



УДК 628.16: 621.928.37

© *М. Н. Шевцов, М. О. Носенко, 2008*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ ВОДОПРОВОДНЫХ СТАНЦИЙ

Шевцов М. Н. – д-р техн. наук, проф. завкафедрой «Гидравлика, водоснабжение и водоотведение»; *Носенко М. О.* – преп. кафедры «Гидравлика, водоснабжение и водоотведение» (ТОГУ)

В процессе очистки природных вод образуется большое количество сильно обводненных осадков, которые являются потенциальным источником загрязнения окружающей среды. Развитие мощностей водопроводных станций, повышение требований к созданию энергоэффективных технологий и к охране окружающей среды обуславливают необходимость обработки осадков водопроводных станций. Технология обезвоживания осадков на гидроциклонах позволит отказаться от использования химических реагентов.

A huge amount of heavily hydrous sludge being a potential source of the environmental pollution is produced in the process of natural water treatment. Rise in water stations capacities, strict requirements to the energy-efficient technologies and the environment protection dictate the sludge treatment at water stations. Sludge drainage technology on hydrocyclones enables one to abandon the use of chemical reagents.

Ухудшение состояния поверхностных источников водоснабжения, а именно влияние на формирование их качественного состава бытовыми и промышленными сточными водами обуславливает необходимость применения существующих методов обработки водопроводных осадков. Решение данной проблемы связано с ужесточением нормативов РФ по охране окружающей среды (уменьшение количества и степени токсичности всех выбросов и отходов, образующихся в процессе обработки воды), а также оптимизации работы очистных станций.

Анализ литературных данных показывает, что количество производственных сточных вод на водопроводных очистных станциях составляет 5–15 %, а осадок 1–2 % от полезной производительности станций, следовательно, приготовление питьевой воды можно отнести к производствам, загрязняющим окружающую природную среду, а так-

же создают трудности в работе коммунальных служб.

Осадки отстойников образуются в результате процессов коагулирования примесей природных вод минеральными солями с гидролизующимися катионами и последующим их осаждением и представляют собой технологические стоки с концентрацией взвешенных веществ 250–2100 мг/л (при среднем значении 1050 мг/л).

Осадки, образующиеся на водопроводных станциях, представляют собой сложную органоминеральную систему, которую характеризуют качество воды в источнике водоснабжения и виды применяемых реагентов для подготовки воды питьевого качества. Химический состав осадков: сухое вещество 0,3–0,4 %; органический углерод 5–20 %, нерастворимый осадок 2–15 %, SiO_2 1–10 %, потери при прокаливании до 70 %, Al_2O_3 при обработке сернокислым алюминием – 40 % [1, 2]. Следует отметить, что вследствие техногенного воздействия на водный объект в нем могут содержаться токсичные металлы (Hg, As, Pb, Cd, Cu, Zn), стойкие органические вещества, которые в процессе обработки воды переходят в осадок.

Для удаления и обработки водопроводных осадков учеными предлагается: сбрасывать образующийся осадок в водоем; хранить на прудах-накопителях, иловых площадках; механическое обезвоживание; сброс в существующие сети городской канализации.

Анализ вышеперечисленных методов показывает, что предложенные методы имеют ряд недостатков [3, 4, 5]:

- ухудшается качество поверхностных вод;
- требуется отчуждение значительных земельных площадей;
- возможно попадание токсичных веществ, содержащихся в стоках, в подземные и грунтовые воды;
- требуется предварительная обработка осадка, дополнительные затраты на электроэнергию;
- сброс в существующие сети городской канализации может привести к нарушению технологического режима работы канализационных очистных сооружений (увеличение гидравлической нагрузки, поступление несвойственных веществ), высокие затраты на транспортирование.

С учетом изложенных методов обработки водопроводных осадков встает важная научная задача создания нового природоохранного оборудования и предотвращения этим загрязнения производственными отходами окружающей среды.

Испытания эффективности предлагаемого метода обработки осадка проводились на реальном объекте – осадках головных очистных сооружений Хабаровска.

