

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Волокитина Ю.О., Френкель Е.Э., Кучер М.И.
Вольский военный институт материального обеспечения.
Вольск Саратовской обл., Россия

METHODS OF WATER PURIFICATION

Volokitina Y.O., Frenkel' E.E., Kucher M.I.
Military Institute of material support,
Volsk Saratov region., Russia

Введение

Актуальность выбранной темы. XXI век – век информации. Казалось бы, всё изучили наши ученые для спокойного и долгого существования человека, придумали всё для облегчения жизни. Но вопросы, касающиеся экологической сферы, так и остаются открытыми... Одной из главных является проблема качества воды, так необходимой для нашего существования, существования человечества. Трудно переоценить значение чистой воды для человека. Но, к сожалению, вода практически никогда не бывает чистой, то есть всегда содержит какие-то примеси и растворённые вещества. В ней растворено огромное количество химических веществ, как органических, так и неорганических. Некоторые из них сами по себе возможно не несут вред организму, или даже полезны для нас, но в сочетании с другими элементами могут оставлять последствия, далекие от понятия пользы. Другая разновидность примесей – микроорганизмы, которые вызывают массу заболеваний: бактерии, вирусы, грибы, простейшие и т.д. Поступление в организм с питьевой водой веществ в концентрациях, превышающих норму, может вызвать необратимые изменения в работе важнейших систем жизнедеятельности человека. Существуют различные методы очистки воды для приведения её к норме. Данная тема безусловно актуальна, актуальной будет всегда. Она затрагивает наше повседневное существование, влияет на здоровье нашего организма, поэтому несомненно заслуживает нашего внимания.

Объект исследования: Различные примеси, растворённые в воде.

Предмет исследования: Методы очистки воды от различных примесей.

Цель исследования: Выяснить способы очистки воды и применить это в практической деятельности служб материального обеспечения (МТО) Вооружённых Сил России.

Задачи исследования: 1. Выяснить значимость и роль в жизни человека воды

2. Изучить виды загрязнителей воды в различных литературных и Интернет-источниках

3. Изучить количественное содержание допустимое согласно государственным стандартам (ГОСТам) и СанПиНам

4. Найти различные методы очистки воды по природе их происхождения и типу

4. Разработать рекомендации (разъяснения) для очистки воды в домашних условиях и в условиях повседневной деятельности военных объектов.

Гипотеза: Мы предположили, что вода загрязнена различными примесями, что может навредить организму человека, а также, касаясь нашего рода деятельности, повлиять на правильную работу в различных сферах работы специалиста служб МТО. Существуют различные методы очистки её от примесей.

Новизна исследования: Изучены методы очистки воды, различные стандарты содержания количественного состава примесей.

Практическая значимость: Выделены некоторые методы очистки воды, и на этой основе разработана мини-памятка по методам очистки воды в домашних условиях; написана научная публикация. Кроме этого в будущем планируется совместно с курсантами 2-го курса с аналогичными целями исследовать источник, находящийся недалеко от нашего института.

Глава 1. Теоретические аспекты в исследовании воды на содержание различных примесей

1.1 Значение воды для жизни

Вода не имеет питательной ценности, но без сомнений является частью всего живого. Ни один из живых организмов нашей планеты не может существовать без воды. Из воды состоят все живые растительные и животные существа: рыбы – на 75 %; медузы – на 99 %; картофель – на 76%; яблоки – на 85 %; помидоры – на 90%; огурцы – на 95%; арбузы – на 96%. В целом организм человека состоит по весу на 50–86% из воды (86% у новорожденного и до 50% у пожилых людей). Содержание воды в различных частях тела составляет: кости – 20–30%; печень – до 69%; мышцы – до 70%; мозг – до 75%; почки – до 82%; кровь – до 85%. Этим фактом воспользовался писатель В. Савченко, заявив о том, что у человека “гораздо больше оснований считать себя жидкостью, чем, скажем, у сорокапроцентного раствора едкого натрия”. На протяжении всей своей жизни человек ежедневно имеет дело с водой. Он использует ее для питья и пищи, для умывания, летом – для отдыха, зимой – для отопления. Для человека вода является более ценным природным богатством, чем уголь, нефть, газ, железо, а все потому что она незаменима.

Без пищи человек может прожить около 50–ти дней, если во время голодовки он будет пить пресную воду, без воды он не проживет и неделю – смерть наступит через 5 дней. Суточная потребность взрослого человека в воде – 30–40 грамм на 1 кг веса тела. Приблизительно 40% ежедневной потребности организма в воде удовлетворяется с пищей, остальное мы должны принимать в виде различных напитков. Летом ежедневно нужно употреблять 2 – 2,5 литра воды. В жарких районах планеты – 3,5 – 5,0 л в сутки, а при температуре воздуха 38 –40С и низкой влажности работающим на открытом воздухе потребуется в сутки 6,0–6,5 л воды [2]. Роль воды для человека огромна, поэтому нельзя оставлять этот вопрос без внимания.

