неприемлемый по величине коэффициента опасности и индивидуального пожизненного канцерогенного риска | Не согласован с органами Роспотребнадзора | Концентрация веществ в водных вытяжках и экстрактах на уровне и выше ПДК | Методы контроля обеспечивают чувствительность только на уровне ПДК |

Таблица 22. Классификация риска для здоровья, обусловленного транспортировкой и распределением питьевой воды

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Классриска | Критерийриска | Остаточныеуровни реагентов | Миграцияиз материалов | Био-образование | Эффективность мониторинга |
| Низкий | Низкий | Ниже концентраций, эквивалентныхреферентным дозам | Ниже концентраций, эквивалентных референтным дозам | Низкое | Данные репрезентативны по всем измеряемым показателям |
| Приемлемый | Приемлемый | На уровне концентраций, эквивалентных референтным дозам | На уровне концентраций, эквивалентных референтным дозам | Среднейинтенсивности | Данные репрезентативны по приоритетным показателям |
| Неприемлемый | Неприемлемый | Выше ПДК | Выше ПДК | Интенсивное | Данные не являются репрезентативными по контролируемым показателям |

Приоритетные опасности блока «транспортировка и распределение» связаны с возможностью безаварийной работы распределительной сети, поступления в обработанную воду веществ, вымываемых из материалов конструкций. Это, прежде всего, железо, никель, кадмий, сурьма, формальдегид, стирол, винилхлорид, а также, появляющиеся в результате биообрастания водопроводных труб и резервуаров чистой воды, аммиак и нитриты.

Основные факторы блока «производственный контроль и санитарно-эпидемиологический надзор» обусловлены, как правило, низкой эффективностью оперативного контроля.

Для практических целей может быть использован ряд представленных выше классификационных шкал (таблицы 18-22), предназначенных для оценки централизованных систем хозяйственно-питьевого водоснабжения, дифференцированных по качеству воды у потребителя из крана, источникам водоснабжения, процессам водоподготовки, этапу транспортировки и распределения. В данных шкалах сохранена традиционная классификация риска для населения: допустимый (низкий) – менее 10-6 , приемлемый – от

10-6 до 10-5 и неприемлемый – более 10-5.

В таблице 18 представлена шкала, характеризующая риск для здоровья от влияния химических веществ, содержащихся в воде и обладающих канцерогенным эффектом, а также меры, необходимые для снижения риска. В частности, уже на уровне «приемлемого» риска (до 10-5) эти меры должны включать увеличение кратности определения приоритетных токсикантов, формирующих риск. В случае «неприемлемого» риска (более 10-5) должны быть приняты незамедлительные меры по снижению риска в течение срока, обусловленного выраженностью величины риска.

В таблице 19 приведена аналогичная шкала для неканцерогенных веществ, а мероприятия по снижению риска должны учитывать также риск за счет приоритетных веществ, поступающих из других сред. В случаях высокого риска должна быть увеличена кратность производственного контроля по приоритетным веществам, определяющим качество воды.

В таблице 20 представлены классификационные признаки рисков для здоровья за счет «питьевого фактора» при оценке на этапе «оценка источника». Эти признаки учитывают класс водоисточника, наличие поясов и соблюдение санитарного режима в зонах санитарной охраны водозаборов, а также соблюдение требований санитарной охраны подземных вод, поверхностных вод и почвы. В случае 2-3 класса водоисточника, при отсутствии ЗСО и согласованного НДС, при несоблюдении требований санитарных документов – риск не может быть определен как «приемлемый».

Характеристика рисков для здоровья за счет питьевого фактора, детерминированного водоподготовкой, представлена в таблице 21. Помимо критериев риска за счет качества воды, поступающей в сеть после водоподготовки, требуют учета и дифференциации такие параметры, как соблюдение технологического регламента водоподготовки, качество используемых реагентов, материалов и фильтрующих загрузок, наличие аттестованных аналитических методов и частота производственного контроля.

Транспортировка и распределение воды также могут влиять на величину конечного риска (таблица 22), что связано, главным образом, с остаточным уровнем реагентов водоподготовки и возможным вымыванием ряда ингредиентов из материалов резервуаров и трубопроводов. На данном этапе риск в значительной степени определяется эффективностью мониторинга и репрезентативностью данных соответствующего контроля качества воды.

