



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Государственное бюджетное  
профессиональное образовательное  
учреждение  
«Кстовский нефтяной техникум имени  
Бориса Ивановича Корнилова»

ОП-04-18

Система менеджмента качества  
образовательного учреждения

Технический отчет

# Проектная работа по дисциплине химия

По теме: «Современные способы обеззараживания воды»

ВЫПОЛНИЛ:

СТУДЕНТ ГРУППЫ 2018-ТНГ-74Д

ПАХОМЫЧЕВ АНДРЕЙ

# План

## Введение

- ▶ 1. Гигиенические задачи обеззараживания питьевой воды.
- ▶ 2. Реагентные (химические) методы обеззараживания питьевой воды.
- ▶ 2.1 Хлорирование.
- ▶ 2.1.1 Хлор.
- ▶ 2.1.2 Диоксид хлора.
- ▶ 2.1.3 Гипохлорит натрия.
- ▶ 2.1.4 Хлорсодержащие препараты.
- ▶ 2.2 Озонирование.
- ▶ 2.3 Другие реагентные способы дезинфекции воды.
- ▶ 3. Физические методы обеззараживания питьевой воды.
- ▶ 3.1 Кипячение.
- ▶ 3.2 Электроимпульсный способ.
- ▶ 3.3 Ультрафиолетовое облучение.
- ▶ 3.4 Радиационное обеззараживание.
- ▶ 3.5 Обеззараживание ультразвуком.
- ▶ 3.6 Другие физические методы.
- ▶ 4. Комплексное обеззараживание.
- ▶ Заключение.

# Введение

- ▶ Среди многих отраслей современной техники, направленных на повышение уровня жизни людей, благоустройства населенных мест и развития промышленности, водоснабжение занимает большое и почетное место. Ведь вода – это неременная часть всех живых организмов, жизнедеятельность которых без воды невозможна. Для нормального течения физиологических процессов в организме человека и для создания благоприятных условий жизни людей очень важно гигиеническое значение воды. В настоящее время обеспечение населения водой высокого качества стало настоящей проблемой.
- ▶ Проблема питьевого водоснабжения затрагивает очень многие стороны жизни человеческого общества в течение всей истории его существования. В настоящее время это проблема социальная, политическая, медицинская, географическая, а также инженерная и экономическая. На питьевые и бытовые потребности населения, коммунальных объектов, лечебно-профилактических учреждений, а также на технологические нужды предприятий пищевой промышленности расходуется около 5-6% общего водопотребления. Технически обеспечить подачу такого количества воды нетрудно, но потребности должны удовлетворяться водой определённого качества, так называемой питьевой водой.
- ▶ Питьевая вода – это вода, отвечающая по своему качеству в естественном состоянии или после обработки (очистки, обеззараживания) установленным нормативным требованиям и предназначенная для питьевых и бытовых нужд человека. Основные требования к качеству питьевой воды: быть безопасной в эпидемическом и радиационном отношении, быть безвредной по химическому составу, обладать благоприятными органолептическими свойствами. Для удовлетворения этих требований в настоящее время используется целый комплекс мер по подготовке питьевой воды.

# Введение

- ▶ Конечно, в реках и других водоёмах происходит естественный процесс самоочищения воды. Однако он протекает очень медленно. Реки уже давно не справляются со сбросами сточных вод и другими источниками загрязнения. А ведь уровень бактерицидного воздействия в сточных водах часто превышает норму в тысячи и миллионы раз. Стоки попадают в реки и озёра, а большинство городских водоканалов берут воду именно из них. Таким образом, обязательными процессами в подготовке питьевой воды являются качественная очистка и обеззараживание сточных вод.
- ▶ Обеззараживанием воды называется процесс уничтожения находящихся там микроорганизмов. В процессе первичной очистки вод задерживаются до 98% бактерий. Но среди оставшихся бактерий, а также среди вирусов могут находиться патогенные (болезнетворные) микробы, для уничтожения которых нужна специальная обработка воды – её обеззараживание.
- ▶ При полной очистке поверхностных вод обеззараживание необходимо всегда, а при использовании подземных вод – только тогда, когда микробиологические свойства исходной воды этого требуют. Но на практике использование для питья и подземных, и поверхностных вод практически всегда без обеззараживания невозможно.