1.2 Виды источников. Содержание и виды примесей

По данным ВОЗ более 500 млн человек ежегодно страдают от болезней, возникновение которых связано с потреблением воды неудовлетворительного качества, около 80 % всех болезней в мире обусловлены контактом с инфицированной водой или нарушением санитарно–гигиенических норм при её использовании в процессе жизнедеятельности. Качество питьевой воды во многом определяется качеством воды источника водоснабжения. При неудовлетворительном природном составе воды или большом антропогенном загрязнении источника даже современные методы водоподготовки не могут гарантировать получение воды необходимого качества [1].

Важнейшими гигиеническими характеристиками источника водоснабжения являются качество воды, подверженность влиянию природных и социальных (техногенных) факторов и степень санитарной надёжности источника, т.е. устойчивость к влиянию природных и антропогенных факторов. Кроме того, большое значение для характеристики источника имеют его водообильность, соотнесённая с предполагаемыми потребностями в воде, а также доступность источника (рисунок 1).

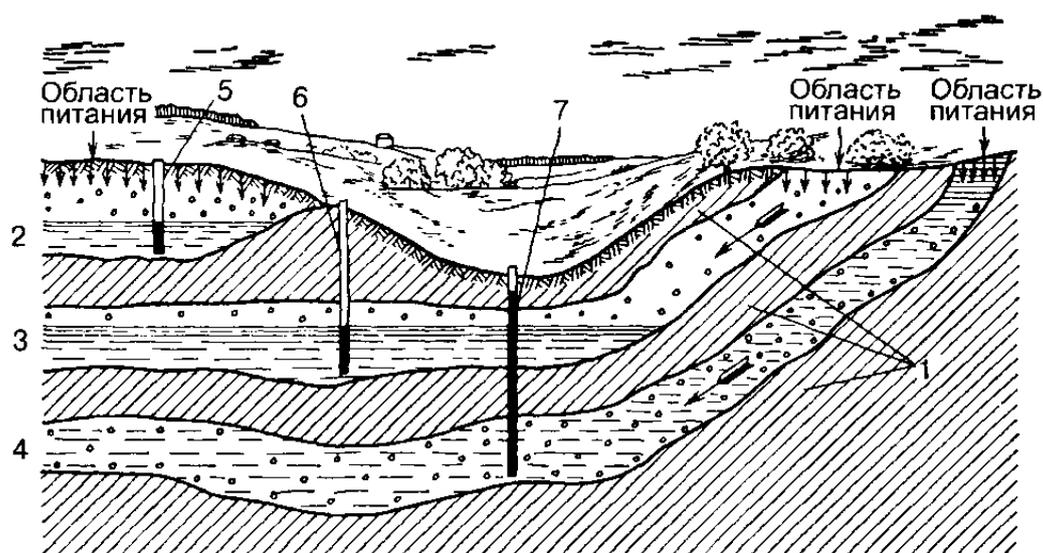


Рисунок 1 – Залегание подземных вод: 1 – водоупорные слои; 2 – горизонт грунтовых вод; 3 – горизонт межпластовых безнапорных вод; 4 – горизонт межпластовых напорных вод; 5 – колодец, питающийся грунтовой водой; 6 – скважина, питающаяся из межпластового безнапорного горизонта; 7 – скважина, питающаяся из межпластового напорного (артезианского) горизонта

Санитарная надёжность источника централизованного питьевого водоснабжения – способность источника сохранять постоянство качества его воды и достаточность дебита для обеспечения проектируемой или эксплуатируемой системы централизованного питьевого водоснабжения.

Химический состав подземных вод формируется под влиянием химических (растворение, выщелачивание, сорбция, ионный обмен, образование осадка) и физико-химических (перенос веществ фильтрующих пород, растворение, поглощение и выделение газов) процессов.

В подземных водах найдено около 70 химических элементов. Наибольшее значение для питьевого водоснабжения имеют фтор, железо, марганец и соли жёсткости (сульфаты, карбонаты и гидрокарбонаты магния и кальция). Реже встречаются бром, бор, бериллий, селен, стронций. В межпластовых водах нет растворенного кислорода, но микробиологические процессы существенно влияют на их состав. Серобактерии окисляют сероводород и серу до серной кислоты, железобактерии образуют конкреции железа и марганца, которые частично растворяются в воде; некоторые виды бактерий способны восстанавливать нитраты с образованием азота и аммиака.

