Способы обеззараживания воды, роль окислителей в водоподготовке.

Обеззараживанием воды называется процесс уничтожения находящихся там микроорганизмов. До 98 % бактерий задерживается в процессе очистки воды. Но среди оставшихся бактерий, а также среди вирусов могут находиться патогенные (болезнетворные) микробы, для уничтожения которых нужна специальная обработка воды. При полной очистке поверхностных вод обеззараживание необходимо всегда, при использовании подземных вод только тогда, когда микробиологические свойства исходной воды этого требуют.

Для обеззараживания используют в основном два метода - обработку воды сильными окислителями и воздействие на воду ультрафиолетовыми лучами. Кроме названных методов, можно необходимый эффект получить фильтрованием воды через ультрафильтры, обработкой ультразвуком, кипячением воды и др. Для очистки поверхностных вод почти исключительно применяют окислители - хлор, хлорсодержащие реагенты, озон; для обеззараживания подземных вод можно использовать бактерицидные установки; для обеззараживания небольших порций воды - перманганат калия, перекись водорода.

При подаче в воду окислителей большая часть ее израсходуется на окисление органических и некоторых минеральных веществ. В результате снижаются цветность воды, а также интенсивность привкусов и запахов, эффективнее будет проходить процесс последующей коагуляции примесей. Скорость процесса обеззараживания растет с повышением температуры воды и переходом реагента в недиссоциированную форму. Взвешенные вещества оказывают отрицательное воздействие, поскольку препятствуют контакту микробов с реагентом.

Обеззараживание хлором.

Хлор - ядовитый газ зеленовато-желтого цвета с резким удушливым запахом, в 2,45 раза тяжелее воздуха. Растворимость хлора в воде увеличивается с понижением температуры и повышением давления; при атмосферном давлении и температуре 20° С растворимость Сl2 составляет 7,29 г/л. При низкой температуре и высоком давлении (-34,6° С при атмосферном давления или 0,575 МПа при 15° С) хлор сжижается.

При добавке в воду хлора происходит его гидролиз

Cl2 + H2O = HClO + HCl

Часть хлорноватистой кислоты НСlO диссоциирует с образованием гипохлоритного иона OCl. При наличии в воде аммиака образуются моно- и дихлорамины:

HClO + NH3 = NH2Cl + H2O

HClO + NH2Cl = NHCl2 + H2O

Основными обеззараживающими веществами являются Сl2, НСlO, OCl, NH2Сl и NHCl2, их называют активным хлором. При этом Cl2, HClO и OCl образуют свободный хлор, хлорамин и дихлорамин - связанный хлор. Бактерицидность хлора больше при малых значениях рН, поэтому воду хлорируют до ввода подщелачивающих реагентов.

Необходимая доза хлора определяется на основе экспериментально построенной кривой хлоропоглощаемости воды. Оптимальной считается доза, которая при заданном времени контакта обеспечит в воде требуемую концентрацию остаточного хлора - для хозяйственно-питьевых вод 0,3... 0,5 мг/л свободного хлора при времени контакта 30 мин или 0,8 ... 1,2 мг/л связанного хлора при времени контакта 60 мин.

При отсутствии данных технологических изысканий дозу хлора принимают для обеззараживания поверхностных вод 2... 3 мг/л, для подземных 0,7 ... 1,0 мг/л.

Хлорирование жидким хлором является наиболее широко применяемым методом обеззараживания воды на средних и крупных водоочистных станциях.

Ввиду малой растворимости жидкого хлора поступающий реагент предварительно испаряется. Затем хлор-газ растворяют в малом количестве воды, получаемую хлорную воду перемешивают с обрабатываемой водой. Дозировка хлора происходит в фазе газообразного вещества, соответствующие газодозаторы называются хлораторами.

На малых станциях и водоочистных установках часто целесообразно отказаться от использования жидкого хлора и применять твердые, порошкообразные вещества - хлорную известь и гипохлорит кальция. Эти вещества менее опасны в обращении, процесс их подготовки и подачи значительно проще - практически аналогичен применению коагулянта.

Хлорную известь получают при обработке сухой, негашеной взвести хлором.

Гипохлорит кальция образуется при насыщении известкового молока хлором.