# 1. Гигиенические задачи обеззараживания питьевой воды.

- ▶ Вода природных источников питьевого водоснабжения, как правило, не соответствует гигиеническим требованиям к питьевой воде и требует перед подачей населению подготовки — очистки и обеззараживания.
- ▶ Очистка воды, включающая её осветление и обесцвечивание, является первым этапом в подготовке питьевой воды. В результате её из воды удаляются взвешенные вещества, яйца гельминтов и значительная часть микроорганизмов. Но часть патогенных бактерий и вирусов проникает через очистные сооружения и содержится в фильтрованной воде. Для создания надёжного и управляемого барьера на пути возможной передачи через воду кишечных инфекций и других не менее опасных болезней применяется её обеззараживание, т.е. уничтожение живых и вирулентных патогенных микроорганизмов – бактерий и вирусов. Ведь именно микробиологические загрязнения воды занимают первое место в оценке степени риска для здоровья человека. Сегодня доказано, что опасность заболеваний от присутствующих в воде болезнетворных микроорганизмов в тысячи раз выше, чем при загрязнении воды химическими соединениями различной природы. Поэтому обеззараживание до пределов, отвечающих установленным гигиеническим нормативам, является обязательным условием получения воды питьевого качества.
- ▶ В практике коммунального водоснабжения используют реагентные (хлорирование, озонирование, воздействие препаратами серебра), безреагентные (ультрафиолетовые лучи, воздействие импульсными электрическими разрядами, гамма-лучами и др.) и комбинированные методы обеззараживания воды. В первом случае должный эффект достигается внесением в воду биологически активных химических соединений. Безреагентные методы обеззараживания подразумевают обработку воды физическими воздействиями. А в комбинированных методах используются одновременно химическое и физическое воздействия.

# 1. Гигиенические задачи обеззараживания питьевой воды.

- ▶ При выборе метода обеззараживания следует учитывать опасность для здоровья человека остаточных количеств биологически активных веществ, применяемых для обеззараживания или образующихся в процессе обеззараживания, возможность изменения физико-химических свойств воды (например, образование свободных радикалов). Важными характеристиками метода обеззараживания являются также его эффективность в отношении различных видов микронаселения воды, зависимость эффекта от условий среды.
- ▶ При химических способах обеззараживания питьевой воды для достижения стойкого обеззараживающего эффекта необходимо правильно определить дозу вводимого реагента и обеспечить достаточную длительность его контакта с водой. Доза реагента определяется пробным обеззараживанием или расчетными методами. Для поддержания необходимого эффекта при химических способах обеззараживания питьевой воды доза реагента рассчитывается с избытком (остаточный хлор, остаточный озон), гарантирующим уничтожение микроорганизмов, попадающих в воду некоторое время после обеззараживания.
- ▶ При физических способах необходимо подвести к единице объема воды заданное количество энергии, определяемое как произведение интенсивности воздействия (мощности излучения) на время контакта.

# 2.1 Хлорирование

- ▶ Самый распространенный и проверенный способ дезинфекции воды – первичное хлорирование. В настоящее время этим методом обеззараживается 98,6 % воды. Причина этого заключается в повышенной эффективности обеззараживания воды и экономичности технологического процесса в сравнении с другими существующими способами. Хлорирование позволяет не только очистить воду от нежелательных органических и биологических примесей, но и полностью удалить растворенные соли железа и марганца. Другое важнейшее преимущество этого способа – его способность обеспечить микробиологическую безопасность воды при ее транспортировании пользователю благодаря эффекту последствия.
- ▶ Существенный недостаток хлорирования – присутствие в обработанной воде свободного хлора, ухудшающее ее органолептические свойства и являющееся причиной образования побочных галогенсодержащих соединений (ГСС). Большую часть ГСС составляют тригалометаны (ТГМ) – хлороформ, дихлорбромметан, дибромхлорметан и бромформ. Их образование обусловлено взаимодействием соединений активного хлора с органическими веществами природного происхождения. Этот процесс растянут по времени до нескольких десятков часов, а количество образующихся ТГМ при прочих равных условиях тем больше, чем выше рН воды. Для устранения примесей требуется доочистка воды на угольных фильтрах. В настоящее время предельно допустимые концентрации для веществ, являющихся побочными продуктами хлорирования, установлены в различных развитых странах в пределах от 0,06 до 0,2 мг/л и соответствуют современным научным представлениям о степени их опасности для здоровья.
- ▶ Для хлорирования воды используются такие вещества как собственно хлор (жидкий или газообразный), диоксид хлора и другие хлорсодержащие вещества.

