

- основы очистки воды: [учебное пособие]. – Донецк: Ноулидж, 2009. – 298 с.
6. Орлов В. О. Водоочисні фільтри з зернистою засипкою. – Рівне: НУВГП, 2005. – 163 с.
 7. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3 т. [учеб. пособие]. – 3-е изд., доп. и перераб. – Т.2. Очистка и кондиционирование природных вод. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. – 552 с.
 8. Кульский Л.А., Ярошевская Н.В., Шевчук Е.А. Повышение задерживающей способности фильтров в двухступенных схемах фильтрования // Химия и технология воды. – 1991. – Т. 13. – № 3. – С. 239-241.
 9. Шевчук Е.А., Мамченко А.В., Жужиков В.Л. Интенсификация процесса многоступенчатого фильтрования за счет перемешивания промежуточного фильтрата // Проблемы водопостачання, водовідведення та гідраліки. – К.: КНУБА, 2007. – Вип. 9. – С. 11-17.
 10. Ярошевская Н.В., Шевчук Е.А., Кульский Л.А. Целесообразность неполной регенерации зернистой загрузки при двухступенчатом фильтровании // Химия и технология воды. – 1987. – Т. 9. – № 6. – С. 549-551.
 11. Шевчук Е.А., Дейнега Ю.Ф. Исследование технологических и электрокинетических свойств нового фильтрующего материала // Вопросы химии и химической технологии. – 1999. – № 1. – С. 377-379.
 12. Гурінчик Н. О. Моделювання та розрахунки очищення води фільтруванням зі швидкістю, що спадає: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.04 «Водопостачання, каналізація». – Одеса, 2010. – 22 с.
 13. А. с. 1789245 СССР, МКИ В 01 D 24/08. Двухступенчатый двухпоточный фильтр / М. Н. Швецов; заявитель Хабаровский политехн. инст. – № 4764774/26; заявл. 04.12.1989; опубл. 23.01.1993. – Бюл. № 3.
 14. А. с. 1297889 СССР, МКИ В 01 D 23/10. Радиальный фильтр / [Н. В. Ярошевская, Т. С. Серая, О. Г. Швиденко, Л. А. Кульский] заявитель Инстит. коллоидной химии и химии воды им. А. В. Думанского. – № 3750826/23-26; заявл. 06.06.1984; опубл. 23.03.1987. – Бюл. № 11.
 15. Паболков В.В. Удосконалення роботи швидких фільтрів водоочисних споруд при підготовці питної води: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.04 «Водопостачання, каналізація». – Харків: ХНУБА, 2015. – 20с.

УДК 628.16.066.1

Сыроватский А.А., Гайдучок А.Г.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОЧИСТКИ МАЛОМУТНЫХ ЦВЕТНЫХ ВОД

Постановка проблемы и ее актуальность - Постоянно растущий дефицит качественных водных ресурсов для питьевого водоснабжения, повышение требований к качеству воды и невысокая эффективность очистки в существующих сооружениях обуславливают поиск и внедрение новых перспективных сооружений и методов для очистки поверхностных вод. Поверхностные источники питьевой воды в Украине в настоящее время в большинстве зарегулированы. В связи с этим, содержание взвешенных веществ в них даже в паводок редко превышает 50 мг/л. Вместе с тем растущие антропогенные воздействия обуславливают повышение цветности вод

этих объектов до 50 градусов по платиново-кобальтовой шкале и более. Примеси, которые содержатся в таких водах, согласно классификации Л.А. Кульского, относятся ко второй группе. Это коллоидные растворы и высокомолекулярные соединения со степенью дисперсности 10^{-5} - 10^{-6} см (минеральные и органико-минеральные частицы почвы, коллоидные соединения железа, а также гумус - продукт биохимического разложения растительных и животных остатков) [1]. Гумусовые вещества, относящиеся ко второй группе примесей, представлены гуминовыми и фульвокислотами, которые и обуславливают

цветность воды. Мутность воды увеличивают и коллоидные примеси. К этой группе относятся также вирусы и другие микроорганизмы, близкие по размерам к коллоидным частицам.

Выделение из воды подобных загрязнений в сооружениях традиционных конструкций крайне затруднено, поскольку требует значительного увеличения времени обработки и, как следствие, увеличения площади сооружений очистки.

Сегодня существует ряд методов и конструкций очистных установок, позволяющих повысить эффективность обработки воды. К ним относятся коагуляция минеральными электролитами, флокуляция синтетическими реагентами, ультра- и микрофильтрация [2].

