

МЕНЕДЖМЕНТ И ИНЖИНИРИНГ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Г.Д. ДРОЗДОВ, д.э.н, проф.,

А.С. ЧУРИЛИН, к.т.н., доц.

Санкт-Петербургский государственный университет сервиса и экономики
(СПбГУСЭ), 191018, Санкт-Петербург, ул. Кавалергардская, 7

Аннотация:

Снабжение населения качественной питьевой водой в больших городах представляет серьезную научную и практическую задачу. С одной стороны, ужесточаются требования к качеству питьевой воды, подаваемой в системы централизованного водоснабжения. С другой стороны, существующие технологии не всегда могут справляться с поставленной задачей в силу различных причин. В мировой практике накоплен опыт разработки и применения различных технологий улучшения качества воды, подаваемой в водопроводную сеть. Однако в настоящее время все большее предпочтение отдается мембранным методам с большой надеждой на будущее ввиду невысокой стоимости, компактности, простоте обслуживания. В статье рассмотрены эффективные способы очистки питьевой воды.

Ключевые слова: трубопроводы, механизмы очистки воды, последствия очистки воды, процесс сжигания осадков

ВВЕДЕНИЕ

Вода - ценнейший природный ресурс. Она играет исключительную роль в процессах обмена веществ, составляющих основу жизни. Огромное значение вода имеет в промышленном и сельскохозяйственном производстве. Общеизвестна необходимость ее для бытовых потребностей человека, всех растений и животных. Для многих живых существ она служит средой обитания.

Рост городов, бурное развитие промышленности, интенсификация сельского хозяйства, значительное расширение площадей орошаемых земель, улучшение культурно-бытовых условий и ряд других факторов все больше усложняет проблемы обеспечения водой.

Потребности в воде огромны и ежегодно возрастают. Ежегодный расход воды на земном шаре по всем видам водоснабжения составляет 3300-3500 км³. При этом 70% всего водопотребления используется в сельском хозяйстве.

Много воды потребляют химическая и целлюлозно-бумажная промышленность, черная и цветная металлургия. Развитие энергетики также приводит к резкому увеличению потребности в воде. Значительное кол-во воды расходуется для потребностей отрасли животноводства, а также на бытовые потребности населения. Большая часть воды после ее использования для хозяйственно-бытовых нужд возвращается в реки в виде сточных вод.

Дефицит пресной воды уже сейчас становится мировой проблемой. Все более возрастающие потребности промышленности и сельского хозяйства в воде заставляют все страны, ученых мира искать разнообразные средства для решения этой проблемы.

На современном этапе определяются такие направления рационального использования водных ресурсов: более полное использование и расширенное воспроизводство ресурсов пресных вод; разработка новых технологических процессов, позволяющих предотвратить загрязнение водоемов и свести к минимуму потребление свежей воды.

Проблемы рационального использования водных ресурсов рассмотрены в трудах С.С. Алексеева, Б.Г. Базылева, С.А. Боголюбова, И.А. Герасимовой, А.К. Голиченкова, О.Л. Дубовик, О.С. Колбасова, Д.А. Липинского, Н.А. Лопашенко, А.В. Малько, И.Ф. Панкратова, В.В. Петрова, Ф.М. Раянова, И.А. Чубукова, Ю.С. Шемшученко, Р.Г. Ягутяна и др.

Однако в этих и других работах недостаточно подробно рассмотрены вопросы механизма очистки питьевой воды.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Механизмы очистки питьевой воды

Для выработки механизма очистки вод для питья и при оценке качества воды существует несколько критериев. На первом месте стоит фактор нормирования, включающие лимиты на изъятие воды из источников, лимиты на сброс сточных вод и предельных масс загрязнений по каждому ингредиенту - ПЛС. Представляем выдержки из перечня показателей качества воды, нормируемые в России и за рубежом. Многие из этих величин содержат информацию, без которой невозможно подобрать оптимальную схему очистки воды, табл. 1.

Водопользование подразумевает три основных вида [1]:

- 1) гигиенические требования к питьевой воде;
- 2) к качеству воды культурно бытового назначения;
- 3) к водам рыбохозяйственных целей.