2Са(ОН)2+2Сl2 = Са(СlО)2+СаСl2+2Н2О

Товарный продукт СаСl2O или Са(СlO)2 растворяют в растворном баке с механическим перемешиванием. Количество баков не менее двух. Затем раствор разбавляют в расходном баке до концентрации 0,5... 1% и подают в воду дозаторами растворов и суспензии.

Диоксид хлора получают непосредственно на водоочистной станции хлорированием хлорита натрия NaСlO2:

2NaClO2 + Сl2= 2СlO2+2NаСl

Вместо хлора можно для получения ClO2 также использовать озон или сoляную кислоту

2NаСlO2 + O3 + Н2O = 2СlO2 + 2NаОН+O2;

5NaСlO2+4НСl = 4СlO2 + 5NаСl+ 2Н2O,

СlO2 является ядовитым, взрывоопасным газом с интенсивным запахом, водный раствор его практически безопасен. По сравнению с Cl2 двуокись хлора имеет ряд преимуществ - более высокая бактерицидность в щелочной среде, более активно окисляет органические вещества, может разлагать фенолы, не придавая при этом воде хлорфенольного запаха, наличие в воде аммиака не снижает эффективности ClO2.

На водоочистных станциях, где суточный расход хлора не превышает 50 кг, где транспортировка, хранение и подготовка токсичного хлора связаны с трудностями, можно для хлорирования воды использовать гипохлорит натрия NаСlO. Данный реагент получают на станция в процессе электролиза раствора поваренной соли.

Перехлорирование и дехлорирование, с аммонизацией.

Хлорирование воды с повышенными дозами перед очистными сооружениями называют перехлорированием. Метод применяется в условиях, когда микробиологические свойства воды быстро и в больших пределах меняются, а также при высокой цветности природной воды, большом содержании в воде органических веществ и планктона. Целесообразность применения перехлорирования в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения необходимо решить на основе технологических исследований и анализов. При этом надо особо принимать во внимание возможность образования хлорорганических соединений (тригалогенметанов). Это результат хлорирования воды, содержащей много органических веществ. Тригалогенметаны (хлороформ и другие соединения) - канцерогенные вещества, содержание которых в питьевой воде во многих странах нормируется стандартом. В частности, Всемирная ассоциация здравоохранения рекомендует норму 30 мг/л. Для предотвращения образования хлорорганических веществ при подготовке хозяйственно-питьевых вод рекомендуется отказаться от введения хлора до очистных сооружений (первичное хлорирование), заменить С12 на ClO2 или О3, использовать окислители в комбинации c сорбентами. Например, по схеме: О3 - активный уголь - вторичное хлорирование.

Для обеспечения требуемого содержания в воде остаточного хлора после перехлорировання, а также в других случаях необходимо воду дехлорировать. С этой целью применяют физические и химические способы.

При физических способах избыток активного хлора выделяется из воды сорбентами или аэрированием. Используют угольные фильтры с толщиной слоя угля 2,5 м при скорости фильтрования 20...25 м/ч. Аэрирование дает положительные результаты при рН<5 и небольшом количестве удаляемого хлора. Поскольку многие соединения хлора не улетучиваются, эффективность аэрирования низка.

При химическом дехлорировании избыточный активный хлор связывается с сульфитом натрия или двуокисью серы.

Как известно, хлорамины по сравнению с молекулярным хлором органолептически менее ощутимы, их действие более долговременное, при наличии в воде фенолов они не образуют хлорфенольных запахов. С этой целью иногда целесообразно хлорировать с аммонизацией, т. е. подать в воду дополнительно к хлору аммиак. Технология аммонизации воды аналогична хлорированию жидким хлором. Аммиак также прибывает на станцию в баллонах в сжиженном виде. При реакции NH3 с хлорноватистой кислотой в воде образуются моно- и дихлорамины. Следует учесть, что добавкой аммиака можно сэкономить до 60% хлора, израсходованного для обеззараживания. NH3 и Cl2 перемешиваются в пропорции 1:4...1:10.

Если цель аммонизации - предотвращение образования хлорфенольного запаха, аммиак добавляется в воду за 2... 3 мин до введения хлора (переаммонизация), если цель--снижение интенсивности хлорного запаха и привкуса, а также продление бактерицидного действия хлора, то аммиак добавляется после хлорирования (постаммонизация).

Озонирование воды.

