

Методы водоподготовки с использованием озонирования и сорбции

Ануфриев В. Н.¹, Волкова Г. А.²

¹Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь,

²Брестский государственный технический университет
Брест, Республика Беларусь

В работе рассмотрены методы подготовки воды, забираемой из поверхностных источников водоснабжения, с использованием озонирования и сорбции. При наличии в поверхностной воде, поступающей на сооружения водоподготовки, запахов 3 балла и выше для снижения их интенсивности рекомендуется применять окислительно-сорбционный метод обработки воды.

Методы обработки воды, состав и расчетные параметры сооружений водоподготовки, расчетные дозы реагентов устанавливаются в зависимости от качества воды в источнике водоснабжения, производительности станции, местных условий, результатов инженерных изысканий, данных эксплуатации объектов-аналогов [1].

В период вегетации диатомового планктона преобладают сине-зеленые водоросли как планктонные, так и бентосные формы, которые выделяют в воду вещества, придающие ей привкусы и запахи. Высокое содержание органических веществ в поверхностных водах фиксируется в период гниения водорослей (июль–сентябрь). Значение показателя перманганатной окисляемости по данным наблюдений в исходной воде поверхностных водоисточников, в том числе, в водохранилищах, в июле–октябре составляет от 7,15 до 12,48 мг/дм³. Интенсивность запаха при этом в поверхностных источниках водоснабжения достигает 3–5 баллов. Повышенная окисляемость и цветность воды из поверхностных источников свидетельствуют о наличии в воде гуминовых и фульвокислот.

Слабое цветение водохранилища наблюдается, когда биомасса водорослей находится в пределах от 0,5 до 0,9 мг/л, умеренное, если биомасса – от 1,0 до 9,9 мг/л, интенсивное – от 10,0 до 99,9 мг/л, гиперцветение – больше 100 мг/л. Результатом цветения водохранилища является ухудшение кислородного режима водоема. Вкус и запах воды обусловлены наличием в воде органических веществ растительного происхождения.

Обеспечение требуемого качества питьевой воды определяется правильностью выбранных методов очистки и технологическими режимами работы системы водоснабжения в целом и ее отдельных сооружений.

Озонирование является высокотехнологичным и эффективным способом обеззараживания воды. К преимуществам озонирования относятся [4]:

- уничтожение бактерий, спор и вирусов;
- одновременно с обеззараживанием вода обесцвечивается, устраняются запахи и привкусы, улучшаются органолептические свойства;
- озон не изменяет натуральные свойства воды (его избыток через несколько минут превращается в кислород), и поэтому остаточный озон не вызывает отрицательного действия на организм человека;
- озон неспособен к реакциям замещения (не образуются тригалогенметаны);
- быстрое разложение, даже при некоторой передозировке остаточные количества его не могут быть велики и не требуют устранения;
- при озонировании в воду не вносятся посторонние вредно действующие вещества и не происходит заметных изменений минерального состава воды и ее pH;
- не требуется приобретение сырья, поскольку кислород, необходимый для получения озона, забирается из окружающего воздуха;
- отсутствие возможности чрезвычайные ситуации техногенного характера [4];
- при озонировании для осветления и обесцвечивания природных вод, содержащих естественные органические вещества, в основном неизвестной структуры, а также растворенные желто-коричневые гуминовые вещества, происходит снижение УФ поглощения воды [3].

К недостаткам применения озонирования относятся следующие:

- озонирование не обладает длительным эффектом «последствия» (после введения озон сохраняется в воде всего 30–40 мин);
- озон как сильный окислитель способен переводить трудно окисляемые органические соединения в разряд легко окисляемых, чем создает благоприятные условия для развития микроорганизмов;
- при окислении озоном органических соединений в результате могут образовываться такие вещества, как альдегиды, кетоны и др. [4];
- реакция озона с растворенными органическими веществами в воде не приводит к конечному окислению веществ до углерода, а приводит только к химическому изменению этих веществ путем частичного окисления на более полярные продукты реакции, часто с меньшими молекулярными массами. С другой стороны, окисляемость снижается больше, чем уменьшение растворенного органического углерода, которое несущественно. Таким образом, кислородсодержащие органические соединения во многих

случаях хуже адсорбируются при последующей обработке активированным углем. При этом содержание растворенного органического углерода уменьшается за счет адсорбции и биологического разложения [2].

