



Москва

Тел./Факс: **8 (800) 100-123-7** (Звонки по России бесплатно);

+7 (495) 617-19 -45, -46, -47, -48; +7(499) 795-77-86

E-mail: svarog@svarog-uv.ru

Обзор методов обеззараживания сточных вод.

Известно, что практически во всех типах сточных вод содержатся патогенные микроорганизмы - возбудители таких заболеваний как холера, дизентерия, брюшной тиф, паратиф А и В, сальмонеллезы, вирусные гепатиты А и Е, полиомиелиты 1-3 типов, энтеровирусные и аденовирусные заболевания, амебиоз, лямблиоз, лептоспироз, бруцеллез, туберкулез, туляремия, гельминтозы, кампилбактериозы.

Болезни, вызываемые этими микроорганизмами, различны и в неблагоприятных случаях могут приводить к серьезным последствиям для человека. По данным ВОЗ, уже в 70-х годах структура заболеваемости двух третей населения земного шара свидетельствовала о явном, преобладании инфекционных заболеваний, обусловленных загрязнением водоемов.

Действительно, с точки зрения здоровья людей обеззараживание самая важная стадия обработки сточных вод. Так, например, согласно немецким стандартам по степени опасности воды делятся на 5 классов:

1. в воде отсутствуют токсические вещества, вредные для здоровья и придающие воде привкусы и запахи.
2. вода имеет привкус, запах и окраску.
3. вода содержит небольшое количество вредных веществ.
4. вода содержит ядовитые или очень ядовитые, канцерогенные или радиоактивные вещества.
5. **вода содержит возбудителей инфекционных заболеваний.**

В Республике Беларусь микробиологическое качество сбрасываемых сточных вод регламентируется следующими показателями (СанПиН № 10-7-2003г.):

- вода не должна содержать возбудителей инфекционных заболеваний
- коли - индекс в сточных водах не должен превышать 1000 Кл./л
- содержание колифагов (БОЕ) должно быть не более 1000 БОЕ/л
- Для сточных вод, используемых в открытых системах промышленного водоснабжения, коли-индекс должен составлять не более 100 Кл./л, индекс колифагов не более 100 БОЕ/л.

При анализе материалов, характеризующих эффективность обеззараживания сточных вод на очистных сооружениях канализации, их работа оценивается как удовлетворительная, когда 85% проб за каждый 30-дневный период не превышают указанные нормативы.

Современные станции водоочистки сточных вод в значительной мере освобождают воду не только от механических и химических загрязнений, но и от патогенной микрофлоры. Однако, даже самые высокоэффективные водоочистные сооружения не обеспечивают дезинфекции стоков без специальных устройств обеззараживания. Вместе с тем, в ряде случаев из-за отсутствия, малой мощности и неэффективной работы водоочистных сооружений происходит сброс в водные объекты Республики неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод. Зачастую на водоочистных сооружениях системы обеззараживания отсутствуют вовсе.

Органы государственного санитарного надзора Республики Беларусь обеспокоены существующим положением по вопросу обеззараживания сточных вод и обусловленной этим фактором инфекционной заболеваемости, в том числе энтеровирусной инфекцией. Углубленные микробиологические исследования сточных вод в городе Минске показали, что в месте их сброса после городских водоочистных сооружений канализации и контрольных створах водоемов и водотоков, принимающих очищенные сточные воды, в 100% проб выявлено превышение норм по колииндексу и количеству бактериофагов. При микробиологическом анализе очищенных сточных вод сальмонеллы выделялись в 70% проб. В результате вирусологических исследований реки Свислочь ниже сброса Минской станции аэрации, были обнаружены энтеровирусы.

Учитывая высокую эпидемическую опасность сточных вод, технологическая схема водоочистных сооружений должна включать специальную стадию обеззараживания.

Методы, применяемые для обеззараживания сточных вод (СВ) условно можно разделить на следующие группы:

- химические (применение различных соединений хлора, озона, перекиси водорода и др.)
- физические (термические, с использованием различных излучений, электрические, электромагнитные)
- физико-химические (флотация, коагуляция, электрофильтрация, сорбция)
- обеззараживание в условиях искусственных и естественных биоценозов

Эффективность применения каждого метода и затраты на его реализацию зависят от общего содержания органических и концентрации взвешенных веществ в обрабатываемой воде, температуры и pH, начальной концентрации бактерий и вирусов. Каждый из методов характеризуется определенной интенсивностью воздействия на обрабатываемую воду – дозой реагентов или излучений.

