

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

Оглавление

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 3 |
| ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ..... | 3 |
| ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ..... | 4 |
| Классификация источников водоснабжения..... | 5 |
| Классификация показателей наличия загрязнений природных вод во взаимосвязи с методами их удаления.... | 8 |
| Карта выбора технических и технологических решений для справочника перспективных технологий водоподготовки. 18 | |
| Классификация систем водоснабжения..... | 20 |
| ОПИСАНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ:..... | 23 |
| Структура и группировка объектов централизованных систем водоснабжения. Влияние состояния объекта технологического передела на качество воды у конечного потребителя..... | 23 |
| Алгоритм выбора доступных технологий водоподготовки..... | 25 |
| Классификация методов водоподготовки, исходя из целевого назначения..... | 28 |
| Обеззараживание воды..... | 42 |
| Использование методологии оценки риска здоровью в практике выбора технологии водоподготовки..... | 49 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ..... | 59 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ..... | 61 |
| Приложение 1 Алгоритм выбора технологических решений с использованием «Справочника перспективных технологий водоподготовки и очистки воды с использованием технологий, разработанных организациями оборонно-промышленного комплекса и учетом оценки риска здоровью населения»..... | 61 |
| Приложение 2 Эффективность обработки воды различными методами по некоторым приоритетным показателям..... | 63 |
| Приложение 3 Риск развития канцерогенных эффектов от ряда веществ, вероятно присутствующих в питьевой воде..... | 67 |
| Приложение 4 Некоторые вещества, образующиеся в процессе водоподготовки (транспортировки) питьевой воды) * | 68 |
| Приложение 5 Информация по существующим водопроводным сооружениям очистки поверхностных вод. 69 | |
| ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ТЕРМИНЫ..... | 70 |

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 (на основании утвержденных схем водоснабжения и водоотведения)
- Выбор эффективных технологий водоподготовки, с учетом качества воды водоисточника и региональных особенностей, климатических и гидрогеологических условий
- Обеспечение гарантированного качества подаваемой абонентам 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 утверждении инвестпрограмм;
 - при разработке планов мероприятий по приведению качества питьевой воды в соответствие с установленными требованиями
 - 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, подведомственных 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 [2]. Характеристика и класс [3] водного источника определяет исходное основание для выбора технологических решений.

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

| № п/п | Показатели источника по ГОСТ 2761-84 Источники питьевого водоснабжения | Классы | | |
|--|--|------------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Подземные воды | | | | |
| 1 | Мутность, мг/ дм ³ (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/ дм ³ | 0,3 | 10 | 20 |
| 5 | Mn ²⁺ , мг/ дм ³ | 0,1 | 1 | 2 |
| 6 | H ₂ S, мг/ дм ³ | Отсутствие | 3 | 10 |
| 7 | F ⁻ , мг/ дм ³ | 1,5-0,7 | 1,5-0,7 | 5 |
| 8 | Перманганатная окисляемость, мгО/ дм ³ | 2 | 5 | 15 |
| 9 | Число бактерий группы кишечных палочек в литре (БГКП) | 3 | 100 | 1000 |
| Поверхностные воды | | | | |
| 1 | Мутность, мг/ дм ³ (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/ дм ³ | 1 | 3 | 5 |
| 6 | Mn ²⁺ , мг/ дм ³ | 0,1 | 1 | 2 |
| 7 | Фитопланктон, мг/ дм ³ | 1 | 5 | 50 |
| 8 | Фитопланктон, кл/см | 1 000 | 10 000 | 100 000 |
| 9 | Перманганатная окисляемость, мг О/дм ³ | 7 | 15 | 20 |
| 10 | БПК, мг О ₂ / дм ³ | 3 | 5 | 7 |
| 11 | Число лактоположительных кишечных палочек в литре (ЛПКП) | 1 000 | 10 000 | 50 000 |
| <p>Методы водоподготовки: Поверхностные водные источники</p> <p>1 класс - фильтрация с реагентной обработкой или без нее, обеззараживание;</p> <p>2 класс - коагулирование, отстаивание, фильтрация, обеззараживание; при наличии фитопланктона - микрофильтрация;</p> <p>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.</p> <p>Подземные источники водоснабжения</p> <p>1 класс - не требуется обработка;</p> <p>2 класс - аэрирование, фильтрация, обеззараживание</p> <p>3 класс - предусмотренные во 2-м классе, с применением дополнительных - фильтрация с предварительным отстаиванием, использование реагентов и т.д.</p> | | | | |

Для выбора технологических схем следует принимать среднегодовые 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 данных 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 принимаются средние значения каждого показателя ($R_{\text{сп макс сут 5}}$), согласно таблицы 1, которые используются для расчетов и выбора технологических схем.

Период максимальной загрязненности (t_1) определяется, исходя из результатов максимальных значений анализа характерных загрязнений качества воды водоисточника за последние 5 лет. К периоду максимальной загрязненности (t_1) относятся соотношения значений $R_{\text{сп макс сут 5}} : R_{\text{сп ср сут 5}} \geq 2$ загрязненности водоисточника, длящийся не менее двадцати (20) дней в году. При неудовлетворении требования загрязненности водоисточника t_1 , водоисточник следует относить к периоду t_2 . (см. табл.3 и 4):

t_1 - принимается в случае максимальных загрязнений при условии разницы средних максимальных значений ($R_{\text{сп макс сут 5}}$) не менее, чем в 2 раза от среднегодовых значений ($R_{\text{сп ср сут 5}}$) показателей загрязняющих веществ, не менее 20 дней в году.

t_2 - постоянное присутствие в течение года при неудовлетворение требований t_1 .

$$R_{\text{сп макс сут 5}} = (R_{\text{макссут год 1}} + R_{\text{макссут год I}} + \dots + R_{\text{макссут год 5}}) : 5$$

$$R_{\text{сп ср сут 5}} = (R_{\text{спсут год 1}} + R_{\text{спсут год I}} + \dots + R_{\text{спсут год 5}}) : 5$$

$$t_1 \geq R_{\text{сп макс сут 5}} : R_{\text{сп ср сут 5}} \geq 2 \text{ не менее 20 дней в году}$$

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

- оценивать и подтверждать в соответствии с действующим законодательством 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 водоохраных зон и прибрежных водоохраных 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 использования 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 использования 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 [12,16,17]. 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 ионитах 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, обуславливающие мутность воды, микроорганизмы и планктон |
| II | Коллоидно-растворенные вещества | 10^{-1} 10^{-2} | Коллоиды и высокомолекулярные соединения, обуславливающие окисляемость и цветность воды; вирусы |
| III | Молекулярно-растворенные вещества | 10^{-2} 10^{-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 [14]. 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 неорганической (минеральные соли, кислоты, щелочи, глинистые частицы) 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 встречающиеся в поверхностных и подземных источниках примеси влияющие на выбор перспективных для эффективной работы технологий водоподготовки следующие [11-13]:

Взвешенные твердые примеси

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

Железо.

В подземных водах присутствует, в основном, растворенное двухвалентное железо в виде ионов Fe^{2+} . 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 Fe^{2+} . 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 обуславливается наличием в воде ионов кальция (Ca^{2+}), магния (Mg^{2+}), стронция (Sr^{2+}), бария (Ba^{2+}), железа (Fe^{3+}), марганца (Mn^{2+}). 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 O_2 /л, определяя окисляемость и цветность питьевой воды.

Окисляемость.

Окисляемость - это показатель, характеризующий содержание в воде органических и минеральных веществ. Окисляемость выражается в мг O_2 , необходимого на окисление этих веществ, содержащихся в 1 $дм^3$ исследованной воды.

Различают несколько видов окисляемости воды: перманганатную (1 мг $KMnO_4$ соответствует 0,25 мг O_2), бихроматную, иодатную. Наиболее высокая степень окисления достигается бихроматным и иодатным методами. В практике водоочистки для природных малозагрязнённых вод определяют перманганатную окисляемость, а в более загрязнённых 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 O_2 /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 O_2 /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 (Fe^{3+}). 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 рН – 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 из 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, Fe^{3+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Mo^{2+} 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 Fe^{2+} , Mn^{2+} , Mo^{2+} и др.

Зная значения pH и Eh, можно по диаграмме Пурбэ установить условия существования соединений и элементов Fe^{2+} , Fe^{3+} , $Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$, $FeCO_3$, 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°C 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 pH 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°C и 60°C и измеряют в баллах.

Микробиологическое загрязнения

Для 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 [11,12,13,16,17]

| Класс вод | Наименование классов вод | Ориентировочные концентрации определяющих ингредиентов | Период |
|----------------|--|---|----------------|
| A ₁ | Цветные маломутные воды | Ц=20-200 °ПКШ, М < 20 мг/ дм ³ , Т = 0-25 °С, рН = 6,8-9,0, ПО 6-10 мгО ₂ /л | t ₂ |
| A ₂ | Высокоцветные маломутные воды | Ц > 200-650 °ПКШ, М = 5-50 мг/л, Т = 0-30 °С, рН = 6-8, ПО 8-25 мгО ₂ / дм ³ | t ₁ |
| A ₃ | Цветные маломутные воды с повышенной окисляемостью | Ц > 200-650 °ПКШ, М = 5-50 мг/ дм ³ , Т = 0-30 °С, рН = 6-8, ПО 8-25 мгО ₂ / дм ³ | t ₂ |
| B ₁ | Воды со средними значениями цветности и мутности | Ц = 25-150 °ПКШ, М = 20-150 мг/л, Т = 0-30 °С, рН = 6-9, ПО 6-10 мгО ₂ / дм ³ | t ₂ |
| B ₂ | Маломутные воды со средними значениями цветности | B ₁ кроме М. М = 5-50 мг/ дм ³ | t ₂ |
| B ₃ | Воды со средними значениями цветности и мутности, содержащие в большом количестве фитопланктон и зоопланктон | B ₁ , дополнительно Ф = 10 ³ -10 ⁶ кл/мл | t ₂ |
| B ₄ | Воды со средними значениями цветности и мутности и повышенной окисляемости | B ₁ кроме ПО ПО = 10-25 мгО ₂ / дм ³ | t ₂ |
| C ₁ | Мутные, малоцветные воды | ц < 20 °ПКШ, М = 250-1000 мг/л, т = 0-25 °с, рН = 7-9, ПО 5-8 мгО ₂ / дм ³ | t ₂ |
| C ₂ | Высокомутные воды с преобладанием минеральных загрязнений | М= 1000-5000 мг/л, т = 0-35 °с, рН = 7-9, ПО 3-8 мгО ₂ / дм ³ | t ₁ |
| C ₃ | Высокомутные воды с повышенной окисляемостью | c ₂ , кроме ПО. ПО = 8-18 мгО ₂ / дм ³ | t ₁ |
| D ₁ | Воды, содержащие в большом количестве фитопланктон и зоопланктон | ц < 200 °ПКШ, М < 5-50 мг/л, ф= 103-106 кл/мл, т = 0-30 °с, рН = 6,5-9, ПО ~ 5-8 мгО ₂ / дм ³ | t ₁ |
| D ₂ | Воды, содержащие в большом количестве фитопланктон и зоопланктон с повышенным содержанием органического вещества | D ₁ кроме ПО. ПО = 8-25 мгО ₂ / дм ³ | t ₁ |
| E | Жесткие, минерализованные воды | С > 1000 мг/л, ЖО > 7 мг-эquiv/л, М < 1000 мг/ дм ³ , Ц < 20-150 °ПКШ | t ₂ |