Итоговая величина риска по всем этапам, соответственно, отражает этапы формирования этих рисков. В частности, в них могут быть даны не только рекомендованные нормативы, обеспечивающие «приемлемые» риски по критериям к «приемлемым» коэффициентам опасности и индивидуальным пожизненным канцерогенным рискам, но и с дифференциацией по возрасту [2].

Наряду с риском, обусловленным специфическими факторами, существует риск так называемой неустойчивой системы водоподготовки, обусловленный нестабильной работой оборудования (износ), большой частотой аварийных ситуаций, отсутствием автоматического контроля, перебоями в обеспечении реагентами и т.п.

 Очевидно, что при различных источниках водоснабжения значимость рисков будет различна. При подземном источнике акцент внедрения перспективной технологии будет направлен на ликвидацию риска, связанного с природным химическим загрязнением подземной воды (кальций, барий, бор и др., радиоактивность). При поверхностном водоисточнике мероприятия по минимизации риска акцентируются на антропогенных причинах ухудшения воды.

Рекомендуется следующий алгоритм действий при выборе технологических и организационных мероприятий по минимизации риска при водоподготовке питьевой воды на водопроводных станциях:

1. Проводится анализ эффективности работы всех водопроводных объектов данной конкретной территории или ведомства с сравнительной оценкой доли (процента) нестандартности среднестатистических данных конкретных показателей качества подаваемой в сеть питьевой воды.

На основании полученных статистических данных рассчитывается популяционный риск здоровью от нестандартности конкретного показателя качества воды по формуле (1):

Рr = Risk • n (1)

где Рr – популяционный риск здоровью населения;

 Risk – значение индивидуального риска от превышения норматива конкретного вещества, содержащегося в питьевой воде;

 n – количество населения, пользующегося питьевой водой их данной конкретной системы водоснабжения.

Значения однонаправленного риска суммируются. Затем полученные данные риска по различным системам водоснабжения данного региона или ведомства ранжируются и определяются объекты с высоким популяционным риском.

Целью этого этапа является определение приоритетных объектов водопроводного хозяйства, на которых, в первую очередь, необходимо проводить внедрение применяемых технологий, так как это обеспечит выполнение основных требований национального проекта – максимальный и быстрый рост количества населения, обеспеченного качественной питьевой водой.

На этом этапе возможно также определение приоритетного показателя качества воды или группы показателей, требующих своей нормализации за счет перспективой технологии.

1. На следующем этапе на выбранных по уровню популяционного риска объектах водопроводного хозяйства на основе базы производственного лабораторного контроля проводится оценка эффективности очистки конкретных этапов технологической системы с целью обеспечения внедрения конкретной инновационной технологии.

Эффективность оценивается по формуле:

Эф=(1-(С1-С2)/С1) \* 100%$Эф=\frac{С2-С1}{С1}. 100$, (2)

где:

Эф – определенная эффективность очистки (%),

С1 – концентрация вещества, на которое нацелена технология

до обработки воды (мг/л),

С2 – концентрация вещества, на которое нацелена технология

после обработки воды (мг/л).

Оценка учитывает соответствие имеющейся эффективности технологии проектным величинам. Одновременно проводится расчет требуемой эффективности путем подставления в значение С2 концентрации, обеспечивающей приемлемое значение показателя риска здоровью в формулу (2).

Полученное значение показателя эффективности является по существу заданием на выбор инновационной технологии по справочнику.

Процедуры оценок поэтапных и конечных рисков детерминированы качеством информационной базы. В настоящее время большинство оценок делается на основании протоколов производственного контроля, протоколов испытаний материалов, реагентов, фильтрующих загрузок, применяемых в водопроводной практике, данных социально-гигиенического мониторинга.

Согласно действующему законодательству, требование к чувствительности (0,5 ПДК) аналитических методов не для всех веществ может обеспечить корректность данных. Учет только ошибки метода без учета ошибки выборки также снижает достоверность данных. Поэтому полезными представляются данные, где даны рассчитанные и предлагаемые к пересмотру гигиенические нормативы для питьевой воды, не только обеспечивающие «приемлемые» риски для здоровья, но также указывающие на возможность контроля утвержденными на настоящий момент методами.

При выявлении несоответствий в любом звене системы водообеспечения следует проводить корректирующие мероприятия, т.е. действия, которые необходимо предпринять для устранения выявленного несоответствия или обнаружения других ситуаций, когда результаты мониторинга указывают на потерю контроля качества воды.