Среди химических методов обеззараживания наиболее распространенным в настоящее время является хлорирование. Хлорирование – наиболее экономичный метод обеззараживания. В практике могут использоваться газообразный хлор Cl_2 , диоксид хлора ClO_2 , гипохлорит натрия $NaClO$ и гипохлорит кальция $Ca(ClO)_2$, а также хлорные агенты, получаемые методом электролиза на месте потребления. Хлорная известь, гипохлорит кальция в настоящее время применяются незначительно и только для обеззараживания

малых объемов сточных вод, т.к. дезинфекция с использованием этих хлорсодержащих соединений попутно сопровождается загрязнением обрабатываемой воды различными веществами.

Из хлорсодержащих дезинфектантов в настоящее время широко используется диоксид хлора (преимущественно для обеззараживания питьевых вод), обладающий сильными окислительными свойствами, которые обуславливают его довольно высокую бактерицидную и вирулицидную активность по сравнению с другими хлорактивными соединениями. При обработке воды ClO_2 процент оставшихся жизнеспособных клеток бактерий на порядок меньше, чем при применении хлора в той же концентрации при одинаковом времени контакта. Высокий антимикробный эффект ClO_2 проявляется в дозах от 0,1 до 0,5 мг/дм³, в зависимости от концентрации взвешенных веществ. Однако увеличение загрязненности воды органическими соединениями во взвешенном и растворенном состоянии уменьшает инактивирующее действие диоксида хлора и для более надежной дезинфекции воды требуется повышение дозы реагента в 2-4 раза. Недостатками применения ClO_2 при обработке воды является, с одной стороны, образование побочных продуктов - хлоритов и хлоратов, по данным ВОЗ отнесенным к метгемоглобинообразующим соединениям, с другой стороны, сложность и дороговизна получения диоксида хлора, его взрывоопасность.

Несмотря на высокую эффективность в отношении патогенных бактерий, отсутствие после обработки повторного роста этих бактерий, хлорирование при дозе остаточного хлора 1,5 мг/дм³ не обеспечивает необходимой эпидемической безопасности в отношении вирусов, цист простейших и лямблий. Известно существование хлоррезистентной микрофлоры: хлорустойчивых форм *E.coli*, *Pseudomonadaceae*, *Klebsiellae*, *Proteae*, относящихся к условнопатогенным и патогенным микроорганизмам - являющихся стабильными контаминантами городских систем водоснабжения и водоотведения. Негативным свойством хлорирования также является образование хлорорганических соединений: тригалогенметанов, хлорфенолов, п-нитрохлорбензолов, хлораминов, а также диоксидов, образующихся при взаимодействии природных фенольных соединений, находящихся в воде с хлором, вводимым в нее. Хлорорганические соединения, по данным многочисленных исследователей, по отношению к человеку обладают высокой токсичностью, мутагенностью и канцерогенностью. Недавно выделены и идентифицированы новые соединения, такие как хлордибензопарадиоксины, фураны, обладающие высокой токсичностью к живым организмам, источниками загрязнения которыми являются промышленные производства, предприятия бытового обслуживания населения (химчистки), использующие продукцию хлорорганических производств. Диоксины и фураны являются биологически неокисляемыми веществами и не подвергаются очистке на действующих в настоящее время коммунальных и промышленных очистных сооружениях.

Существенным недостатком хлорирования (особенно для крупных и средних водоочистных сооружений) является необходимость обеспечения высокой степени безопасности и надежности хлорного хозяйства.

В последние годы поднимается вопрос о необходимости полного отказа от хлорирования сточных вод при их очистке. Согласно санитарных правил и норм 2.1.20.12-33-2005 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения» сточные воды, сбрасываемые в водоемы, содержащие возбудителей инфекционных заболеваний бактериальной, вирусной и паразитарной природы, опасные по эпидемическому критерию, должны быть обеззаражены, а количество остаточного хлора в них не должно превышать 1,5 мг/дм³. Но даже небольшое количество остаточного хлора, как показали

исследования, проведенные в Мосводоканал НИИПроекте, токсично для фауны водоемов, приводит к практически полному прекращению процессов их самоочищения. Беспокойство, вызванное повышенной токсичностью следов остаточного хлора и хлораминов, привело к принятию администрацией многих штатов США в конце 70-х гг. требований, ограничивающих остаточную концентрацию хлора до 0,1 мг/дм³.

