

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Северо-Осетинская государственная медицинская академия»
Министерства здравоохранения Российской Федерации**

**КАФЕДРА ОБЩЕЙ ГИГИЕНЫ
И ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ**

А.Р. Кусова, Е.Г Цилидас, И.К.Битарова

МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Методическое пособие по самостоятельной работе студентов,
обучающихся по специальности «Лечебное дело», «Стоматология»

УДК 613.3
ББК 51.21

Кусова А.Р., Наниева А.Р., Битарова И.К.

Методы улучшения качества питьевой воды: методическое пособие для студентов лечебного и стоматологического факультетов.

Северо-Осетинская государственная медицинская академия. - Владикавказ, 2016. - 21с.

Данное методическое пособие содержит материал, отражающий современные гигиенические представления об основных и дополнительных методах улучшения качества питьевой воды. Изложены данные о видах осветления и обесцвечивания воды – отстаивании, коагуляции и фильтрации; о методах химического и физического обеззараживания воды. Приведена информация об основных достоинствах и недостатках наиболее распространенных методов обеззараживания.

В пособии приведены ситуационные задачи, тестовые задания, список основной и рекомендуемой дополнительной литературы, облегчающие усвоение материала.

Методическое пособие «Гигиеническая оценка питьевой воды и водоисточников», подготовлено по дисциплине «Гигиена» в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования для студентов, обучающихся по специальности Лечебное дело (31.05.01), Стоматология (31.05.03).

УДК 613.3
ББК 51.21

Рецензенты:

Калагова Р.В. - доктор химических наук, доцент, заведующий кафедрой физики и химии ФГБОУ ВО СОГМА Минздрава России.

Туаева И.Ш. – кандидат медицинских наук, доцент кафедры гигиены МПФ с курсом ФПДО ФГБОУ ВО СОГМА Минздрава России.

Утверждено и рекомендовано к печати Центральным координационным учебно-методическим советом ФГБОУ ВПО СОГМА Минздрава России (протокол № 1 от 12 сентября 2016 г.).

Качество питьевой воды служит основой эпидемиологической безопасности и здоровья населения. Доброкачественная по химическим, микробиологическим, органолептическим и эстетическим свойствам вода является показателем высокого санитарного благополучия и жизненного уровня населения. Учитывая огромное значение качества и количества подаваемой питьевой воды для здоровья населения и условий его проживания, обеспечения нормального функционирования детских, лечебно-профилактических, культурных, спортивных и других учреждений, коммунального хозяйства, промышленных предприятий и других объектов представляется важным внедрение прогрессивных мероприятий в сфере питьевого водоснабжения.

Основная цель методов улучшения качества питьевой воды - защита потребителя от патогенных организмов и примесей, которые могут быть опасны для здоровья человека или иметь неприятные свойства (цвет, запах, вкус и т. д.). Методы очистки следует выбирать с учетом качества и характера источника водоснабжения.

Основные способы улучшения качества воды

Основными способами улучшения качества воды поверхностных водоисточников являются *осветление, обесцвечивание и обеззараживание*.

Осветление воды - это удаление из нее взвешенных веществ.

Обесцвечивание - устранение окрашенных коллоидов.

Обеззараживание - обезвреживание содержащихся в воде источника патогенных бактерий и вирусов.

Для осветления и обесцвечивания применяют следующие способы:

- естественное отстаивание и фильтрация на медленных фильтрах;
- коагуляция, отстаивание и фильтрация на быстрых фильтрах;
- коагуляция и фильтрация в контактных осветлителях.

Методы очистки воды

Основная задача очистки воды - полностью освободить ее от взвеси (мутности), сделать прозрачной (осветлить) и снизить цветность до незаметного уровня. В современных условиях большое значение имеет предварительное удаление из воды зоопланктона (мельчайших животных организмов) и фитопланктона (мельчайших растительных организмов). Для этого используют микрофильтры и барабанные сетки, через которые производится процеживание воды.

Для осветления и обесцвечивания в комплекс сооружений по очистке воды входят: отстойники, смесители, камеры реакции, фильтры и т.д.

Отстойники (горизонтальные, вертикальные) - сооружения, предназначенные для осаждения под силой тяжести в основном крупных по размеру и массе частиц, находящихся в воде во взвешенном состоянии.

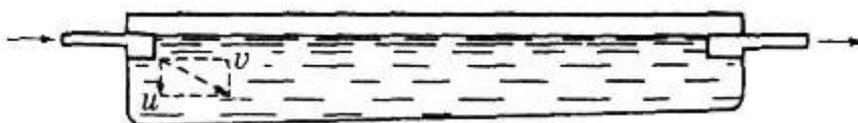


Схема горизонтального отстойника

Недостатком естественного осаждения взвеси в отстойниках является длительность этого процесса, при котором не обеспечивается осаждение основной части мелкой взвеси и всех коллоидных частиц. С целью ускорения и повышения эффективности выпадения взвешенных веществ и удаления коллоидных веществ в отстойниках перед отстаиванием производится коагуляция воды.