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, нитриты | 45-90 3-6 | 45,0 (не уст.) 3,0 (не уст.) | t1 |
| 5 | Пестициды: линдан гептахлор ДДТ | 0,002-0,02 | 0,002(0,003) | t1 |
| | | 0,05-0,30 | 0,05 (0,1) | |
| | | 0,002-0,02 | 0,002 | |
| 6 | Соли тяжелых металлов: ртуть свинец хром медь цинк железо кадмий | 0,0005-0,001 | 0,0005(0,001) | t1,t2 |
| | | 0,03-0,1 | 0,03 (0,03) | |
| | | 0,05-0,25 | 0,05 (0,05) | |
| | | 1,0-5,0 | 1,0(1,0) | |
| | | 5,0-20,0 | 5,0 (5,0) | |
| | | 0,3-1,5 | 0,3(0,3) | |
| | | 0,001-0,005 | (0,001) | |
| 7 | Хлорорганические соединения: четырёххлористый углерод хлороформ | 0,006-0,01 | 0,006 (0,003) | t1,t2 |
| | | 0,2-0,5 | 0,2 (0,1) (0,06*) | |
| 8 | Радиационные загрязнители, Бк/л, общая α -радиация общая β -радиация | 0,1-0,4 | 0,1 | t2 |
| | | 1,0-3,0 | 1,0 | |

*По [6]

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 [5,18].

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 воды 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 [6] – 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, возможности 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.

Таблица5. Требования к качеству питьевой воды. СанПиН 2.1.4.1074-01*[4]

| 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/ дм ³ | 1000 (1500) |
| Жесткость общая | мг-экв/ дм ³ | 7,0 (10) |
| Окисляемость перманганатная | мг О ₂ / дм ³ | 5 |
| Нефтепродукты, суммарно | мг/ дм ³ | 0,1 |
| Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные | мг/ дм ³ | 0,5 |
| Фенольный индекс | мг/ дм ³ | 0,25 |
| Щелочность | мг НСО ₃ -/л | 0,25 |
| Неорганические вещества | | |
| Алюминий (Al ³⁺) | мг/ дм ³ | 0,5 |
| Азот аммонийный | мг/ дм ³ | 2 |
| Асбест | милл.во- локон/ дм ³ | - |
| Барий (Ba ²⁺) | мг/ дм ³ | 0,1 |
| Бериллий (Be ²⁺) | мг/ дм ³ | 0,0002 |
| Бор (В, суммарно) | мг/ дм ³ | 0,5 |
| Ванадий (V) | мг/ дм ³ | 0,1 |
| Висмут (Bi) | мг/ дм ³ | 0,1 |
| Железо (суммарно) | мг/ дм ³ | 0,3 (1,0) |
| Кадмий (Cd, суммарно) | мг/ дм ³ | 0,001 |
| Калий (K ⁺) | мг/ дм ³ | - |
| Кальций (Ca ²⁺) | мг/ дм ³ | - |
| Кобальт (Co) | мг/ дм ³ | 0,1 |
| Кремний (Si) | мг/ дм ³ | 10 |
| Магний (Mg ²⁺) | мг/ дм ³ | - |

| | | |
|--|---------------------|-----------|
| Марганец (Mn, суммарно) | мг/ дм ³ | 0,1 (0,5) |
| Медь (Cu, суммарно) | мг/ дм ³ | 1 |
| Молибден (Mo, суммарно) | мг/ дм ³ | 0,25 |
| Мышьяк (As, суммарно) | мг/ дм ³ | 0,05 |
| Никель (Ni, суммарно) | мг/ дм ³ | 0,01 |
| Нитраты (NO ₃ ⁻) | мг/ дм ³ | 45 |
| Нитриты (NO ₂ ⁻) | мг/ дм ³ | 3 |
| Ртуть (Hg, суммарно) | мг/ дм ³ | 0,0005 |
| Свинец (Pb, суммарно) | мг/ дм ³ | 0,03 |
| Селен (Se, суммарно) | мг/ дм ³ | 0,01 |
| Серебро (Ag ⁺) | мг/ дм ³ | 0,05 |
| Сероводород (H ₂ S) | мг/ дм ³ | 0,03 |
| Стронций (Sr ²⁺) | мг/ дм ³ | 7 |
| Сульфаты (SO ₄ ²⁻) | мг/ дм ³ | 500 |
| Фториды (F) для климатических районов I и II | мг/ дм ³ | 1,5 -1,2 |
| Хлориды (Cl ⁻) | мг/ дм ³ | 350 |
| Хром (Cr ³⁺) | мг/ дм ³ | 0,5 |
| Хром (Cr ⁶⁺) | мг/ дм ³ | 0,05 |
| Цианиды (CN ⁻) | мг/ дм ³ | 0,035 |
| Цинк (Zn ²⁺) | мг/ дм ³ | 5 |

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

*Некоторые значения гигиенических нормативов дополнительно приведены в [6]. Нормативы по [6] могут устанавливаться Главным государственным санитарным врачом с учетом возможности существующей технологии на действующих сооружениях

Таблица 6. Требования по микробиологическим и паразитологическим показателям воды (согласно [4], исходя из трехкратного определения норматива)

| Показатели | Единицы измерения | Нормативы |
|--------------------------------------|--|-------------|
| Термотолерантныкоолиформные 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 сульфоредацующихкlostридий | Число спор в 20 мл | Отсутствие |
| Цисты лямблий | Число цист в 50 мл | Отсутствие |

Таблица 7. Требования к органолептическим свойствам воды (СанПиН 2.1.4.1074-01)

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

Таблица 8. Требования по радиационной безопасности питьевой воды [4]

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

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 пределам**:

- по виду источника водоснабжения: с водоснабжением из поверхностных, подземных источников, а также со смешанными источниками водоснабжения.
- по способу подачи воды: водопроводы бывают напорные смеханической 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.м ³ /сут. | - более 200 тыс. чел. |
| Большие: | 10 - 40 тыс.м ³ /сут. | - 50 - 200 тыс. чел. |
| Средние: | 4 – 10тыс.м ³ /сут. | - 20 - 50 тыс. чел. |
| Небольшие: | 1- 4 тыс.м ³ /сут. | - 5 - 20 тыс. чел. |
| Малые: | 100 - 1000м ³ /сут. | - 500 - 5 000 чел. |
| Сверхмалые: | 20 - 100 м ³ /сут. | - 100 - 500 чел. |
| Индивидуальные: | менее 20 м ³ /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 [1] 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.

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:

- a. безопасной в эпидемиологическом и радиационном отношении
- b. безвредной по химическому составу
- c. благоприятной в отношении органолептических свойств

Качественной, согласно [19] признается питьевая вода, подаваемая абонентам с использованием централизованной системы водоснабжения, если при установленной частоте контроля в течение года:

- ни в одной пробе не зарегистрировано превышений гигиенических нормативов по микробиологическим (за исключением ОМЧ, ОКБ), паразитологическим, вирусологическим показателям, уровней вмешательства по радиологическим показателям;

- уровни ОМЧ, ОКБ не превышают гигиенические нормативы более чем в 95% проб;

- уровни показателей органолептических, обобщенных показателей, неорганических и органических веществ не превышают гигиенические нормативы более чем на величину ошибки метода определения.

На период реализации мероприятий инвестиционных программ, в том числе федерального проекта "Чистая вода", по постановлению (решению) Главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки при наличии инвестиционной программы, могут быть приняты следующие отклонения, с соответствующим обоснованием, качества питьевой воды:

- органолептические свойства: запах и привкус ≤ 2 баллов; мутность по каолину ≤ 2 мг/дм³, цветность ≤ 35 градусов;

- безвредность химического состава: содержание химических веществ, нормированных по органолептическому признаку вредности (железо - $> 0,3 - < 1$ мг/дм³; марганец - $> 0,1 - < 0,5$ мг/ дм³); обобщенным показателям (общая минерализация - $> 1000 - < 1500$ мг/ дм³; общая жесткость - $> 7,0 - < 10,0$ мг-экв./ дм³).

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 водисточнику, 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. Эффективность обработки воды различными методами по некоторым приоритетным показателям представлена в приложении 2.

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.