В настоящее время известны методы обеззараживания воды, сочетающие лучшие свойства известных дезинфектантов (хлора, диоксида хлора, озона). К таким методам относится технология обеззараживания воды раствором смеси оксидантов, вырабатываемой в установках АКВАХЛОР. Однако при применении этой технологии следует учитывать описанные выше негативные стороны, свойственные входящим в состав смеси дезинфицирующим агентам. К тому же, как показал опыт эксплуатации этих установок, для их эффективной работы требуется использование поваренной соли высокой степени очистки.

Кроме соединений хлора, в практике обеззараживания сточных вод могут быть использованы соединения брома и йода, обладающие окислительной активностью. Несмотря на обилие литературы, имеются противоречивые сведения о бактерицидной активности данных галогенов. Высокими окислительными свойствами обладают межгалогидные соединения. Химическое поведение хлорида брома в воде сходно с поведением хлора. ВгСl в течение миллисекунд реагирует с водой, образуя гипобромовую кислоту, которая быстро соединяется с аммиаком, образуя при этом бромамины. Они далеко превосходят хлорамины в бактерицидной и противовирусной активности. В настоящее время препараты брома применяются для обеззараживания воды плавательных бассейнов, йод в качестве самостоятельного средства используется для обеззараживания воды в замкнутых системах, в частности, в системе жизнеобеспечения космических станций. Несмотря на перспективность использования соединений брома и йода для обеззараживания сточных вод, они не нашли широкого применения, с одной стороны, из-за высокой стоимости, с другой стороны - возможности образования йод- и бромпроизводных, обладающих токсичным действием и отдаленными эффектами.

Наиболее распространенным химическим методом обеззараживания с использованием соединений кислорода является озонирование. Основателем технологии озонирования является Франция, которая в 1997г. отметила столетие эффективного использования озона в водоподготовке. Расширяется применение О₃ в качестве окислителя вместо Сl₂ при обработке питьевой воды и промышленных сточных вод в США и Японии. В США получило распространение применение озона на сооружениях доочистки СВ после их биохимической очистки. Озон обладает более сильным бактерицидным, вирулицидным и спороцидным действием. Благодаря высокому окислительному потенциалу озон вступает во взаимодействие со многими минеральными и органическими веществами, разрушает клеточные мембраны и стенки, окислительно-восстановительную систему бактерий и их протоплазму, приводя к инактивации микроорганизмов. Обеззараживание сточных вод озоном на заключительном этапе позволяет получить более высокую степень их очистки, обезвредить различные токсичные соединения.

Однако, как показывают данные большинства исследователей для инактивации вирусов в сточной воде, требуются значительно более высокие дозы озона чем для тех же микроорганизмов в чистой воде. Обеззараживание сточных вод озоном целесообразно применять после ее очистки на фильтрах или после физико-химической очистки, обеспечивающей снижение содержания взвешенных веществ не менее чем, до 3 -5мг/дм³ и БПКполн до 10 мг/дм³. Принципиальные трудности при обеззараживании озоном связаны с образованием токсичных побочных продуктов, низкой растворимостью озона в воде, его

собственной высокой токсичностью и взрывоопасностью. Сведения по токсичности продуктов озонлиза органических соединений в воде весьма ограничены и противоречивы, т.к. идентифицирована только небольшая их часть. Озонирование сточных вод может способствовать вторичному росту микроорганизмов, вследствие образования биоразлагаемых органических соединений в воде, являющихся доступными источниками углерода для бактерий. Кроме химического воздействия, озон проявляет себя и в качестве флокулянта, что позволяет применять его уже на стадии механической обработки воды для коагулирования взвешенных частиц.

Недавно на белорусском рынке появилась отечественная ПАВ-озонная технология - технология очистки сильно- и среднезагрязненных вод, сочетающая одновременно три процесса: окисление, коагулирование и флотацию. Сущность технологии заключается в тонкой флотации загрязнений озono-воздушной смесью. Данная схема внедрена на водоочистных сооружениях г. Могилева для доочистки и обеззараживания биологически очищенных сточных вод перед сбросом в р. Днепр.