В настоящее время обработка водопроводных осадков в Хабаров-



ске осуществляется путем их сброса в существующие сети городской канализации с последующей подачей их на очистные сооружения канализации. Для создания оптимальной схемы обработки промывных и продувочных вод водопроводных станций проводится работа по изучению их физико-химических особенностей, а также природных и техногенных факторов, влияющих на качество природных вод.

Природными и антропогенными факторами, влияющими на состояние Амура, а следовательно, на состав и количество осадков водопроводных станций, являются:

- многолетние изменения водности Амура (чередование маловодных и многоводных периодов);
- особенности питания реки, 75–80 % которого составляют дождевое, 15–20 % – снеговое и 5–10 % – грунтовое;
- естественно повышенный «фенольный фон»;
- активные природные процессы в Амуре, скорость размыва берегов достигает 15–20 м и даже 50 м в год; река легко формирует и размывает осередки и острова и ежедневно выносит в море более 25 млн т взвесей [6];
- наличие в водах Амура токсичных металлов (Hg, As, Pb, Cd, Cu, Zn), стойких органических веществ (полиароматические углеводороды) вследствие техногенного воздействия на окружающую среду.

Для водоразборных узлов и водопроводных очистных сооружений систем водоснабжения Хабаровска серьезной проблемой является высокое содержание в обрабатываемой природной воде минеральных взвесей (песок) с плотностью, больше плотности воды: так, в летний период мутность воды достигает 200–300 мг/л (в отдельные паводковые периоды мутность кратковременно поднималось до 300–500 мг/л). В зимний период для поверхностных вод характерно низкое содержание минеральных примесей.

Суммарная производительность головных очистных сооружений Хабаровска составляет 250 тыс. м³/сут. Очистка воды идет по двум параллельным очередям в две ступени. На первой ступени происходит отстаивание на горизонтальных отстойниках со встроенными камерами хлопьеобразования (после смешения воды Амура с реагентами и первичного хлорирования); на второй ступени – фильтрование на скорых фильтрах. Объем образующегося осадка на станции водоподготовки колеблется по сезонам года и составляет 100–200 м³/сут.

Удаление осадка из отстойников осуществляется под гидростатическим давлением воды в канализационную систему с последующей подачей на канализационную насосную станцию. Периодичность сбросов определяется в зависимости от уровня осадка в отстойниках и камерах хлопьеобразования (но не реже одного раза в месяц). Сброс

производится либо частичный (без отключения из работы отстойника) – на один час, либо полное опорожнение отстойника с последующим запуском через 5 – 6 часов. Периодически (раз или два раза в год) осуществляется опорожнение отстойника, очистка его гидроспособом с применением эжекторов.

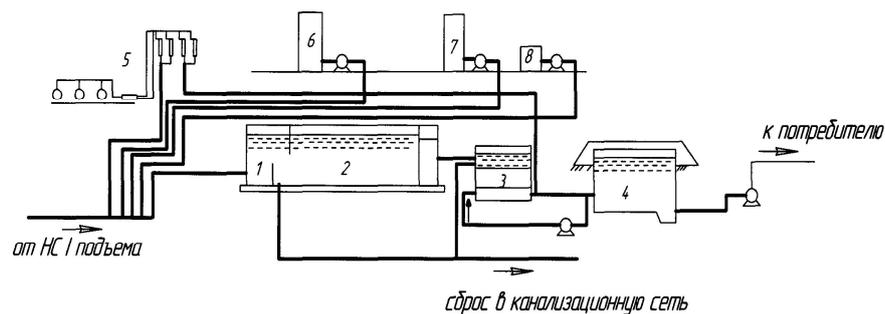


Рис.1. Схема очистки воды:

1- камера хлопьеобразования 2 - отстойник; 3 - фильтр; 4 – резервуар чистой воды; 5 – хлораторы первичного и вторичного хлорирования; 6 – расходные баки коагулянта; 7 – баки хранения соды, 8 – расходные баки флокулянта