Классификация методов водоподготовки, исходя из целевого назначения

Группы методов водоочистки по целевому назначению:

1. Улучшение органолептических свойств воды (осветление, обесцвечивание, дезодорация, озono-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, динамическое | ГДП с концентрацией взвеси более 2000-5000 мг/дм ³ | От |

| | | |
|---|--|-------|
| осветление | | |
| Фильтрация через сетчатые перегородки | ГДП с размером частиц более 20-40 мкм, $\Phi > 1000$ кл/ дм^3 | СтФ |
| Фильтрация через обсыпку фильтрующих оголовков | ГДП, плавающие вещества, щепы, листья, остатки растений водотоков и водоемов | ОбФ |
| Фильтрация через крупнозернистую среду в префильтрах | ГДП с размером частиц менее 1,0 мм | КПФ |
| Медленное фильтрование | ГДП, коллоидные взвеси и бактерии, $M < 50$ мг/ дм^3 | МФ |
| Ультрафильтрация | ГДП, коллоидные вещества и бактерии с $M < 100$ мг/л, ПО - до 80 мгО ₂ /л, болезнетворные бактерии и другие виды организмов, органические вещества, обуславливающие высокую цветность | ууФ |
| Обессоливание и умягчение обратным осмосом | $Ж < 35$ мг-экв/ дм^3 , $С < 30$ г/ дм^3 , ПО < 7 , $M < 0,5$ мг/ дм^3 | ОО |
| Биологическая предочистка в русле водотоков или во входных биореакторах с использованием прикрепленной микрофлоры | Органические и минеральные примеси, при ПО > 5 мгО ₂ / дм^3 , $T > + 5$ °С, $\Phi > 500$ кл/ дм^3 | БПБ |
| Аэрирование воды | Газообразные и летучие органические соединения, взвесь с плотностью < 1000 кг/м ³ , низкое содержание кислорода, наличие нефтепродуктов | А |
| Флотация без применения коагулянтов | Органические вещества при ПО $> 6-8$ мгО ₂ / дм^3 и содержании нефтепродуктов $> 1-2$ мг/ дм^3 ; интенсификация процессов коагулирования | ФЛБ |
| Обработка воды УФ-облучением | Воды малоцветные и маломутные, болезнетворные микроорганизмы и вирусы | УФ-об |

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) |
| Подщелачивание | Обеспечение запаса щелочности для повышения эффективности коагуляции при низких рН ($< 6,5$) | Щ |
| Хлопьеобразование скоагулированных частиц в свободном или стесненном объеме | Укрупнение и образование агломератов скоагулированных коллоидов и тонкодисперсной ($d < 0,1$ мкм) взвеси минерального и органического происхождения | ХЛО |
| Обработка хлором (гипохлоритом натрия, кальция) | Органические вещества, обуславливающие цветность воды, трудноокисляемая органика (ПО < 15 мгО ₂ / дм^3) и наличие отдельных ингредиентов (железа, марганца, сероводорода), болезнетворные бактерии и другие микроорганизмы | Хл |
| Обработка воды озоном | Маломутныевысокоцветныеводы; | ОЗ |

| | | |
|---|---|-------|
| | трудноокисляемые органические вещества, обуславливающие цветность, запах и привкус; обезжелезивание, деманганация удаление сероводорода, нефтепродуктов, фенолов, болезнетворные бактерии и другие виды микроорганизмов | |
| Обработка воды УФ-облучением | Воды малоцветные и маломутные, болезнетворные микроорганизмы и вирусы | УФ-об |
| Обессоливание на ионообменных фильтрах | $C < 2-3 \text{ г/дм}^3$; $ЖО < 10-15 \text{ мг-экв/дм}^3$; $M < 1,5-5 \text{ мг/дм}^3$; $Ц < 20 \text{ }^0\text{ПКШ}$ | ПО |
| Обессоливание реагентное | $C < 3-5 \text{ г/дм}^3$; $ЖО < 15 \text{ мг-экв/дм}^3$; $M < 150 \text{ мг/дм}^3$, $Ц < 150 \text{ }^0\text{ПКШ}$ | ОсР |
| Реагентное отстаивание, в т.ч. отстаивание с микропеском | Органические минеральные примеси ($M < 2500 \text{ мг/дм}^3$, $Ц < 250 \text{ }^0\text{ПКШ}$) | ОтР |
| Реагентное осветление в слое взвешенного осадка с рециркуляцией | те же, что и в предыдущем пункте | ОВОР |
| Реагентное скорое фильтрование, включая контактные, динамические осветлители (гравий, песок, инертная плавающая загрузка) | Коагулированная взвесь с размером частиц $< 100 \text{ мкм}$ после предочистки $M < 200 \text{ мг/дм}^3$, $Ц < 200 \text{ }^0\text{ПКШ}$ | СкФР |
| Реагентное умягчение | $ЖО < 30 \text{ мг-экв/дм}^3$; $M < 50 \text{ мг/дм}^3$ | УМР |
| Снижение солесодержания электролизом | $C < 10 \text{ мг-экв/ дм}^3$; $M < 1,5 \text{ мг/ дм}^3$; $Ц < 20 \text{ }^0\text{ПКШ}$; содержание железа до $0,3 \text{ мг/ дм}^3$ | ЭД |
| Сорбционная доочистка в стационарном слое адсорбента | Ароматические органические вещества, нефтепродукты $< 1 \text{ мг/ дм}^3$, азот аммонийный, фенолы, пестициды, ПАВ, диоксины, хлорорганические соединения; $M < 10 \text{ мг/ дм}^3$, $Ц < 20 \text{ }^0\text{ПКШ}$ | СрГУ |
| Сорбция с вводом мелкогранульных или порошковых сорбентов в очищаемую воду | Неприятные привкусы и запахи; азот аммонийный, нефтепродукты, ПАВ, пестициды | СрПУ |
| Стабилизационная реагентная обработка | При индексе Ланжелье $IL > \text{ и } < 0$; при показателе стабильности $Пс > 1$; при показателе коррозионной активности $Пк > 0,35$ (при $t = 8-25 \text{ }^\circ\text{C}$) | СтР |
| Стабилизационная фильтрационная обработка воды | те же (уточняются технико- экономическими расчетами) | СтФ |
| Флотация с применением реагентов | Органические вещества обуславливающие цветность, $ПО < 15 \text{ мг}O_2/\text{ дм}^3$; нефтепродукты и масла $2-15 \text{ мг/ дм}^3$ | ФЛР |
| Фторирование | Содержание фтора $< 1,5 \text{ мг/ дм}^3$ | Фт |

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 | Код |
|-----------|-----------------|----------------|--|-----|
| A1 | II | t ₂ | Хл → К(Ф) → ХлО → ОтР → СкФР → УФ-об → ХЛ; Хл → К(Ф) → ОтР → СкФР → ХЛ II → УФ-об; К → УУФ → Хл; | T1 |
| A3 | II | t ₂ | ОЗ1 → К(Ф) → ФлР → СкФР → ОЗ2 → СрГУ → УФ-об → ХЛ; К → УУФ → Хл | T2 |
| | II, III | t ₁ | БПБ → К(Ф) → СкФР → ОЗ → СрПУ → СкФР ₂ → УФ-об → ХЛ; К → УУФ → Хл | T3 |
| | II, III | t ₂ | БПБ → К(Ф) → СкФР → ЮЗ → СрГУ → УФ-об → ХЛ; ХЛ1 → К(Ф) → ОтР → СкФР → ХЛ II → УФ-об; К → УУФ → Хл | T4 |
| A2 | II, III | t ₂ | БПБ → ОЗ1 → К(Ф) → ХлО → РО → СкФР → ОЗ ₂ → ГУ → УФ-об → ХЛ; Щ* → ХЛ1 → К(Ф) → ОтР → СкФР → ХЛ II → УФ-об; К → УУФ → Хл | T1 |
| | II, III | t ₁ | ОЗ → К(Ф) → ХлО → ОтР → СкФР → ОЗ2 → СрПУ → СкФР ₂ → УФ-об → ХЛ; К → УУФ → Хл | T2 |
| B1 | I, II | t ₂ | ХЛ → К(Ф) → СкФР → СрПУ → СкФР ₂ → УФ-об → ХЛ; ХЛ1 → К(Ф) → ОтР → СкФР → ХЛ II → УФ-об; К → УУФ → Хл | T1 |
| B2 | I, II | t ₂ | БПБ → К(Ф) → СкФР → ОЗ → СрГУ → УФ-об → ХЛ; | T2 |
| B3 | I, II | t ₂ | ХЛ1 → К(Ф) → ОтР → СкФР → ХЛ II → УФ-об; К → УУФ → Хл | |
| C1 | I | t ₂ | ОбФ(ГЦ) → БПБ → К(Ф) → ОВОР → СкФР → УФ-об → ХЛ; | T1 |
| | I, II | t ₂ | ОбФ(ГЦ) → БПБ → К(Ф) → ХлО → ОтР → С → кФР → ОЗ → СрГУ → УФ-об → ХЛ; | T2 |
| | I, II, III | t ₁ | От → БПБ → К(Ф) → СкФР ₁ → СрПУ → СкФР ₂ → УФ-об → ХЛ; ХЛ1 → К(Ф) → ОтР → СкФР → ХЛ II → УФ-об | T3 |
| | | t ₂ | | |
| C2 | I, II | t ₂ | От → БПБ → К(Ф) → ОВОР → СкФР → УФ-об → ХЛ; | T1 |
| | | t ₂ | От → БПБ → К(Ф) → ХлО → ОР → СкФР → ОЗ → СрГУ → ХЛ; ХЛ1 → К(Ф) → ОтР → СкФР → ХЛ II → УФ-об | T2 |
| C3 | I, II | t ₂ | От → ОбФ → К(Ф) → КПФ → ОЗ → СрПУ → СкФР → УФ-об → ХЛ; ХЛ1 → К(Ф) → ОтР → СкФР → ХЛ II → УФ-об | T3 |
| D1 | I, II | t ₂ | СтФ(МФ) → БПБ → К(Ф) → СкФР ₁ → ОЗ → СрГУ → УФ-об → ХЛ; | T1 |
| | | t ₁ | СтФ(МФ) → БПБ → К(Ф) → СкФР → ОЗ → СрПУ → СкФР ₂ → УФ-об → ХЛ; Щ* → ХЛ1 → К(Ф) → ОтР → СкФР → ХЛ II → УФ-об | T2 |
| D2 | I, II, III | t ₁ | Фл → БПБ → К(Ф) → ХЛ → ОТ → СрПУ → СкФР → УФ-об → ХЛ; | T3 |
| E | IV | t ₂ | От → К(Ф,Щ) → ОВОР → СкФР → УФ-об → ХЛ; К → УУФ → ОО → Хл | T1 |
| | IV | t ₁ | От → БПБ → К(Ф) → ОВОР → СкФР ₁ → СрПУ → СкФР ₂ → УФ-об → ХЛ; К → УУФ → ОО → Хл | T2 |
| | IV | t ₂ | ОбФ → К(Ф) → ОВОР → СкФР → ОЗ → СрГУ → УФ-об → ХЛ; ОбФ → К(Ф) → ОтР → СкФР → ОЗ → СрГУ → УФ-об → ХЛ | T3 |
| | IV | t ₂ | ОбФ → К(Ф) → СкФР → ОО(ЭД) → СрГУ → УФ-об → ХЛ | T4 |

* Щ – подщелачивание; используется при pH < 6,5 для повышения запаса щелочности.