Для удаления органических веществ, а также снижения интенсивности привкусов и запахов, согласно [1], применяют окисление и последующую сорбцию веществ, осуществляемую путем фильтрования воды через гранулированные активные угли или дозированием их в виде порошка с последующим его задержанием при фильтровании.

При обработке воды активированным древесным порошкообразным углем (ОУ-Б, ТН-90 «Экстра», АУ-ТБ) при подаче его в смесители наблюдается низкая эффективность. В процессе углевания обнаруживаются следующие недостатки:

- при перемешивании угольной пульпы на дне баков формируется слой осадка плотной консистенции (время образования осадка – 7–8 суток толщиной слоя около 1 м);

- происходит засорение трубопровода подачи угольной пульпы от бака приготовления угольной пульпы к насосам-дозаторам;

- требуются расходомеры угольной пульпы;

- присутствие ручного труда для загрузки сухого угля из мешков в бак;

- требуется регулируемая подача пульпы насосом-дозатором;

- угольная пульпа является абразивным веществом, что приводит к частому выходу из строя насоса-дозатора угольной пульпы;

- при снижении уровня пульпы в баке более чем на 1,0–1,5 м на поверхности образуется вихревая воронка, лопасти мешалки захватывают воздух, за счет кавитации возникает повышенная вибрация мешалки, что может привести к ее разрушению;

- задержка угольной пульпы в баке приводит к агломерации частиц угля и ускоренному их оседанию на дне бака и в всасывающем трубопроводе насосов-дозаторов, чему способствует низкая скорость движения пульпы.

Выявленные в процессе работы недостатки способа подачи угольной пульпы в смесители, низкая эффективность применения угольной пульпы для снижения интенсивности и характера запахов исходной воды требуют замены способа сорбционной очистки.

Дозирование угольной пульпы осуществляется на многих объектах водоподготовки в России. С момента начала использования данного способа сорбционной очистки участки углевания претерпели неоднократную модернизацию. Изменено принципиальное решение в части разгрузки, хранения ПАУ и приготовления рабочего раствора угольной пульпы. Применяются специализированные технологические модули контейнерного типа, приготовление угольной суспензии с использованием горячей воды, ис-

пользуется «мокрое» хранение концентрированного раствора угольной пульпы.

Негативные стороны при применении угольной пульпы связаны со сложностями, возникающими при ее последующем отделении. Из-за низкой скорости осаждения в отстойниках порошкового активированного угля, требуется дополнительно увеличивать дозу коагулянта при подаче в смесители, так как в обрабатываемой воде увеличивается содержание взвешенных веществ за счет добавления угольной пульпы. При дальнейшем фильтровании воды на скорых фильтрах происходит кольматация однослойной загрузки фильтров, уменьшается скорость фильтрования. Угольная пыль откладывается на стенках РЧВ и на внутренних поверхностях трубопроводов.

На известных станциях водоподготовки с применением углевания применяются более сложные по конструкции сооружения (например, контактные осветлители), позволяющие задерживать образующиеся хлопья – продукт взаимодействия угля, коагулянта и загрязнений из воды и не допускать их попадания на другие сооружения водоподготовки. Требуемое качество отделения порошкообразного угля достигается за счет вторичного дозирования коагулянта (примерно 0,01 моль/м³ в расчете на железо или алюминий). Также для эффективного задержания порошкообразного активированного угля могут использоваться многослойные фильтры или мембранные фильтры.

Альтернативным способом сорбционной очистки воды является фильтрование через активированные гранулированные угли, которое применяется при наличии в питьевой воде, согласно требованиям [1], запаха и привкуса более 2 баллов.

Фильтры, изготовленные с применением адсорбционных материалов (активированный уголь в виде гранул, углеграфитовых волокон или углеграфитовых тканей) характеризуются эффективной очисткой воды от свободного хлора, большинства видов органических соединений, коллоидных частиц (гидроксид железа, гуминовые кислоты и др.); практически не удаляют из воды катионы и анионы неорганических веществ; наиболее проверенные, простые, надежные и эффективные устройства для очистки воды от указанных загрязнений при своевременной замене и очистке фильтра [4].