Вариант совместной обработки осадка водопроводных станций и канализационных стоков является менее целесообразным с технологической точки зрения. Это, прежде всего, связано с поступлением на очистные сооружения канализации не свойственных хозяйственно-бытовым стокам веществ и соединений (в зимний период года подаются повышенные дозы коагулянта и флокулянта), большими затратами на транспортирование (географически канализационные и водопроводные очистные сооружения находятся в противоположных концах города). Кроме того, в результате повышенного содержания минеральных примесей в исходной воде Амура и соответственно в осадке при его транспортировании на очистные сооружения канализации будет происходить износ канализационных сетей по сравнению с обработкой на компактных установках, находящихся на территории водопроводной станции.

В технологической схеме городских очистных сооружений водопровода Хабаровска осуществляется предварительное (первичное) хлорирование на входе станции, вследствие чего бактериальное загрязнение осадков снижено.

Осадки водопроводных станций согласно физико-химическим свойствам и предлагаемой классификации можно отнести к токсичным



стабильным минеральным осадкам [2]. Как показывают визуальные наблюдения за работой водопроводных очистных сооружений Хабаровска, накапливающийся осадок в своем составе имеет значительное содержание мелкодисперсного песка, который создает трудности при эксплуатации смесителей, камер хлопьеобразования и отстойников.

Любая схема обработки гидроокисных осадков природных вод поверхностных водоисточников должна начинаться с уплотнения, что обусловлено высокой исходной влажностью осадков. Сокращение объема осадка при его уплотнении является наиболее простым и дешевым способом частичного обезвоживания осадка, позволяющим к тому же существенно снизить затраты на последующее его обезвоживание.

Возможность уплотнения гидроокисных осадков определяется их структурой, пространственная решетка которой способна к самопроизвольной деформации во времени с уменьшением размеров ячеек и выделением части свободной влаги, содержащейся в ячейках и петлях геля. Наличие в осадке большого количества воды мешает контакту отдельных частиц структуры гелеобразного осадка и препятствует стремлению геля занять предельно сжатое состояние.

Интенсификация процесса уплотнения гидроокисных осадков может быть достигнута также при механическом нарушении сплошности пространственной решетки осадка и поддержании этого нарушения в процессе всего периода уплотнения, чтобы не допустить самопроизвольного восстановления пространственной структуры рассматриваемых осадков, обладающих тиксотропными свойствами во времени.

Перемешивание позволяет, при определенных условиях, повысить исходную концентрацию осадка в 5–10 раз и во столько же раз сократить его объем [1]. Поэтому большой интерес представляет использование гидроциклонов для обработки осадков природных вод, так как в них за счет повышенных скоростей и вращающихся разнонаправленных потоков суспензии (внешнего вниз к песковому насадку, внутреннего – вверх к сливному отверстию) будет происходить нарушение сплошности пространственной решетки осадка и выделение минеральных частиц, а следовательно, и интенсификация процесса уплотнения.

Кроме того, повышенное содержание минеральных примесей (песка) в осадке водопроводных отстойников, работающих на амурской воде, следует ожидать позитивные результаты работы напорных гидроциклонов, которые предлагаются нами для первой ступени обработки осадка.

Гидроциклоны являются компактными аппаратами, имеют высокую удельную производительность, отсутствие движущихся частей, низкие капитальные затраты, удобство размещения и эксплуатации. Предварительные исследования, проведенные нами на осадке из от-

стойников водопроводных очистных сооружениях подготовки воды (Хабаровск), показали достаточную эффективность их работы.

