

УДК 628. 384. 1

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

С. П. Высоцкий, Н. А. Марченко

Автомобильно-дорожный институт ДонНТУ, г. Горловка

АННОТАЦИЯ: Рассмотрены перспективные технологии очистки сточных вод с использованием самоочищающихся фильтров и ультрафильтрационных мембран и обеззараживание воды за счет ультрафиолетового облучения. Показаны примеры применения указанных систем очистки, которые были реализованы в мировой практике.

АННОТАЦІЯ: Розглянуті перспективні технології очищення стічних вод з використанням самопромивних фільтрів і ультрафільтраційних мембран та знезараження води за рахунок ультрафіолетового випромінювання. Показані приклади виконання вказаних систем очищення, які були реалізовані в світовій практиці.

ABSTRACT: The new advanced technology of waste water treatment by means of self cleaning filter and ultrafiltration membranes application and ultraviolet disinfection are considered. The example of positive use of those systems in a word practice is shown.

В настоящее время на многих установках обработки сточных вод широко используется сетчатая фильтрация для удаления взвешенных частиц относительно большого размера и для защиты трубопроводов, насосов и оборудования, установленного за фильтрами.

Наиболее качественные технологические сетчатые элементы, часто удаляющие частицы размером более 500 мкм, изготавливаются из прочных материалов, например, из нержавеющей стали. Фильтры содержат механизмы для автоматической самоочистки, такие как щетки и другие элементы для удаления загрязнений. При этом обеспечивается долговременная эксплуатация с низкими затратами на обслуживание.

Самоочищающиеся фильтры СОФ могут использоваться предварительно перед технологиями мембранной очистки, которые

применяются для удаления высокодисперсных частиц и уменьшение ХПК (химического потребления кислорода) обычно, после биологической очистки.

Для очистки сточных вод сбрасываемых в водные источники, используемые для питьевого водоснабжения, фильтрат может пропускаться через насыпные фильтры, загруженные кварцевым песком или антрацитовой крошкой, для более полного удаления взвешенных частиц, ХПК, окислов металлов и соединений фосфора.

В тех случаях, когда сточная вода используется для питьевого водоснабжения, применяют ультрафильтрацию, которая обеспечивает подготовку питательной воды высокого качества для обратноосмотических обессоливающих систем.[1]

За этой технологией обычно следует технология обеззараживания с использованием озона, хлора или применяется ультрафиолетовое облучение. Шлам, который получается при обработке коммунальных сточных вод, обезвоживается после уплотнения с применением прессов или центрофуг. В новейших технологиях используются оба эти процесса, за счет чего экономится место и количество дозируемого коагулянта.

Требования к совершенствованию технологий очистки обусловлены рядом причин. Наличие жестких ограничений к сбросу сточных вод, особенно по содержанию в них соединений азота и фосфора, часто создают необходимость совершенствования технологий очистки для улучшения качества очищенной воды. Практически повсеместно в мировой практике происходит постепенное увеличение нагрузки на очистные сооружения и соответственно увеличится объем очищаемых стоков.

На многих существующих установках для обработки сточных вод, поступающих от коммунальных потребителей, обычно используют активный шлам (АШ), вращающиеся биологические контакторы (ВБК) и струйные фильтры в качестве вторичного процесса, совместно с соответствующей технологией обработки шлама. Однако существующие системы требуют усовершенствования, прежде всего, чтобы обеспечить соответствие жестким ограничениям по содержанию в стоках соединений азота и фосфора, содержанию взвешенных частиц и биологическому потреблению кислорода. Повышение производительности установок за счет применения дополнительного оборудования с использованием существующих технологий позволяет обеспечить решение указанной проблемы, однако ограничение площадей и высокие капитальные затраты часто ограничивают осуществление указанных мероприятий. Альтернативой этим решениям является применение более совершенных технологий очистки.

Дополнение технологий более глубокой очистки сточных вод позволяет улучшить степень очистки с одной стороны, а использование таких мембранных технологий как ультрафильтрация (УФ), микрофильтрация (МФ) или нонафильтрация (НФ) часто решают проблему. Указанные технологии улучшают качество фильтрата по содержанию взвешенных веществ и химическому потреблению кислорода, а в случае применения УФ/НФ обеспечивает высокую степень удаления микроорганизмов.



