

Полное активное давление грунта E_a равно площади эпюры интенсивности давления (рис.1)

$$E_a = \frac{1}{2} h_k q. \quad (23)$$

Приведенная методика определения активного давления грунта на водопроницаемые подпорные стенки может использоваться для расчета устойчивости креплений нижней зоны откосов осушительных каналов, выполненных по типу подпорной стенки ($\alpha < \varphi$), таких как блоки и плиты из пористого бетона, конструкции из перфорированной пластмассовой ленты и пр.

Литература

1. Михневич, Э. И. Методика расчетов каналов и коллекторов / Э. И. Михневич, Н. Н. Линкевич. – Минск: БНТУ, 2021. – 126 с.
2. Иванов, П. Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений / П. Л. Иванов. – М.: Высшая школа, 1985. – 352 с.
3. Снитко, Н. К. Статическое и динамическое давление грунтов и расчет подпорных стенок / Н. К. Снитко. – Л.: Госстройиздат, 1970. – 207 с.
4. Долматов, Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты / Б. И. Долматов. – Л.: Стройиздат, 1988. – 415 с.

УДК 628.16

Особенности методов обработки поверхностных вод озонированием и активированным углем

Волкова Г. А., Ануфриев В. Н.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Проведен анализ данных изменения показателей качества и состава воды поверхностных водных источников, поступающей на сооружения очистной водопроводной станции, и питьевой воды, поступающей в водораспределительную сеть города. При наличии в воде, поступающей на водоочистные сооружения, запахов 3 балла и выше для снижения их интенсивности рекомендуется применять окислительно-сорбционный метод обработки воды.

Сезонные колебания показателей качества воды в поверхностных источниках водоснабжения характеризуются следующими значениями: тем-

пература – от 1,0 до 24 °С; рН – от 7,15 до 8,6; мутность – от 0,55 до 20,0 мг/дм³; цветность – от 14 до 30 град; перманганатная окисляемость – от 4,6 до 10,0 мг/дм³, общая жесткость – от 3,5 до 4,0 мг/дм³. Для поверхностных источников водоснабжения, в том числе и для водохранилищ, характерно сезонное развитие различных видов водорослей, численность которых изменяется в широких пределах: от 50 до 480000 кл/см³. Максимальное развитие фитопланктона наблюдается в летне-осенний период (июль-сентябрь). Интенсивность развития фитопланктона определяется морфологией водоема и его гидрологическим режимом, количеством поглощаемого света, температурой воды, мутностью, наличием биогенных элементов, продуктами жизнедеятельности самих водорослей, характером почв, пород и водного питания бассейна, дерновым и почвенным покровом чаши водохранилища и деятельностью человека. Повышенная окисляемость и цветность поверхностного источника водоснабжения свидетельствуют о наличии примесей природных органических веществ – гуминовых и фульвокислот, являющихся продуктами разложения органических и неорганических веществ. Массовое развитие, отмирание клеток фитопланктона в поверхностных источниках водоснабжения ухудшает качество воды, приводит к появлению интенсивного запаха, повышению мутности и цветности воды, увеличению концентрации органических веществ, способствует выносу водорослей с водой на водопроводные очистные сооружения и увеличению «грязевой» нагрузки на сооружения. Сине-зеленые водоросли, широко представленные в водохранилищах, производят цианотоксины, концентрация которых возрастает в период интенсивного размножения водорослей. Некоторые виды микроводорослей в результате своей жизнедеятельности, а также при отмирании и разложении являются продуцентами пахнущих веществ. Основные проблемы запаха водопроводной воды чаще других возникают в связи с веществами, выделяемыми актиномицетами и цианобактериями родов *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Symploca* и др. Чистые культуры актиномицетов производят запахи, которые характеризуются как землистый, древесный, затхлый, «запах картофельного погреба», медовый, рыбный, травяной. Цианобактерии (сине-зеленые водоросли) видов *Anabaenax* и *Anabaenaflos-aquae* продуцируют геосмин, имеющий землистый запах. Из группы диатомовых водорослей пахнущие вещества продуцируют представители родов *Asterionella* (запах герани и рыбы), *Cyclotella* (травянистый, герани и рыбы), *Tabellaria* (травянистый, герани и рыбы) и *Melosira* (травянистый, герани и затхлости). Зеленые водоросли способны придавать воде запахи травы, иногда – рыбы. Представители золотистых водорослей родов *Synura*, *Dinobryon* и *Uroglenopsis*, которые развиваются в холодное время года, способны придавать воде сильный рыбный запах [1]. В анализируе-

мой воде водохранилищ преобладает землистый, болотный, болотно-землистый, травянистый и рыбный запах интенсивностью от 1 до 3 баллов.