1.3 Государственные стандарты и СанПиНы на содержание различных элементов, растворенных в воде. Показатели качества воды

Под качеством воды в целом понимается характеристика её состава и свойств, определяющая пригодность воды для конкретных видов водопользования (ГОСТ 17.1.1.01–77. «Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод»), при этом критерии качества представляют собой признаки, по которым производится оценка качества воды. Под качеством природной воды в целом понимается характеристика её состава и свойств, определяющая пригодность воды для конкретных видов водопользования (ГОСТ 17.1.1.01–77), при этом критерии качества представляют собой признаки, по которым производится оценка качества воды.

Качество воды – это сочетание химического и биологического состава и физических свойств воды, определяющее её пригодность для конкретных видов

водопользования, в зависимости от назначения воды и особенностей технологического процесса.

Требования к качеству всех видов вод, кроме сточных, устанавливаются отечественными государственными стандартами.

Качество воды определяется по следующим признакам:

- Прозрачность воды
- Запах
- Вкус
- Цвет
- Минерализация
- Жесткость
- Окисляемость

Содержание в воде взвешенных примесей, измеряемое в мг/л, дает представление о загрязнённости воды частицами в основном условным диаметром более $1 \cdot 10^{-4}$ мм (таблица 1):

Таблица 1 – Характеристика вод по содержанию взвешенных примесей

Размер частиц (приблизительный), мм	Гидравлическая крупность (скорость осаждения в лабораторном цилиндре в течение 2 ч), мм/с	Примесь (условно)	Время осаждения частиц на 1 м
1,0	100	Крупный песок	10 с
0,5	53	Средний песок	20 с
0,1	6,9	Мелкий песок	2,5 мин.
0,050–0,027	1,7–0,5	Крупный ил	10–30 мин.
0,010–0,005	0,070–0,017	Мелкий ил	4–18 час
0,0027	0,005	Крупная глина	2 сут.
0,0010–0,0005	0,00070–0,00017	Тонкая глина	0,5–2 мес.
0,0002–0,000001	0,000007	Коллоидные частицы	4 года

Жёсткость воды обуславливается наличием в воде ионов кальция (Ca^{2+}), магния (Mg^{2+}). Общее содержание в природных водах ионов кальция и магния

несравнимо больше содержания всех других ионов – и даже их суммы.

Поэтому под жёсткостью понимают сумму количеств ионов кальция и магния – общая жёсткость, складывающаяся из значений карбонатной (временной, устраняемой кипячением) и некарбонатной (постоянной) жёсткости.

Первая вызвана присутствием в воде гидрокарбонатов кальция и магния, вторая наличием сульфатов, хлоридов, силикатов, нитратов и фосфатов этих металлов. Однако при значении жёсткости воды более 9 ммоль/л нужно учитывать содержание в воде стронция и других щелочноземельных металлов.

По стандарту ИСО 6107–1–8:1996 [3], включающему более 500 терминов, жёсткость определяется как способность воды образовывать пену с мылом.

В жёсткой воде обычное натриевое мыло превращается (в присутствии ионов кальция) в нерастворимое «кальциевое мыло», образующее бесполезные хлопья. И, пока таким способом не устранится вся кальциевая жёсткость воды, образование пены не начнётся. На 1 ммоль/л жёсткости воды для такого умягчения воды теоретически затрачивается 305 мг мыла, практически – до 530. Имеет место проблема образования накипи.

По значению общей жёсткости природные воды делят на группы (таблица 2):

Таблица 2 – Классификация воды по жёсткости

Группа воды	Единица измерения, ммоль/л
Очень мягкая	До 1,5
Мягкая	1,5–4
Средней жёсткости	4–8
Жёсткая	8–12
Очень жёсткая	Более 12

Предельно-допустимыми концентрациями являются (таблицы 3, 4, 5):

Таблица 3 – Требования СанПиН: Предельно-допустимые концентрации

Показатели воды, единицы измерения	Предельно-допустимые концентрации (СанПиН 2.1.4 1074–01) ¹
рН	6–9
Запах (20/60 °С), баллы	2
Мутность, единицы мутности по формазину, ЕМФ	2,6
Цветность, градусы	20
Общая минерализация (сухой остаток), мг/л	1000
Жёсткость общая, мг экв/л	7
Окисляемость перманганатная, мг/л	5
Щёлочность гидрокарбонатная, мг/л	1000
Железо общее, мг/л	0,3
Нитраты, мг/л	45
Марганец, мг/л	0,1
Нефтепродукты, суммарно, мг/л	0,1
Поверхностно–активные вещества (ПАВ), мг/л	0,5
Фенольный индекс, мг/л	0,25