Рис. 1. Ультрафильтрационные кассеты.

Примером этого является использование мембранной фильтрации, с применением полволоконных мембран. Процесс ультрафильтрации может быть реализован с использованием элементов, выполненных в виде ультрафильтрационных кассет (рис. 1)

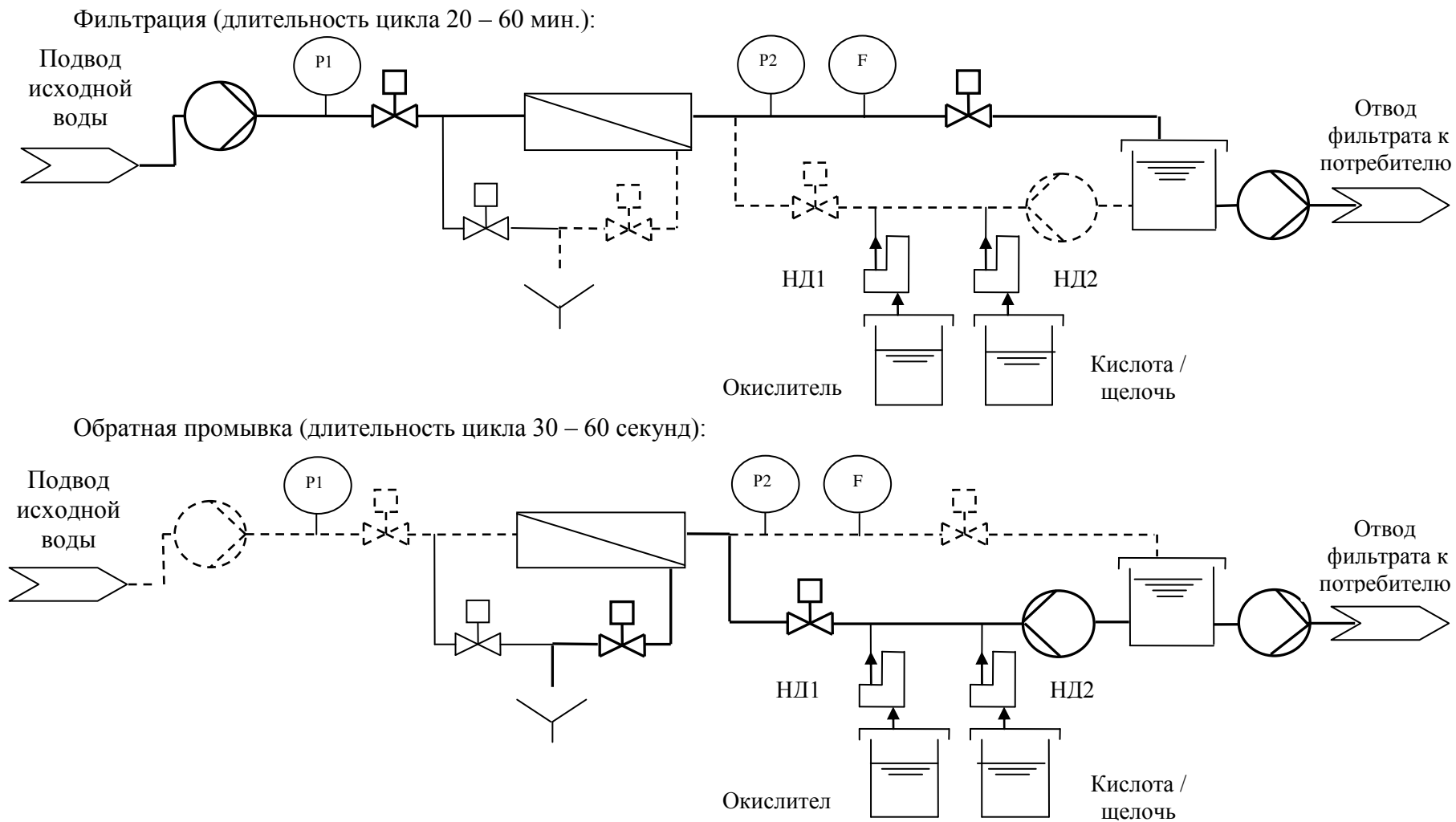


Рис. 2 – Технологическая схема ультрафильтрационной установки.