Необходимо отметить, что при колебании в широких пределах концентрации взвешенных веществ и БПК в сточной воде, поступающей на обработку методом ПАВ-озонной технологии, снижается степень очистки по аммонийному и нитратному азоту, ионам тяжелых металлов, нефтепродуктам. Расходование значительной части озона на взаимодействие со взвешенными веществами и продуктами их окисления, сказывается на глубине окисления загрязнений, свойственных сточной воде химической промышленности, эффекте обеззараживания. В тоже время, при использовании озона на больших станциях водоподготовки и водоочистки возникают проблемы технического и экономического характера, потребности в больших производственных площадях. Значительные эксплуатационные расходы при работе станции озонирования определяются, главным образом, высокой энергоемкостью процесса синтеза озона (12 - 22 кВт.ч/кг производимого озона), вспомогательного оборудования (суммарное потребление электроэнергии станцией достигает 30 – 40 кВт.ч/кг озона и более), а так же значительными затратами на содержание обслуживающего персонала.

Вторым по распространенности кислородсодержащим реагентом является перманганат калия. Этот реагент взаимодействует с органическими и неорганическими веществами, что препятствует его дезинфицирующему действию, в результате оно оказывается намного ниже, чем у хлора и озона.

В настоящее время возрос интерес и к пероксиду водорода, как обеззараживающему агенту, обеспечивающему осуществление экологически чистых процессов без образования токсичных продуктов как при обработке сточной воды, так и питьевой воды. Однако установлено, что H_2O_2 оказывает инактивирующее действие на бактерии только в довольно высоких концентрациях. Такие дозы приводят как к высоким затратам на дезинфекцию, так и к сбросу сточных вод с повышенным содержанием пероксида водорода, для которого установлены жесткие предельно допустимые концентрации: 0,1 и 0,01 мг/дм³ в водоемах культурно-бытового и рыбохозяйственного назначения соответственно. Анализ литературных источников показал, однако, отсутствие опыта применения перманганата калия и перекиси водорода на коммунальных очистных сооружениях, как в нашей стране, так и за рубежом.

Из щелочных реагентов ограниченное применение для обеззараживания сточных вод нашла известь. Известкование применяется обычно в сочетании с удалением аммонийного азота из сточных вод отдувкой. Необходимый гигиенический эффект при обработке сточных вод достигается при использовании больших доз реагентов, что сопровождается

образованием огромного количества осадка. Этот факт, также как и сравнительно медленное действие на микрофлору, существенно ограничивает применение известкования и делает его неприемлемым для использования на средних и крупных станциях аэрации.

Мало распространенным реагентом является перуксусная кислота. Опытные промышленные испытания в Англии показали ее достаточно низкую эффективность, до сих пор метод не нашел промышленного внедрения.

К химическим методам обеззараживания следует отнести и использование металлов, обладающим олигодинамическим эффектом, прежде всего ионов серебра и меди. Бактерицидностью обладает ряд соединений меди, которые находят применение для обеззараживания сточной воды, борьбы с биологическими обрастаниями в системах оборотного водоснабжения, предотвращения цветения воды в широком диапазоне концентраций ($>3-500$ мг/дм³).

Комбинируя различные дезинфектанты, можно как усиливать их действие при одновременном снижении концентрации, так и получать дополнительные эффекты. Стоимость обработки воды при этом, как правило, снижается. Установлено, что для интенсификации обеззараживающего действия хлора его используют совместно с ионами металлов, при этом наблюдается синергетический эффект, что дает возможность сократить продолжительность обработки воды в 5-10 раз. Комплексное использование H_2O_2 с ионами $Cu(II)$ в качестве катализатора разложения перекиси водорода, позволяет активизировать процесс обеззараживания воды при снижении необходимых доз реагентов при обработке воды.

Из физических методов обеззараживания наибольшее применение нашел ультрафиолетовый (УФ) метод обработки. Создание мощных источников излучения, новые конструктивные решения УФ-установок, снабженных чувствительными датчиками, позволяющими измерять и контролировать интенсивность излучения в обрабатываемой воде и обеспечивать автоматическое регулирование интенсивности в зависимости от качества обрабатываемой воды, сделали этот метод конкурентоспособным, сравнимым по стоимости с хлорированием.

Начиная с 80-х годов эта технология интенсивно развивается для водоочистки и водоподготовки питьевых и сточных вод. В настоящее время только в Северной Америке более 1500 муниципалитетов используют ультрафиолетовое облучение для обеззараживания очищенных СВ. Крупнейшая в мире УФ-станция, производительностью более 1 млн. м³/сут., расположена в г.Калгари (Канада). Ожидается, что в ближайшие 10 лет около 25% сточных вод в США будет обеззараживаться ультрафиолетом. Технология УФ обеззараживания СВ начала активно применяться и в России.