Корректирующие действия включают анализ причин несоответствия и определяют необходимые меры для предотвращения повторения выявленных несоответствий.

Корректирующие действия, как правило, включают следующие этапы:

- выявление несоответствий (идентификация опасности);

- анализ причин несоответствия;

- анализ рисков и критических контрольных точек;

- оценку опасности (характеристика риска);

- оценку неопределенностей;

- устранение выявленных несоответствий и принятие мер, исключающих повторение данного несоответствия.

Соответствующие риску уровни действий (на примере табл. 24) следующие:

Низкий – Действия – профилактика.

Приемлемый – Действия – плановые мероприятия по замене.

Неприемлемый – Действия – аварийно-восстановительные работы.

(Например, в случае выявления неприемлемого риска для потребителей из-за ветхого либо аварийного состояния трубопровода централизованных систем водоснабжения необходимо проведение внепланового капитального, а в некоторых случаях и аварийного ремонта.)

Важным звеном в обеспечении контроля качества питьевой воды является также выполнение работ по верификации санитарной надежности гигиенических нормативов качества питьевой воды на постоянной основе.

Внедрение в практику риск-ориентированного надзора изложенных методических подходов позволит обеспечить соблюдение санитарно-эпидемиологических требований к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения.

Таблица 23. Принципы интенсификации отдельных процессов и технологической схемы очистки воды в современных условиях (перспективные технологии).

|  |  |
| --- | --- |
| **Технологический подход**  | **Решаемая задача**  |
| Расширение применения методов предочистки  | Снизить начальные концентрации загрязнений и гидравлическую нагрузку на основные очистные сооружения  |
| Изменением режима хлорирования неочищенной воды (первичное озонирование или УФ-облучение, применение дезинфектантов)  | Сократить дозы и время контакта хлора с неочищенной водой, снизить химическую нагрузку на питьевую воду  |
| Применение комплексной обработки воды различными окислителями  | При наличии в воде особо токсичных веществ использовать озон, перманганат калия, пероксид водорода, расширенное окисление  |
| Применение более эффективных коагулянтов и флокулянтов, в т.ч. с обеззараживающим действием  | Снизить нагрузку на скорые фильтры, снизить риск образования ТГМ для конкретного состава исходной воды;  |
| Применением смесителей мгновенного действия, лопастных и контактных камер хлопьеобразования, и камер с псевдоожиженным мелкозернистым слоем;  | Повышение эффективности осветления воды при снижении удельного объема очистных сооружений  |
| Использования тонкослойных модулей, различных схем по организации рециркуляционных потоков, по организации слоя взвешенного осадка, процессов динамического осветления;  | Повышение эффективности процессов отстаивания и осветления воды  |
| Использование инертных фильтрующих загрузок с плотностью больше и меньше плотности воды, с более развитой поверхностью зерен; применение двух- и трех-слойных загрузок большой грязеемкости, двухпоточного фильтрования;  | Повышение качества фильтрования воды, совершенствование режимов промывки загрузок и конструкций сборно-распределительных систем фильтровальных сооружений; |
| Дополнение реагентной технологии очистки озонированием, осуществляемым в одну или две ступени и сорбционной доочисткой воды с использованием гранулированных (ГАУ) или порошковых (ПАУ) активированных углей, вводимых в зону глубокого осветления воды;  | Применять технологические решения, гарантирующие качество воды после станции водоподготовки  |