По отечественным нормативным документам запах и привкус питьевой воды строго нормируются, и единственный метод определения данных показателей – органолептический [2]. Характер запаха воды предлагается определять «ощущением воспринимаемого запаха». Без строгой стандартизации метода определения и перечня характеров запахов в такой ситуации существенно возрастает роль субъективного фактора при оценке качества питьевой воды. Получаемые результаты трудно воспроизводятся в рамках одной лаборатории между отдельными испытателями и практически не воспроизводятся между различными лабораториями даже в рамках единого предприятия. В результате анализа данных изменения показателей качества воды по этапам очистки эффект очистки по цветности за период декабрь-март 2018–2020 годов составил – 30–59 %; за период апрель-май – 30–52 %; за июнь-сентябрь – 53–65 %; за октябрь-ноябрь – 47–53 %.

Эффект очистки по показателю перманганатная окисляемость за период декабрь-март 2018–2020 годов составил 22–37 %; за период апрель-май – 28–39 %; за июнь-сентябрь – 44–50 %; за октябрь-ноябрь – 39–50 %, т. е. эффект незначительный.

Для удаления природных органических веществ из воды, снижения интенсивности привкусов и запахов следует применять окислители. Вид окислителя и его дозу следует устанавливать на основании результатов инженерных изысканий (п. 9.9.2, [3]).

Озонирование следует применять при наличии в воде, поступающей на водоочистные сооружения, запахов 3 балла и выше, при наличии запахов в осветленной воде (кроме хлорного запаха) 3 балла и выше, при наличии в питьевой воде, согласно [2], запаха и привкуса 2 балла и выше.

Если в воде, поступающей на ВОС, или в питьевой воде, поступающей в водопроводную сеть города после очистки на ВОС, обнаружены цисты лямблий, энтеровирусы, споры сульфитредуцирующих клостридий, колифаги, а также, если в воде после очистки на скорых фильтрах в результате осуществления мероприятий по повышению санитарного состояния технологических сооружений обнаружены такие загрязнения, как термотолерантные колиформные бактерии, общие колиформные бактерии, следует применять озонирование.

Согласно [4, 5], озонирование является подходящим методом для осветления или обесцвечивания природных вод, содержащих естественные органические вещества в основном неизвестной структуры. Уменьшается UV-абсорбция воды, которая содержит растворенные, в основном желто-коричневые гуминовые вещества. Кроме того, при обработке загрязненных

поверхностных вод озонированием также удается уничтожить вещества, придающие воде запахи и привкусы.

При распространенном в технологии очистки воды удельном потреблении от 1 до 2 г озона на 1 г растворенного органического углерода (DOC), реакция озона с растворенными органическими веществами воды не приводит к количественному 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, химическая потребность в кислороде снижается больше, чем уменьшение растворенного органического углерода (DOC), которое несущественно. Таким образом, кислородсодержащие органические соединения во многих случаях хуже адсорбируются при последующей обработке активированным углем. При этом содержание растворенного органического углерода (DOC) уменьшается за счет адсорбции и биологического разложения.

Если озоновая вода не подвергается последующей обработке, это может привести к размножению микроорганизмов в трубопроводной сети из-за высокой биологической разлагаемости продуктов окисления.

В зависимости от типа ингредиентов, содержащихся в воде, после озонирования может наблюдаться помутнение воды или образование мелких хлопьев (дестабилизация частиц).

В первом случае это может быть появление продуктов осаждения из первоначально растворенных органических соединений. Сюда же относятся и осаждение нерастворимых щелочно-земельных солей органических кислот. Второй известный процесс, дестабилизирующий действие озона, также известен как микрофлокуляция (дестабилизация частиц, вызванная озоном). Он возникает при озонировании мутных углеродистых растворенных органических веществ при добавлении озона приблизительно от 0,5 до 2 мг/дм³. При этом наблюдаются либо прямые эффекты коагуляции, либо улучшенная адгезия частиц к поверхностям коллектора, связанная со снижением мутности и концентрации взвешенных частиц.

Кроме этого, взвешенные вещества лучше отделяются в дальнейшем на скорых фильтрах. В водах, содержащих кальций, при необходимости, эффект может быть повышен путем дозирования меньшего количества флокулянта. Как правило, оптимальная доза озона должна быть определена на соответствующей исходной воде путем технологических испытаний.

Продукты окисления, которые образуются в результате озонирования воды, при последующем хлорировании могут привести к снижению хлоропоглощаемости, уменьшению образования хлорорганических соединений. Однако при наличии бромидов следует отметить, что при окончательном

хлорировании может произойти сдвиг в спектре галогенорганических продуктов в сторону усиленного образования бромированных тригалогенметанов.