Таблица 4 – Предельно допустимые концентрации содержания химических элементов основных неорганических веществ в питьевой воде

Основные химические элементы	Предельно-допустимые концентрации
Алюминий (Al)	0,5 (мг/дм ³)
Барий (Ba)	0,1 мг/л
Бериллий (Be)	1 мкг/л
Бор (B)	0,5 мг/дм ³
Ванадий (V)	0,1 мг/л
Висмут (Bi)	0,1 мг/л или 100 мкг/л
Вольфрам (W)	0,05 мг/дм ³
Европий (Eu)	0,3 мг/л
Железо (Fe)	0,3 мг/л
Кадмий (Cd)	0,001 мг/дм ³
Серебро (Ag)	0,05 мг/дм ³

¹ СанПиН 2.1.4.1074-01 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества"

Органические примеси. Перечень органических примесей в воде, приведенный в СанПиН 2.1.4.1074–01, содержит сотни веществ. Приведём показатели, характеризующие предельные концентрации основных природных и искусственных органических веществ, влияющих на качество воды (мкг/дм³):

Таблица 5 – Предельные концентрации основных природных и искусственных органических веществ, влияющих на качество воды (мкг/дм³)

Вещество	ПДК (мкг/дм ³)
Четыреххлористый углерод	6
Дихлорметан	7,5
1,1,1–дихлорэтан	10000
Винилхлорид	50
Бензол	10
Толуол	500
Бенз(а)пирен	0–5
Монохлорбензол	20
1,2–дихлорбензол	2
Трихлорбензол	30
Диалкилолово (соединения)	2
Тетраэтилолово	0,2
Трибутилметакрилатолово	0,2
1,2–дихлорпропан	400
1,3–дихлорпропен	400
Гептахлор и гептахлорэпоксид	50
Хлорфеноксигербициды (помимо 2,4–Д и МСРА)	2,4–ДВ 90 – 500

Глава 2. Методы очистки воды в зависимости от природы элемента, содержащегося в воде

2.1 Методы очистки воды

Методы очистки воды – способы отделения воды от нежелательных примесей и элементов.

Существуют несколько методов очистки и все они входят в три группы методов:

- механические
- физико-химические
- биологические

Наиболее дешевая – механическая очистка – применяется для выделения взвесей. Основные методы процеживание, отстаивание и фильтрование. Применяются, как предварительные этапы.

Химическая очистка применяется для выделения из сточных вод растворимых неорганических примесей. При обработке сточных вод реагентами происходит их нейтрализация, выделение растворенных соединений, обесцвечивание и обеззараживание стоков.

Физико-химическая очистка применяется для очистки сточных вод от грубо- и мелкодисперсионных частиц, коллоидных примесей, растворенных соединений. Высокопроизводительный, но в то же время дорогой способ очистки.

Биологические методы применяются для очистки от растворенных органических соединений. Метод основан на способности микроорганизмов разлагать растворенные органические соединения.

Каждому фазово-дисперсному состоянию примесей воды соответствуют определенные методы воздействия с целью их удаления. Согласно классификации Л.А. Кульского по каждой группе примесей можно указать методы очистки воды от них [6].

1. Очистка воды от примесей I группы.

Процессы: осветление (удаление взвешенных веществ), обеззараживание

или дезинфекция (прекращение жизнедеятельности бактерий)

Способы очистки:

1) Механическая очистка воды от примесей

- Отстаивание (седиментация) – удаление взвесей в гравитационном поле (под действием сил тяжести). Этим методом удаляется крупная взвесь.
- Центрифугирование – удаление взвесей в поле центробежных сил, создаваемых вращением воды в гидроциклонах или центрифугах). При этом изымается грубая и средняя взвесь.
- Флотация – прикрепление частиц к пузырькам газа с последующим всплытием образовавшихся агрегатов на поверхность воды и удалением пены. Способ применяется для удаления гидрофобных взвешенных частиц, планктона, чаще – нефтепродуктов, масел, жиров, поверхностно–активных веществ (ПАВ).
- Фильтрование – пропускание воды через пористый слой для изъятия из воды планктона, крупной и мелкой взвеси.

2) Физико-химическая очистка воды от примесей – агрегация (укрупнение) примесей путем коагуляции или флокуляции с последующим отстаиванием, флотацией или фильтрованием. Этим методом удаляются тонкодисперсные взвеси.

3) Бактерицидная очистка воды от примесей

Методы предназначены для нарушения обменных процессов в клетках микробов (метаболизма), что вызывает их гибель.

- Обработка воды окислителями (хлором, озоном).
- Обработка воды ионами тяжелых металлов (серебро, медь, свинец и пр.).
- Облучение воды ультрафиолетовыми лучами, ультразвуком, ионизирующими излучениями.
- Термообработка (кипячение).