Таблица 1 - Нормативные требования к воде

Показатель	Единицы измерения	ВОЗ	USEPA	ЕС	СанПиН
Общая минерализация (солесодержание)	Мг/л	1000	500	1500	1000
Водородный показатель	Единицы pH	-	6.5-8.5	6.5-8.5	6-9
Жесткость общая	Мг-экв/л	-	-	1.2	7.0
Окисляемость перманганатная	Мг O ₂ /л	-	-	5.0	5.0
Цветность	градус Pt-С ⁰ шкалы	15	15	20	20
Мутность	ЕФМ (по формазину)	5(1)	0.5-1	4	2.6
Алюминий (Al)	Мг/дм ³	0.2	0.2	0.2	0.5
Барий (Ba)	Мг/дм ³	0.7	2.0	0.1	0.1
Железо (Fe)	Мг/дм ³	0.3	0.3	0.2	0.3
Магний (Mg)	Мг/дм ³	-	-	50.0	-
Марганец (Mn)	Мг/дм ³	0.5 (0.1)	0.05	0.05	0.1
Медь (Cu)	Мг/дм ³	2.0 (1.0)	1.0 – 1.3	3.0	1.0
Мышьяк (As)	Мг/дм ³	0.01	0.05	0.05	0.05
Натрий (Na)	Мг/дм ³	200.0	-	150.0	200.0
Нитраты (NO ₃)	Мг/дм ³	50.0	44.0	50.0	45.0
Нитриты (NO ₂)	Мг/дм ³	3.0	3.3	0.1	3.0
Ртуть (Hg)	Мг/дм ³	0.001	0.002	0.001	0.0005
Свинец (Pb)	Мг/дм ³	0.01	0.015	0.05	0.03
Серебро (Ag)	Мг/дм ³	-	0.1	0.01	0.05
Сероводород (H ₂ S)	Мг/дм ³	0.05	-	UO	0.03
Сульфаты (SO ₄ ²⁻)	Мг/дм ³	250.0	250.0	250.0	500.0
Фториды (F ⁻)	Мг/дм ³	1.5	2.0-4.0	1.5	1.5
Хлор	Мг/дм ³	0.5-	-	-	0.3-0.5
Хлориды (Cl ⁻)	Мг/дм ³	250.0	250.0	200.0	350.0

Условные обозначения:

ВОЗ - стандарт Всемирной организацией здравоохранения

USEPA - Агенство по охране окружающей среды (США)

ЕС - стандарт Европейского общества

СанПиН - Санитарные нормы и правила РФ

Для вод культурно – бытового назначения вводятся критерии типа: плавающие примеси, растворённый кислород, взвешенные вещества. количество кишечных палочек при купании, температура, количество возбудителей заболеваний и пр. [2]. При рыбохозяйственной деятельности вводятся свои дополнительные критерии по температуре, ядовитым веществам, сезону, взвешенным и плавающим веществам.

Известны разные шкалы оценки качества, в частности, питьевой воды, полученной из источников или после очистки сточных вод. Например, при оценке пахучести и вкуса воды используется бальная система, цветность оценивается в градусах, водородный показатель по критерию pH. Остальные показатели, включая мутность воды, по количеству примесей на литр, мг/л.

Как правило, для вод культурно – бытового назначения используются различные методы обеззараживания. При этом следует отметить, что необходимо не только обеззараживанием воды (процесс уничтожения находящихся там микроорганизмов), но и грамотная утилизация обработанного остатка. 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 профилактического обеззараживания и обработки воды в аварийных ситуациях сооружения обеззараживания необходимы на всех станциях подготовки хозяйственно-питьевых вод. Для обеззараживания мы считаем возможным использовать два метода - обработку воды сильными окислителями и воздействие на воду ультрафиолетовыми лучами. Кроме названных можно необходимый эффект получить фильтрованием воды через ультрафильтры, обработкой ультразвуком, кипячением воды. Для очистки поверхностных вод следует применять окислители - хлор, хлорсодержащие реагенты, озон; для обеззараживания подземных вод следует использовать бактерицидные установки; для обеззараживания небольших порций воды - перманганат калия, перекись водорода [3]. Хорошие результаты дает двухступенчатая обработка, когда часть реагента-окислителя - подается до, часть - после очистных сооружений.

Основными обеззараживающими веществами являются Cl_2 , HClO , OCl , NH_2Cl и NHCl_2 , их называют активным хлором. При этом Cl_2 , HClO и OCl образуют свободный хлор, хлорамин и дихлорамин - связанный хлор. Бактерицидность хлора больше при малых значениях pH, поэтому воду хлорируют до ввода подщелачивающих реагентов.