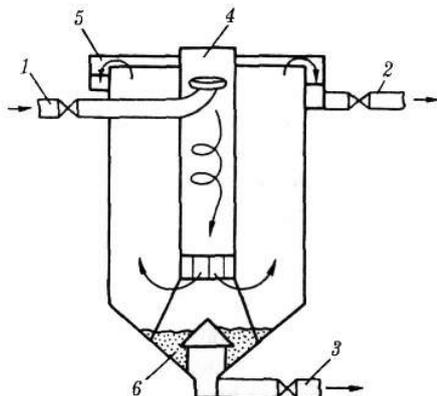


Схема вертикального отстойника:

- 1 - подача воды;
- 2 - отвод воды;
- 3 - сброс осадка;
- 4 - камера хлопьеобразования;
- 5 - кольцевой сборный лоток;
- 6 - отражательный конус.

Коагуляцией называется процесс укрупнения, агрегации коллоидных и тонко диспергированных примесей воды, происходящий вследствие взаимного слипания под действием сил молекулярного притяжения. Процесс коагуляции завершается образованием видимых невооруженным глазом агрегатов - хлопьев.

Коагуляция происходит под влиянием химических реагентов - коагулянтов, к которым относятся соли алюминия (алюминия сульфат $Al_2(SO_4)_3$) и железа (железа сульфат, железа хлорид). Для ускорения процесса коагуляции применяют вещества флокулянты.

Фильтрация - это следующий после коагуляции и отстаивания процесс для освобождения воды от взвешенных веществ, оставшихся после первых этапов очистки. Сущность фильтрации заключается в пропуске воды через мелкопористый материал, на поверхности, в верхнем слое или в толще которого задерживаются взвешенные частицы.

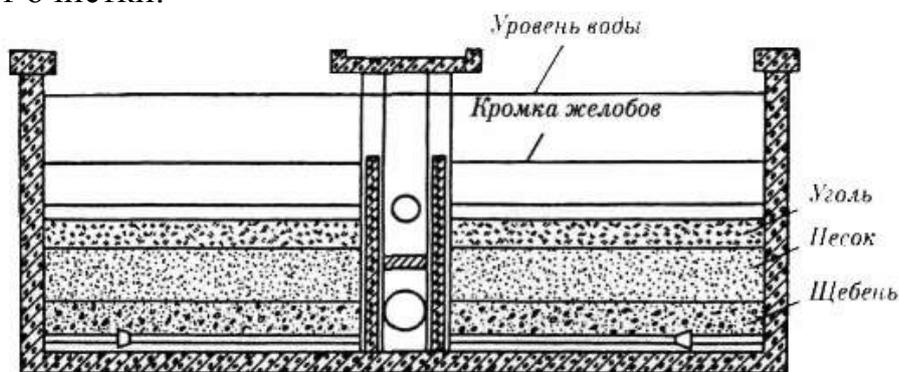
Фильтр представляет собой железобетонный резервуар, заполненный фильтрующим материалом обычно в два слоя. В качестве фильтрующего материала используют кварцевый песок, антрацитовую крошку, керамзит (дробленный и недробленный), некоторые вулканические шлаки, пенополистирол и другие.

Существует два метода *фильтрации воды*.

1. **Пленочная фильтрация** предполагает образование биологической пленки из ранее задержанных примесей в верхнем слое фильтрующей загрузки. В начале, вследствие механического осаждения частиц взвеси и их прилипания к поверхности загрузочного материала (например, песка), уменьшается размер пор. Затем на поверхности песка развиваются водоросли, бактерии и другие

живые организмы, дающие начало илистому, состоящему из минеральных и органических веществ осадку (биологическая пленка). Пленка достигает толщины 0,5-1 мм и более. Она играет решающую роль в работе медленных фильтров, задерживает мельчайшие взвеси, 95-99 бактерий, обеспечивает снижение на 20-45 % окисляемости и на 20 % цветности.

2. *Объемная фильтрация* осуществляется на скорых фильтрах и представляет собой физико-химический процесс, при котором механические примеси воды проникают в толщу фильтрующей загрузки и адсорбируются на поверхности ее частиц и хлопьев коагулянта. В результате уменьшения размеров пор возрастает сопротивление загрузки при фильтровании и потеря напора. В процессе объемной фильтрации задерживается около 95% бактерий. Скорые фильтры, пропуская большее количество воды, быстро засоряются и чаще требуют очистки.



Двухслойный фильтр

Для очистки вод с незначительной мутностью и высоким содержанием органических соединений, которые плохо поддаются обработке в отстойниках и осветлителях, эффективным методом очистки является флотация.

Флотация - это процесс, сущность которого заключается в том, что коллоидные и дисперсные примеси соединяются с пузырьками воздуха, тонко диспергированного в воде. Комплексы, которые образуются при этом, всплывают и образуют пену на поверхности флотационного устройства. Снижение поверхностного натяжения на границе вода-воздух приводит к повышению эффективности очистки воды методом флотации. Для этого в воду добавляют поверхностно-активные вещества (флотореагенты).

В случае организации централизованной подачи питьевой воды в небольшие объекты (поселки, пансионаты, дома отдыха и т.д.) при использовании в качестве источника водоснабжения поверхностных водоемов для очистки воды могут применяться компактные сооружения небольшой производительности. В их состав входят: трубчатый отстойник, фильтр с зернистой загрузкой, оборудование для приготовления и дозирования реагентов и бак для промывной воды.