Действующие в России нормативы по дозе ультрафиолетового излучения в 16-20 мДж/см² для питьевой воды и 28-30 мДж/см² для хозяйственно - бытовых и промышленных стоков не обеспечивают достаточной инактивации патогенной микрофлоры.

Более того, необходимо учитывать повышение устойчивости микрофлоры к воздействию хлора, озона и ультрафиолета. Это естественный процесс эволюции. Микробиологи ведущих научных центров Америки, Азии и Европы показывают в своих отчетах, что за последние 15-20 лет устойчивость патогенной микрофлоры к хлору повысилась в 5-6 раз, к озону в 2-3 раза, к ультрафиолету в 4 раза. А это означает, что с учетом дальнейшего повышения устойчивости микроорганизмов спор, вирусов и простейших к перечисленным

выше методам обеззараживания воды и стоков необходимо при проектировании закладывать уровни воздействия с учетом динамики роста сопротивляемости объекта воздействия. Именно поэтому, сейчас в экономически развитых странах минимальная доза воздействия ультрафиолетового излучения определена в **40 мДж/см²**, а во всех проектируемых станциях по обеззараживанию воды и стоков закладывается доза ультрафиолетового излучения **70-100 мДж/см²**. В этом случае наиболее перспективными являются методы комбинированного воздействия на воду различных дезинфицирующих средств и способов.

Одним из таких методов является одновременное воздействие на воду ультразвука и ультрафиолета, применяемого в новой технологии обеззараживания воды под названием «**Лазурь**». В ее основе непрерывная обработка воды ультрафиолетовым излучением, с плотностью потока не менее **40 мДж/см²** и длиной волны **253,7 нм** и **185 нм** с одновременным ультразвуковым воздействием плотностью около **2 Вт/см²** и акустическими колебаниями. В 1996 г. метод запатентован с приоритетом России. Предлагаемая на его базе технология «**Лазурь**» успешно реализована и апробирована с 1997 г. в бактерицидных установках модульного исполнения серии «**Лазурь-М**». В процессе обработки проходящего потока воды ультразвуком от излучателя, размещаемого непосредственно в корпусе камеры фотохимического реактора, в воде образуются короткоживущие парогазовые «каверны». Они возникают в момент локального разряжения в воде и взрываются при сжатии воды в объеме модуля установки на неоднородностях с частотой в несколько десятков килогерц. При этом, за счет резкого изменения давления и температуры, в воде практически полностью уничтожается патогенная микрофлора, образуются активные радикалы ОН, так как в роли неоднородностей выступают споры грибов, бактерии, собственно и являющиеся мишенями обработки. Радикалы ОН являются мощнейшим катализатором, который на несколько порядков увеличивает воздействие ультрафиолетового излучения. Помимо этого, под воздействием ультразвуковых колебаний в объеме обрабатываемой жидкости, в модуле установки возникает процесс объемной дегазации – появление многочисленных, микроскопических воздушных пузырьков.

В Республике Беларусь так же имеется некоторый опыт эксплуатации установок по УФ-обеззараживанию сточных вод. На водоочистных сооружениях Мозырского нефтеперерабатывающего завода производительностью 54 тыс. м³/сут., осуществляющих водоочистку сточных вод НПЗ и хозяйственно-бытовых стоков в 2003г. была внедрена технология УФ-обеззараживания биологически очищенных сточных вод. По результатам лабораторных исследований, за период эксплуатации комплекса промышленного УФ-обеззараживания (2003-2006г.г.) большинство проб по числу общих колиформных бактерий, колифагов соответствовали требованиям (Санитарные правила и нормы 2.12.12-33-2005 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения», «Санитарные правила для систем водоотведения населенных пунктов»). Однако, наблюдались и отдельные случаи превышения допустимых норм, что, возможно, связано с колебаниями величины расхода сточной воды и концентрации взвешенных веществ в установке.