4) Биологическая очистка воды от примесей заключается в разведении

рыб и моллюсков для уничтожения водорослей и планктона.

2. Очистка воды от примесей II группы

Процессы: обесцвечивание, окисление органики, обеззараживание.

Способы очистки:

1) Физико-химические:

- Агрегация коллоидных примесей агрегацией или флокуляцией с последующим отстаиванием, флотацией, фильтрованием.
- Адсорбция.
- Воздействие сильными окислителями (хлором, озоном, перманганатом калия), разрушающими органические коллоидные соединения.

2) Вирулицидная обработка – уничтожение вирусов. Осуществляется методами бактерицидной очистки.

3) Биохимическая очистка воды от примесей – окисление органических примесей с переводом их в минеральные соединения в процессе жизнедеятельности специально культивируемых микроорганизмов.

3. Очистка воды от примесей III группы

Процессы: окисление органики, дезодорация (устранение запахов), дегазация (удаление газов).

Способы очистки:

1) Физико-химические

- Окисление органических примесей.
- Адсорбция молекулярных примесей на активированном угле, силикагеле и других сорбентах.
- Экстракция примесей с помощью различных экстрагентов.
- Эвапорация – отгонка летучих примесей “острым” (высокотемпературным) паром.
- Ультрафильтрация через мембраны с порами, пропускающими молекулы воды и задерживающими более крупные молекулы примесей.

2) Аэрирование – создание большой поверхности контакта воды с

воздухом за счёт:

- Барботажа (продувки слоя воды воздухом);
- Разбрызгивания воды в атмосфере.

Аэрирование применяется в основном для удаления растворенных газов.

3) Биохимическая очистка

4. Очистка воды от примесей IV группы

Процессы: деминерализация (удаление растворенных солей), опреснение (неглубокая очистка от солей до состояния пресной воды), обессоливание (глубокая очистка от солей), умягчение (устранение жесткости), подщелачивание и подкисление, нейтрализация, обезжелезивание и др.

Способы очистки:

1) Физико-химические

- Обработка реагентами с переводом ионов в малодиссоциированные соединения;
- Ионный обмен с помощью ионитов, извлекающих из воды ионы растворенных солей.
- Электродиализ воды – разделение катионов и анионов в постоянном электрическом поле;
- Гиперфльтрация (обратный осмос) – продавливание под большим давлением воды с ионными примесями через полупроницаемые мембраны, которые пропускают воду и задерживают ионы солей.

2) Физические методы

- Термический – нагрев воды для выделения солей карбонатной жесткости.
- Изменение фазового состояния воды для ее обессоливания
 - перевод в газообразное состояние с последующей конденсацией (дистилляция).
 - перевод в твердую фазу вымораживанием с последующим оттаиванием и разделением на лед и рассол; образованием газгидратов обработкой жидкими газами–хладагентами (метан, фреон) при определенных температуре и

давлении.

- Магнитная обработка

3) Биохимическая очистка воды от примесей (ионов железа, сульфатов, хроматов и нитратов) специфическими бактериями.

Если в основу классификации методов очистки воды брать не свойства примесей, а тип воздействия на них, то способы очистки можно разделить на следующие группы:

- механическая очистка (процеживание, седиментация)
- физические методы (дистилляция, вымораживание, агрегирование)
- химические методы (нейтрализация, ионный обмен),
- физико-химические методы (коагуляция, адсорбция),
- биохимическая, биологическая и биоцидная очистка.

К отмеченным процессам можно добавить вспомогательные, сопутствующие очистке: смешение, хлопьеобразование, диффузия, обезвоживание, сушка, охлаждение (рисунок 2).

Предварительная очистка воды

Если в качестве источника водоснабжения для приготовления питьевой воды используются поверхностные и подземные воды, требуется проведение тщательной предварительной очистки, которая включает в себя:

- *первичное отстаивание с применением или без применения реагентов, в зависимости от состава исходной воды.*

- *коагуляция (т.е. введение в обрабатываемую воду солей алюминия, железа или полиэлектролитов), для укрупнения взвешенных и коллоидных частиц и перевода их в фильтруемую форму.*

- *механическая очистка воды с помощью фильтрования.* Очистка воды с помощью фильтрования применяется для самых различных целей. В качестве фильтрующего материала в зависимости от целей фильтрации применяется кварцевый песок, антрацит, доломит.