На современных станциях очистки воды в случае использования реагентных технологических схем ввод химических реагентов в обрабатываемую воду осуществляется системами автоматического дозирования. Они включают емкости реагентов, дозирующие насосы с микропроцессорными регуляторами и впрыскивающие клапаны.



Дозирующий насос химических реагентов с микропроцессорным регулятором и впрыскивающим клапаном

Методы обеззараживания воды

Обеззараживание (дезинфекция) питьевой воды осуществляется с целью обеспечения эпидемической безопасности питьевой и предотвращения передачи через воду возбудителей инфекционных заболеваний. Обеззараживание направлено на уничтожение патогенных и условно-патогенных микроорганизмов. В целях обеззараживания применяют *реагентные* (химические) и *безреагентные* (физические) методы.

Реагентные методы основаны на использовании сильных окислителей (хлора, хлорсодержащих веществ, озона), ионов серебра и других веществ.

К безреагентным методам относятся: ультрафиолетовое облучение, воздействие ультразвука, вакуума, радиоактивное излучение то есть физические методы, а также термическая обработка. На водопроводах обычно обеззараживание воды осуществляется на последнем этапе ее очистки перед поступлением в резервуары чистой воды и разводящую водопроводную сеть. Выбор конкретного метода обеззараживания зависит от качества и количества исходной воды, методов ее предварительной очистки, условий поставки реагентов и других факторов.

Хлорирование - обработка питьевой воды водным раствором хлора с целью ее обеззараживания. Этот метод стал наиболее широко распространен среди всех методов обеззараживания воды. Это связано с относительной дешевизной хлора, несложностью используемого оборудования и надежностью обеззараживающего действия.

При обычных температуре и давлении хлор - газ желто-зеленого цвета с резким специфическим запахом. Раздражает слизистые оболочки, глаза, относится к сильнодействующим ядовитым веществам (СДЯВ) и при выбросе в воздух способен вызвать отравления людей.

Хлор можно использовать для обеззараживания воды на различных сооружениях - от шахтного колодца до крупного водопровода. В целях обеззараживания воды могут применяться газообразный хлор (доставляется в баллонах в жидком состоянии), хлорная известь, гипохлорит кальция, хлорамины, двуокись хлора и другие хлорсодержащие вещества.

Основными условиями действия хлора являются: тщательное освобождение воды от взвешенных веществ, достаточная доза хлора, полное и быстрое перемешивание хлора со всем объемом обеззараживаемой воды и

контакт хлора с водой не менее 30-60 мин времени, необходимого для проявления бактерицидного действия. Для обеспечения надежного обеззараживания необходимо ввести его такое количество, чтобы покрыть всю хлорпоглощаемость воды и получить некоторый избыток свободного активного хлора. Об успешности хлорирования воды судят по остаточному активному хлору. Установлено, что дозы хлора в воде 1-3 мг/л обычно обеспечивают достаточный бактерицидный эффект. При этом содержание *остаточного свободного хлора* в воде после резервуаров чистой воды должно быть в пределах 0,3-0,5 мг/л. Такое хлорирование называется обычным, или хлорированием с учетом хлорпотребности.

Хлорпоглощаемость воды - количество хлора, которое при хлорировании 1 л воды расходуется на окисление органических, легкоокисляющихся неорганических веществ и обеззараживание бактерий в течение 30 минут.

Хлорпотребность воды - общее количество хлора, необходимое для удовлетворения хлорпоглощаемости воды и обеспечения наличия необходимого количества остаточного хлора.

Виды хлорирования

Разновидностью хлорирования на водопроводах являются двойное хлорирование и суперхлорирование (перехлорирование).

При *двойном хлорировании* хлор вводится в воду дважды: первый раз в смеситель перед отстойниками и второй - после фильтров, применяется, например, в случае использования для питьевого водоснабжения речной воды с высокой бактериальной загрязненностью.

Суперхлорирование - хлорирование воды избыточными дозами хлора (5-20 мг/л) при остаточном содержании активно: до 1-5 мг/л. Применяется временно при резких колебаниях бактериальной загрязненности воды, в случае особой эпидемической обстановки и при невозможности обеспечить достаточный контакт воды с хлором.

При наличии высокого содержания остаточного хлора вода считается непригодной непосредственно для употребления и требует последующего дехлорирования ее химическими веществами (гипосульфит или сернистый газ) или сорбционным методом (активированный уголь).

Одним из способов обеззараживания воды является *аммонизация (хлорирование с преаммонизацией)*, при которой в воду последовательно вводят сначала аммиак, а затем хлор. Хлорирование с преаммонизацией используют с целью предотвращения появления специфических запахов в случае хлорирования воды, содержащей фенол или бензол, а также для пресечения образования канцерогенных веществ (хлороформ и др.) во время хлорирования воды при наличии в ней гуминовых и других веществ.

Несмотря на положительные стороны применения хлора для обеззараживания питьевой воды, в последние годы выявлены и отрицательные последствия хлорирования воды для здоровья населения.

В результате реакции хлора с находящимися в воде гуминовыми соединениями, продуктами жизнедеятельности некоторых организмов и

веществами техногенного происхождения в воде могут образовываться высокотоксичные, канцерогенные и мутагенные вещества. К ним относятся: тригалометаны (ТГМ), в том числе хлороформ, бромформ, дибромхлорметан и другие.