# 2.1.1 Хлор

- ▶ Хлор является наиболее распространённым из всех веществ, используемых для обеззараживания питьевой воды. Это объясняется высокой эффективностью, простотой используемого технологического оборудования, дешёвизной применяемого реагента – жидкого или газообразного хлора – и относительной простотой обслуживания.
- ▶ Очень важным и ценным качеством использования хлора является его последствие. Если количество хлора взято с некоторым расчетным избытком, так чтобы после прохождения очистных сооружений в воде содержалось 0,3–0,5 мг/л остаточного хлора, то не происходит вторичного роста микроорганизмов в воде.
- ▶ Однако, хлор является сильнодействующим токсическим веществом, требующим соблюдения специальных мер по обеспечению безопасности при его транспортировке, хранении и использовании; мер по предупреждению катастрофических последствий в чрезвычайных аварийных ситуациях. Поэтому ведётся постоянный поиск реагентов, сочетающих положительные качества хлора и не имеющих его недостатков.
- ▶ Одновременно с обеззараживанием воды протекают реакции окисления органических соединений, при которых в воде образуются хлорорганические соединения, обладающие высокой токсичностью, мутагенностью и канцерогенностью. Последующая очистка воды на активном угле не всегда может удалить эти соединения. Кроме того, что эти хлорорганические соединения, обладающие высокой стойкостью, становятся загрязнителями питьевой воды, они, пройдя через систему водоснабжения и канализации, вызывают загрязнение рек вниз по течению.
- ▶ Присутствие в воде побочных соединений – один из недостатков использования в качестве дезинфектанта газообразного, а равно и жидкого хлора ( $Cl_2$ ).

## 2.1.2 Диоксид хлора

- ▶ В настоящее время для обеззараживания питьевой воды также предлагается применение диоксида хлора ( $\text{ClO}_2$ ), который обладает рядом преимуществ, таких как: более высокое бактерицидное и дезодорирующее действие, отсутствие в продуктах обработки хлорорганических соединений, улучшение органолептических качеств воды, отсутствие необходимости перевозки жидкого хлора. Однако диоксид хлора дорог и должен производиться на месте по достаточно сложной технологии. Его применение имеет перспективу для установок относительно небольшой производительности.
- ▶ Действие на болезнетворную флору  $\text{ClO}_2$  обусловлено не только высоким содержанием при реакции высвобождающегося хлора, но и образующимся атомарным кислородом. Именно это сочетание делает диоксид хлора более сильным обеззараживающим агентом. Кроме того, он не ухудшает вкус и запах воды. Сдерживающим фактором в использовании данного дезинфектанта до последнего времени была повышенная взрывоопасность, осложнявшая его производство, транспортировку и хранение. Однако современные технологии позволяют устранить этот недостаток за счет производства диоксида хлора непосредственно на месте применения.

## 2.1.3 Гипохлорит натрия

- ▶ Технология применения гипохлорита натрия ( $\text{NaClO}$ ) основана на его способности распадаться в воде с образованием диоксида хлора. Применение концентрированного гипохлорита натрия на треть снижает вторичное загрязнение, в сравнении с использованием газообразного хлора. Кроме того, транспортировка и хранение концентрированного раствора  $\text{NaClO}$  достаточно просты и не требуют повышенных мер безопасности. Также получение гипохлорита натрия возможно и непосредственно на месте, путем электролиза. Электролитический метод характеризуют малые затраты и безопасность; реагент легко дозируется, что позволяет автоматизировать процесс обеззараживания воды.

## 2.1.4 Хлорсодержащие препараты

- ▶ Применение для обеззараживания воды хлорсодержащих реагентов (хлорной извести, гипохлоритов натрия и кальция) менее опасно в обслуживании и не требует сложных технологических решений. Правда, используемое при этом реагентное хозяйство более громоздко, что связано с необходимостью хранения больших количеств препаратов (в 3–5 раз больше, чем при использовании хлора). Во столько же раз увеличивается объем перевозок. При хранении происходит частичное разложение реагентов с уменьшением содержания хлора. Остается необходимость устройства системы притяжно-вытяжной вентиляции и соблюдения мер безопасности для обслуживающего персонала. Растворы хлорсодержащих реагентов коррозионно-активны и требуют оборудования и трубопроводов из нержавеющей материалов или с антикоррозийным покрытием.
- ▶ Все большее распространение, особенно на небольших станциях водоподготовки, приобретают установки по производству активных хлорсодержащих реагентов электрохимическими методами. В России несколько предприятий предлагают установки типа «Санер», «Санатор», «Хлорэл-200» для производства гипохлорита натрия методом диафрагменного электролиза поваренной соли.
- ▶ питьевой водоснабжение обеззараживание.