В практике подготовки мутных и цветных вод сложного физико-химического состава с преобладанием органических загрязнений, согласно 9.9 [3], предпочтение следует отдавать окислительно-сорбционному методу, при котором на заключительном этапе продукты озонολиза задерживаются на сорбционных гранулированных фильтрах, размещаемых после осветлительных фильтров или других сооружений, обеспечивающих очистку воды от взвешенных веществ до $1,5 \text{ мг/дм}^3$.

Для расчета сорбционных угольных фильтров рекомендуется следующий диапазон величин [6, 7]:

- скорость фильтрования – $10\text{--}20 \text{ м/ч}$;
- высота слоя активного угля – $1\text{--}2,5 \text{ м}$;
- время контакта обрабатываемой воды с углем – $10\text{--}15 \text{ мин}$;
- интенсивность промывки – $10\text{--}15 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2)$;
- промывка угольной загрузки производится через $2\text{--}3 \text{ сут}$;
- продолжительность промывки – $7\text{--}10 \text{ мин}$.

Потери напора в угольной загрузке составляют от $0,3$ до $0,4 \text{ м}$.

Расстояние от поверхности фильтрующей загрузки до кромки желобов скорых фильтров принимается $1,0\text{--}1,5 \text{ м}$.

Для повышения эффективности работы сорбционных фильтров используют в одном корпусе трехслойную загрузку из макро- и микропористых углей различных марок с толщиной слоев от $0,5$ до $1,5 \text{ м}$ каждый и крупностью зерен от $0,4$ до $4,0 \text{ мм}$. При скоростях фильтрования до 10 м/ч и периодической водовоздушной промывке верхнего слоя такие сорбционные фильтры обеспечивают необходимую доочистку в течение $11,5$ лет без химической или термической регенерации активированного угля. Известно, что частичная деструкция молекул органических веществ при окислении их озоном может вызвать ухудшение их сорбируемости на зернах углей. Результаты исследований, проведенные в НИИ КВОВ, показали, что озонирование целесообразно применять при сравнительно невысокой цветности исходной воды (до $50\text{--}70$ градусов) [7]. Для очистки высокоцветных вод необходимо применение реагентных методов.

Таким образом, обеспечение требуемого качества питьевой воды напрямую зависит от правильности выбранных методов очистки и от технологических режимов работы системы водоснабжения в целом и ее отдельных сооружений. Основные методы и сооружения водоподготовки должны быть определены в зависимости от качества воды, поступающей на ВОС, для достижения качества питьевой воды в соответствии с требованиями [2].

Литература

1. Влияние фитопланктона на формирование качества воды и методы его удаления, Говорова Ж. М., Говоров О. Б., М, СОК, № 2, 2019 г.
2. СанПиН 10–124 РБ 99 Санитарные правила и нормы Республики Беларусь «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»
3. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. СН 4.01.01-2019. – Введ. 09.07.2020. – Мн.: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2020. – 73 с.
4. DVGW Technische Regel Merkblatt W 225 / Juni 2015 Ozon in der Trinkwasseraufbereitung. DVGW, Bonn. 16s.
5. DVGW Technische Regel Merkblatt W 225 / Mai, 2002
6. Проектирование сооружений водоподготовки ПП-2019 к ТКП 45–4.01– 320–2018, Минск, 2020 г.
7. Методические рекомендации по применению озонирования и сорбционных методов в технологии очистки воды от загрязнений природного и антропогенного происхождения, АО «НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды», Москва, 1995.

УДК 628.1 (075.8)

Исследование технического состояния наружных систем водоснабжения здания СКТБ БНТУ

Линкевич Н. Н.¹, Ануфриев В. Н.¹, Лемеш М. И.¹, Линкевич А. Н.²

¹Белорусский национальный технический университет

²УП «Минскводоканал»

Минск, Республика Беларусь

Приведены методика натурных исследований, техническое состояние наружных систем водоснабжения СКТБ с опытным хозяйством БНТУ и его оценка. Обоснована необходимость капитального ремонта, замены элементов и конструкций.

Для разработки проектной документации по капитальному ремонту (модернизации) СКТБ с опытным хозяйством БНТУ проводились натурные обследования и оценка технического состояния наружных систем водоснабжения в соответствии с ТНПА [1–3]. Исследования включали: визуальный осмотр наружных систем водоснабжения; оценку технического состояния наружных систем водоснабжения; анализ проектной документации здания и разработку предложений по ремонту. При обследовании