Рисунок 2 – Стадии техпроцесса обработки сточных вод производственного предприятия

Очистка воды от железа

Решение проблемы очистки воды от железа – довольно сложная и комплексная задача. Наиболее часто используемыми методами при очистке воды от железа являются:

- *аэрация*, т. е. нагнетание воздуха и интенсивный процесс окисления в емкости. Расход воздуха для насыщения воды кислородом составляет около 30 л/м³.
- *обработка воды сильными окислителями* – озон, хлор, гипохлорит натрия, перманганат калия.

- *фильтрация через модифицированную загрузку* (пропускание воды через материалы для удаления железа, которые осуществляют не только очистку воды от окисленного железа (осадка), но и от растворенного железа с помощью химического взаимодействия).

Все многообразие методов, применяемых в технологии очистки воды от железа, можно свести к двум основным типам – реагентные (для восстановления фильтрующих свойств загрузки используется дополнительный реагент) и безреагентные (для восстановления фильтрующих свойств загрузки используется промывка водой). Очистку от железа поверхностных вод можно осуществлять лишь реагентными методами, а в очистке от железа подземных вод распространение получили оба метода.

Типичная картина, которая наблюдается при подъеме железистой воды из скважины, такова: вначале вода, выкачанная из скважины, абсолютно прозрачна и кажется чистой, но проходит несколько десятков минут и вода мутнеет, приобретая специфический желтоватый цвет. Через несколько часов муть начинает оседать, образуя рыхлый осадок. Процесс осаждения может длиться несколько дней. Скорость осаждения зависит от температуры и состава воды. Наличие железа можно определить и на вкус. Начиная с концентрации 1,0–1,5 мг/л вода имеет характерный неприятный металлический привкус. Игнорирование проблемы железа в воде оканчиваются плохо, и стоит дорого: потеря «белизны» ванн, отказ импортной бытовой техники, систем отопления и нагрева воды. В системе горячего водоснабжения проблемы, обусловленные повышенным содержанием железа, многократно возрастают. Уже при концентрации 0,5 мг/л идет интенсивное появление хлопьев, образующих рыхлый шлам, который забивает теплообменники, радиаторы, трубопроводы, сужает их проходное сечение.

Очистка воды от солей жесткости

Накипь в чайнике – типичное проявление действия солей жесткости. В жесткой воде хуже пенится стиральный порошок и мыло. Жесткая вода не годится при окрашивании тканей водорастворимыми красками, в пивоварении,

производстве водки, негативно влияет на стабильность майонезов и соусов. Чай и кофе тоже лучше заваривать мягкой водой.

Жесткость воды определяется суммарным содержанием в ней растворенных солей *кальция и магния*. Гидрокарбонаты кальция и магния образуют карбонатную или временную жесткость воды, которая полностью устраняется при кипячении воды в течение часа. В процессе кипячения растворимые гидрокарбонаты переходят в нерастворимые карбонаты, выпадающие в виде белого осадка или накипи, с выделением при этом углекислого газа. Соли же сильных кислот, например, сульфаты и хлориды кальция и магния – образуют некарбонатную или постоянную жесткость, не изменяющуюся при кипячении воды.

Высокая гидрокарбонатная (временная) жесткость воды делает её непригодной для питания газовых и электрических паровых котлов и бойлеров. Стенки котлов постепенно покрываются слоем накипи. Слой накипи в 1,5 мм снижает теплоотдачу на 15 %, а слой толщиной 10 мм – снижает теплоотдачу уже на 50 %.

Снижение теплоотдачи ведет к увеличению расхода топлива или электроэнергии, что в свою очередь ведет к образованию прогаров, трещин на трубах и стенках котлов, выводя преждевременно из строя системы отопления и горячего водоснабжения.

В тех случаях, когда вода слишком жесткая и её необходимо умягчить, применяют следующие методы очистки воды:

- *термический*, основанный на нагревании воды
- *дистилляция или вымораживание*
- *реагентный*
- *ионообменный*
- *обратный осмос*
- *электродиализ*
- *комбинированный*, представляющего собой различные сочетания

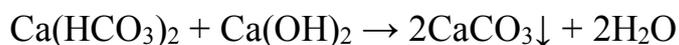
перечисленных методов.

Термоумягчение. Основан на кипячении воды, в результате термически нестойкие гидрокарбонаты кальция и магния разлагаются с образованием накипи:

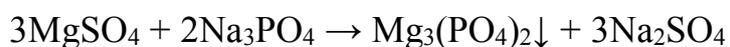
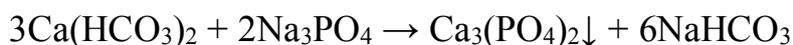


Кипячение устраняет только временную (карбонатную) жёсткость.