Озон (О3) -более сильный окислитель, чем диоксид хлора или свободный хлор. В природе озон образуется из кислорода в верхних слоях атмосферы под действием солнечной радиации. Растворимость Оз в воде при 0°С и атмосферном давлении составляет 1,09 г/л. Растворимость Оз быстро снижается с повышением температуры и при 60°С практически равняется нулю. Масса 1 л газа - 2,144 г.

Озонирование воды заключается в ее перемешивании с озоновоздушной смесью в контактных камерах при времени контакта 5...20 мин.

Озон является универсальным реагентом, поскольку может быть использован для обеззараживания, обесцвечивания, дезодорации воды, для удаления железа и марганца. Озон разрушает соединения, не подчиняющиеся воздействию хлора (фенолы). Озон не придает воде запаха и привкуса. При этом он обладает сильными коррозионными свойствами, токсичен. Допустимое содержание О3 в воздухе помещений 0,0001 мг/л. Озон может разрушать некоторые органические вещества, не окисляя их до конца. В результате в трубопроводе озонированной воды может повышаться интенсивность бактериальной жизнедеятельности. Главный недостаток озона - кратковременность действия, отсутствие остаточного озона. Таким образом О3, первоначально использованный вместо хлора для обеззараживания воды и подаваемый в воду в конце технологической схемы, все чаще используется как вещество для очистки воды.

В таком случае озон подается в воду до основных очистных сооружений, причем обеззараживание выполняется либо только хлором, либо воду хлорируют после обеззараживания озоном для образования в воде требуемого остаточного хлора.

Эффективность озонирования зависит от количества и свойств загрязняющих воду веществ, от дозы О3, температуры и рН воды, от применяемого метода диспергирования озоновоздушной смеси в воду.

Доза озона и оптимальная схема озонирования определяются на основе предварительных технологических исследований. При отсутствии соответствующих данных СНиП рекомендует для озонирования подземных вод принимать дозу О3 0.75...1.0 мг/л, для озонирования профильтрованных вод - 1... 2 мг/л.

Озонирование используется и для доочистки сточных вод. При этом расчетная доза О3 принимается 2 ... 4 мг на 1 мг загрязнителя (нефтепродуктов, фенолов, ПАВ).

Другие методы обеззараживания воды.

Помимо хлорирования и озонирования, которые прочно вошли в практику обеззараживания воды, в арсенале гигиенистов имеется еще ряд методов химического обеззараживания воды, некоторые из которых находятся в стадии апробации, другие хотя и известны давно, но не получили широкого применения в силу тех или иных присущих им дефектов.

1.Обработка серебром.

Действенными являются концентрации серебра 0.2-0.4 мг/л при экспозиции в 1 час. После обработки серебро должно быть удалено. Остаточное количество серебра не должно превышать 0.05 мг/л. В некоторых случаях серебро применяется для обеззараживания воды в цистернах на кораблях. Есть упоминания об обработке этим методом воды в шахтных колодцах. Возможно также применение хлор-серебра. Имеются указания на возможность использования для обеззараживания и консервации воды солей меди в частности сернокислой меди.

Имеются указания о применении с целью обеззараживания воды ряда галоидов. Для обеззараживания воды необходима концентрация йода -200 мг/л. Возможно применение йода самого по себе и в комбинации с хлором для обработки вод плавательных бассейнов. Однако ряд авторов получили отрицательный эффект при обработке йодом питьевой воды. С этой же целью может быть применен и бром (2мг/л). Этот метод значительно дороже хлорирования, но присутствие брома в воде вызывает меньшее раздражение глаз и менее сильный запах, чем обработка хлором

Из чисто физических методов обеззараживания воды наибольший интерес представляет применение ультрафиолетовых лучей. Ультрафиолетовые лучи длиной волн 220-280 им действуют на бактерии губительно, причем максимум бактерицидного действия соответствует длине волн 260 нм. При этом угнетается дегидрогеназная и декорбаксилазная активность микробов. УФ - лучи разрушают ДНК за счет сдвигов в пиридиновых основаниях. В дальнейшем появляются морфологические изменения микробных клеток - повреждение оболочки, исчезновение жгутиков.