Однако, в современных условиях эти методы требуют высоких энерго- и эксплуатационных затрат и зачастую не обеспечивают возрастающих требований к качеству очищенной воды [3].

На наш взгляд, для обработки маломутных цветных вод, представляет интерес метод флотации [4]. Применение данного метода позволяет значительно сократить или полностью отказаться от использования химических реагентов. Кроме того, окисление растворенных органических веществ, содержащихся в воде, кислородом воздуха может обеспечить высокий органолептический эффект при небольших затратах.

Современное состояние вопроса

Флотация – это процесс удаления из воды мелких твёрдых и плавающих частиц, основанный на всплывании коллоидных и дисперсных примесей вместе с пузырьками воздуха и образовании на поверхности флотатора пены. В водоподготовке этот метод был впервые внедрен в Скандинавии и Южной Африке более чем 45 лет тому назад [4]. Но только сейчас наблюдается тенденция широкого применения её во всем мире.

В 2004 году Гархоф и Эдцвальд обобщили знания о моделировании контактных зон и зон разделения в процессе флотации, определили области дальнейших исследований [4].

Фундаментальные исследования по данной теме проводятся на протяжении последних 25 лет. Они служат основой для технологических разработок этого процесса. Первые очистные станции (с начала 1990 годов) с методом напорной флотации, были запроектированы с учетом увеличения продолжительности протекания самого процесса флотации. Первоначально размеры сатураторов (бака для напорной флотации) были очень велики из-за низкого гидравлического уровня нагрузки (5-10 м/ч). Но в последние 15 лет наблюдается тенденция к уменьшению времени флотации и увеличения гидравлической нагрузки. При этом требуемый эффект очистки сохраняется, а размеры сооружений значительно уменьшаются [4].

На рис.1 представлена технологическая схема процесса очистки воды с помощью флотационных методов.

В Малайзии также одним из основных методов очистки воды до качества питьевой является использование напорного флотатора (рис.2). Эта технология была внедрена в существующую схему еще в начале девяностых годов. В настоящее время насчитывается 11 очистных сооружений, где используется данный флотатор [5].

В процессе напорной флотации под давлением в диапазоне от 480 до 600кПа образуются пузырьки диаметром от 20 мкм до 120 мкм, которые, всплывая, соединяются с частицами взвеси и выносят их на поверхность. Полученный шлам удаляется с помощью механических скребков. Очищенная вода отводится из нижней части флотационной камеры.

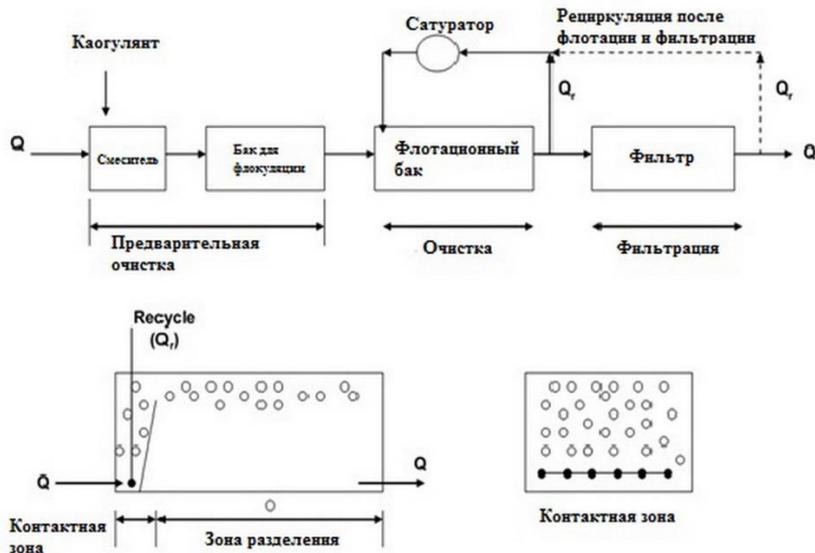


Рис. 1. Схема флотационной очистки воды.