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 |
| A1 | T3 | T2 | T2 | T3 | T4 | T1[К(Ф)] | T2(СрПУ), УУФ | T1[К(Ф), СрПУ] |
| A2 | T2 | T1 | T1 | T1 | T2 | T1[К(Ф)] | T2(СрГУ), УУФ | T2[К(Ф)] |
| B | T1 | T2 | T2 | T2 | T2 | T1 | T2(СрПУ), УУФ | T1(СрГУ) |
| C1 | T2 | T2 | T2 | T2 | T2 | T1[К(0)] | T2(СрПУ), УУФ | T1[К(Ф), СрГУ] |
| C2 | T1 | T2 | T2 | T2 | T2 | T2 | T3, УУФ | T1(ПУ, СрГУ) |
| D | T2 | T2 | T2 | T3 | T2 | T1[К(Ф)] | T3(СрГУ), УУФ | T3[К(Ф), СрГУ] |
| E | T2 | T3 | T3 | T3 | T3 | T2 | T(СрПУ), УУФ | T1[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 [12], 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. Использование нижеперечисленных технологий подразумевает возможность применение как традиционных, так и высокоэффективных методов удаления загрязнений и/или интенсификации процессов. В частности, вопросы фильтрования могут решаться применением скорого, реагентного и пр. видов технологических процессов, в качестве фильтрующих материалов может использоваться традиционная номенклатура, инертная загрузка и т.п, осветление возможно с использованием соответствующих коагулянтов, флокулянтов, с применением различных типов организации технологического процесса, позволяющих повысить эффективность, снизить временные и/или ресурсные потребности,

капитальные и эксплуатационные затраты при условии достижения показателей качества процесса.

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 | $T > 6\text{ }^{\circ}\text{C}; \text{CO}_3^{2-}\text{ св.} < 200\text{ мг/дм}^3, \text{CO}_3^{2-}\text{ агр.} > 0, I_L < 0$ | Глубокая аэрация, стабилизация, обеззараживание | $I_L > 0,3$ $\mu\text{CaCO}_3 = 4\text{--}10\text{ мг/дм}^3$ |
| | 1.2 | $T < 3\text{ }^{\circ}\text{C}, \text{CO}_3^{2-}\text{ св.} < 200\text{ мг/дм}^3; \text{CO}_3^{2-}\text{ агр.} > 0, I_L < 0$ | Нагрев до $6\text{ }^{\circ}\text{C}$, аэрация-дегазация, реагентная стабилизация, обеззараживание | То же |
| 2 | 2.1 | $\text{Fe} < 3\text{ мг/дм}^3, \text{Mn} < 0,1\text{ мг/дм}^3, \text{CO}_3^{2-}\text{ св.} < 45\text{ мг/дм}^3, \text{pH} > 6,8, I_L < 0$ | а) Упрощенная аэрация, фильтрование, стабилизация, обеззараживание | $\text{Fe} < 0,3\text{ мг/дм}^3, \text{Mn} < 0,1\text{ мг/дм}^3$ |
| | 2.2 | $\text{Fe} < 5\text{ мг/дм}^3, \text{Mn} < 0,5\text{ мг/дм}^3, \text{CO}_3^{2-}\text{ св.} < 45\text{ мг/дм}^3, \text{pH} > 7,2$ | Глубокая аэрация, «сухое фильтрование», стабилизация, обеззараживание | $\text{Fe} < 0,3\text{ мг/дм}^3, \text{Mn} < 0,1\text{ мг/дм}^3$ |
| | 2.3 | $\text{Fe} < 10\text{ мг/дм}^3, \text{Mn} < 1\text{ мг/дм}^3, \text{CO}_3^{2-}\text{ св.} < 200\text{ мг/дм}^3; \text{pH} > 6,0$ | Биосорбция, фильтрование, стабилизация, обеззараживание | $\text{Fe} < 0,05\text{ мг/дм}^3, \text{Mn} < 0,05\text{ мг/дм}^3$ |
| 3 | 3.1 | $\text{Fe} < 15\text{ мг/дм}^3, \text{Mn} < 1,0\text{ мг/дм}^3, \text{CO}_3^{2-}\text{ св.} < 200\text{ мг/дм}^3; \text{pH} > 6,0$ | Биосорбция, фильтрование, стабилизация, обеззараживание | $\text{Fe} < 0,3\text{ мг/дм}^3, \text{Mn} < 0,1\text{ мг/дм}^3$ |
| | 3.2 | $\text{Fe} < 20\text{ мг/дм}^3, \text{Mn} < 2\text{ мг/дм}^3, \text{F} < 1,5\text{ мг/дм}^3, \text{CO}_3^{2-}\text{ св.} < 200\text{ мг/дм}^3; \text{pH} > 6,0$ | а) Биосорбция, ввод перманганата калия, фильтрование, стабилизация, обеззараживание | $\text{Fe} < 0,1\text{ мг/дм}^3, \text{Mn} < 0,05\text{ мг/дм}^3$ |
| | | | б) Глубокая аэрация, фильтрование, озонирование, сорбция на ГАУ, стабилизация, обеззараживание | $\text{Fe} < 0,1\text{ мг/дм}^3, \text{Mn} < 0,05\text{ мг/дм}^3$ |
| 3.3 | $\text{Fe} < 20\text{ мг/дм}^3, \text{Mn} < 1,0\text{ мг/дм}^3, \text{CO}_3^{2-}\text{ св.} < 200\text{ мг/дм}^3; \text{pH} > 6,0$ | Глубокая аэрация, фильтрование, озонирование, сорбция на ГАУ, обесфторивание на фильтре с активированным оксидом алюминия, стабилизация, обеззараживание | $\text{Fe} < 0,1\text{ мг/дм}^3, \text{Mn} < 0,05\text{ мг/дм}^3, \text{F} = (0,7\text{--}1,5)\text{ мг/дм}^3$ | |
| 4 | 4.1 | $\text{Fe} < 25\text{ мг/дм}^3, \text{Mn} < 3\text{ мг/дм}^3, \text{F} < 1,5\text{ мг/дм}^3, \text{CO}_2\text{ св.} < 200\text{ мг/дм}^3, \text{минерализация} < 1000\text{ мг/дм}^3, \text{pH} > 6,0, I_L < 0$ | Глубокая аэрация, коагуляция, флокуляция, фильтрование, озонирование, сорбция на ГАУ, стабилизация, обеззараживание | $\text{Fe} < 0,3\text{ мг/дм}^3, \text{Mn} < 0,1\text{ мг/дм}^3, I_L + 0,3$ |
| | 4.2 | $\text{Fe} < 30\text{ мг/дм}^3, \text{Mn} < 5\text{ мг/дм}^3, \text{F} < 7\text{ мг/дм}^3, \text{Минерализация} < 1000\text{ мг/дм}^3, \text{CO}_2\text{ св.} < 200\text{ мг/дм}^3; \text{pH} > 6,0$ | Глубокая аэрация, коагуляция, фильтрование, озонирование, сорбция на ГАУ, фильтрование на активированном оксиде алюминия, стабилизация, обеззараживание | $\text{Fe} < 0,3\text{ мг/дм}^3, \text{Mn} < 0,1\text{ мг/дм}^3, \text{F} = (0,7\text{--}1,5)\text{ мг/дм}^3, I_L > 0$ |
| | 4.3 | $\text{Fe} < 3\text{ мг/дм}^3, \text{Mn} < 5\text{ мг/дм}^3, \text{F} < 7\text{ мг/дм}^3, \text{минерализация} < 2000\text{ мг/дм}^3$ | Биосорбция, коагуляция, флокуляция, фильтрование, ввод перманганата калия, фильтрование, электролиз, сорбция | $\text{Fe} < 0,1\text{ мг/дм}^3, \text{Mn} < 0,05\text{ мг/дм}^3, \text{F} < 1,5\text{ мг/дм}^3$ |

| | | | | |
|---|-----|---|--|---|
| | | CO ₂ св. < 200 мг/ дм ³ ; рН > 6,0 | на ГАУ, стабилизация, обеззараживание | минерализация < 400 мг/ дм ³ |
| | 4.4 | Fe < 30 мг/дм ³ , Мп < 5 мг/дм ³ , F < 7 мг/дм ³ , CO ₂ св < 200 мг/дм ³ , минерализация < 1000 мг/ дм ³ , рН > 6,0 | Биосорбция, коагуляция, флокуляция, фильтрование, фильтрование через модифицированную KMnO ₄ загрузку, фильтрование через активированный оксид алюминия, стабилизация, обеззараживание | F < 0,7-1,5 мг/ дм ³ , Fe < 0,3 мг/ дм ³ , Мп < 0,1 мг/ дм ³ |
| 5 | 5.1 | Fe < 40 мг/дм ³ , Мп < 7 мг/ дм ³ , F < 7 мг/ дм ³ , минерализация < 5000 мг/ дм ³ , CO ₂ св. < 200 мг/ дм ³ , рН > 6,0, I _L < 0 | Глубокая аэрация, преозонирование, фильтрование, озонирование, фильтрование, электродиализ, сорбция на ГАУ, стабилизация, обеззараживание | Fe < 0,1 мг/дм ³ , Мп < 0,05 мг/ дм ³ , F < 1,5 мг/ дм ³ , минерализация до 500 мг/ дм ³ |
| | 5.2 | Fe < 40 мг/дм ³ , Мп < 7 мг/ дм ³ , F < 10 мг/дм ³ , минерализация < 5000 мг/дм ³ , CO ₂ св. < 200 мг/дм ³ , рН > 6,0 | а) Глубокая аэрация, коагуляция, фильтрование, озонирование, фильтрование, электродиализ, сорбция на ГАУ, стабилизация, обеззараживание б) Биосорбция, коагуляция, флокуляция, фильтрование, ввод перманганата калия, фильтрование, обратный осмос, (электродиализ) стабилизация, обеззараживание | Fe < 0,1 мг/ дм ³ , Мп < 0,05 мг/ дм ³ , Минерализация < 300 мг/ дм ³ , F = 0,7-1, 5 мг/ дм ³ Fe < 0,1 мг/ дм ³ , Мп < 0,05 мг/ дм ³ , цветность < 5 град, минерализация < 300 мг/ дм ³ , F = (0,7-1, 5) мг/дм ³ |