При этом необходимая доза хлора определяется на основе экспериментально построенной кривой хлоропоглощаемости воды. Хлорную известь получают при обработке сухой, негашеной взвести хлором. При контакте с воздухом и влагой хлорная известь постепенно разлагается, поэтому реагент необходимо хранить в сухом, вентилируемом помещении в закрытой таре. Вместо хлора можно для получения ClO_2 также использовать озон или соляную кислоту. Концентрация рабочего раствора соли в электролизной ванне принимается 100...120 г/л, высотное расположение электролизера должно обеспечить поступление раствора Na ClO в бак-накопитель самотеком. Бак-накопитель размещают в вентилируемом помещении, дозировка раствора гипохлорита в воду происходит эжектором, насос-дозатором или другим устройством для подачи растворов и суспензий [4]. Для электролитического изготовления бактерицидного хлора можно использовать хлоридные ионы, имеющиеся в самой природной воде. Метод называется прямым электролизом, разработана соответствующая установка "Поток". Применение установки возможно при содержании в воде хлоридов не менее 20 мг/л и общей жесткости не более 7 мг-экв/л. Установка состоит из вертикального электролизера, который на фланцах присоеди-

няется к трубопроводу обрабатываемой воды. Движение воды - снизу вверх. Кроме того имеется блок питания и замкнутая система кислоты, предназначенная для смыва с электродов карбонатной пленки. В систему входят бак и кислотостойкий насос. Размеры электролизера 940x815x1590 мм, давление в рабочей камере - не более 0,5 МПа, номинальная мощность 7,6 кВт-ч, производительность 15...150 м³/ч.

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. Температура испарения озона при 0,1 МПа составляет - 111,9°С, температура плавления при этом же давлении - 192,5°С. 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. Синтетическим путем озон получают при коронном - тихом разряде, который образуется в узком слое воздуха между электродами высокого напряжения (5...29 кВ) при атмосферном давлении. Соответствующие аппараты называются генераторами озона или озонаторами. На практике применяют озонаторы двух типов с пластинчатыми электродами и цилиндрические озонаторы с трубчатыми электродами.

Доза озона и оптимальная схема озонирования определяются на основе предварительных технологических исследований. При отсутствии соответствующих данных СН и П 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.

При доочистке биологически очищенных городских сточных вод с дозой озона 20 мг/л ХПК снижается на 40 %, БПК₅ на 60...70 %, ПАВ на 90 %, окраска воды на 60 % . Одновременно происходит обеззараживание воды.

По результатам нашего мониторинга выявлено, что в мировой практике наибольшую известность и распространение получили французские озонаторы фирмы "Трейлигаз".

Ультрафиолетовые лучи длиной волн 220-280 нм действуют на бактерии губительно, причем максимум бактерицидного действия соответствует длине волн 260 нм. Данное обстоятельство используется в бактерицидных установках, предназначенных для обеззараживания в основном подземных вод. Источником ультрафиолетовых лучей является ртутноаргонная или ртутнокварцевая лампа, устанавливаемая в кварцевом чехле в центре металлического корпуса. Чехол защищает лампу от контакта с водой, но свободно пропускает ультрафиолетовые лучи /9/. 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. При этом, 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.

Как известно, мутность воды обусловлена содержанием нерастворенных, прежде всего грубодисперсных минеральных примесей; цветность - содержанием минеральных и органических соединений, причем главную роль играют коллоиды органического происхождения, планктон и другие вещества. Выбор метода дезодорации воды зависит от происхождения запахов и привкусов. Если причиной являются минеральные растворенные и коллоидные вещества, проблема решается деминерализацией, обезжелезиванием, дегазацией воды. Однако основной вопрос дезодорации - вопрос удаления из воды растворенных органических веществ. Это требует специальной обработки воды. С данной проблемой тесно связана проблема удаления из воды токсичных веществ, находящихся там как правило в микроконцентрациях.

В настоящее время для решения этой проблемы возможно применение методов окисления и сорбции, причем хорошие результаты дает их комбинирование - окислительно-сорбционный метод. Из окислителей рекомендуется использовать хлор и хлорсодержащие реагенты, озон, перманганат калия. Выбор реагента, его дозы и схемы реагентной обработки следует решить на основе технологических исследований. Ориентировочно можно дозу окислителя определить исходя из перманганатной окисляемости воды.

Как правило, окислители разрушают органическое вещество в органолептически менее ощутимые, а также менее токсичные соединения. Но имеются и такие вещества, например некоторые фосфорорганические пестициды, при которых неполное окисление может привести к усилению запахов и привкусов и образованию токсичных веществ.

Наиболее распространенным и дешевым окислителем является хлор, при котором, однако, надо учесть возможность появления в воде запаха и привкуса хлора, а также нежелательных соединений - хлорфенолы.

Для углевания воды необходимо иметь бак с механическим или гидравлическим перемешиванием, в котором происходит замачивание угля в течение 1 ч. Изготовленную угольную пульпу концентрацией 8 % подают в воду перед очистными сооружениями за 10 мин до ввода коагулянта. Доза угля перед фильтрами не должна превышать 5 мг/л. Применяют в основном активные угли марки БАУ и ОУ /12/.