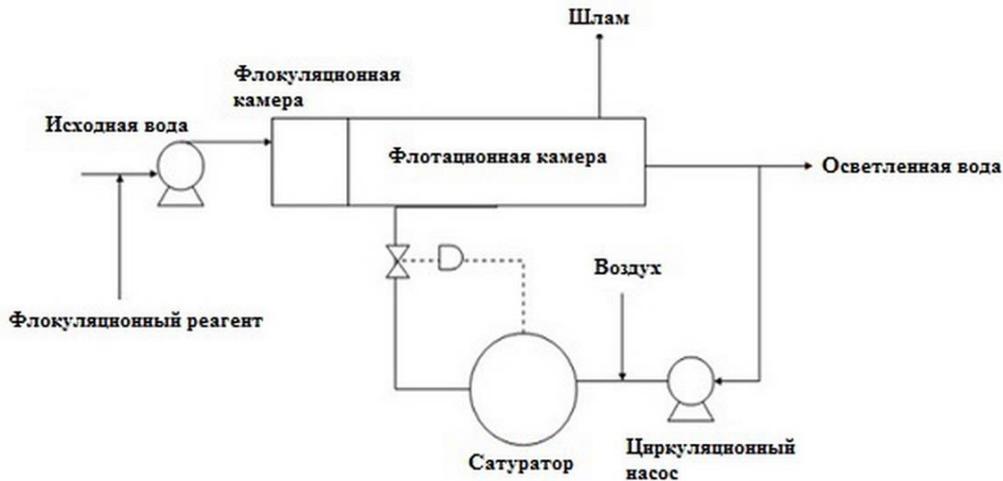


Рис.2. Технологическая схема очистных сооружений с использованием напорного флотатора

Преимущество данной схемы в экономии времени и пространства по сравнению с очистными сооружениями, которые используют традиционные технологии водочистки [5].

В разных странах напорную флотацию в водоподготовке стали применять сравнительно недавно. Примером может служить опыт использования напорного флотатора для очистки питьевой воды в г. Сыктывкар, Республика Коми [3]. Сезонное изменение показателей качества воды реки Вычегды, источника водоснабжения Сыктывкара, оказывает значительное влияние на процесс очистки, эксплуатационные характеристики очистных сооружений и эффективность их работы. Факторы, которые влияют на эффективную

очистку: малая мутность, высокое содержание и неоднородный состав гуминовых веществ, обуславливающих цветность и окисляемость воды, низкая температура, низкая щелочность воды, малая минерализация. Все эти свойства воды при сезонной изменчивости показателей усложняют определение оптимальных режимов реагентной обработки воды применительно к типу очистных сооружений. Особенно это касается осенне-зимнего периода водоподготовки, когда коагуляция взвеси ухудшается из-за неполноты гидролиза коагулянта, выноса мелких, легких хлопьев из отстойников на фильтры и частоты их промывки. Происходит частичная очистка по показателям цветности, окисляемости, железа и мутности, а в очищенной воде содержится в повышенных концентрациях

остаточный алюминий. Именно поэтому на протяжении нескольких десятилетий, несмотря на все предпринимаемые попытки, не удавалось решить проблему качества питьевой воды.

Научные исследования в разработке эффективной технологии подготовки питьевой воды, которые велись под руководством Фоминой В.Ф., доказали, что внедрение метода напорной флотации позволяет подавать воду в нужном количестве и, самое главное, необходимого качества [3].

Преимущество новой технологии подготовки питьевой воды состоит в том, что, в первую очередь, обеспечивается подача питьевой воды высокого качества, основные показатели соответствуют гигиеническим требованиям действующего СанПиН и сопоставимы с европейскими нормативами. Снижение остаточного алюминия достигается ниже величины 0,2 мг/л, содержание железа на порядок ниже и находится в пределах 0,03-0,04 мг/л, окисляемость не превышает нормативной величины 5 мгО/л.

Представляет также интерес опыт канадских учёных в применении напорной флотации в водоподготовке [6]. Проблема неудовлетворительной очистки вод с малой мутностью и высоким количеством водорослей или растворенных органических веществ привела к необходимости провести техническую реконструкцию водоочистных станций с целью определения факторов, влияющих на увеличение мутности.

Применение флотационных методов также позволяет повысить производительность сооружений очистки при сохранении требуемого эффекта. Так, на очистных сооружениях в г. Джонстаун (штат Колорадо, США) в моменты пиковых нагрузок в летнее время не обеспечивалась необходимая производительность. Мутность и цветность воды находилась в пределах соответственно 50 мг/л и 50 градусов по платиново-кобальтовой шкале. Очистка проводилась по двухступенчатой схеме (радиальный отстойник – двухслойный фильтр). Внедрение в схему флотационной

установки позволило обеспечить надежность и бесперебойность подачи воды в моменты пикового водопотребления. Это позволило также сократить дозы химических реагентов $KMnO_4$ и Nalco 8108 полимера [7].