# СПИСОК (ОБЗОР) ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

# ПРИЛОЖЕНИЯ

**Приложение 1**

Эффективность обработки воды различными методами по некоторым

приоритетным показателям

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NN | Показатель | Коагу-ляция | Хлори-рование | Озони-рование | Активи-рованныйуголь | Ионный обмен | Мемб-ранные техно-логии |
| 1 | Мышьяк | ++ |  |  |  | +++ | +++ |
| 2 | Нитраты |  |  |  |  | +++ | +++ |
| 3 | Нитриты |  | +++ |  |  |  | + |
| 4 | Кадмий | +++ |  |  |  | +++ | +++ |
| 5 | Ртуть | +++ |  |  | +++ |  | +++ |
| 6 | Бензол |  |  | +++ | +++ |  |  |
| 7 | Четырех-хлористый углерод |  |  |  | +++ |  |  |
| 8 | 1,2-дихлор-бензол |  |  | +++ | +++ |  |  |
| 9 | 1,2-дихлор-этан |  |  |  | +++ |  |  |
| 10 | Этил-бензол | + |  | +++ | +++ |  | + |
| 11 | N-нитрозо-диметил-амин |  |  |  | + |  |  |
| 12 | Пента-хлорфенол |  |  |  | +++ |  | ++ |
| 13 | Толуол |  |  | +++ | +++ |  |  |
| 14 | Ксилолы |  |  |  | +++ |  |  |
| 15 | Стирол |  |  | ++ | +++ |  | + |
| 16 | Циано-бактерии | +++ |  |  |  |  | +++ |
| 17 | Циано-токсины |  | +++ | +++ | +++ |  |  |

Примечание: + - удаление 20%; ++ - удаление 50%; +++ - удаление до 80%.

**Приложение 2**

Риск развития канцерогенных эффектов от ряда веществ, вероятно

присутствующих в питьевой воде

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|   №п.п. |    Вещество |  ПДК,мг/л |  Канцероген-ный потенциал(SFО) |  Референтнаядоза, мг/кг  |  Индивидуаль-ный канцерогенныйпожизненный риск(СR) |
| 1 | Акрилонитрил | 2 | 0.54 | 0.04 | 1.3·10-2 |
| 2 | Акриламид\* | 0.01 | 4.5 | 0.0002 | 5.3·10-4 |
| 3 | Акриламид\*\* | 0.0001 | 4.5 | 0.0002 | 5.3·10-6 |
| 4 | Винилхлорид  | 0.005 | 1.9 | 0.00005 | 1·10-4 |
| 5 | Мышьяк \* | 0.05 | 1.5 | 0.0003 | 8.7·10-4 |
| 6 | Мышьяк \*\* | 0.01 | 1.5 | 0.0003 | 1.76·10-4 |
| 7 | Свинец\*  | 0.03 | 0.047 | 0.0035 | 1.6·10-5 |
| 8 | Свинец\*\*  | 0.01 | 0.047 | 0.0035 | 5.5·10-6 |
| 9 | Дихлорметан | 0.02 | 0.0075 | 0.06 | 1.8·10-6 |
| 10 | Хлороформ\* | 0.2 | 0.0061 | 0.01 | 1.4·10-5 |
| 11 | Хлороформ\*\* | 0.06 | 0.0061 | 0.01 | 4.3·10-6 |
| 12 | Дибромхлорметан | 0.03 | 0.084 | 0.02 | 2.96·10-5 |
| 13 | Бромдихлорметан | 0.03 | 0.062 | 0.02 | 2.2·10-5 |
| 14 | Бензол\* | 0.01 | 0.055 | 0.003 | 6.5·10-6 |
| 15 | Бензол\*\* | 0.001 | 0.055 | 0.003 | 6.5·10-7 |
| 16 | 2,3,7,8 Тетрахлор-дибензо-п-диоксин\* | 1пг/л | 150000 | 1.10-9 | 1.8.10-9 |
| 17 | Кадмий  | 0.001 | 0.38 | 0.0005 | 4.5·10-6 |
| 18 | Броматы | 0.01 | 0.7 | 0.004 | 8.2·10-5 |

Примечание: \* - ПДК по СанПиН 2.1.4.1074-01; \*\* - ПДК по ГН 2.1.5.1315-03.

**Приложение 3**

Некоторые вещества, образующиеся в процессе водоподготовки

(транспортировки) питьевой воды )\*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Вещество  | Гигиенический норматив |
|  |  |  |
|  | Хлороформ (к 2В) | 0,06  |
|  | Бромдихлорметан  (к 2В) | 0,03 |
|  | Бромоформ (к 3) | 0,1 |
|  | Бутиловый спирт | 0,1 |
|  | Винилхлорид | 0,0003 |
|  | Диметилфталат  | 0,3  |
|  | Диоктилфталат  | 1,6  |
|  | Дихлоруксусная кислота | 0,05 |
|  | 1,2-дихлорэтан (к) | 0,003 |
|  | Ди(2-этилгексил)фталат (к 3) | 0,008  |
|  | Ди(2-этилгексил)адипинат (к 3) | 0,08  |
|  | Дибромхлорметан (к 2В) | 0,03 |
|  | Микроцистин | 0,001 |
|  | Хлорит  | 0,2 |
|  | Тетрахлорметан (к) | 0,002 |
|  | Тетрахлорэтан (к) | 0,01 |
|  | Пентахлорфенол (ПХФ)  (к 2В) (и) | 0,009  |
|  | Толуол  | 0,5 |
|  | Цианиды | 0,07 |
|  | Этилбензол (к 2В) | 0,002  |
|  | Эпихлоргидрин (к 2А)  | 0,0001  |