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 первой ступени | Ф1, | Реагентное осаждение | РО |
| Биосорбция | БС | Хлорирование | Х |
| Введение KMnO ₄ | KMnO ₄ | 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 | АОА / ГАУ | Барботирование воздуха | БВ |

| | | | |
|--|-----|---------------------|----------------|
| алюминия /гранулированным углем | | | |
| Электродиализ | ЭД | Насадочные колонны | НК |
| Фильтрация через модифицированную загрузку | ФМЗ | Вакуумная дегазация | ВД |
| Обратный осмос | ОО | Пенная дегазация | пд |
| Ультрафильтрация | УУФ | Нагревание | t ⁰ |
| 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 ⁰ → А - Д → С → Обз | T2 |
| 2 | 2.1 | УА → Ф → С → Обз | T3 |
| | 2.2 | ГА → Ф → С → Обз | T4 |
| | 2.3 | БС → Ф → С → Обз | T5 |
| 3 | 3.1 | БС → Ф → С → Обз | T6 |
| | 3.2 | а) БС → КМпО ₄ → Ф → С → Обз | T7 |
| | | б) ГА → Ф → О ₃ → ГАУ → С → Обз | T8 |
| 3.3 | ГА → Ф → О ₃ → ГАУ → АОА → С → Обз | T9 | |
| 4 | 4.1 | ГА → К → Фл → Ф → О ₃ → ГАУ → С → Обз | T10 |
| | 4.2 | ГА → К → Ф → О ₃ → ГАУ → АОА → С → Обз | T11 |
| | 4.3 | КМпО ₄ → БС → К → Фл → Ф → Ф → ЭД → ГАУ → С → Обз | T12 |
| | 4.4 | БС → К → Фл → Ф → ФМЗ → АОА → С → Обз | T13 |
| 5 | 5.1 | ГА → О ₃ → Ф → О ₃ → Ф → ЭД → ГАУ → С → Обз | T14 |
| | 5.2 | а) ГА → К → Ф → О ₃ → Ф → ЭД → ГАУ → С → Обз б) БС → К → Фл → Ф → КМпО ₄ → 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.

- Микрофльтрация.

Применяется для удаления из поверхностной воды водорослей, планктона на барабанных и дисковых микрофилтрах, оборудованных фильтрующими элементами из тонкой металлической или пластмассовой сетки с размером отверстий $20^{\wedge}60$ мкм (микрофилтры) и $0.3^{\wedge}0.5$ 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°C оно 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, тонкослойное и скорое, 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 грязеемкость 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 озонирование 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.**

Необходимость и режимы обеззараживания воды при подаче в водопроводную сеть устанавливается органами Роспотребнадзора. Применение жидкого хлора связано с высокими требованиями к безопасности его хранения и транспортировки. В этой связи предпочтение часто отдают альтернативной технологии обеззараживания, в т.ч. комбинированных схем (ультрафиолет - гипохлорит натрия, озонирование (различные комбинации) – гипохлорит натрия и т.п.).

В водопроводных сетях значительной протяженности и с целью снижения образования хлорорганических соединений интерес представляет применение технологии хлораммонизации.

■ **Корректировка активной реакции рН воды, подаваемой в сеть.**

Процедура корректировки водородного показателя рН воды, подаваемой в сеть, заключается в корректировке кальция - 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», | Вариант 1: Аэрация, фильтрация на кварцевом песке, обеззараживание. |

| | |
|---|---|
| мг/ дм ³ , менее 3,0 | <p>Вариант 2: Химическое окисление, фильтрация на кварцевом песке, обеззараживание.</p> <p>Вариант 3: Химическое окисление, фильтрация на мембране, частичное обеззараживание.</p> |
| «Железо общее», мг/ дм ³ 3,0 - 10,0 | <p>Вариант 1: Химическое окисление, фильтрация на кварцевом песке, обеззараживание.</p> <p>Вариант 2: Химическое окисление, отстаивание, фильтрация на кварцевом песке, обеззараживание.</p> <p>Вариант 3: Химическое окисление, фильтрация на мембране, частичное обеззараживание.</p> |
| «Цветность», градусы, менее 70 | <p>Вариант 1: Коагуляция, флокуляция, фильтрация на кварцевом песке, обеззараживание</p> <p>Вариант 2: Коагуляция, флокуляция, фильтрация на мембране, частичное обеззараживание.</p> |
| «Цветность», градусы, менее 70-120 | <p>Вариант 1: Коагуляция, флокуляция, отстаивание, фильтрация на кварцевом песке, обеззараживание</p> |
| «Цветность», градусы, более 120 | <p>Вариант 1 с учетом специальных технологических исследований и анализом работы существующих сооружений на высокоцветных водах: Коагуляция, флокуляция, отстаивание, фильтрация на кварцевом песке, обеззараживание</p> <p>Вариант 2: Подщелачивание, химическое окисление, коагуляция, флокуляция, скорое отстаивание (в т.ч. с микропеском), фильтрация на кварцевом песке, обеззараживание.</p> |

Таблица 17. Варианты апробированных решений для очистки подземных вод.

| Технологическая схема обработки воды | Условия применения по качественным показателям | |
|--|---|---|
| Озонирование- фильтрация через кварцевую загрузку -адсорбция на ГАУ -NaClO | <p>мутность</p> <p>цветность</p> <p>перманганатная окисляемость</p> <p>фенолы</p> <p>нефтепродукты</p> <p>железо</p> <p>марганец</p> <p>РН</p> <p>жесткость</p> <p>щелочность</p> | <p>1,7-5 (0,2-0,6) мг/ дм³</p> <p>10-30 (< 5) град.</p> <p>1,4- 14(0,6-1,8) мгO₂ / дм³</p> <p>1-8 (<1)мкг/ дм³</p> <p>до 4,9 (<0,1) мг/ дм³,</p> <p>0,2-12(0,1-0,2) мг/ дм³,</p> <p>до 1,4 (0,05-0,1) мг/ дм³</p> <p>6,3-7,8,</p> <p>2,8 ммоль/ дм³</p> <p>2-2,8 ммоль/ дм³</p> |
| Аэрация - дегазация - коагулирование - фильтрация озонирование - адсорбция на ГАУ - (NaClO). | <p>мутность</p> <p>цветность</p> <p>перманганатная окисляемость</p> <p>фенолы</p> <p>нефтепродукты</p> <p>железо</p> <p>марганец</p> <p>рН</p> <p>жесткость</p> <p>щелочность</p> | <p>0,4-1,5 (0,2) мг/ дм³</p> <p>3-20 (< 5) град.</p> <p>2,5 (1,8) мгO₂ / дм³</p> <p>1-3 (<1) мкг/ дм³</p> <p>до 4,9 (< 0,1) мг/ дм³,</p> <p>до 21 (0,05 мг/ дм³,</p> <p>до 4 (0,05) мг/ дм³</p> <p>6-8</p> <p>4-8 ммоль/ дм³</p> <p>1,5-2,5 ммоль/ дм³</p> |

| | | |
|--|--|--|
| <p>Аэрация - дегазация - обезжелезивание-адсорбция на ГАУ - ионный обмен на ионите - цеолите (напр. клиноптилолите в Na-форме) – обеззараживание (NaClO).</p> | <p>температура запах (сероводородный) перманганатная окисляемость фенолы цветность азот аммонийный метан углекислота нефтепродукты железо общее марганец рН ПАВ щелочность</p> | <p>1-5 °С 3-5 (отс.) балл до 8 (5) мгO₂ / дм³ 15 (<1) мкг/ дм³ 50-100 (8) град. 15 (отс.) мг/ дм³ до 40 (0,4) мг/ дм³ до 160 мг/ дм³ до 1 (< 0,1) мг/ дм³, до 12 (0,3) мг/ дм³, до 0,5 (0,1) мг/ дм³ 6-8 0,5 (0,3) мг/ дм³ 6,5 ммоль/ дм³</p> |
| <p>Аэрация - дегазация – озонирование – фильтрование (осветление, обезжелезивание, деманганація) - 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 H₂O₂ - адсорбция на ГАУ - УФ- обеззараживание</p> | <p>температура запах (сероводородный) перманганатная окисляемость фенолы цветность азот аммонийный метан углекислота нефтепродукты железо общее марганец рН ПАВ</p> | <p>3-5 °С 3-5 (отс.) балл до 25 (5) мгO₂/ дм³ 25 (<1) мкг/ дм³ 70 (5-10) град. 6,6 (до 0,3) мг/ дм³ до 50 (0,5) мг/ дм³ до 200 мг/ дм³ до 2 (< 0,05) мг/ дм³, до 20 (0,05) мг/ дм³, до 4 (0,05) мг/ дм³ 6 2 (0,3) мг/ дм³</p> |
| <p>Аэрация - дегазация - первичное реагентное фильтрование через загрузку из цеолита, обработанного KMnO₄ (обезжелезивание) - озонирование - отстаивание - адсорбция на цеолите - вторичное реагентное фильтрование через загрузку из цеолита, обработанного KMnO₄ (деманганація) - адсорбция на цеолите - обеззараживание хлором</p> | <p>температура бактериальное загрязнение перманганатная окисляемость цветность марганец метан нефтепродукты</p> | <p>1-3 °с до 10 ПДК (отс.) до 25 (5) мгO₂ / дм³ 50-110(10) град. до 2,5 (0,05) мг/ дм³ до 50 (0,5) мг/ дм³ до 4,9 (< 0,05) мг/ дм³,</p> |

Дополнительная информация представлена в соответствующей литературе, например – [11, 12, 13,14,16,17,21]

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 3).