Необходимо учитывать, что некоторые из образующихся в воде вредных веществ поступают в организм не только в процессе употребления воды и пищевых продуктов (энтерально), но и через неповрежденную кожу во время принятия душа, ванны, плавания в бассейне. Поэтому важным направлением в решении назревшей проблемы является применение других, альтернативных хлорированию, способов обеззараживания питьевой воды.

Озонирование - обработка воды озоном для уничтожения микроорганизмов и устранения неприятных запахов.

Озон (O_3) - газ голубоватого цвета со специфическим запахом, очень хорошо растворим в воде. Обладает высокой окислительной способностью, которая обуславливает его бактерицидность. Действует на протоплазму микроорганизмов, уничтожает вирусы (в частности, полиомиелита).



Озонатор – аппарат (генератор) для получения озона, используемого с целью обеззараживания воды

Озонирование по сравнению с хлорированием имеет следующие основные преимущества:

- надежное обеззараживание достигается в течение нескольких минут, при этом озон эффективнее хлора обеззараживает воду от споровых форм бактерий и возбудителей вирусных инфекций;
- озон, а также продукты его соединения с веществами, находящимися в воде, не имеют вкуса и запаха;
- происходит обесцвечивание воды и устранение ранее имевшихся запахов различного происхождения;
- избыточный озон через несколько минут превращается в кислород, выделяющийся в атмосферный воздух, и поэтому не оказывает влияния на организм человека;
- при этом значительно меньше, чем при хлорировании образуется новых токсических веществ;
- процесс озонирования в меньшей степени, чем хлорирование зависит от рН, мутности, температуры и других свойств воды;
- производство озона на месте избавляет от необходимости доставки и хранения реагентов.

Недостатки озонирования. Озон является взрывоопасным и токсичным реагентом, это более дорогой способ по сравнению с хлорированием. Быстрое разложение в отработанной воде (за 20-30 минут) ограничивает его применение, после озонирования нередко наблюдается значительный рост микрофлоры вследствие реактивации бактерий и вторичного загрязнения. Даже высокие дозы озона (20 мг/л) и длительная экспозиция (1,5-2 часа) не обеспечивают полностью эффективное обеззараживание в отношении бактериальных спор. При обработке воды озоном могут образовываться побочные токсичные продукты: броматы, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты и др. соединения. Эти продукты могут вызывать мутагенный и другие неблагоприятные эффекты.

Обеззараживание воды ионами серебра основано на олигодинамическом действии этого металла. Серебро обладает свойством консервировать воду на длительное время. Согласно опубликованным данным, вода, обработанная серебром в концентрации 0,1 мг/л, сохраняет высокие санитарно-гигиенические показатели в течение года и более.

Обеззараживание серебром осуществляется непосредственно путем обеспечения контакта воды с поверхностью металла или в результате растворения солей серебра в воде электролитическим способом. Во втором случае используются ионаторы, обеспечивающие растворение серебра под действием постоянного электрического тока.

Ионаторы используют для обеззараживания воды на крупных судах. Высокую оценку воде, обработанной серебром, дали космонавты. Практика показала, что обработка бортовых запасов питьевой воды серебром обеспечивает сохранность ее органолептических и гигиенических свойств в условиях космических полетов различной продолжительности. Серебро оказалось также прекрасным консервантом минеральной воды. Поэтому на престижных предприятиях по производству безалкогольных напитков минеральную воду обеззараживают серебром.

Однако несмотря на богатую информацию об антимикробных свойствах серебра, широкое его внедрение в практику водоснабжения сдерживалось по различным причинам, в том числе недостаточными сведениями о его токсичности.

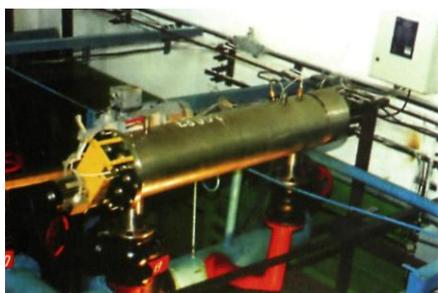
Ультрафиолетовое облучение. Бактерицидное действие ультрафиолетовых (УФ) лучей, широко известно и неоднократно доказано в экспериментах. УФ лучи проникают через 25 см слой прозрачной и бесцветной воды. Под воздействием УФ излучения в клетках находящихся в воде микроорганизмов происходят необратимые процессы, вызывающие нарушение молекулярных и межмолекулярных связей. Это приводит к денатурации (разрушению) белков клеток протоплазмы, в частности, к повреждению ДНК, РНК, клеточных мембран, и как следствие, к гибели микроорганизмов. Образующиеся под воздействием УФ излучения короткоживущие молекулы

озона, атомарный кислород, свободные радикалы и гидроксильные группы дополнительно воздействуют на находящиеся в воде микроорганизмы.