Примечание )\* - более полный перечень веществ будет представлен в ГН «Гигиенические нормативы качества и безопасности воды систем централизованного питьевого водоснабжения»; (к) – канцероген, (2В) - канцероген по МАИР; (В2) - (по ЕРА); (р) - обладает репродуктивной токсичностью; (и) - влияет на иммунную систему.

Приложение 4

|  |
| --- |
| *Информация по существующим водопроводным сооружениям очистки поверхностных вод* |
|  |  |  |  |
|  | **Оценочные данные по удельной себестоимости воды, на куб.м подготовленной воды** | **Удельные данные по расходу электроэнергии на станции водоподготовки, кВт ч/м3** | **Удельная стоимость используемых реагентов в процессе водоподготовки, руб./м3** |
| **Сверхмалые** | 29÷36 | 0,64÷7,8 | 25,7÷27 |
| **Малые** | 11,23÷36,6 | 1,22÷5,48 | 0,64÷4,1 |
| **Небольшие** | 8,1÷22,4 | 0,15÷0,834 | 0,15÷6,3 |
| **Средние** | 7,4÷39,77 | 0,095÷2,11 | 0,012÷3,5 |
| **Большие** | 7,85÷19,09 | 0,315÷2 | 0,65÷4,17 |
| **Крупные** | 4,06÷12,83 | 0,17÷1,9 | 0,88÷4,04 |

|  |
| --- |
| *Информация по существующим водопроводным сооружениям очистки подземные вод* |
|  |  |  |  |
|  | **Оценочные данные по удельной себестоимости воды, на куб.м подготовленной воды** | **Удельные данные по расходу электроэнергии на станции водоподготовки, кВт ч/м3** | **Удельная стоимость используемых реагентов в процессе водоподготовки, руб./м3** |
| **Сверхмалые** | 6,19÷30 | 0,03÷8 | безреагентное/0,04 |
| **Малые** | 0,4÷40,73 | 0,1÷4,1 | безреагентное/0,5÷7 |
| **Небольшие** | 0,51÷18,64 | 0,044÷6,26 | безреагентное/0,04÷7,71 |
| **Средние** | 0,72÷38,5 | 0,01÷6,26 | 0,05÷2,13 |
| **Большие** | 0,09÷30 | 0,006÷2 | безреагентное/0,62÷4,17 |
| **Крупные** | 5,25 | 0,34 | 0,2 |

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ТЕРМИНЫ.

1. централизованная система питьевого водоснабжения (centralization system of drinking water supply): Комплекс устройств, сооружений и трубопроводов, предназначенных для забора, подготовки (или без нее), хранения, подачи к местам потребления питьевой воды и открытый для общего пользования. [ГОСТ 30813-2002, статья 30]

2. биологическое потребление кислорода; БПК: Количество растворенного кислорода, потребляемого за установленное время и в определенных условиях при биохимическом окислении содержащихся в воде органических веществ. [ГОСТ 27065-86, статья 30]

3. водозабор (withdrawal of water): Забор воды из водоема, водотока или подземного водоисточника. [ГОСТ 19185-73, статья 8]

4. водоочистные устройства (water treatment devices): Технические изделия, предназначенные для очистки, доочистки, обеззараживания воды с целью улучшить ее качество для питьевых и бытовых нужд человека. [ГОСТ 30813-2002, статья 28]

5. водоподготовка: Технологические процессы обработки воды для приведения ее качества в соответствие с требованиями водопотребителей. [ГОСТ 25151-82, статья 19]

6. водоразбор: Разбор, распределение питьевой воды непосредственно из водопроводной сети. [ГОСТ 33937-2016]

7. водоснабжение: Водоподготовка, транспортировка и подача питьевой или технической воды абонентам с использованием централизованных или нецентрализованных систем холодного водоснабжения (холодное водоснабжение) или приготовление, транспортировка и подача горячей воды абонентам с использованием централизованных или нецентрализованных систем горячего водоснабжения (горячее водоснабжение). [ГОСТ 33937-2016]