Реагентное умягчение. Метод основан на добавлении в воду кальцинированной соды Na_2CO_3 или гашёной извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$. При этом соли кальция и магния переходят в нерастворимые соединения и, как следствие, выпадают в осадок. Например, добавление гашёной извести приводит к переводу солей кальция в нерастворимый карбонат:



Лучшим реагентом для устранения общей жесткости воды является ортофосфат натрия Na_3PO_4 , входящий в состав большинства препаратов бытового и промышленного назначения:



Ортофосфаты кальция и магния очень плохо растворимы в воде, поэтому легко отделяются механическим фильтрованием. Этот метод оправдан при относительно больших расходах воды, поскольку связан с решением ряда специфических проблем: фильтрации осадка, точной дозировки реагента.

Катионирование. Метод основан на использовании ионообменной гранулированной загрузки (чаще всего ионообменные смолы). Такая загрузка при контакте с водой поглощает катионы солей жёсткости (кальций и магний, железо и марганец). Взамен, в зависимости от ионной формы, отдавая ионы натрия или водорода. Эти методы соответственно называются Na-катионирование и H-катионирование. При правильно подобранной ионообменной загрузке жёсткость воды снижается при одноступенчатом натрий-катионировании до 0,05–0,1 °Ж, при двухступенчатом – до 0,01 °Ж. В промышленности с помощью ионообменных фильтров заменяют ионы кальция и магния на ионы натрия и калия, получая мягкую воду.

Обратный осмос. Метод основан на прохождении воды через полупроницаемые мембраны (как правило, полиамидные). Вместе с солями жёсткости удаляется и большинство других солей. Эффективность очистки может достигать 99,9 %. Этот метод нашёл наибольшее применение в бытовых системах подготовки питьевой воды. В качестве недостатка данного метода следует отметить необходимость предварительной подготовки воды, подаваемой на обратноосмотическую мембрану.

Электродиализ. Основан на удалении из воды солей под действием электрического поля. Удаление ионов растворенных веществ происходит за счёт специальных мембран. Так же как и при использовании технологии обратного осмоса, происходит удаление и других солей, помимо ионов жёсткости.

Полностью очистить воду от солей жёсткости можно дистилляцией.

Жесткость пресных природных водоемов меняется в течение года, имея минимум в период паводка. Артезианская вода, как правило, более жесткая, чем вода из поверхностных источников. В Подмосковье жесткость артезианских вод меняется от 3 до 15–20 мэкв/л в зависимости от места и глубины скважины.

Очистка воды обеззараживанием

Обеззараживание питьевой воды имеет важное значение в общем цикле очистки воды и почти повсеместное применение, так как это последний барьер на пути передачи связанных с водой бактериальных и вирусных болезней. Обеззараживание воды является заключительным этапом подготовки воды питьевой кондиции. Использование для питья подземной и поверхностной воды в большинстве случаев невозможно без обеззараживания.

Обычными методами обеззараживания при очистке воды являются:

- *хлорирование* путем добавления хлора, диоксида хлора, гипохлорита натрия или кальция;
- *озонирование воды*;
- *ультрафиолетовое облучение*.

Другие способы обеззараживания (воздействие ионов благородных металлов, ультразвук, радиоактивное излучение) крайне редко применяются в централизованных системах водоснабжения.

Очистка воды на активированном угле

Очистка воды на активированном угле чаще всего применяется на одной из последних ступеней очистки и является одним из классических способов получения питьевой воды. Такую дополнительную очистку воды необходимо в тех случаях, когда требуется устранить незначительные нарушения показателей цветности, вкуса и запаха воды. Активные угли также используются для очистки муниципальной водопроводной воды от хлора и хлорсодержащих соединений.

Очистка воды обратным осмосом

С помощью этого метода можно проводить глубокую очистку воды. При оптимальных значениях температуры и давления подаваемой воды, степень очистки воды обратным осмосом составляет 95–98%. Разделение воды и содержащихся в ней веществ достигается с помощью полупроницаемой мембраны. Сами мембраны изготавливаются из различных материалов, например, полиамида или ацетатцеллюлозы и выпускаются в виде полых волокон или рулонов. Через микроскопически малые поры этих мембран (размер порядка 0,0001 микрона), могут пройти только молекулы воды и кислорода, а микроорганизмы, растворенные в воде соли и органические соединения и т.п. задерживаются мембраной.

Степень очистки воды и связанная с этим производительность зависит от различных факторов, прежде всего от общего солесодержания сырой воды, а также солевого состава, давления и температуры.

На стадии предварительной очистки воды следует ее отфильтровать и при необходимости очистить от хлора. Особые преимущества обратного осмоса заключаются в его высокой экологической безопасности.