Некоторые приоритетные вещества, образующиеся в процессе водоподготовки и транспортировки, в том числе при хлорировании воды, представлены в приложении 4.

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 основной дозы 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. Высокомолекулярные 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/дм³, 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 применяются 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 эпидемиологическую 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/дм³, 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 *Escherichiacoli*, *Salmonella*, *Shigella*.

В общем случае отсутствие последствия 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 (*E.coli*) 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 и оценки эффективности мероприятий по обеспечению населения качественной питьевой водой

Методология оценки риска здоровью как составная часть процедуры анализа риска, включающая кроме оценки также управление риском, является неотъемлемой частью анализа безопасности и общепризнанным эффективным инструментом обоснования принятия управленческих решений в сфере охраны жизни и здоровья населения и защиты прав потребителей (в данном случае потребителей услуг по предоставлению централизованного водоснабжения), решения правовых вопросов в сфере «качество питьевой воды – здоровье человека».

Использование методологии оценки риска дополняет метод гигиенического нормирования и оценки, и позволяет установить приоритетные факторы риска, связанные с качеством питьевой воды, учесть совокупность воздействующих факторов, спрогнозировать возможные последствия для здоровья в результате потребления не качественной питьевой воды.

Данные возможности методологии оценки риска могут быть эффективно использованы в целях выбора наилучшей технологии водоподготовки на водопроводных станциях централизованных систем питьевого водоснабжения в целях обеспечения населения качественной питьевой водой.

Расчеты параметров риска, выполненные на базе результатов лабораторных исследований (в рамках производственного контроля) организаций, осуществляющих сбор, очистку и транспортировку воды, и/или данных органов и организаций Роспотребнадзора, позволяют:

- определять приоритетные хозяйствующие субъекты (станции водоподготовки, водопроводные сети), деятельность которых формирует неприемлемые риски здоровью потребителей питьевой воды, а, следовательно, требующие разработки и реализации неотложных мероприятий по повышению качества питьевой воды и минимизации рисков здоровью населения, первоочередного включения в региональные программы по повышению качества водоснабжения населения;

- определить приоритетные компоненты – загрязнители питьевой воды, по которым в первую очередь следует разрабатывать и внедрять адекватную технологию водоподготовки с учетом территориальных особенностей;

- определять требуемую степень очистки (водоподготовки) воды, обеспечивающую соблюдение критериев качества питьевой воды и приемлемый риск для здоровья потребителей;

– разрабатывать управленческие решения по выбору инновационной технологии водоподготовки с обоснованием гигиенической и экономической целесообразности выбора.

Выделяют риск при остром воздействии, обусловленный ольфакторно-рефлекторным эффектом воздействия (органолептический принцип оценки), и риск при хроническом воздействии (канцерогенный и неканцерогенный), обусловленный воздействием химических веществ в течение длительного времени.

При решении задач выбора технологии водоподготовки и выполнении оценки риска здоровью населения следует руководствоваться основными критериями в соответствии с [10], а именно:

1. Для оценки неканцерогенного риска следует применять референтные дозы при хроническом пероральном поступлении (RfD). Результатом вычисления значений риска является величина коэффициент опасности (HQ).

Принимая во внимание, что ряд химических веществ действуют на организм человека однонаправлено, допускается суммация полученных значений риска HQ от воздействия отдельных веществ с получением индекса опасности (HI), характеризующим степень неблагоприятного воздействия суммы загрязнителей на определенные органы или системы организма.

2. Для оценки канцерогенного риска следует применять фактор канцерогенного потенциала при оральном поступлении (SFo). Результатом вычисления является величина индивидуального канцерогенного риска (CR), которая может быть рассчитана как от воздействия отдельных канцерогенно-опасных веществ, так и от суммы веществ, обладающих таковым действием. В этом случае производится суммация значений CR от воздействия отдельных загрязнителей. В таблицах 18 и 19 приведены классификации диапазонов риска.

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

| Индивидуальный пожизненный канцерогенный риск CR | Класс риска | Необходимые меры |
|---|--------------|---|
| $< 10^{-6}$ | Низкий | Не требуются |
| $>10^{-6}-10^{-5}$ | Приемлемый | Увеличение кратности определения веществ, формирующих наибольший вклад в величину риска |
| $>10^{-5}$ | Неприемлемый | Незамедлительные меры по снижению риска |

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

| Коэффициент опасности HQ | Класс риска | Необходимые меры |
|-----------------------------|--------------|---|
| $<0,1$ | Низкий | Не требуются |
| $>0,1-1,0$ | Приемлемый | Увеличение кратности определения веществ, формирующих наибольший вклад в величину риска |
| $>1,0$ | Неприемлемый | Незамедлительные меры по снижению риска |

Кроме указанного выше индивидуального канцерогенного риска здоровью возможен также расчет популяционного риска с учетом количества населения, находящегося под воздействием данного уровня риска.

Для различных источников водоснабжения значимость уровней риска, обусловленных воздействием различных загрязнителей, будет различна. При использовании для водоснабжения подземного источника в процедуру оценки риска в обязательном порядке включаются химические вещества – компоненты природного загрязнения подземных вод (кальций, магний, барий, бор и др.); при использовании поверхностного источника – вещества антропогенного происхождения – компоненты сбросов в результате

осуществления хозяйственной деятельности субъектов (промышленных и сельскохозяйственных предприятий).

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

1. На первом этапе анализируется существующая ситуация водоподготовки конкретной территории или ведомства с позиции прогнозируемого риска. Выполняется определение приоритетных веществ (показателей), для которых характерны наиболее выраженное неблагоприятное воздействие на здоровье человека, определяются расчетным методом дозовые нагрузки химических веществ с учетом объемов потребления питьевой воды населением, проводятся расчеты риска от употребления воды с учетом существующей ситуации водоподготовки по следующим критериям:

- канцерогенный риск;
- хронический неканцерогенный риск, включающий определение коэффициентов опасности HQ от воздействия отдельных загрязнителей и индексов опасности HI путем суммирования коэффициентов опасности отдельных веществ, обладающих однонаправленным действием на отдельные (т.н. критические) органы и системы человеческого организма (желудочно-кишечный тракт, печень, почки и др.), а также вызывающих схожие системные нарушения организма (мутагенное, тератогенное, эмбриотоксическое действие).

На основе расчетных значений индивидуального канцерогенного риска (как от воздействия отдельных канцерогенно-опасных загрязнителей, так и от их суммы) рассчитывается популяционный риск по формуле (1):

$$PCR = CR * n, \quad (1)$$

где:

PCR - популяционный риск здоровью населения;

CR - значение индивидуального канцерогенного риска;

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

Целью этого этапа является определение приоритетных объектов водопроводного хозяйства, на которых необходимо проводить внедрение инновационных технологий в первую очередь, так как это обеспечит выполнение основных требований федерального проекта «Чистая вода» - 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.

Расчеты, выполненные на первом этапе, позволяют:

- сделать вывод о приемлемости/неприемлемости значений риска от употребления питьевой воды, подаваемой населению с учетом существующего положения.

- установить приоритетные объекты для внедрения технологических и технических мероприятий по повышению эффективности очистки природной воды от загрязнений по конкретным химическим веществам, группе веществ.

2. На втором этапе, в случае выявления неприемлемых уровней риска от употребления воды с учетом существующей технологии водоподготовки, оценивается эффективность и достаточность предлагаемых технологических решений также с применением методологии оценки риска.

Основным критерием при выборе технологических решений для систем водоподготовки является отсутствие неприемлемых уровней риска как от воздействия отдельных показателей, так и от их суммы, а именно – значений суммарного канцерогенного риска или коэффициентов опасности неканцерогенного риска.

Процедура реализации методологии оценки риска при воздействии химических веществ официально закреплена соответствующим документом [10]. Оценка радиационного риска при потреблении питьевой воды осуществляется в соответствии [22,23].

Для снабжения населения качественной питьевой водой и обеспечения приемлемого риска для здоровья потребителей в рамках оценки риска осуществляется расчет параметров канцерогенного и неканцерогенного рисков здоровью в соответствии с действующими нормативно-методическими документами, в том числе, с учетом однонаправленности действия ряда химических веществ на определенные органы или системы организма человека.

Для выбора по критериям приемлемости рисков инновационной технологии водоподготовки проводится прогнозная оценка эффективности мероприятия. Как достаточные и результативные должны быть оценены технологии, в результате которых соблюдаются:

- гигиенические нормативы по санитарно-химическим, микробиологическим, паразитологическим, вирусологическим показателям, уровням вмешательства по радиологическим показателям;
- приемлемый уровень пожизненного канцерогенного и неканцерогенного риска для здоровья потребителей.

Результативность реализации проектов модернизации (внедрения инновационной технологии водоподготовки) (Res) оценивается по уровню достижения приемлемого / целевого индивидуального и/или популяционного риска здоровью по формуле (2):

$$Res = \frac{R_{\text{после}}}{R_{\text{цел}}}, \quad (2)$$

где

$R_{\text{после}}$ – риск (индивидуальный и/или популяционный) после реализации проектов модернизации (внедрения инновационной технологии водоподготовки);

$R_{\text{цел}}$ – приемлемый / целевой уровень риска.

Проект модернизации (технологии водоподготовки) считается результативным при $Res \leq 1$.