Данное обстоятельство используется в бактерицидных установках, предназначенных для обеззараживания в основном подземных вод. Источником ультрафиолетовых лучей является ртутно-аргонная или ртутно-кварцевая лампа, устанавливаемая в кварцевом чехле в центре металлического корпуса. Чехол защищает лампу от контакта с водой, но свободно пропускает ультрафиолетовые лучи.

Обеззараживание происходит во время протекания воды в пространстве между корпусом и чехлом при непосредственном воздействии ультрафиолетовых лучей на микробов. Поэтому наличие в воде взвешенных веществ, поглощающих световое излучение, а снижает эффективность обеззараживания. Необходима также постоянная чистка наружной поверхности кварцевого чехла от осаждающегося осадка. Для этого имеются продольные щетки, которые приводятся во вращение турбиной.

Ультрафиолетовое излучение действует мгновенно, поэтому контактные бассейны не нужны. В то же время излучение не придает воде остаточных бактерицидных свойств, а также запаха или привкусов. Бактерицидная установка не нуждается в реагентах, она компактна, управление ее работой можно легко автоматизировать.

В СНГ серийно выпускаются бактерицидные установки ОВ-1П, ОВ-50 и ОВ-150.

Бактерицидная установка ОВ-1П крепится в вертикальном положении на стене, ОВ-50 и ОВ-150 устанавливаются на полу в горизонтальном положении. В установке ОВ-1П пускатель прикреплен к корпусу, турбина отсутствует, чистка кварцевого чехла производится периодическим возвратно-поступательным движением рукоятки.

Для увеличения пропускной способности допускается параллельное включение до пяти установок при одной установке в резерве.

Для запуска установки камеру заполняют водой и включают лампу. Через 10-15 мин открывают задвижки на трубопроводах обработанной и поступающей воды. Работа лампы проверяется визуально через смотровой глаз, для большей надежности эксплуатации целесообразно использовать систему световой или звуковой сигнализации, выведенной в помещение дежурной службы.

По данным С.Н.Черкинского с соавт. (1953) ультрафиолетовыми лучами можно добиться соответствия воды требованию ГОСТ, если первоначальное заражение не превышает 2000 кишечных палочек в 1л воды. Обеззараживание этим методом сильно загрязненной воды не всегда эффективно.

Перед обработкой воды УФ-лучами, вводят в небольших дозах окислители, что повышает эффективность обеззараживания на 20-30%. Достоинство метода; сохранение минерального состава воды, экологическая безвредность, высокая эффективность.

Помимо ультрафиолетовых лучей для обеззараживания воды пытаются применить ультразвук (УЗ). УЗ - это звуковые волны с частотой колебаний выше 20000Нz. По поводу механизма действия УЗ высказываются следующие предположения: - УЗ - вызывает образование пустот в сильно завихренном пространстве, что ведет к разрыву клеточной стенки

- УЗ - вызывает выделение растворенного в жидкости газа, а пузырьки газа, находящиеся в клетке, вызывают ее разрыв.

Необходимая норма облучения - 2Вт/см2 при частоте 48000 к/сек. Эффект обработки не зависит от мутности и цветности воды.

Имеются предложения использования для обеззараживания воды гамма-излучения. Источниками может быть радиоактивный кобальт (Со60), обработанный в ядерных реакторах, тепловыделяющие элементы.

90% шигелл, эшерихий, возбудителей тифо-паратифозных заболеваний погибают при дозах облучения 10000-15000р, но для полного освобождения воды от микробных организмов необходимо резкое увеличенпе гамма облучения, нужны дозы 40000-50000р. Установлена высокая эффективность гамма-излучении в отношении вируса полиомиелита и ряда микобактерий. Своеобразным методом обеззараживания воды является применение с этой целью импульсивных электрических разрядов (ИЭР). Разряд происходит между электродами, помещенными в воду. Энергию дозируют путём отсчёта зарядов. При ИЭР возникают мощные гидравлические процессы с образованием ударных волн и явлений кавитации, итенсивными ультразвуковыми колебаниями, возникновением импульсивных магнетических и электрических полей, повышением температуры.

Показано, что для обеззараживания речной, озёрной и водопроводной воды, искусственно заражённой Е. соli, надо создать плотность энергии 15 дж/ мл, а для болотной 20дж/мл. Очень важно заметить, что вода, обработанная ИЭР, приобретает бактерицидные свойства, которые сохраняет до 4 мес.