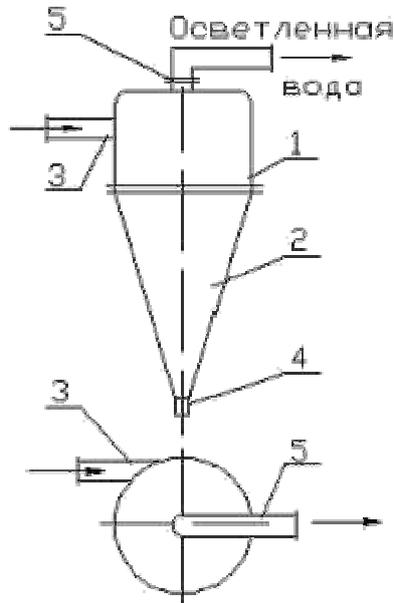


Рис. 2. Схема конструкции гидроциклона:

1 – корпус; 2 – шламовый патрубок; 3 – подающий патрубок; 4 – песковое отверстие; 5 – сливной патрубок

Исследования проводились на сточных водах продувки отстойников с концентрацией 760–812 мг/л и плотностью 1,0002–1,014 г/см³, что соответствует цветным и маломутным водам (отбор пробы осадка проводился в зимний период: цветность – 30–70 град, мутность – 10 мг/л) и согласуется с литературными данными [4]. Влажность осадка составляла 99,8 %. Для определения зависимости показателей работы использовался гидроциклон: $D = 50$ мм, $H_{ц} = 2,5D$, $d_{сл} = 12$ мм, $\alpha_{к} = 20^{\circ}$, $d_{шл} = 4$ мм.

Одним из основных показателей работы гидроциклона является разделительная способность, которая характеризуется его гидравлической крупностью. Испытания показали, что с увеличением давления возрастает расход на входе в гидроциклон, а гидравлическая крупность уменьшается и достигает наименьшее значение 0,196 мм/с при $P = 0,02$ МПа. Результаты исследований обработки осадка на гидроциклонах показывают, что эффективность удаления минеральных частиц из осадка составляет 23–34 %. По экспериментальным данным максимальный эффект достигается при 0,15–0,2 МПа, что согласуется с данными специалистов, занимающихся исследованиями в области обработки суспензий на гидроциклонах [7, 8, 9, 10]. Дальнейшее увеличе-



ние давления более 0,2 МПа будет приводить к неоправданному перерасходу электроэнергии и быстрому износу гидроциклона.

При давлении 0,2 МПа эффект удаления взвешенных веществ составляет 34 % при исходной концентрации 760 мг/л, концентрация взвешенных веществ в осветленной воде составила 506 мг/л.