Метод УФ обеззараживания не изменяет химического состава и органолептических качеств воды. Достоинством метода является также быстрота обеззараживания (несколько секунд) и отсутствие запаха и привкуса при использовании ультрафиолетовых лучей. Лучи пагубно воздействуют не только на вегетативные формы патогенных бактерий, которые погибают после облучения в течение 1-2 мин, но также на устойчивые к хлору споры, вирусы и яйца гельминтов. Многочисленные исследования показали отсутствие вредных эффектов даже при дозах УФ облучения, намного и превышающих практически необходимые. Следовательно, в отличие от технологии хлорирования и озонирования, принципиально отсутствует опасность передозировки УФ облучения. В то же время имеются сведения о том, что если доза УФ излучения выбрана правильно, активация микроорганизмов не наблюдается, что позволяет применять УФ обеззараживание без последующего ввода консервирующих доз хлора.

Технология обеззараживания воды УФ облучением является наиболее простой в реализации и обслуживании. Для обеззараживания воды УФ облучением характерны незначительные затраты электроэнергии (в 3-5 ниже, чем при озонировании) и отсутствие потребности в дорогостоящих реактивах.

Для обеззараживания воды применяют установки с ртутно-кварцевыми лампами высокого давления и аргоно-ртутные лампы низкого давления. Лампы помещаются над потоком облучаемой воды или в самой воде. В первом случае они снабжены отражателем для направленного облучения, во втором лучи распространяются по окружности во все стороны.



Установка УФ обеззараживания питьевой воды

Несмотря на многие положительные стороны использования ультрафиолетового облучения для обеззараживания питьевой воды, необходимо учитывать, что повышенные мутность, цветность и соли железа уменьшают проницаемость воды для бактерицидных УФ лучей. Поэтому для обеззараживания УФ облучением в большей степени пригодны воды из подземных источников с содержанием железа не более 0,3 мг/л, невысокими мутностью и цветностью. При необходимости УФ обеззараживания воды из поверхностных и некоторых подземных источников требуется ее предварительная очистка (осветление, обесцвечивание, обезжелезивание и др.).

Обеззараживание воды ультразвуком. Бактерицидное действие ультразвука объясняется, в основном, механическим разрушением клеточной оболочки бактерий в ультразвуковом поле. При этом бактерицидный эффект

связан с интенсивностью ультразвуковых колебаний и не зависит от мутности (до 50 мг/л) и цветности. Эффект обеззараживания распространяется не только на вегетативные, но и на споровые формы микроорганизмов.

Для получения необходимых для обеззараживания воды ультразвуковых колебаний используют пьезоэлектрические и магнитострикционные устройства. Продолжительность обеззараживающего действия ультразвука длится секунды.

Обеззараживание воды вакуумом предусматривает обеззараживание бактерий и вирусов пониженным давлением. При этом полный бактерицидный эффект может быть достигнут за 15-20 мин.

Радиационное обеззараживание воды. Ионизирующим (проникающим) излучением называется коротковолновое рентгеновское и γ -излучение, поток высокоэнергетических заряженных частиц (электроны, протоны, дейтроны, α -частицы и ядра отдачи), а также быстрых нейтронов (частицы, не имеющие зарядов). Взаимодействуя с электронными оболочками атомов и молекул среды, они передают им часть своей энергии, производя ионизацию молекул. Освободившиеся при этом электроны, как правило, обладают значительной энергией, которая расходуется на ионизацию еще нескольких молекул воды.

Ионизирующее излучение является мощным безреагентным фактором, действие которого приводит к гибели имеющихся в облучаемой воде болезнетворных микроорганизмов и ее обеззараживание. Первичные продукты радиолиза воды нарушают обмен веществ в бактериальной клетке.

Радиационная очистка и обеззараживание воды имеют следующие преимущества по сравнению с традиционными методами обработки:

- универсальность, то есть возможность обезвреживать многие органические и любые микробные загрязнители;
- высокую степень обеззараживания и очистки;
- высокую скорость обработки и возможность полной автоматизации.

Однако учитывая загрязнение водных объектов специфическими техногенными веществами и по другим причинам, практическое распространение получают комбинированные методы, когда радиационная обработка воды используется совместно с традиционными методами обеззараживания (хлорированием или озонированием).

Термическое обеззараживание воды применяется в основном для обеззараживания небольшого количества воды в детских учреждениях (школах, дошкольных учреждениях, пионерских и летних лагерях), санаториях, больницах, на судах, а также в домашних условиях.

Установлено, что полное обеззараживание воды (уничтожение всех видов и форм болезнетворных микроорганизмов) достигается только в результате кипячения воды в течение 5-10 минут. Однако нужно учитывать, что кипяченая вода лишена не только болезнетворных, но и сапрофитных, безвредных или даже полезных для человека микроорганизмов. В такой воде легко размножаются попавшие в нее уже после кипячения и охлаждения

микроорганизмы, что приводит к быстрому ухудшению ее качества. Поэтому кипяченую воду следует сохранять в плотно закрытых емкостях в прохладном месте не более 24 часов.

Дополнительные (специальные) методы обработки воды

В практике хозяйственно-питьевого водоснабжения специальные методы очистки питьевой воды в основном применяют с целью нормализации ее солевого состава, удаления привкуса, запаха, удаления радиоактивных веществ и т.д.

Все методы нормализации минерального состава воды могут быть разделены на две группы:

1. Удаление из воды лишних солей, других веществ, в том числе газов (умягчение, опреснение, обессоливание, обезжелезивание, дезодорация, дезактивация, дефторирование и др.).