## 2.2 Озонирование

- ▶ Преимущество озона (O<sub>3</sub>) перед другими дезинфектантами заключается в присущих ему дезинфицирующих и окислительных свойствах, обусловленных выделением при контакте с органическими объектами активного атомарного кислорода, разрушающего ферментные системы микробных клеток и окисляющего некоторые соединения, которые придают воде неприятный запах (например, гуминовые основания). Кроме уникальной способности уничтожения бактерий, озон обладает высокой эффективностью в уничтожении спор, цист и многих других патогенных микробов. Исторически применение озона началось еще в 1898 г. во Франции, где впервые были созданы опытно-промышленные установки по подготовке питьевой воды.
- ▶ Количество озона, необходимое для обеззараживания питьевой воды, зависит от степени загрязнения воды и составляет 1–6 мг/л при контакте в 8–15 мин; количество остаточного озона должно составлять не более 0,3–0,5 мг/л, т. к. более высокая доза придает воде специфический запах и вызывает коррозию водопроводных труб.
- ▶ С гигиенической точки зрения озонирование воды – один из лучших способов обеззараживания питьевой воды. При высокой степени обеззараживания воды оно обеспечивает ее наилучшие органолептические показатели и отсутствие высокотоксичных и канцерогенных продуктов в очищенной воде.
- ▶ Ограничениями для распространения технологии озонирования являются высокая стоимость оборудования, большой расход электроэнергии, значительные производственные расходы, а также необходимость высококвалифицированного оборудования. Последний факт обусловил использование озона лишь при централизованном водоснабжении. Кроме того, в процессе эксплуатации установлено, что в ряде случаев (если температура обрабатываемой природной воды превышает 22 °С) озонирование не позволяет достичь требуемых микробиологических показателей по причине отсутствия эффекта пролонгации дезинфицирующего воздействия.
- ▶ Метод озонирования воды технически сложен и наиболее дорогостоящ среди других методов обеззараживания питьевой воды. Технологический процесс включает последовательные стадии очистки воздуха, его охлаждения и осушки, синтеза озона, смешения озонородной смеси с обрабатываемой водой, отвода и деструкции остаточной озонородной смеси, вывода ее в атмосферу. Все это ограничивает использование данного метода в повседневной жизни.
- ▶ Другим существенным недостатком озонирования является токсичность озона. Предельно допустимое содержание этого газа в воздухе производственных помещений – 0,1 г/м<sup>3</sup>. К тому же существует опасность взрыва озонородной смеси.
- ▶ Существующие конструкции современных озонаторов представляют собой большое количество близко расположенных ячеек, образованных электродами, один из которых находится под высоким напряжением, а второй – заземлен. Между электродами с определенной периодичностью возникает электрический разряд, в результате которого в зоне действия ячеек из воздуха образуется озон. Полученной озонородной смесью барботируют обрабатываемую воду. Подготовленная таким образом вода по вкусу, запаху и другим свойствам превосходит воду, обработанную хлором.

## 2.3 Другие реагентные способы дезинфекции воды

- ▶ Применение тяжелых металлов (медь, серебро и др.) для обеззараживания питьевой воды основано на использовании их «олигодинамического» свойства – способности оказывать бактерицидное действие в малых концентрациях. Эти металлы могут вводиться в виде растворов солей либо методом электрохимического растворения. В обоих этих случаях возможен косвенный контроль их содержания в воде. Следует заметить, что ПДК ионов серебра и меди в питьевой воде достаточно жесткие, а требования к воде, сбрасываемой в рыбохозяйственные водоемы, еще выше.
- ▶ К химическим способам обеззараживания питьевой воды относится также широко применявшееся в начале 20 в. обеззараживание соединениями брома и йода, обладающими более выраженными бактерицидными свойствами, чем хлор, но требующими и более сложной технологии. В современной практике для обеззараживания питьевой воды йодированием предлагается использовать специальные иониты, насыщенные йодом. При пропускании через них воды йод постепенно вымывается из ионита, обеспечивая необходимую дозу в воде. Такое решение приемлемо для малогабаритных индивидуальных установок. Существенным недостатком является изменение концентрации йода во время работы и отсутствие постоянного контроля его концентрации.
- ▶ Применение активных углей и катионитов, насыщенных серебром, например, С-100 Ag или С-150 Ag фирмы «Purolite», преследует цели не «серебрения» воды, а предотвращения развития микроорганизмов при прекращении движения воды. При остановках создаются идеальные условия для их размножения – большое количество органики, задержанное на поверхности частиц, их огромная площадь и повышенная температура. Наличие серебра в структуре этих частиц резко уменьшает вероятность обсеменения слоя загрузки. Серебросодержащие катиониты разработки ОАО НИИПМ – КУ-23СМ и КУ-23СП – содержат в себе значительно большее количество серебра и предназначены для обеззараживания воды в установках небольшой производительности.