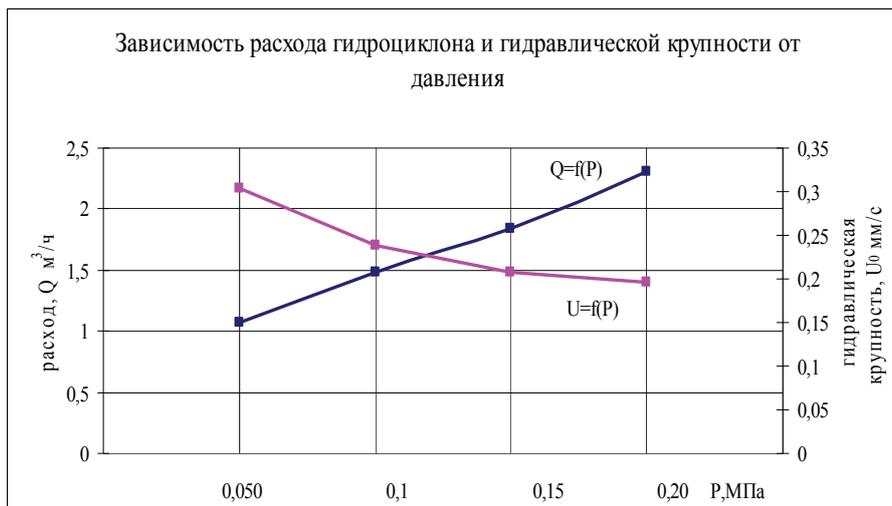


Рис. 3. Зависимость расхода гидроциклона и гидравлической крупности от давления

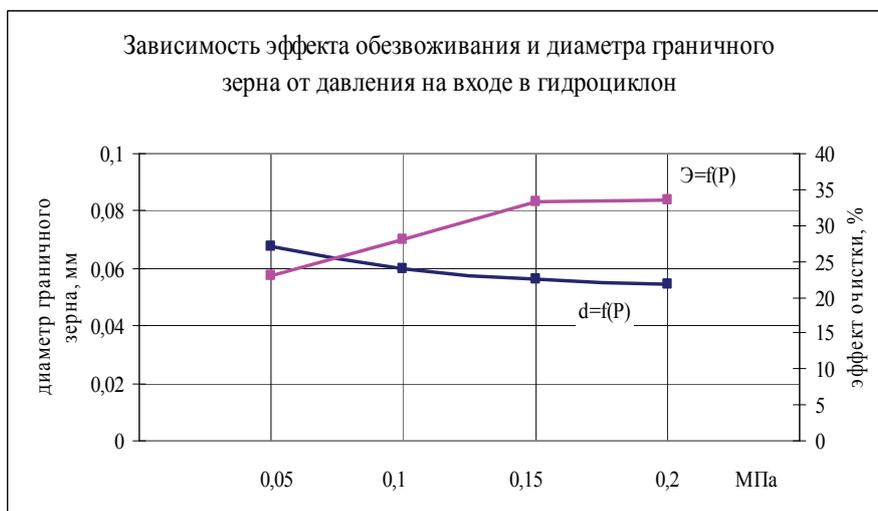


Рис. 4. Зависимость эффекта обезвоживания и диаметра граничного зерна от давления на входе в гидроциклон

В результате обработки осадка в поле центробежных сил в нем будут содержаться в основном крупные частицы (песок, глинистые частицы и др.), а оставшаяся часть взвешенных веществ будет обуславливать мутность слива. Вода, поступающая в слив после дополнительно-

го осветления, может быть повторно использована в производстве, а осадок после обработки на гидроциклонах будет гораздо эффективнее обезвоживаться в сгустителях, центрифугах и сепараторах.

При включении гидроциклонов в технологическую схему обработки осадка главным преимуществом является обеспечение максимального обезвоживания безреагентным способом, а также экологизация процесса обработки осадка.

Осадок, образующийся на очистных сооружениях водопровода Хабаровска, по своим физико-химическим свойствам имеет характерные особенности, такие как повышенное содержание минеральных примесей, реагенты, токсичные вещества.

Существующие методы обработки и удаления водопроводного осадка имеют определенные недостатки: большие занимаемые площади, затраты на транспортирование, попадание загрязнений в водотоки, применение реагентов.

Библиографические ссылки

1. Любарский В. М. Осадки природных воды методы их обработки. М., 1980.
2. Пугачев Н. Д., Шехавцов И. М. Физико-химические свойства и классификация осадков. М., 1984.
3. Артеменок Н. Д., Урванцев М. И. Обработка промывных вод и осадков водопроводных станций зарегулированных стоков // Решение проблем развития водохозяйственных систем Новосибирска и городов Сибирского региона. Новосибирск, 2006.
4. Журба М. Г., Чернышов А. В., Говорова Ж. М. Обработка промывных вод фильтров и осадков водопроводных станций. М., 2003.
5. Современная обработка осадков сточных вод и осадков, образующихся на водопроводных станциях / С. В. Яковлев, А. С. Матросов, Б. А. Ганин, В. Б. Кольчугин. М., 1990.
6. Воронов Б. А. Эколого-географические аспекты природопользования в Приамурье // Современные проблемы регионального развития. Хабаровск, 2006.
7. Шевцов М. Н. Исследование и разработка компактной установки для удаления песка из речной воды, подаваемой на очистные сооружения // Амур на рубеже веков. Ресурсы, проблемы, перспективы. Хабаровск, 1999.
8. Поваров А. И. Гидроциклоны. М., 1961.
9. Барский В. Г. Теоретические и экспериментальные исследования гидроциклонов и выявление возможностей их использования в технике очистки воды. М., 1964.
10. Мустафаев А. М., Гутман В. М. Теория и расчет гидроциклона. Баку, 1969.