2. Добавление в воду различных солей с целью улучшения ее органолептических качеств и увеличение содержания микроэлементов при недостатке их содержания в воде и продуктах питания.

Отсутствие привкуса и запаха — одно из основных требований, предъявляемых к питьевой воде. Наиболее частыми причинами запаха являются присутствие в ней сероводорода, развитие и отмирание водной растительности, в том числе водорослей («цветение» водоемов и воды в водоочистных сооружениях) и попадание в водные объекты органических соединений промышленных сточных вод.

Дезодорация - удаление привкуса и запаха воды. Достигается аэрацией воды, обработкой ее окислителями (озонирование, диоксида хлора и больших доз хлора), фильтрацией через слой активированного угля. Выбор методов дезодорации зависит от происхождения привкусов и запахов.

Большие дозы хлора разрушают присутствующие в воде органические вещества и устраняют запахи и привкусы. Однако при этом появляется запах хлора в воде, что требует процесса *дехлорирования*. Поэтому целесообразным считается применение озона, который не только обеззараживает и обесцвечивает воду, но одновременно разрушает вещества, придающие ей запах.

В борьбе с возникшим запахом эффективно применение активированного угля, который обладает большой адсорбционной способностью. Целесообразно применять активированный уголь в виде порошка, добавляемого к воде на водоочистных сооружениях перед фильтром. Образуя пленку на фильтре, уголь адсорбирует вещества, обуславливающие запах, привкус и цветность воды.

Природная повышенная жесткость и солесодержание питьевой воды является проблемой во многих регионах. Поэтому для улучшения качества питьевой воды, подаваемой населению, необходимо производить дополнительную ее очистку специальными методами.

Умягчение - снижение природной жесткости путем удаления катионов кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}). Умягчение обеспечивается методами: нагревания (кипячения), реагентными, ионного обмена, или катионитными.

Опреснение воды - это частичное ее обессоливание. Под опреснением в широком смысле слова понимается также осаждение из морских и засоленных вод содержащихся в них солей до установленных норм. Разработаны сооружения для опреснения морских вод, способные обеспечить населенные пункты с числом жителей 100-150 тыс. человек. Установки по опреснению морской воды имеются и применяются на некоторых морских судах, включая подводные лодки.

Опреснение - уменьшение количества солей, содержащихся в природных водах, до уровня, отвечающего требованиям качества питьевой воды (то есть не более 1000 г/л).

Обессоливание - полное или почти полное удаление из воды растворенных в ней солей.

К наиболее современным прогрессивным методам мембранной очистки следует отнести использование волоконных мембран фильтров тонкой очистки. Волокна мембран выполнены из полипропилена. Примененные на очистном комплексе мембраны позволяют задерживать все химические и биологические загрязнения размером более 0,1 мкм (включая криптоспоридии и лямблии).

Представляют интерес опреснительные установки, работающие с помощью возобновляемых источников природной энергии. К таким энергетическим ресурсам относятся солнечная радиация и ветер

Гелиоопреснители в основном представляют собой установки парникового типа. Они состоят из бассейна небольшой глубины, стены и дно которого имеют хорошую теплоизоляцию. Сверху бассейн герметично закрывается прочным и прозрачным материалом (например стеклом).



Солнечная радиация проникает сквозь покрытие, нагревает соленую воду, которая испаряется. Во внутреннем пространстве опреснителя образуется паровоздушная смесь. При соприкосновении с более холодным стеклом водяной пар конденсируется, а капли дистиллята стекают в специальные желоба-сборники. Установлено, что с каждого квадратного метра поверхности испарения ежедневно в среднем получают около 2 л опресненной воды.

В настоящее время опреснители работают более чем в 100 странах мира, расположенных в различных географических районах, но прежде всего это касается засушливых (аридных) зон планеты.

Обезжелезивание - снижение содержания железа до нормативного уровня. Повышенная концентрация железа встречается чаще всего в глубоких подземных водах. Железо придает воде специфический металлический, чернильный привкус, делает ее мутной и цветной. Обезжелезивание подземных вод наиболее часто производится безреагентными, аэрационными методами.

Обезжелезивание поверхностных вод осуществляется реагентными методами с использованием сульфата алюминия, извести и хлора.

Дефторирование - удаление фтора из воды. Применяется при содержании фтора в воде более 1,5 мг/л. Это может быть в случае использования богатых фтором вод из подземных источников.

При использовании для водоснабжения населенного пункта нескольких скважин с различным содержанием фтора в ряде случаев нормализация концентрации этого элемента в водопроводной воде может быть достигнута смешиванием в оптимальных соотношениях воды из разных водоисточников.

Фторирование - введение фтора в воду. Применяется с целью профилактики кариеса.

В результате проведения многолетних исследований пришли к выводу о том, что фторирование воды хозяйственно-питьевого назначения показано в эндемичных по гипофторозу местностях (биогеохимических провинциях) с низким содержанием фтора в окружающей среде только при его суммарном поступлении и организм с питьевой водой и пищевыми продуктами менее 80% минимально безопасной величине потребления. Эта величина составляет 0,5 мг/сут у детей 1-3 года, 1,0 мг/л - у детей 4-6 лет и 1,5 мг/л - у детей старше 7 лет, подростков и взрослых. Дополнительными показаниями является высокая пораженность коренного населения кариесом зубов при наличии проявлений гипофтороза.