# 3.1 Кипячение

- ▶ Из физических способов обеззараживания воды наиболее распространенным и надежным (в частности, в домашних условиях) является кипячение.
- ▶ При кипячении происходит уничтожение большинства бактерий, вирусов, бактериофагов, антибиотиков и других биологических объектов, которые часто содержатся в открытых водоемах, а как следствие и в системах центрального водоснабжения.
- ▶ Кроме того, при кипячении воды удаляются растворенные в ней газы и уменьшается жесткость. Вкусовые качества воды при кипячении меняются мало. Правда для надежной дезинфекции рекомендуется кипятить воду в течение 15 - 20 минут, т.к. при кратковременном кипячении некоторые микроорганизмы, их споры, яйца гельминтов могут сохранить жизнеспособность (особенно если микроорганизмы адсорбированы на твердых частицах). Однако применение кипячения в промышленных масштабах, конечно же, не представляется возможным ввиду высокой стоимости метода.

## 3.2 Электроимпульсный способ

- ▶ Достаточно новым способом обеззараживания воды является электроимпульсный способ - использование импульсивных электрических разрядов (ИЭР).
- ▶ Сущность метода заключается в возникновении электрогидравлического удара, так называемого эффекта Л. А. Юткина.
- ▶ Технологический процесс состоит из шести ступеней:
  - ▶ подача жидкости в рабочий объём при равномерном профиле распределения скорости (причём рабочий объём заполняют с воздушным промежутком, а равномерный профиль распределения жидкости помогает уменьшить энергоёмкость процесса),
  - ▶ зарядку накопителя электроэнергии в режиме постоянной мощности,
  - ▶ инициирование одного или серии электрических разрядов в жидкости при скорости нарастания переднего фронта напряжения не менее  $10^{10}$  В/с (энергию дозируют путём отсчёта зарядов),
  - ▶ усиление эффекта разрушения микроорганизмов за счет формирования волн растяжения при отражении волн сжатия, образованных электрическим разрядом от свободной поверхности жидкости,
  - ▶ подавление или гашение ударных волн в подводящих и отводящих жидкость магистралях для исключения их разрушения,
  - ▶ отведение обеззараженной жидкости из рабочего объёма.

## 3.2 Электроимпульсный способ

- ▶ Кроме того, в частном случае возможно инициирование электрических разрядов в объеме, отделенном от рабочего объема средой, сохраняющей или увеличивающей амплитуду волн сжатия. Примером материала, являющегося средой, сохраняющей амплитуду волны на границе с водой, может быть пенополистирол.
- ▶ В процессе обеззараживания питьевой воды электроимпульсным способом происходит большое количество явлений: мощные гидравлические процессы, образование ударных волн сверхвысокого давления, образование озона, явления кавитации, интенсивные ультразвуковые колебания, возникновение импульсивных магнитических и электрических полей, повышение температуры. Результатом всех этих явлений является уничтожение в воде практически всех патогенных микроорганизмов. Очень важно заметить, что вода, обработанная ИЭР, приобретает бактерицидные свойства, которые сохраняются до 4 мес.
- ▶ Основным преимуществом электроимпульсного способа обеззараживания питьевой воды является экологическая чистота, а так же возможность использования в больших объемах жидкости.
- ▶ Однако этот способ имеет ряд недостатков, в частности относительно высокую энергоемкость (0,2-1 кВтч/м<sup>3</sup>) и, как следствие – дороговизну.
- ▶ Электрохимический метод.
- ▶ Серийно производятся установки «Изумруд», «Сапфир», «Аквамин» и т.п. Их работа основана на пропускании воды через электрохимический диафрагменный реактор, разделенный ультрафильтрационной металлокерамической мембраной на катодную и анодную область. При подаче постоянного тока в катодной и анодной камерах происходит образование щелочного и кислого растворов, электролитическое образование активного хлора. В этих средах гибнут практически все микроорганизмы и происходит частичное разрушение органических загрязнений. Конструкция проточного электрохимического элемента хорошо отработана, и набором из различного числа таких элементов получают установки заданной производительности.