Р₁, Р₂ – манометры, F – расходомер, НД – насос-дозатор

Исходный загрязненный раствор проходит через химическую полимерную мембрану с размером пор 0,04 мкм под низким давлением. Волокна собираются в кассеты перед системами вторичной очистки. При создании вакуума на выходе мембраны погружаются прямо в исходный раствор.

Система может работать при разных гидравлических нагрузках, занимает мало места и обладает хорошими эксплуатационными характеристиками с низкими затратами на обслуживание. Удаляемые взвешенные вещества собираются на поверхности мембран, которые менее склонны к загрязнению и непрерывно очищаются за счет барботажа пузырьков воздуха.

Мембранная установка оборудуется встроенной автоматической системой самоочистки за счет пульсирующей подачи пермиата обратным током. Поэтому такие системы могут эксплуатироваться на установках без постоянного обслуживания.

Схема осуществления процессов очистки сточных вод от взвешенных веществ и восстановление (отмывка) мембран от загрязнений показана на рис. 2. При отмывке мембран от загрязнений могут использоваться реагенты, тип которых зависит от характеристики загрязнений

По мере загрязнения мембранных элементов увеличивается перепад давления и снижается удельная производительность установок. При этом через определенное время включается обратная отмывка мембран пермиатом. После нескольких циклов отмывки пермиатом осуществляется отмывка мембраны с использованием реагентов. На рисунке 3 представлена характеристика процесса ультрафильтрации.

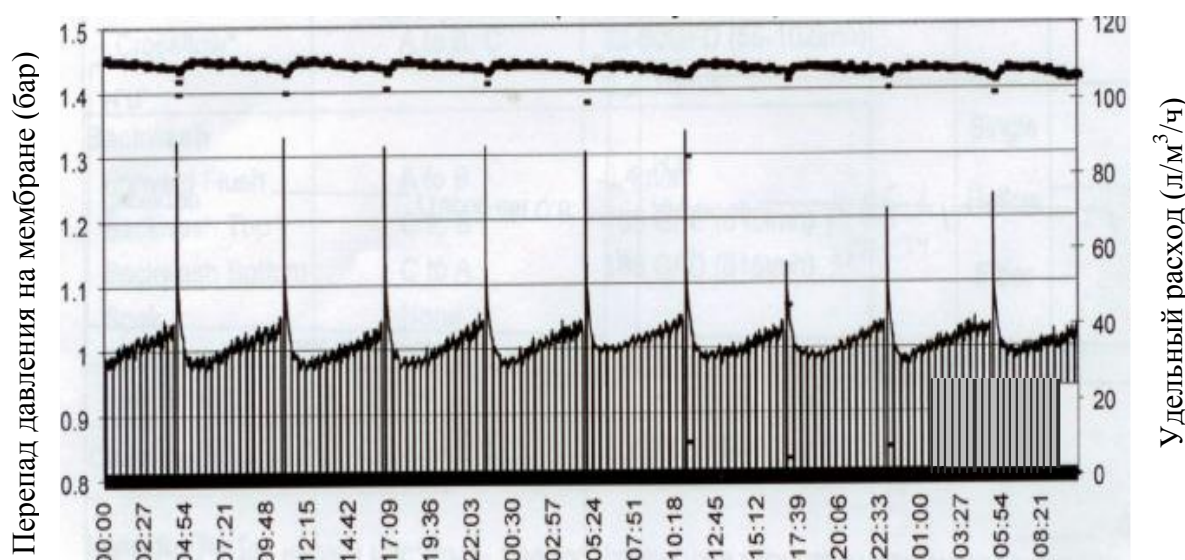


Рис 3. Технологические характеристики ультрафильтрации.

Удельный расход на единицу поверхности мембраны (л/м³/ч):

- фильтрация: 60-130 л/м³/ч;
- обратная промывка: 250 л/м³/ч.

Перепад давления на мембране (бар):

- фильтрация: 1-2 бар;
- обратная промывка: 2.5 бар.

Следует отметить, что при использовании минеральных или синтетических коагулянтов ультрафильтрация может быть использована для очистки стоков от высокодисперсных органических загрязнений. Однако по опыту специалистов фирмы “Гидротехинжиниринг” следует избегать применения флокулянтов, которые существенно ухудшают условия отмывки мембран.