Дезактивация - удаление из воды радиоактивных веществ (РВ).

Радиоактивность воды можно снизить в результате обычных способов ее обработки на водоочистных сооружениях. Так, коагуляция, отстаивание и фильтрация снижают содержание радиоактивных веществ в ней на 70-80%. Эффект дезактивации можно повысить за счет увеличения рН воды, применение коагулята.

Установки по очистке воды в домашних условиях

В домашних условиях применяются разнообразные компактные установки по очистке воды.

Фильтрующий кувшин



Плюсы: фильтр-кувшин очень прост в использовании, не требует подключения к водопроводу, процесс очистки не нужно контролировать.

Минусы: небольшой объем очищенной воды (от 1 до 2 л), низкая скорость очистки.

Отличный абсорбент - уголь - поглощает хлор, хлорорганические и органические загрязнения, а дополнительная обработка его серебром предотвращает размножение бактерий.

И фильтр, и чайник



Вполне естественным решением было объединить в одном сосуде, чайник и фильтр для наполняющей его воды. Электрочайник соединяет в себе функции фильтрации и смягчения воды, с фильтрами очистки воды, позволяющими максимально быстро и качественно очистить водопроводную воду от хлора и других примесей, препятствуя образованию накипи.

Насадка на кран

Принцип действия: водоочиститель надевается непосредственно на кран, вода подается в него под давлением.

Плюсы: невысокая цена, удобен для использования.

Минусы: низкая производительность (0,3-0,5 л/мин), необходимо использовать емкость для хранения очищенной воды. Если фильтр не снабжен переключателем, придется включать и выключать его каждый раз вручную.

Практическая работа №1

Определение потребной дозы коагулянта

Рабочая доза коагулянта зависит от температуры воды, рН, мутности, окраски, величины устранимой жесткости. Чем больше жесткость, тем больше требуется

коагулянта. Однако при избытке коагулянта часть его остается неразложенной, вода становится мутной, приобретает кислый вкус. В очень мягкой воде коагуляция протекает плохо, т.к. не происходит достаточного образования хлопьев гидроксида алюминия оседающих на дно. В таких случаях прибавляют к воде гидрокарбонат калия или известь, чтобы повысить устранимую жесткость и обеспечить хлопьеобразование.

Ход определения:

В три стакана наливают по 200 мл загрязненной воды. В первый стакан приливают 2 мл 1% раствора сернокислого алюминия, во второй - 3 мл, в третий

- 4 мл. Содержимое стаканов перемешивают стеклянной палочкой в течение 1-1.5 минут и оставляют на 20-30 минут, наблюдая за ходом коагуляции. Для расчета выбирают тот стакан, где реакция выражена лучше при наименьшем количестве коагулянта. Если коагуляция протекает вяло, с незначительным образованием мелких хлопьев, воду подщелачивают путем добавления в каждый стакан 1% раствора соды в количествах, наполовину меньших, чем взято коагулянта.

Практическая работа №2

Выбор дозы хлора («трехстаканная проба»)

В три стакана наливают по 200 мл воды. В первый стакан добавляют 2 капли 1% раствора хлорной извести, во второй - 4 капли, в третий - 6 капель. Содержимое стаканов перемешивают стеклянной палочкой и оставляют на 30 минут. После этого определяют наличие свободного остаточного хлора. Для этого в каждый стакан добавляют 5 мл 5% раствора йодистого калия, 1 мл соляной кислоты

(в разведении 1:3) и 1 мл 1% раствора крахмала. Содержимое перемешивают. Появление синей окраски свидетельствует о наличии остаточного хлора в воде. Для расчета потребной дозы хлора выбирают тот стакан, в котором содержится 0,3-0,5 мг свободного хлора на 1 л воды. Количество остаточного хлора определяют путем титрования 0,01 н раствором гипосульфита до обесцвечивания.

СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

Ситуационная задача №1

Анализ воды

1. Прозрачность - 26 см
2. Цвет - слегка желтоватый
3. Запах - 3 балла
4. Мутность - 2,0 мг/л
5. Жесткость общая - 11,5 мг-экв/л
6. Соли аммония - 0,1 мг/л
7. Нитриты - 0,004 мг/л
8. Нитраты - 50,6 мг/л
9. Окисляемость - 7,3 мг/л
10. Хлориды - 54,7 мг/л
11. Сульфаты - 20,0 мг/л
12. Соли железа - 0,5 мг/л
13. Фтор - 0,4 мг/л
14. Коли-индекс - 4
15. Количество бактерий в 1 мл - 450

Вопросы:

1. Какие показатели характеризуют химическое загрязнение воды?
2. Оценить давность загрязнения воды.
3. Предложите методы улучшения качества питьевой воды.