# 3.3 Ультрафиолетовое излучение

- ▶ Обработка УФ-излучением – перспективный промышленный способ дезинфекции воды. При этом применяется свет с длиной волны 254 нм (или близкой к ней), который называют бактерицидным. Дезинфицирующие свойства такого света обусловлены их действием на клеточный обмен и особенно на ферментные системы бактериальной клетки. При этом бактерицидный свет уничтожает не только вегетативные, но и споровые формы бактерий.
- ▶ Современные установки УФ-обеззараживания имеют производительность от 1 до 50 000 м<sup>3</sup>/ч и представляют собой выполненную из нержавеющей стали камеру с размещенными внутри УФ-лампами, защищенными от контакта с водой прозрачными кварцевыми чехлами. Вода, проходя через камеру обеззараживания, непрерывно подвергается облучению ультрафиолетом, который убивает все находящиеся в ней микроорганизмы. Наибольший эффект обеззараживания питьевой воды достигается при расположении УФ-установок после всех других систем очистки, как можно ближе к месту конечного потребления.
- ▶ Этот способ приемлем как в качестве альтернативы, так и дополнения к традиционным средствам дезинфекции, поскольку абсолютно безопасен и эффективен.
- ▶ Важно отметить, что в отличие от окислительных способов при УФ-облучении не образуются вторичные токсины, и поэтому верхнего порога дозы ультрафиолетового облучения не существует. Увеличением дозы почти всегда можно добиться желаемого уровня обеззараживания.
- ▶ Кроме того УФ-облучение не ухудшает органолептические свойства воды, поэтому может быть отнесено к экологически чистым методам ее обработки.
- ▶ Вместе с тем, и этот способ имеет определенные недостатки. Подобно озонированию, УФ-обработка не обеспечивает пролонгированного действия. Именно отсутствие последствия делает проблематичным ее применение в случаях, когда временной интервал между воздействием на воду и ее потреблением достаточно велик, например в случае централизованного водоснабжения. Для индивидуального водоснабжения УФ-установки являются наиболее привлекательными.

## 3.3 Ультрафиолетовое излучение

- ▶ Кроме того, возможны реактивация микроорганизмов и даже выработка новых штаммов, устойчивых к лучевому поражению.
- ▶ Этот способ требует строжайшего соблюдения технологии,
- ▶ Организация процесса УФ-обеззараживания требует больших капитальных вложений, чем хлорирование, но меньших, чем озонирование. Более низкие эксплуатационные расходы делают УФ-обеззараживание и хлорирование сопоставимыми в экономическом плане. Расход электроэнергии незначителен, а стоимость ежегодной замены ламп составляет не более 10% от цены установки.
- ▶ Фактором, снижающим эффективность работы установок УФ-обеззараживания при длительной эксплуатации, является загрязнение кварцевых чехлов ламп отложениями органического и минерального состава. Крупные установки снабжаются автоматической системой очистки, осуществляющей промывку путем циркуляции через установку воды с добавлением пищевых кислот. В остальных случаях применяется механическая очистка.
- ▶ Другим фактором, снижающим эффективность УФ-обеззараживания, является мутность исходной воды. Рассеивание лучей значительно ухудшает эффективность обработки воды.

## 3.4 Радиационное обеззараживание

- ▶ Имеются предложения использования для обеззараживания воды гамма-излучения.
- ▶ Гамма-установки типа РХУНД работают по следующей схеме: вода поступает в полость сетчатого цилиндра приёмно-разделительного аппарата, где твёрдые включения увлекаются вверх шнеком, отжимаются в диффузоре и направляются в бункер – сборник. Затем вода разбавляется условно чистой водой до определённой концентрации и подаётся в аппарат гамма-установки, в котором под действием гамма излучения изотопа  $Co^{60}$  происходит процесс обеззараживания.
- ▶ Гамма-излучение оказывает угнетающее действие на активность микробных дегидраз (ферментов). При больших дозах гамма-излучения погибает большинство возбудителей таких опасных заболеваний как тиф, полиомиелит и др.