Данные факты свидетельствуют о том, что при использовании УФ-обеззараживания необходимо учитывать все факторы, влияющие на процесс дезинфекции. В настоящее время накоплен обширный материал по воздействию УФ-излучения на различные виды микроорганизмов, которые по устойчивости к ультрафиолету располагаются в ряд: вегетативные бактерии >вирусы >бактериальные споры >цисты простейших. При этом установлено, что УФ-излучение действует на вирусы намного эффективнее, чем хлор. Эффект обеззараживания при УФ-дезинфекции основан на воздействии

ультрафиолетовых лучей с длиной волны 200-300 нм на белковые коллоиды и ферменты протоплазмы микробных клеток, он обусловлен фотохимическими реакциями, в результате которых происходят необратимые повреждения ДНК и других структур клетки. Бактерицидный эффект зависит от прямого воздействия ультрафиолетовых лучей на каждую бактерию. Интенсивное внедрение УФ-обеззараживания воды на средних и больших объектах связано со многими преимуществами данной технологии.

Безреагентный и экологически чистый ультрафиолетовый метод обработки в сравнении с озонированием требует в два раза меньше капиталовложений и в пять раз меньше эксплуатационных затрат. Это связано с небольшими затратами электроэнергии (в 3-5 раз меньшими, чем при озонировании); отсутствием необходимости в специальном обслуживающем персонале; с отсутствием организации специальных мер безопасности. УФ-облучение, в отличие от окислительных технологий, не меняет химический состав воды. Степень УФ-дезинфекции не линейно, а экспоненциально растет с увеличением дозы УФ-излучения, поэтому незначительное увеличение УФ-мощности при заданном расходе обрабатываемой воды в несколько раз повышает степень дезинфекции.

Многочисленные исследования показали отсутствие вредных эффектов после облучения воды даже при дозах, намного превышающих практически необходимые.

Обеззараживаемая ультрафиолетом вода должна иметь достаточную прозрачность, поскольку в загрязненных водах интенсивность проникания УФ-лучей быстро затухает. Степень влияния мутности и цветности воды на эффект обеззараживания УФ-лучами оценивается по коэффициенту пропускания (поглощения) воды в ультрафиолетовой области. В зависимости от качества обрабатываемой воды, её назначения, колеблются дозы УФ-излучения.

Опыт эксплуатации промышленных УФ-систем на различной воде показал, что приемлемыми с эксплуатационной и энергетической точек зрения являются воды с содержанием взвешенных частиц не более 30 мг/дм^3 , цветностью не более 500 - 600, содержанием железа не более 2 - 3 мг/дм^3 . Эти характеристики определяют границу конкурентоспособности УФ-технологии дезинфекции. Необходимо отметить, что в 2004 г. в Беларуси впервые разработана и утверждена Инструкция 2.1.5.11-10-7-2004 «Санитарный надзор за обеззараживанием сточных вод ультрафиолетовым излучением».

На протяжении последних 30 лет в России ведутся разработки электроимпульсных методов обеззараживания жидкостей, основанных на осуществлении высоковольтного разряда в жидкости. Импульсный разряд в жидкости способствует возникновению кавитационных явлений, гипохлорит-ионов, активных радикалов, а также УФ-излучения из канала разряда. Несмотря на достаточно длительную историю изучения данного метода обеззараживания, его реализация до сих пор не вышла из стадии стендовых испытаний.

Другие физические методы обеззараживания, такие как обработка воды ускоренными электрическими зарядами, электрическими разрядами малой мощности, переменным электрическим током, магнитная обработка, термообработка, обработка ультразвуком, микрофилтрование, радиационное обеззараживание используются редко из-за высокой энергоёмкости или сложности аппаратуры, а также из-за не изученности образующихся в процессе обработки воды соединений. Многие из этих методов находятся на стадии чисто научных разработок.

В настоящее время ведётся разработка считающихся перспективными окислительных технологий, которые охватывают обширный диапазон физических и химических методов,

способных удалять из воды примеси до очень низких концентраций. Сюда относятся методы- УФ+O₃, УФ+H₂O₂, УФ+O₃+H₂O₂ и др. С помощью этих методов ожидается достижение очень высокой эффективности обеззараживания воды, обусловленная синергетическим эффектом, т.е. усилением отдельных воздействий от каждого из применяемых средств.

Современные методы обеззараживания воды с применением окислителей, излучений недостаточно эффективно инактивируют вирусы, споровые формы, цисты простейших, для удаления которых рекомендуется сочетать процессы обеззараживания с процессами снижения мутности - коагуляцией, отстаиванием, фильтрацией.