Для снижения привкусов и запахов гранулированной активной уголь применяется в качестве загрузки сорбционных фильтров, размещаемых после осветлительных фильтров или других сооружений, обеспечивающих очистку воды от взвешенных веществ до 1,5 мг/дм³ согласно [2], [5]. Также возможен вариант применения совмещенных осветлительно-сорбционных фильтров. Высота угольной загрузки определяется, исходя из скорости

фильтрации, м/ч, принимаемой в пределах от 10 до 20 м/ч, и продолжительности фильтрации воды через слой угля. Продолжительность фильтрации воды принимается в пределах от 10 до 15 мин в зависимости от сорбционных свойств угля, концентрации и вида загрязняющих веществ в воде и других факторов.

Рекомендуемая интенсивность промывки водой сорбционной загрузки фильтра – 10–15 л/(с·м²), ее продолжительность и относительное расширение зависят от типа угля и принимаются на основании результатов технологических исследований. Промывка угольной загрузки производится через 2–3 суток. Расчет сорбционных фильтров производят согласно [5]. Недостаток угольных фильтров – необходимость замены или регенерация активного угля.

Загрузка таких фильтров имеет два варианта исполнения: полностью состоит из активного угля или состоит из угля и материала механической очистки (двухслойная загрузка).

При наличии в исходной воде запахов 3 балла и выше, появляющихся при повышенных концентрациях фитопланктона, при наличии запахов в осветленной воде (кроме хлорного запаха) 3 балла и выше, при наличии в питьевой воде, согласно [2], запаха и привкуса более 2 баллов, следует включить в технологическую схему ступени доочистки воды озонированием и сорбцией путем фильтрации через активированный гранулированный уголь.

Рекомендуется применение озонирования, как резервной системы обеззараживания в виде озонаторов с оборудованием дозирования, камерами реакций, а также фильтров для удаления привкусов и запахов. Подобная типовая технологическая схема реализована на ОАО Мосводоканала, основанная на включении в технологическую схему ступени доочистки озонированием и сорбцией.

Литература

1. СН 4.01.01-2019 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения», Минск, 2020. – 68 с

2. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества // Санитарные правила и нормы СанПиН 10-124 РБ 99: утверждены главным государственным врачом Республики Беларусь: в ред. постановлений Главгоссанврача от 09.10.2006 N 119, Минздрава № 164 от 14.12.2007.

3. DVGW Technische Regel Merkblatt W 225 / Juni 2015 Ozon in der Trinkwasseraufbereitung. DVGW, Bonn. –16 s.

4. Метод гигиенической оценки способов обеззараживания воды // Инструкция по применению, утвержденная Заместителем Министра здраво-

охранения – Главным государственным санитарным врачом Жуковой Н.П., 19 декабря 2018 г. – Рег. № 015-1118, Минск.

5. Проектирование сооружений водоподготовки П1-2019 к ТКП 45-4.01– 320– 2018 (33020). – Минск, 2020.–133 с

УДК 504.062 + 628.29

Учет погрешности исходных данных при определении размера вреда за сверхнормативное загрязнение водных объектов

Колобаев А. Н.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

На основании проведенных исследований показано, что недостатком действующей системы взимания платы за сверхнормативное загрязнение, т.е. размера возмещения вреда (ущерба), причиненного природным водам сбросом загрязняющих веществ в составе сточных вод, является то, что даже при незначительном превышении нормированной концентрации загрязняющего вещества методикой определения величины вреда не предусматривается учет погрешности регистрируемых исходных данных о концентрациях загрязняющих веществ. Для устранения этого недостатка предлагаются дифференцированные таксы возмещения вреда в зависимости от степени превышения фактической концентрации загрязняющих веществ по отношению к допустимой, с учетом погрешностей измерения фактических концентраций.

В Республике Беларусь исчисление размера вреда (ущерба) D , причиненного водному объекту сбросом вредных (загрязняющих) веществ, производится при превышении установленных в разрешении на специальное водопользование допустимых концентраций в сбрасываемых сточных водах. Размер вреда определяется по формуле:

$$D = (\text{ФК} - \text{ДК})Wtb,$$

где D – размер вреда, бел. руб.; ФК – фактическая концентрация i -го вещества, мг/дм³; ДК – допустимая концентрация i -го вещества, мг/дм³; W – фактический объем сброса сточных вод за время превышения допустимой концентрации, млн м³; t – такса (ставка, тариф) за 1 тонну загрязняющего вещества, сброшенного в водный объект сверх установленных норм сброса, в базовых величинах (от 78 до 2742 за 1 тонну); b – базовая величина,