## 3.5 Обеззараживание ультразвуком

- ▶ В некоторых случаях для обеззараживания воды используется ультразвук. Впервые этот метод был предложен в 1928 г. Механизм действия ультразвука до конца неясен. По этому поводу высказываются следующие предположения:
- ▶ - ультразвук вызывает образование пустот в сильно завихренном пространстве, что ведет к разрыву клеточной стенки бактерии;
- ▶ - ультразвук вызывает выделение растворенного в жидкости газа, а пузырьки газа, находящиеся в бактериальной клетке, вызывают ее разрыв.
- ▶ Преимуществом использования ультразвука перед многими другими средствами обеззараживания сточных вод служит его нечувствительность к таким факторам, как высокая мутность и цветность воды, характер и количество микроорганизмов, а также наличие в воде растворенных веществ.
- ▶ Единственный фактор, который влияет на эффективность обеззараживания сточных вод ультразвуком — это интенсивность ультразвуковых колебаний. Ультразвук — это звуковые колебания, частота которых находится значительно выше уровня слышимости. Частота ультразвука от 20000 до 1000000 Гц, следствием чего и является его способностью губительным образом сказываться на состоянии микроорганизмов. Бактерицидное действие ультразвука разной частоты весьма значительно и зависит от интенсивности звуковых колебаний.
- ▶ Обеззараживание и очистка воды ультразвуком считается одним из новейших методов дезинфекции. Ультразвуковое воздействие на потенциально опасные микроорганизмы не часто применяется в фильтрах обеззараживания питьевой воды, однако его высокая эффективность позволяет говорить о перспективности этого метода обеззараживания воды, не смотря на его дороговизну.

## 3.6 Другие физические методы

- ▶ К физико-химическим методам обеззараживания воды следует отнести использование с этой целью ионообменных смол. G.Gillissen (1960) показал способность анионообменных смол освобождать жидкость от бактерий группы coli. Возможна регенерация смолы. У нас Е.В.Штанников (1965) установил возможность очистки воды от вирусов ионообменными полимерами. По мнению автора этот эффект связан как с сорбцией вируса, так и с его денатурацией за счет кислотной или особенно щелочной реакции. В другой работе Штанникова указывается на возможность обеззараживания воды ионактивными полимерами, где находится токсин ботулизма. Обеззараживание происходит за счет окисления токсина и его сорбции.
- ▶ Помимо указанных выше физических факторов изучалась возможность обеззараживания воды токами высокой частоты, магнитной обработкой.
- ▶ Во многих случаях наиболее эффективным оказывается комплексное применение реагентных и безреагентных методов обеззараживания воды. Сочетание УФ-обеззараживания с последующим хлорированием малыми дозами обеспечивает как высочайшую степень очистки, так и отсутствие вторичного биозагрязнения воды. Так, обработкой воды бассейнов УФ-облучением в сочетании с хлорированием достигается не только высокая степень обеззараживания, снижение пороговой концентрации хлора в воде, но и, как следствие, существенная экономия средств на расходе хлора и улучшение обстановки в самом бассейне.
- ▶ Аналогично распространяется использование озонирования, при котором уничтожается микрофлора и часть органических загрязнений, с последующим щадящим хлорированием, обеспечивающим отсутствие вторичного биозагрязнения воды. При этом резко сокращается образование токсичных хлорорганических веществ.
- ▶ Поскольку все микроорганизмы характеризуются определенными размерами, пропуская воду через фильтрующую перегородку с размерами пор меньшими, чем микроорганизмы, можно полностью очистить от них воду. Так, фильтрующие элементы, имеющие размер пор менее 1 микрона, согласно действующим ТИ 10-5031536-73-10 на безалкогольную продукцию, считаются обеспложивающими, т. е. стерилизующими. Хотя при этом из воды удаляются только бактерии, но не вирусы. Для более «тонких» процессов, когда недопустимо присутствие любых микроорганизмов, например, в микроэлектронике, применяют фильтры с порами размером не более 0,1–0,2 мкм.