8. Оборотное водоснабжение: Относительно быстрое повторное поступление использованной воды в технологические циклы или бытовые водопроводные сети после ее очистки. [ГОСТ 33937-2016]

9. гигиенические нормативы качества питьевой воды: Совокупность научно обоснованных и установленных санитарными правилами предельно допустимых значений показателей органолептических свойств, содержания химических веществ и микроорганизмов в питьевой воде, гарантирующих безопасность и безвредность питьевой воды для жизни и здоровья человека независимо от продолжительности ее использования.[ГОСТ 30813-2002, статья 2]

10. гиперхлорирование воды (superchlorination): Хлорирование воды повышенными дозами хлора. [ГОСТ 30813-2002, статья 21]

11. деионизация воды (deionization): Уменьшение содержания ионов в воде.[ГОСТ 30813-2002, статья 19]

12. дехлорирование воды (dechlorinaton): Уменьшение содержания остаточного хлора в воде.[ГОСТ 30813-2002, статья 22]

13. дистилляция воды (distillation): Процесс выпаривания и конденсации, используемый для получения воды высокой степени чистоты.[ГОСТ 30813-2002, статья 18]

14. загрязняющее вещество: Вещество или смесь веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду. [ГОСТ 33937-2016]

15. ионообменный материал (ion-exchange material): Материал, способный к осуществлению обратимого обмена ионов между собой и контактирующей водой.[ГОСТ 30813-2002, статья 26]

16. источник питьевого водоснабжения: Водный объект (или его часть), который содержит воду, отвечающую установленным гигиеническим нормативам для источников питьевого водоснабжения, и используется или может быть использован для забора воды в системы питьевого водоснабжения.[ГОСТ 30813-2002, статья 9]

17. качество и безопасность воды: Совокупность показателей, характеризующих физические, химические, бактериологические, органолептические и другие свойства воды, в том числе ее температуру. [ГОСТ 33937-2016]

18. магистральный трубопроводный транспорт: Вид транспорта, который состоит из технологически, организационно и экономически независимых систем магистрального трубопроводного транспорта, магистральных трубопроводов и предназначенный для транспортировки продукции, подготовленной в соответствии с требованиями государственных стандартов и технических условий по специальным трубопроводам. [ГОСТ 33937-2016]

19. мембранное фильтрование воды (membrane filtration): Фильтрование воды через мембранный фильтр. [ГОСТ 30813-2002, статья 17]

20. озонирование воды (ozonization): Использование озона в процессе водоподготовки для обеззараживания воды и улучшения ее органолептических свойств. [ГОСТ 30813-2002, статья 24]

21. питьевая вода (drinking water): Вода, по качеству в естественном состоянии или после водоподготовки отвечающая гигиеническим нормативам и предназначенная для удовлетворения питьевых и бытовых потребностей человека либо для производства продукции, потребляемой человеком.

22. питьевое водоснабжение (drinking water supply): Деятельность, направленная на обеспечение потребителей питьевой водой, включающей в себя выбор, охрану источников и сооружений водоснабжения, проектирование, строительство, эксплуатацию систем водоснабжения, забор, подготовку, хранение, подачу к местам потребления и реализацию питьевой воды. [ГОСТ 30813-2002, статья 1]

23. подземная вода: Вода, в том числе минеральная, находящаяся в подземных водных объектах. [ГОСТ 30813-2002, статья 5]

24. предельно допустимая концентрация вещества в воде; ПДК: Концентрация веществ в воде, выше которой вода непригодна для одного или нескольких видов водопользования. [ГОСТ 27065-86, статья 17]

25. фильтрование воды (filtration): Отделение примесей, частей или микроорганизмов от воды через слой пористого материала или сетку. [ГОСТ 30813-2002, статья 16]

26. флокулянт (flocculation aid): Вещество, вызывающее интенсивное образование рыхлых хлопьевидных агрегатов в результате агломерации находящихся в воде мелких взвешенных частиц. [ГОСТ 30813-2002, статья 25]

27. хлорирование воды (chlorination): Обеззараживание воды путем добавления в воду хлора или его соединений, образующих хлорноватистую кислоту или гипохлорит-ионы. [ГОСТ 30813-2002, статья 20]