Удаление из воды микроорганизмов, в частности цист гельминтов и крупнейших бактерий, относящихся к грубодисперсным примесям, достигается чаще всего осаждением и фильтрованием. Вирусы и бактерии малого размера, относящиеся к мелкодисперсным примесям воды, могут быть переведены в грубодисперсную фазу коагуляцией и флокуляцией, с последующим осаждением полученных агломератов фильтрацией.

В отношении вирусов наиболее эффективным является метод фильтрования. По данным исследований, проведенных на водопроводных станциях Франции, в течении двух лет, вирусы удаляются на 77 - 99 % при использовании песчаных фильтров с размером частиц 0,5 - 0,6 мм, высотой фильтрующего слоя 50 - 70 см и скоростью фильтрования 5 м/ч. Совместное применение коагулянтов (40-50мг/дм³) и флокулянтов (1 мг/дм³) усиливает эффект удаления вирусов. Степень удаления из воды вирусов повышается от 55 - 60 % до 80 - 90%, если в воду добавляют катионные флокулянты, и не изменяется при добавлении анионных флокулянтов. Присутствие неионогенных ПАВ значительно снижает эффективность удаления вирусов. Установлено, что инактивация вирусов в воде может произойти и в процессе устранения жесткости.

Все физико-химические и сорбционные методы сами по себе или в сочетании не обеспечивают необходимого уровня очистки воды от микроорганизмов. Только сочетание их с химическими дезинфектантами или физическими методами обеззараживания воды позволяет достигнуть нужных результатов.

Довольно часто экологами для обеззараживания сточных вод предлагается использовать естественные биоценозы, в частности, биопруды, где обеззараживание происходит за счет природного ультрафиолета и альгофлоры. Установлено, что свободноплавающее на поверхности растение, такое как ряска хорошо растет на СВ свиноводческих комплексов, городских СВ. Обеззараживание СВ птицефабрик возможна при прохождении сточной жидкости через серию рыбоводно-биологических прудов с адаптированным альгологическим комплексом из диатомовых, зеленых и протокочковых водорослей. В Узбекистане разработана эффективная биотехнологическая водоочистка СВ свиноферм, птицефабрик и др. производств путем культивирования в них высшего водного растения - пистии телорезовидной. Установлено, что пистия способна интенсифицировать процессы бактериального очищения воды от органических веществ и является хорошим антагонистом сапрофитных и кишечных бактерий.

Однако все эти виды воздействий крайне слабы и имеют сезонный характер. Даже в летний период биопруды со временем пребывания в них воды 30 суток дают сокращение количества БГКП только на 99 %, что недостаточно для выполнения требований санитарных органов. Методы обеззараживания воды в естественных биоценозах могут быть использованы только для небольших объемов.

Анализ зарубежного и отечественного опыта обеззараживания сточных вод показал, что в настоящее время интенсивно разрабатываются экологически более чистые и безопасные методы обеззараживания воды, альтернативные хлорированию. Многие из числа известных методов находятся пока на стадии научных разработок, лабораторных и производственных испытаний, внедряются на небольших очистных сооружениях. Реально работающими технологиями, прошедшими поверку на водоочистных сооружениях, являются озонирование и УФ-облучение. Однако при сопоставлении этих методов обеззараживания воды предпочтение все же отдано УФ-облучению по следующим соображениям.

Озон обладает сильным дезинфицирующим действием в отношении бактерий и вирусов, характеризующихся высоким окислительным потенциалом. Побочными продуктами озонирования являются альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, фенолы и другие гидроксильированные и аллоратические ароматические далеко не безвредные соединения. Кроме того, частичная деструкция органических соединений приводит к их трансформации в биоразлагаемую форму. Они, являясь питательным субстратом, могут вызвать размножение микроорганизмов в водоеме, что в конечном итоге приводит к снижению санитарной надёжности воды.

УФ-дезинфекция же, в силу физико-химического механизма обеззараживания воды, не вызывает образования побочных продуктов и может быть отнесена к экологически чистым методам дезинфекции. Кроме того, существенное значение имеет и то обстоятельство, что этот метод отличается более низкими эксплуатационными расходами.

Однако следует отметить, что обеспечить надёжный уровень подавления патогенной микрофлоры можно только лишь при тщательном соблюдении рекомендованного регламента обработки. На территории СНГ наибольший опыт применения обеззараживания сточных вод накоплен в России, который может быть использован при обосновании метода обеззараживания сточных вод в ВКХ Белоруссии.

Правошинский Н.А.