

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 Межднар. 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

также бактериальные загрязнения. Так, мутность природных вод равнинных рек Украины колеблется в пределах от 1-15 мг/л до 200-300 мг/л, а для горных рек 10000 мг/л и более [2]. Наиболее высокие показатели мутности отмечаются во время весеннего половодья при низкой температуре и очищаемости воды от взвешенных веществ, а также в период таяния снега и сильных ливней (в основном за счет поверхностно-ливневых сточных вод). Взвешенные вещества являются основными примесями в природных водах, определяющими мутность воды. Их количество в поверхностно-ливневом стоке в среднем колеблется от 200 до 15000 мг/л, причём основная часть их представлена мелкодисперсными частицами (размерами до 0,05 мм) [3].

Главной особенностью взвешенных веществ является то, что они имеют различный гранулометрический состав, который характеризуется гидравлической крупнос-

тью. Они могут быть представлены как грубодисперсными, так и мелкодисперсными примесями, в связи с чем возникают трудности при подборе методов или сооружений при очистке вод, содержащих взвешенные вещества. В табл. 1 приведена классификация взвешенных веществ по гранулометрическому составу [4].

В табл. 2, 3 представлены данные о концентрации взвешенных веществ в воде поверхностных источников и в сточных водах [5].

В зависимости от качественной характеристики воды для ее очистки от взвешенных веществ рекомендуется предусматривать сооружения механической и физико-химической очистки. Во всех случаях, как правило, используют простые в эксплуатации и надежные в работе отстойные сооружения. Для обеспечения более глубокой степени очистки, чем та, которая достигается в отстойных сооружениях, применяются фильтрование, коагуляция, флотация, сорбция [6].

Таблица 1 – Классификация взвешенных веществ

Взвешенные вещества	Размер, мм	Гидравлическая крупность, мм/с	Время осаждения частиц на глубину 1 м
Коллоидные частицы	$2 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^{-6}$	4 года
Тонкая глина	$1 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4} - 17 \cdot 10^{-5}$	0,5 - 2 месяца
Глина	$27 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-3}$	2 суток
Ил	$5 \cdot 10^{-2} - 27 \cdot 10^{-3}$	1,7 – 0,5	10 - 30 минут
Песок:			
Мелкий	0,1	7	2,5 минуты
Средний	0,5	50	20 с
Крупный	1,0	100	10 с

Таблица 2 – Мутность воды поверхностных источников водоснабжения

Показатель	Класс водоисточников		
	I	II	III
Мутность, мг/л	Не более 20	Не более 1500	Не более 10000

Таблица 3 – Концентрации взвешенных веществ в сточных водах

Показатель	Городские сточные воды	Промышленные сточные воды	Поверхностно-ливневой сток
Мутность, мг/л	100-500	100-10000	200-15000

Для очистки стока с промышленных площадок принимают комплекс сооружений конкретно для каждого объекта в зависимости от принятой схемы водоотведения, требований к качеству очищаемой

воды, расчетного расхода, подаваемого на очистку и т.д.

Отстаивание является одним из основных методов выделения из воды оседаю-

ших и всплывающих механических примесей. Эффективность работы отстойников обусловлена гидравлической крупностью частиц, гранулометрическим составом и т.д. Пропорционально эффекту осветления снижается содержание органических веществ, выраженных ХПК.

В зависимости от требуемой степени очистки воды отстаивание применяется в целях предварительной ее обработки перед очисткой на других сооружениях или как способ окончательной очистки, если требуется выделить только нерастворённые (оседающие или всплывающие) примеси.

Для очистки как сточных, так и поверхностных вод применяются отстойники, нефтеловушки, пруды-накопители и т.д.

Интенсифицировать работу существующих сооружений можно с помощью добавления химических реагентов: флокулянтов или коагулянтов [2, 7]. Коагуляция позволяет увеличить крупность мельчайших коллоидных и взвешенных частиц, что приводит к увеличению скорости очистки.

Применение коагулянтов в сочетании с флокулянтами позволяет еще более ускорить процесс коагуляции. Однако, можно сделать выводы, что схемы очистки с использованием различных реагентов требуют значительных затрат. Реагенты сами по себе являются дорогостоящими материалами. Кроме того, необходимы специальные помещения для их хранения и приготовления, а при установке компактных очистных сооружений это влечет за собой строительство реагентного хозяйства, что требует финансовых и строительных затрат. Также в результате очистки, например, поверхностно-ливневого стока, расход которого является непостоянным, усложняется задача дозирования реагентов.

Для выделения взвешенных веществ из воды методами отстаивания наиболее широко используются отстойные сооружения традиционной конструкции: горизонтальные, вертикальные или радиальные отстойники.

Как упоминалось выше, вода поверхностных источников, поверхностно-ливневой сток городов, а также некоторые

виды сточных вод являются полидисперсными системами. Значительную долю загрязнений, обуславливающих мутность в этих водах, составляют, как правило, мелкодисперсная взвесь и коллоиды, которые имеют различные размеры и форму. Поэтому, стандартные конструкции отстойных сооружений дают низкий эффект при очистке подобных вод. Это объясняется несовершенством водораспределительных устройств, турбулентным перемешиванием, вызываемым конвекционными и плотностными токами и препятствующим процессу отстаивания. Кроме того, размещение традиционных отстойных сооружений требует значительных территорий, возникает необходимость использования дополнительных реагентов для улучшения качества обработки воды и сам процесс отстаивания является достаточно продолжительным.