# 4. Комплексное обеззараживание

- ▶ Во многих случаях наиболее эффективным оказывается комплексное применение реагентных и безреагентных методов обеззараживания воды. Сочетание УФ-обеззараживания с последующим хлорированием малыми дозами обеспечивает как высочайшую степень очистки, так и отсутствие вторичного биозагрязнения воды. Так, обработкой воды бассейнов УФ-облучением в сочетании с хлорированием достигается не только высокая степень обеззараживания, снижение пороговой концентрации хлора в воде, но и, как следствие, существенная экономия средств на расходе хлора и улучшение обстановки в самом бассейне.
- ▶ Аналогично распространяется использование озонирования, при котором уничтожается микрофлора и часть органических загрязнений, с последующим щадящим хлорированием, обеспечивающим отсутствие вторичного биозагрязнения воды. При этом резко сокращается образование токсичных хлорорганических веществ.
- ▶ Поскольку все микроорганизмы характеризуются определенными размерами, пропуская воду через фильтрующую перегородку с размерами пор меньшими, чем микроорганизмы, можно полностью очистить от них воду. Так, фильтрующие элементы, имеющие размер пор менее 1 микрона, согласно действующим ТИ 10-5031536-73-10 на безалкогольную продукцию, считаются обеспложивающими, т. е. стерилизующими. Хотя при этом из воды удаляются только бактерии, но не вирусы. Для более «тонких» процессов, когда недопустимо присутствие любых микроорганизмов, например, в микроэлектронике, применяют фильтры с порами размером не более 0,1-0,2 мкм.

# Заключение

- ▶ Защита водных ресурсов от истощения и загрязнения и их рациональное использование для нужд народного хозяйства – одна из наиболее важных проблем, требующих безотлагательного решения.
- ▶ Предприятия, осуществляющие забор воды из водоисточников, ее очистку, по уровню решаемых задач и обороту денежных средств занимают одно из ведущих мест в регионе. А стало быть эффективность использования материальных ресурсов в данной отрасли так или иначе сказывается на общем уровне благосостояния и здоровья людей, проживающих на данной территории. Рациональное, т.е. организованное с соблюдением санитарных правил и нормативов, питьевое водоснабжение помогает избегать различных эпидемий, кишечных инфекций. Химический состав питьевой воды также немаловажен для здоровья человека.
- ▶ В современных условиях обеззараживание стало чуть ли не единственным обязательным процессом в многоступенчатой системе очистки воды питьевого водоснабжения. Коагулирование и фильтрование воды через песок освобождают ее от суспендированных примесей и частично снижают ее бактериальную загрязненность. Но только обеззараживанием воды можно на 98% очистить воду от патогенных (болезнетворных) микроорганизмов.
- ▶ Постоянное совершенствование методов и средств, с помощью которых осуществляется дезинфекция, вызвано двумя факторами: развитием у микроорганизмов резистентности не только к антибиотикам, но и дезинфицирующим средствам, а также несовершенством используемых дезинфицирующих средств. Следует учитывать и то, что возможно и вторичное загрязнение уже подготовленной воды при транспортировке её по трубам распределительной сети.
- ▶ В связи с этим поиск и внедрение наиболее рационального способа обеззараживания воды из проблемы актуальной переходит в раздел социально значимых.

# Заключение

- ▶ Постоянное совершенствование дезинфицирующих средств приведёт к созданию новых, эффективных и безопасных соединений. Уже сейчас разрабатываются новые дезинфицирующие средства на основе таких традиционных групп химических соединений, как спирты, альдегиды, фенолы, перекиси, ПАВ и хлорсодержащие вещества. Кроме того, постоянно разрабатывается возможность их соединения для создания композитного дезинфицирующего средства.
- ▶ Обеззараживание является заключительным этапом подготовки воды питьевой кондиции и должно обеспечивать эпидемиологическую безопасность населения.
- ▶ Питьевая вода – это важнейший фактор здоровья и благополучия человека.
- ▶ Мировой и отечественный опыт доказывает, что при использовании передовых технологий и оборудования качество воды (практически независимо от исходных ее характеристик) начинает соответствовать самым строгим нормативным требованиям. Это позволяет не только эффективно использовать естественные источники, но и успешно применять схемы рециркуляции. Такой подход, несомненно, поможет снизить антропогенную нагрузку с окружающей среды и сберечь ее для потомков.
- ▶ Проблема обеззараживания воды стоит сегодня тем более остро, что качество ее в природных источниках неуклонно ухудшается. В государственном докладе «Вода питьевая» отмечено, что около 70 % рек и озер страны утратили свое качество как источники водоснабжения, а приблизительно 30 % подземных источников подверглись природному или антропогенному загрязнению. Около 22 % проб питьевой воды, отбираемых из водопроводов, не отвечают гигиеническим требованиям по санитарно-химическим нормам, а более 12 % – по микробиологическим показателям.

Спасибо за внимание!