При наличии нескольких альтернативных технологий водоподготовки для одного объекта выполняется оценка эффективности каждой технологии (*Eff*) по формуле (3):

$$Eff = \frac{\Delta R}{Z(k) + Z(\text{экспл})} , \quad (3)$$

где

ΔR – разность величин индивидуального или популяционного риска до и после реализации проекта модернизации (внедрения инновационной технологии водоподготовки);

Z – капитальные (k) и ежегодные эксплуатационные (экспл) затраты на реализацию проекта модернизации системы водоснабжения.

Наиболее эффективной считается технология с наибольшим значением показателя эффективности (*Eff*).

Для задач выбора приоритетных объектов водоснабжения для их первоочередного включения в региональные / территориальные программы по повышению качества водоснабжения населения эффективность проекта модернизации рассчитывается по формуле (3), где

ΔR – разность величин популяционного риска до и после реализации проекта модернизации (внедрения инновационной технологии водоподготовки).

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

Таблица 20. 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, камер с псевдооживленным мелкозернистым слоем, процессов, способствующих интенсификации осветления воды; | Повышение эффективности осветления воды, интенсификация процессов при снижении удельного объема очистных сооружений |
| Использования тонкослойных модулей, различных схем по организации рециркуляционных потоков, по организации слоя взвешенного осадка, процессов динамического осветления, быстрого отстаивания; | Повышение эффективности и интенсификация 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 | Применять технологические решения, гарантирующие качество воды после станции водоподготовки |

| | |
|--|--|
| <p>(ПАУ) активированных углей, вводимых в зону глубокого осветления воды;</p> | |
| <p>Использование мембранных методов для нужд водоподготовки, расширение областей применения ультрафильтрации</p> | <p>Сократить дозы и время контакта хлора с неочищенной водой, снизить химическую нагрузку на питьевую воду. Повышение эффективности осветления воды при снижении удельного объема очистных сооружений. Повышение эффективности процессов осветления воды. Повышение качества фильтрования воды</p> |

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон от 7 декабря 2011 г. N 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» [Электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122867/ (дата обращения 29.06.2019)
2. Закон РФ от 21.02.1992 N 2395-1 (ред. от 03.08.2018) "О недрах" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2019)
3. ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора" (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 27.11.1984 N 4013) (ред. от 01.06.1988). [Электронный ресурс] URL: <http://base.garant.ru/3923124/> (дата обращения 29.06.2019)
4. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения [Электронный ресурс] URL: <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4294846/4294846957.htm> (дата обращения 29.06.2019)
5. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору от 28.05. 2010№299 [Электронный ресурс] URL: <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293817/4293817942.htm> (дата обращения 29.06.2019)
6. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 30.04.2003 N 78 (ред. от 13.07.2017) "О введении в действие ГН 2.1.5.1315-03" (вместе с "ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы", утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 27.04.2003) (Зарегистрировано в Минюсте России 19.05.2003 N 4550)
7. Методические указания МУ2.1.4.1060—01. «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Санитарно-эпидемиологический надзор за использованием синтетических полиэлектролитов в практике питьевого водоснабжения» [Электронный ресурс] URL: <http://legalacts.ru/doc/mu-2141060-01-214-pitevaja-voda-i-vodosnabzhenie/> (дата обращения 29.06.2019)
8. Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 N 641 «Об инвестиционных и производственных программах организаций, осуществляющих деятельность в сфере водоснабжения и водоотведения» [Электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_150369/ (дата обращения 29.06.2019)
9. Приказ Роспотребнадзора от 28.12.2012 №1204 «Об утверждении критериев существенного ухудшения качества питьевой воды и горячей воды, показателей качества питьевой воды, характеризующих ее безопасность, по которым осуществляется производственный контроль качества питьевой воды, горячей воды и требований к частоте отбора проб воды [Электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_145875/ (дата обращения 29.06.2019)
10. Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду».

- [Электронный ресурс] URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=340210#04638957234828842> (дата обращения 29.06.2019)
11. Ф.Р.Спеллман Справочник по очистке природных и сточных вод. Водоснабжение и канализация. Перевод с английского под ред. М.И.Алексеева.- СПб.: ЦОП «Профессия», 2014 — 1312 с. ISBN 978—5—9184—053—5
 12. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений (том 1,2,3): [том 1] - М.: АСВ, 2003. - 228 с.; [том 2] - М.: АСВ, 2004. - 496 с.; [том 3]. - М.: АСВ, 2004. - 256 с
 13. Технический справочник по обработке воды в 2 т: пер с фр. – СПб. :Новый журнал, 2007, ISBN 5-901336-05-4
 14. Плитман С.И., Тулакин А.В., Самбурский Г.А. и др. Химические вещества. Окружающая среда. Здоровье : справочное пособие под. Ред. Измерова Н.Ф., -М.: Издательство Технической литературы, 2016, 384 с.
 15. American Public Health Association [Электронный ресурс] URL: <http://www.apha.org> (Дата обращения 29.06.2019)
 16. Самбурский Г.А., Пестов С.М. Технологические и организационные аспекты процессов получения воды питьевого качества / Г. А. Самбурский, С. М. Пестов. — [б. м.] : Издательские решения, 2017. — 184 с. — ISBN 978-5-4483-5369-7
 17. Рябчиков Б. Е. Современная водоподготовка. — М.: ДеЛи плюс, 2013.- 680 с.
 18. Решение Комиссии Таможенного союза от 18.10.2011 N 823 (ред. от 16.05.2016) "О принятии технического регламента Таможенного союза "О безопасности машин и оборудования" (вместе с "ТР ТС 010/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности машин и оборудования")
 19. "МР 2.1.4.0143-19. 2.1.4. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Методика по оценке повышения качества питьевой воды, подаваемой системами централизованного питьевого водоснабжения. Методические рекомендации" (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 27.03.2019)
 20. Методика составления региональных программ улучшения водоснабжения (утверждена приказом Минстроя РФ №253-пр от 30.04.2019г.)
 21. "СП 31.13330.2012. Свод правил. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*. С изменением N 1" (утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 N 635/14) (ред. от 24.05.2018)
 22. СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009» [Электронный ресурс] URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293828/4293828132.htm> (Дата обращения 29.06.2019)
 23. МУ 2.6.1.1088-02 «Оценка индивидуальных эффективных доз облучения за счет природных источников ионизирующего излучения» [Электронный ресурс] URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4294815/4294815024.htm> (Дата обращения 29.06.2019)

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 Алгоритм выбора технологических решений с использованием «Справочника перспективных технологий водоподготовки и очистки воды с использованием технологий, разработанных организациями оборонно-промышленного комплекса и учетом оценки риска здоровью населения».

- ✓ Выбор, получение разрешения на использование источника водоснабжения и обеспечение мероприятий, направленных на сохранение качества источника водоснабжения населенного пункта или предприятия (ЗСО).
- ✓ Расчет и прогноз на перспективу производительности сооружений в общем водном балансе (Схема ВС).
- ✓ Оценка качества воды водоисточника по классификаторам.
- ✓ Выбор эффективных технологий водоподготовки, с учетом качества воды водоисточника и региональных особенностей, климатических и гидрогеологических условий, и обеспечения безопасности, надежности функционирования системы водоснабжения в целом.
- ✓ Экономическая возможность применения выбранных технических и технологических решений.

Пример 1 – поверхностная вода.

Качество воды в Неве зависит как от природных особенностей самой реки, так и от состояния водной системы «Белое море – Онежское озеро – озеро Ильмень – Ладожское озеро – река Нева – Финский залив». Природные особенности воды в реке Неве – это низкая минерализация (78,5 мг/л), сезонные изменения, присутствие гуминовых веществ, фитопланктон, температура < 5 град более 5 месяцев в году.

| Факторы | | Показатели | диапазон измерений | Временной фактор | тип /подтип Р.Нева | Классификация примесей | Код технологий водоочистки |
|---------------------------------|------------------------------------|--|--------------------------|------------------|--------------------|------------------------|---|
| Природный фон | | t, град. | 1 - 25 | t ₂ | A1 | | T1- базовая +T2- преозон-ие +T3- ПАУ |
| | | мутность | 1,5 - 8,0 | t ₂ | A1 | I , II | |
| | | цветность | 20 - 60 | t ₂ | A1 | | |
| | | перманганатная окисляемость | 5-15 | t ₂ | A3 | | |
| | | pH | 6,7 - 7,5 | t ₂ | A1 | | |
| | | фитопланктон | 25,0 – 4*10 ³ | t ₁ | B3 | | |
| | | вещества-одоранты, вызывающие запах воды (гексаналь, лимонен, нональ, цимол) | 0,1 - 20,0 | t ₁ | 5 | III | |
| Антропогенные загрязнения | | нефтепродукты | 0,1 - 0,5 | t ₁ | 1 | | |
| Риск антропогенного загрязнения | Судоходство | нефтепродукты | >0,5 | t ₁ | 1 | I, II, III | +T4- сорбция АУ |
| | Сельское хозяйство, животноводство | азотная группа, СПАВ, пестициды | выше ПДК | t ₁ | 4,5 | | |
| | Сброс промышленных сточных вод | соли тяжелых металлов, фенолы, органические загрязнения | выше ПДК | t ₁ | 6 | | |
| | Сброс неочищенных сточных вод | азотная группа | выше ПДК | t ₁ | 4,7 | | |