В процессе изучения литературы и опыта эксплуатации действующих сооружений, нами были проанализированы факторы, влияющие на контактирование пузырьков воздуха и частиц примесей [8]. Наиболее важными факторами являются: давление, температура, время насыщения и способ взаимодействия пузырьков воздуха с водой. Их взаимодействие происходит двумя путями: при столкновении частиц с поверхностью пузырьков или их образовании на частицах при выделении растворенных газов. Во время очистки вод процесс взаимодействия пузырьков при столкновении с частицами примесей является основным для напорной флотации. Прикрепление пузырьков к частице характеризуется краевым углом смачивания σ , образуемым поверхностью частицы и касательной к поверхности пузырька, величина которого определяется размерами частицы и пузырька, а также поверхностным натяжением на границе раздела трех фаз: твердого тела (частицы), жидкости и воздуха, всплывание их на поверхность с образованием пены. Условия протекания этих процессов оказывают существенное влияние на эффект обработки воды.

Таким образом, можно сделать вывод: метод напорной флотации является перспективным методом очистки в водоподготовке. Однако проведенный нами анализ позволил сделать вывод, что использование флотационных методов при очистке маломутных цветных вод для питьевого водоснабжения является малоизученным вопросом, требующим последующего детального изучения. Дальнейшая исследовательская работа будет направлена на изучение основных факторов при флотационной очистке, их моделирование и взаимодействие, применительно к обработке маломутных цветных вод поверхностных источников водоснабжения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища школа, 1986. – 352с., ил.
2. Беликова С.Е. Водоподготовка: Справочник. /Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.
3. Фомина В.Ф. Эффективность очистки маломутной цветной воды на ВОС г. Сыктывкара/ В.Ф. Фомина, В.П. Фомин// Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2012»: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. г. Санкт-Петербург, 18-21 апр. 2012 г. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. (НПИ). - Новочеркасск: Лик, 2012 — С.94-97.
4. Edzwald J.K. Developments of High Rate Dissolved Air Flotation for Drinking Water Treatment / Department of Civil and Environmental Engineering University of Massachusetts, 2010. – P.2-13.
5. Amir Hamzah Sharaai, Noor Zalina Mahmood, and Abdul Halim Sulaiman. Life Cycle Impact Assessment (LCIA) of Potable Water Treatment Process in Malaysia: Comparison Between Dissolved Air Flotation (DAF) and Ultrafiltration (UF) Technology/Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(2009) - P.3625-3632.
6. Benjamin James Bickerton. Optimization of Dissolved Air Flotation for Drinking Water Treatment / Dalhousie University Halifax, Nova Scotia August, 2012 – 178 p.
7. Leopold Clari-DAF® in Johnstown, CO. Dissolved air flotation system reduces costs and improves process for Colorado WTP/ Leopold Clari-DAF® in Johnstown, 2015.
8. Сыроватский А.А. Пути повышения эффективности очистки природных маломутных цветных вод методом напорной флотации / А.А. Сыроватский, С.П. Бабенко, А.Г. Гайдучок, Ю.М. Рыбачук // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – Вип.2 (80). – С. 209-213.

УДК 628.13, 628.33

Бабенко С.П.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ И ПУТИ ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Многообразие источников загрязнения водных объектов приводит к усложнению получения качественной питьевой воды. Прежде всего, это стоки городов и промышленных предприятий. В последние годы в ряде районов растет доля стока животноводческих комплексов. Также, загрязненность водных объектов продолжает увеличиваться, в основном, за счет сброса в них поверхностно-ливневых вод, основное количество которых поступает в водоемы без очистки, – что приводит к заилению и значительному загрязнению водоемов, ухудшению кислородного режима, запаха и прозрачности [1].

Существенный источник загрязнения воды – коммунальное хозяйство населенных пунктов, в составе стоков которого наряду с фекальными водами имеется много вредных соединений, сбрасываемых предприятиями пищевой промышленности, автомобильного

транспорта, общественного питания, торговли. Причем, если в настоящее время по количеству отводимых в водные объекты стоков на первом месте стоит промышленность, то в перспективе, при повышении культуры производства и росте благоустройства населенных пунктов и их числа, это соотношение будет изменяться.

Ливневые стоки с городских территорий, общая площадь которых составляет многие десятки тысяч квадратных километров, помимо большого количества взвешенных веществ содержат в себе значительное количество нефти и органических продуктов.

Наиболее характерными показателями качества поверхностных вод, которые требуют первостепенного улучшения при их подготовке до питьевых целей, являются мутность, цветность, привкусы и запахи, а