Под доочисткой понимают методы и процессы, дополняющие традиционные технологические схемы двухступенчатой очистки сточных вод. Возможная степень удаления загрязнителей в процессах третичной очистки (доочистки) практически не ограничена и определяется условиями сброса очищенных сточных вод в водоемы, подачи воды на технические нужды или в систему питьево-

го водоснабжения. При этом должны учитываться экономические соображения/13/.

В качестве окислителей используют уже перечисленные вещества. Озонирование при доочистке сточных вод применяют для доокисления органических веществ, дезодорации, обесцвечивания и обеззараживания. Описание озонаторов для производства озонородушной смеси и параметры процесса озонирования схожи с приведенными выше.

Теоретическая потребность хлора при окислении для снижения ХПК на 1 мг/л составляет 4,43 мг/л хлора. Хлорирование увеличивает на 20% содержание взвешенных частиц в воде за счет перехода некоторых растворимых соединений под действием хлора в суспензированное состояние. БПК₅ снижается в среднем на 35 %.

Для реализации механизма очистки воды необходимо соответствующее оборудование, находящееся в специальных сооружениях.

Комплекс сооружений для обеззараживания состоит из установки для хлорирования, склада хлора, смесителя и контактного резервуара. Хлорное хозяйство должно обеспечивать возможность увеличения расчетной дозы хлора в 1,5 раза без изменения вместимости складов для реагентов.

Установки для хлорирования аналогичны установкам, применяемым для обеззараживания природных вод. Смесители подразделяют на три типа: ершовые - при расходе сточных вод до 1400 м³/сут., типа лотка Паршаля и с механическим или пневматическим перемешиванием .

Сооружения обеззараживания должны обеспечивать снижение бактериальных загрязнений в очищенной воде до нормативных.

Химическое обеззараживание осадков проводится известью, аммиаком, тиазоном, формальдегидом или мочевиной. Одновременно повышается удобри-тельная ценность осадков. Требуемая для обеззараживания известью температура 60° С достигается при дозах извести более 30 %. Для обеззараживания используется молотая известь, которая смешивается с осадком в двухвальном лопастном смесителе.

Дегельминтизация радиационным термическим нагреванием обезвоженных осадков является наиболее простым способом их обезвреживания. Теоретическое количество теплоты, максимально потребное на дегельминтизацию 1 м³ осадка, обезвоженного до 80%-ной влажности, при нагреве осадка с 10 до 60° С составляет 560 МДж. Камеры КДГМ рекомендуются для обеззараживания осадков перед использованием их в качестве удобрения на станциях аэрации производительностью до 20...30 тыс. м³/сут. сточных вод.

Процесс сжигания осадков в условиях псевдоожиженного слоя значительно эффективнее, чем в стационарном слое. В качестве инертного материала в кипящем слое применяют кварцевый песок с размером фракций 1 ...5 мм или фторопласт. Производительность печи по испаряемой влаге составляет 1... 2 т/ч.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали, что научных знаний, технологий, людских и природных ресурсов вполне достаточно, чтобы Россия вышла из экологического технологического и экономического кризиса и реализовала миссию великой экологической державы. Это важно с позиций освоения, рассмотренных в данной работе, новых эффективных технологий и методов очистки сточных вод промышленных предприятий с доведением их до питьевой воды.

Предложенные механизмы очистки воды могут успешно применяться в народном хозяйстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алехин, Ю.А. Опыт использования вторичных материальных ресурсов в производстве стройматериалов/ Ю.А. Алехин //Сер.1, Экономия и рациональное использование ресурсов.- М.: ЦНИИТЭИМЕ. 1988.- Вып.6.- 46 с.
2. Манусаджянц, О.И. Автомобильные эксплуатационные материалы. Уч.пос./ О.И. Манусаджянц, Ф.В.Смаль - М:Транспорт,1989. - 271 с.
3. Охрана окружающей природной среды. Постатейный комментарий к Закону России. М., 1998.- 654с.
4. Дворкин, Л.И. Отходы химической промышленности в производстве стройматериалов / Л.И. Дворкин. - К.,Будивельник,1986 - 128 с.
5. Балацкий, С.Ф. Безотходное производство: экономика, технология / С.Ф. Балацкий, А.Ю. Журавский [и др.] - "Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. т.17(Итоги науки и техники ВИНТИ) - М.- 1987, - 184 с.
6. Химическая промышленность за рубежом – 1986 - №4 - С.31-35.