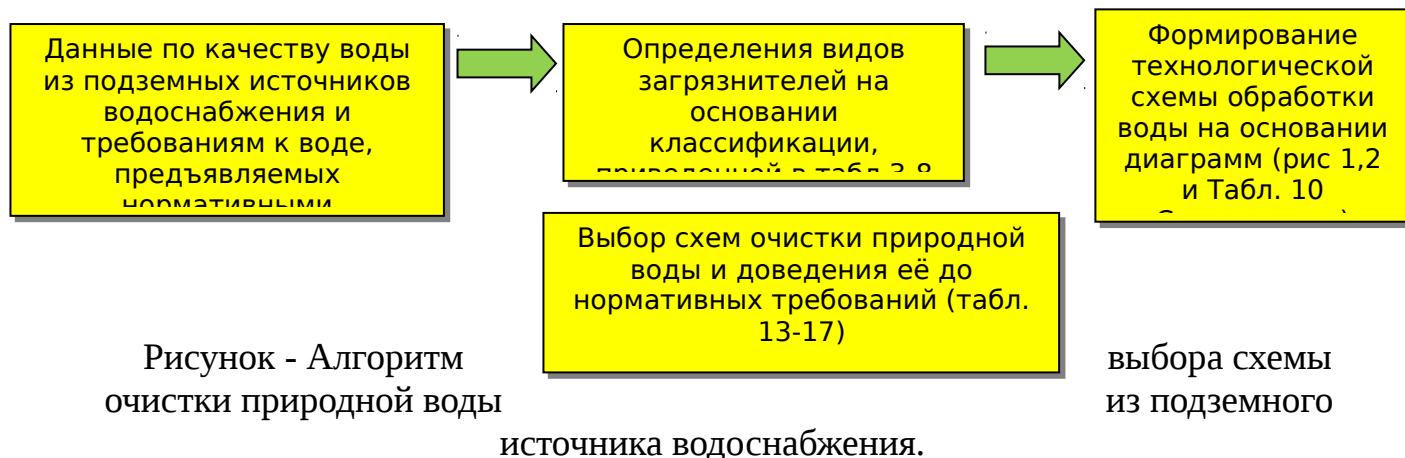
Риск антропогенного загрязнения

Пример 2 – подземная вода с высокой минерализацией

Таблица – данные о качестве воды

| № п/п | Наименования показателей качества воды | Усреднённые данные по качеству воды N подземных источников | Усреднённые данные по качеству воды M подземных источников водоснабжения г. | Нормативные значения показателей по классам в соответствии с ГОСТ 2761-84 «Источники питьевого водоснабжения» | | | Нормативные значения показателей качества питьевой воды в соответствии с СанПиН 2.1.4-1074-01 |
|-------|--|--|---|---|---------|---------|---|
| | | | | 1 | 2 | 3 | |
| 1. | Мутность, мг/л (не более) | 0,5-0,94 | 0,33-1,5 | 1,5 | 1,5 | 10 | 1,5 |
| 2. | Цветность, градусы (не более) | 5,6-6,9 | 1,2-3,5 | 20 | 20 | 50 | 20 |
| 3. | pH, ед. pH | 7,1-7,6 | 7,2-7,3 | 6,0-9,0 | 6,0-9,0 | 6,0-9,0 | 6-9 |
| 4. | Fe _{общ} , мг/ дм ³ | 0,068-0,187 | 0,01-0,03 | 0,3 | 10 | 20 | 0,3 |
| 5. | Mn ²⁺ , мг/ дм ³ | 0,0035-0,0060 | 0,008-0,01 | 0,1 | 1 | 2 | 0,1 |
| 6. | F, мг/ дм ³ | 0,01-0,08 | 0,083-0,01 | 1,5-0,7 | 1,5-0,7 | 5 | 1,5 |
| 7. | Перманганатная окисляемость, мгО/дм ³ | 0,25-0,32 | 1,32-2,0 | 2 | 5 | 15 | 5,0 |
| 8. | Общая минерализация, мг/ дм ³ | 2100-3018 | 1300-1500 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| 9. | Общая жёсткость, мг/дм ³ | 20-25 | 12-14 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 |
| 10. | Хлориды, мг/дм ³ | 700-900 | 220-290 | 350 | 350 | 350 | 350 |
| 11. | Сульфаты, мг/дм ³ | 300-400 | 275-240 | 500 | 500 | 500 | 500 |

На основании данных таблицы с помощью Справочника определяется требуемая схема очистки по следующему алгоритму:



В связи с тем, что качество подземных источников водоснабжения г. N и M по статистическим данным производственного контроля имеет определенную специфику по стабильному природному фону, превышающему требования [4] только в отношении показателей макросолевого состава и

характеризуется очень высокой минерализацией, жесткостью и соледержанием (хлориды), нет подтвержденной информации по другим загрязнениям, в том числе и антропогенным, то использования общего классификатора с целью подбора технологических решений не имеет прямого действия, а может использоваться частично.

Руководствуясь вышеуказанным алгоритмом, базовыми являются схемы очистки природной воды А5.1 и А.5.2, которые по условиям применения включают перечень основных технологических методов удаления загрязнений не только, связанных с высокой минерализацией, но и других примесей ($Fe < 40 \text{ мг/ дм}^3$, $Mn < 7 \text{ мг/ дм}^3$, $F < 10 \text{ мг/ дм}^3$, минерализация $< 5000 \text{ мг/ дм}^3$, $CO_2 \text{ св.} < 200 \text{ мг/ дм}^3$, $pH > 6$)

В связи с тем, что в перечень технологических методов классификатора А.5.1 и А.5.2 (глубокая аэрация, преозонирование биосорбция, коагуляция, флокуляция, фильтрование, ввод перманганата калия, фильтрование, обратный осмос, (электродиализ) стабилизация, обеззараживание) входят методы, в том числе направленные на удаления соединений железа, марганца и фтора, при оценки эффективности технологических методов принято частичное использование классификатора.

Основными технологическим методом для очистки минерализованных солоноватых вод является мембранные технологии (нанофильтрация и обратный осмос) с использованием схемы разбавления сильноминерализованных вод очищенной через мембрану водой. При проектировании на стадии подбора оборудования будут проработаны вопросы и запроектированы сооружения по сбору концентрата и способу его утилизации.

Финальный вариант технологической схемы доочистки природных подземных вод рассмотренных городов, схемы распределения сооружений и типы конструкций устанавливаемого современного оборудования определяется экономически обоснованным расчётом в проектной

документации на стадии проектирования по результату технико-экономического сравнения вариантов, с учетом положения [20] и исключения/оптимизации повторяющихся процессов. После выполнения проектно-изыскательских работ по приоритетным мероприятиям необходимо выполнить корректировку данного раздела региональной программы.

Стадии очистки

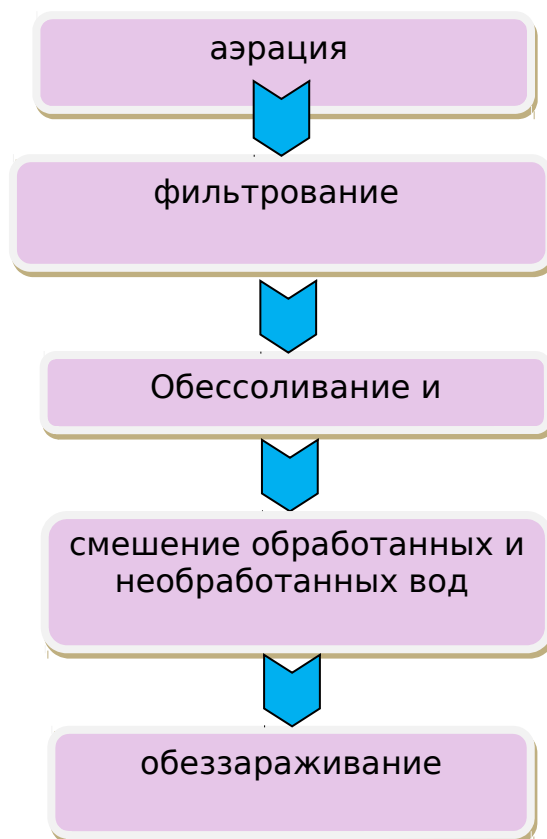


Рисунок - Стадии очистки подземной природной воды по выбранным технологическим схемам.

Приложение 2 Эффективность обработки воды различными методами по некоторым приоритетным показателям

| N | Показатель | Коагуляция | Хлорирование | Озонирование | Активированный уголь | Ионный обмен | Мембранные технологии |
|----|--------------------------|------------|--------------|--------------|----------------------|--------------|-----------------------|
| 1 | Мышьяк | ++ | | | | +++ | +++ |
| 2 | Нитраты | | | | | +++ | +++ |
| 3 | Нитриты | | +++ | | | | + |
| 4 | Кадмий | +++ | | | | +++ | +++ |
| 5 | Ртуть | +++ | | | +++ | | +++ |
| 6 | Бензол | | | +++ | +++ | | |
| 7 | Четыреххлористый углерод | | | | +++ | | |
| 8 | 1,2-дихлорбензол | | | +++ | +++ | | |
| 9 | 1,2-дихлорэтан | | | | +++ | | |
| 10 | Этилбензол | + | | +++ | +++ | | + |
| 11 | Н-нитрозодиметиламин | | | | + | | |
| 12 | Пентахлорфенол | | | | +++ | | ++ |
| 13 | Толуол | | | +++ | +++ | | |
| 14 | Ксилолы | | | | +++ | | |
| 15 | Стирол | | | ++ | +++ | | + |
| 16 | Цианобактерии | +++ | | | | | +++ |
| 17 | Цианотоксины | | +++ | +++ | +++ | | |

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

Приложение 3 Риск развития канцерогенных эффектов от ряда веществ, вероятно присутствующих в питьевой воде

| № п.п | Вещество | ПДК, мг/дм ³ | Канцерогенный потенциал (SF ₀) | Референтная доза, мг/кг | Индивидуальный канцерогенный пожизненный риск (CR) |
|-------|--------------------------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 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 4 Некоторые вещества, образующиеся в процессе водоподготовки (транспортировки) питьевой воды)

| № п/п | Вещество | Гигиенический норматив |
|-------|---------------------------------|------------------------|
| | Хлороформ (к 2В) | 0,06 |
| | Бромдихлорметан (к 2В) | 0,03 |
| | Бромформ (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 5 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 |

| <i>Информация по существующим водопроводным сооружениям очистки подземные вод</i> | | | |
|---|--|--|---|
| | 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÷7,7 1 |
| Средние | 0,72÷38,5 | 0,01÷6,26 | 0,05÷2,13 |
| Большие | 0,09÷30 | 0,006÷2 | безреагентное/0,62÷4,1 7 |
| 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 (super chlorination): 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 (dechlorination): 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 (ozonation): 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. фильтрация воды (filtration): Отделение примесей, частей или микроорганизмов от воды через слой пористого материала или сетку. [ГОСТ 30813-2002, [статья 16](#)]

26. флокулянт (floculant): 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](#)]