Таблица 6 – Типы загрязняющих веществ в сточных водах и методы очистки

Тип загрязняющих веществ	Группа загрязнений	Методы очистки сточных вод
Грубодисперсные взвешенные вещества	Взвешенные вещества с размером частиц более 0,5 мм	Просеивание Первичное отстаивание без реагентов Фильтрация
Грубодисперсные эмульгированные частицы	Капельные загрязнения, органические вещества, не смешивающиеся с водой	Гравитационная сепарация Фильтрация Флотация Электрофлотация
Микрочастицы	Взвешенные вещества с размером частиц более 0,01 мм	Фильтрация Коагуляция Флокуляция Напорная флотация
Стабильные эмульсии	Нефтепродукты в количестве > 5 мг/л, вещества, экстрагируемые серным эфиром	Тонкослойная седиментация Напорная флотация Электрофлотация
Коллоидные частицы	Размер частиц от 0,1 до 10 мкм	Микрофильтрация Электрофлотация
Агрессивность среды	pH, общая щелочность, общая кислотность	Нейтрализация
Масла	Концентрация масел более 10 мг/л	Гравитационная сепарация Флотация Электрофлотация
Фенолы	Концентрация фенолов 0,5–5 мг/л	Биологическая очистка + озонирование Сорбция на активированном угле
	Концентрация фенолов 5–500 мг/л	Биологическая очистка Флотация + Биологическая очистка Коагуляция + озонирование
Ионы тяжелых металлов	Концентрации Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , $\text{Fe}_{\text{общ}}$, Cd^{2+} 5–100 мг/л	Электрофлотация Реагентный + отстаивание Электродиализ Электрокоагуляция
Хром (VI)	Концентрации Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , $\text{Fe}_{\text{общ}}$, Cd^{2+} 0,5–5 мг/л	Ультрафильтрация Ионный обмен
	Концентрация Cr^{6+} 1–100 мг/л	Химическое восстановление + Электрофлотация Электрохимическое восстановление Электрокоагуляция
Хром (III)	Концентрация Cr^{3+} 5–100 мг/л	Осаждение + Фильтрация Электрофлотация
Сульфаты	Концентрация Cr^{3+} 0,5–5 мг/л	Ионный обмен Ультрафильтрация

Хлориды	Концентрация SO_4^{2-} > 2000 мг/л	Реагентный + отстаивание + Фильтрация Вакуумное выпаривание
	Концентрация SO_4^{2-} < 2000 мг/л	Нанофильтрация Обратный осмос
Общее солесодержание	Концентрация Cl^- > 300 мг/л	Обратный осмос Вакуумное выпаривание Электродиализ
		Нанофильтрация Обратный осмос Вакуумное выпаривание Электродиализ
Поверхностно–активные вещества	Анионные и неионогенные ПАВ	Флотация Электрофлотация Сорбция на активированном угле
	Анионные, катионные и неионогенные ПАВ	Ультрафильтрация Нанофильтрация Озонирование

2.2 Выводы по второй главе

Мы выяснили значимость и роль в жизни человека воды. Были изучены различные виды загрязнителей воды в различных литературных, интернет–источниках. Мы изучили количественное содержание допустимое согласно государственным стандартам (ГОСТам) и СанПиНам, исследовали различные классификации и методы очистки воды от нежелательных элементов. Также мы выяснили, что все методы очистки они делятся на 3 типа, зависят от природы загрязняющего вещества, нашли различные методы очистки воды по природе их происхождения и типу. Кроме этого мы разработали рекомендации (разъяснения) для очистки воды в домашних условиях.

Заключение

Закончить хотелось бы словами Антуана де Сента-Экзюпери : «Вода... Ты не имеешь ни вкуса, ни цвета, ни запаха, тебя невозможно описать – тобой наслаждаешься, не ведая, что ты такое. Ты не просто необходима для жизни, ты и есть сама жизнь. Ты божество, ты совершенство, ты самое большое богатство на свете, ее Величество – Вода!» Пейте чистую воду.

Список литературных источников

1. Вода // Интернет-ресурс
http://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%8B
2. Значение воды // Интернет-ресурс
<http://www.istok-penza.ru/root/encyclopedia/water/meaning>
3. "Качество воды. Словарь". Стандарт ИСО 6107-1-8:1996 (основа Стандарта РФ – ГОСТ 30813-2002 "Вода и водоподготовка. Термины и определения")
4. Методы очистки воды // Интернет-ресурс
http://ru.m.wikipedia.org/wiki/Методы_очистки_воды
5. Научно-исследовательская работа «Формирование экологической компетентности будущих специалистов служб МТО при изучении экологии в военном вузе». Вольск, 2014
6. Основные загрязнители и их удаление // Интернет-ресурс
<http://www.rusfilter.ru/support/info/ochistka-vody-osnovnye-tipy-zagriznenii-i-metody-ih-udalenija/>