Эталон ответа

1. Вода не пригодна для питья по всем органолептическим показателям, по физико-химическим (высокая общая жесткость, повышено содержание солей аммония, нитратов, высокая окисляемость, повышено содержание железа, недостаточное содержание фтора) и бактериологическим показателям. Наличие β-мезосапробов говорит о том, что это водоем среднего загрязнения, где содержание органических веществ сравнительно небольшое и распад их доходит до полной минерализации.
2. Азотсодержащие вещества, окисляемость.
3. Загрязнение давнее, т.к. содержание солей аммония и нитритов в норме.
4. Сапробность - способность водных организмов развиваться при определенном содержании в воде органических веществ и продуктов их распада.
5. Воду необходимо подвергнуть очистке, обеззараживанию (нормальными дозами хлора). Из дополнительных методов необходимы умягчение, обезжелезивание, фторирование.

КОНТРОЛЬНО-ОБУЧАЮЩИЕ ТЕСТЫ

1. НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫЙ СПОСОБ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ВОДОПРОВОДНОЙ СТАНЦИИ:

- а) хлорирование;
- б) УФ-облучение;
- в) озонирование.

2. ПРИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ХЛОРСОДЕРЖАЩИМИ ПРЕПАРАТАМИ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ МОГУТ:

- а) улучшаться;
- б) ухудшаться;
- в) не изменяться.

3. К ФИЗИЧЕСКИМ МЕТОДАМ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ОТНОСЯТСЯ:

- А) ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА;
- б) УФО;
- в) кипячение;
- г) УЗК;
- д) олигодинамическое действие серебра.

4. СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ:

- а) дезактивация;
- б) осветление;
- в) дезодорация;
- г) дегазация;
- д) очистка.

5. ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ДОЗЫ ХЛОРА ПРИ ХЛОРИРОВАНИИ НОРМАЛЬНЫМИ ДОЗАМИ:

- а) 1-5 мг/л;
- б) 10-15 мг/л;
- в) 20-30 мг/л.

6. МЕТОДЫ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ:

- а) коагулирование;
- б) хлорирование;
- в) фторирование;
- г) озонирование;
- д) обработка ультрафиолетовыми лучами.

7. ПОКАЗАНИЯМИ К ПРИМЕНЕНИЮ СПОСОБА ХЛОРИРОВАНИЯ С ПРЕАММОНИЗАЦИЕЙ ЯВЛЯЮТСЯ:

- а) высокое микробное загрязнение;
- б) предупреждение провоцирования запахов;
- в) неблагоприятная эпидобстановка по кишечным инфекциям;
- г) протяженная водопроводная сеть;
- д) невозможность обеспечения достаточного времени контакта воды с хлором.

8. ПРЕИМУЩЕСТВА ОЗОНА ПЕРЕД ХЛОРОМ ПРИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ:

- а) улучшает органолептические свойства воды;
- б) улучшает органолептические свойства воды и требует меньшего времени контакта;
- в) улучшает органолептические свойства воды, требует меньшего времени контакта, более эффективен по отношению к патогенным простейшим.

9. ПРИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ УФ-ИЗЛУЧЕНИЕМ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ МОГУТ:

- а) улучшаться;
- б) ухудшаться;
- в) не изменяться.

10. ПРИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИИ ВОДЫ ХЛОРСОДЕРЖАЩИМИ ПРЕПАРАТАМИ ЕЕ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА:

- а) ухудшаются;
- б) не изменяются;
- в) улучшаются.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как классифицируются методы повышения качества питьевой воды?
2. Как производится коагуляция воды? Какие вы знаете коагулянты?
3. Как производится отстаивание воды?
4. Какие вы знаете фильтры, чем они отличаются друг от друга?
5. Охарактеризуйте реагентные способы обеззараживания питьевой воды.
6. Перечислите методы хлорирования. Каковы преимущества и недостатки каждого из них?
7. Что такое хлорпоглощаемость и хлорпотребность воды?
8. В чем заключается гигиеническое значение содержания в питьевой воде остаточного хлора?
9. Как производится определение содержания активного хлора в хлорной извести?
10. Как производится определение дозы хлорной извести по остаточному хлору?
11. Охарактеризуйте физические методы улучшения качества питьевой воды.
12. Какие вы знаете дополнительные методы повышения качества питьевой воды?
13. Проведите сравнительную оценку физических и химических методов улучшения качества питьевой воды.
14. Какие вам известны комбинированные методы повышения качества питьевой воды

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Румянцев Г.И. Гигиена XXI век, М., 2009.
2. Пивоваров Ю.П., Королик В.В., Зиневич Л.С. Гигиена и основы экологии человека. М., 2008.
3. Лакшин А.М., Катаева В.А. Общая гигиена с основами экологии человека: Учебник. – М.: Медицина, 2004 (Учеб. лит. для студентов мед. вузов).
4. Пивоваров Ю.П. Руководство к лабораторным занятиям и основами экологии человека, 2008 г.
5. Катаева В.А., Лакшин А.М. Руководство к практическим и самостоятельным занятиям по общей гигиене и основам экологии человека. М.: Медицина, 2012

Дополнительная литература:

1. Авчинников А.В. Гигиеническая оценка современных способов обеззараживания питьевой воды// Гигиена и санитария. - 2001.-С. 11-20.
2. Красовский Г.Н., Егорова Н.А. Хлорирование воды как фактор повышенной опасности для здоровья населения// гигиена и санитария – 2003. - №1.
3. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