Одним из путей резкого повышения эффективности процесса гравитационного осаждения взвешенных частиц является сокращение высоты зоны разделения, т.е. отстаивание в тонком слое [8, 9].

В тонкослойных отстойниках устраняются или сводятся к минимуму те недостатки, которые присущи стандартным конструкциям отстойных сооружений. Использование данных сооружений позволяет сократить эффективное время отстаивания с 3 часов до 30 мин и повысить эффект задержания загрязнений до 80..90%

В сооружениях, оборудованных тонкослойными модулями, высота отстаиваемого слоя уменьшена, за счет чего уменьшается расчетная гидравлическая крупность, сокращается продолжительность седиментации, а, следовательно, и габариты очистного сооружения. Также, как известно, наибольший эффект осветления достигается при равномерном движении потока, а в данных сооружениях при протекании суспензии через тонкие каналы может быть обеспечен не только гидравлически устойчивый ламинарный режим, но и создаются наиболее благоприятные условия для осаждения взвеси при небольших длинах ячеистых элементов.

Установка тонкослойных модулей позволяет увеличить нагрузку на отстойники

и добиться улучшения качества осветленной воды.

Таким образом, выполненный анализ существующих сооружений очистки различных типов вод от взвешенных веществ показал целесообразность применения сооружений отстойного типа, при этом перспективным способом повышения эффективности их работы при минимальных эксплуатационных и материальных затратах является уменьшение высоты отстаивания, что можно осуществить в тонкослойных отстойниках.

На кафедре водоснабжения, канализации и гидравлики Харьковского национального университета строительства и архитектуры нами были проведены теоретические и экспериментальные исследования по применению тонкослойных отстойников для очистки вод, содержащих взвешенные вещества [10]. В ходе проведения экспериментов были определены основные факторы, влияющие на их работу. Это, в первую очередь, скорость движения очищаемой воды, угол наклона тонкослойных блоков, конструктивные условия подвода и отвода воды. В результате, с учетом всех этих факторов, была запроектирована и запатентована усовершенствованная конструкция тонкослойного элемента, позволяющая очищать воду с содержанием не только грубодисперсных, но и мелкодисперсных примесей [11]. Использование данной конструкции тонкослойного элемента позволяет повысить качество очистки от взвешенных веществ на 10-15 %. Гидравлическая крупность задерживаемых частиц при этом колебалась в пределах 0,07-2 мм/с.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Современные проблемы поверхностного стока в Украине / [Г.М. Семчук, В.П. Рудий, С.В. Разметаев и др.] // Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов: сб. научн. тр. XII междунар. научно-

- технич. конф. – Харьков, 2004. – С. 591-593.
2. Тугай А. М. Водопостачання: [підручник] / А.М. Тугай, В.О. Орлов. – К. : Знання, 2009. – 735 с.
3. Отведение и очистка поверхностных сточных вод: [учеб. пособие для вузов] / В.С. Дикаревский, А.М. Курганов, А.П. Нечаев, М.И. Алексеев. – Л.: Стройиздат, 1990. – 224 с.
4. Дегремон. Технический справочник по обработке воды: в 2 т. Т. 1: пер. с фр. ООО «Новый журнал» при участии ООО «Лингва Франка Тим» / уполном. ред. компании «Дегремон» Г.Н. Герасимов. — СПб.: Новый журнал, 2007. – 878 с.
5. Коммунальная гигиена: учеб. для студ. высш. мед. уч. завед. III-IV уровней аккредитации / [Е.И. Гончарук., В.Г. Бардов, С.И. Гаркавый и др.]; под ред. Е.И. Гончарука. – К.: Здоров'я, 2006. – 792 с.
6. Грабовский П.А. Очистка природных вод: [учебное пособие] / П.А. Грабовский, Г.М. Ларкина, В.И. Прогульный. – Одесса: ОГАСА, 2003. – 267 с.
7. Hendricks David W. Water treatment unit processes: physical and chemical / David W. Hendricks // CRC Press, 2006. – 1266 p.
8. Бабенко С.П. Направления повышения эффективности очистки поверхностно-ливневого стока / С.П. Бабенко, Н.И. Гетманец, А.Л. Скорик // Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2010. – Вип. 60. – С. 145-149.
9. Trussell R. Rhodes. MWH's Water Treatment: Principles and Design / R. Rhodes Trussell, Kerry J. Howe, David W. Hand // John Wiley & Sons, 2012. – 1920 p.
10. Бабенко С.П. Модель осаждения взвешенных веществ в тонком слое / С.П. Бабенко // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2011. – Вип. 63. – С. 485-489.
11. Пат. 102157 Україна, МПК В 01 D 21/02. Тонкошаровий елемент / С.П. Бабенко, А.С. Карагяур, О.А. Сироватський; власник Харків. держ. техн. ун-т буд. та арх. – № а2011 13596; заявл. 18.11.11; опубл. 10.06.13, Бюл. № 11.