Ультрафильтрационные системы выпускаются в виде модульных контейнеров различных размеров, что создает возможность увеличения производительности установок. Учитывая то, что они являются отдельной самостоятельной системой очистки независимой от работы той технологии, которая применяется для предочистки перед ними, они позволяют также улучшить степень очистки от биологических примесей при изменении гидравлических нагрузок на систему очистки. Включение в установку мембранной сепарации заменяет процесс окончательного осветления. Гидравлическая нагрузка ограничивается временем отстаивания.

Эта система позволяет добавлять коагулянт на стадии аэрации для удаления соединений фосфора, благодаря чему уменьшается количество образуемого шлама. Мембранные биореакторы благодаря этому могут обеспечить увеличение производительности установок или могут быть установлены параллельно существующим установкам очистки стоков.

Таким образом, мембранная ультрафильтрационная технология в комбинации с обратноосмотическими установками деминерализации и соответствующим оборудованием для обеззараживания (например, с применением ультрафиолетовой обработки) обеспечивает получение высококачественной воды не для питьевого пользования, которая может безопасно использоваться для орошения, в промышленных технологиях или для закачки в подземные горизонты. Мембранная ультрафильтрация может применяться для обеспечения эффективной эксплуатации водоподготовительных установок в течение длительного периода времени с получением высококачественной воды.[2]

Ультрафиолетовая обработка является хорошей альтернативой обеззараживания воды озоном или хлором и может эксплуатироваться в широком диапазоне расходов поступающей воды. Автоматическое

измерение мутности поступающей воды позволяет оптимизировать процесс эффективного обеззараживания за счет регулировки дозы ультрафиолетового облучения.

Коммунальные установки очистки стоков могут быть объектом тщательного контроля содержания взвешенных и питательных веществ в сбрасываемых водах, особенно когда эти виды загрязнений присутствуют в поступающих водах. Это относится к тем водам, которые идентифицируются как чувствительные к эвтрофикации или когда сбросы осуществляются напрямую в озера и резервуары-накопители. В таких случаях эффективной являются третичная обработка с использованием ультрафильтрации, которая позволяет получить пермиат с содержанием взвешенных частиц меньше 1 мг/л. Так как фильтрат ультрафильтрационных систем содержит очень малое остаточное содержание взвешенных веществ после обработки коагулянтном даже последующая биологическая очистка обеспечивает сброс с содержанием фосфора меньше 0,1 мг/л. Третичная очистка от взвешенных веществ, ХПК и удаление фосфора может быть достигнута также за счет использования адсорбентов.

Существует значительная перспектива по использованию сточных вод после соответствующей их обработки. Одним из решений является применение ультрафильтрации с последующим использованием обратного осмоса и обеззараживания воды за счет обработки озоном или применения ультрафильтрационного облучения. Примером является имеющиеся технологии в Бельгии, где используется этот метод, при котором очищенная вода поддается в сеть питьевой воды, при этом покрывается примерно 40% потребности в этой воде и производится 2,5 миллионов м³ в год за счет повторного использования воды.

Следующий пример крупно масштабного повторного использования сточных вод является проект, который осуществляется в Сингапуре. В указанном проекте обеспечивается замещение существующих поставок воды для питьевых целей и для промышленности высококачественной водой, получаемой за счет обработки городских и промышленных сточных вод. Кроме этого аналогичный проект повторного использования воды осуществлен в США в Южной Каролине.

Установки в городе Бедок и Кране обеспечивают 27 и 41 тыс. м³ в день очищенной воды. Приблизительно 13,5 тыс. м³ в день высококачественной воды смешивается с дождевой водой, обеспечивая примерно 1 % суточной потребности питьевой воды в Сингапуре, предполагается увеличение производительности до 45,5 тыс. м³ к 2011 году.[3]

На указанных установках используются передовые технологии фильтрации и разделения. Для предочистки воды перед микро- и ультрафильтрацией используется автоматизированные самопромывающиеся фильтры с использованием сеток из нержавеющей стали с размерами

пор от 200 мкм до 500 мкм. Процесс обеззараживания воды осуществляется за счет ультрафиолетового облучения.

За счет использования указанных технологий обеспечиваются показатели, которые соответствуют нормам Всемирной Организации Здравоохранения и Агентства охраны окружающей среды США. Показатели качества воды имеют следующие значения: солесодержание – меньше 100 мг/л; электропроводность – меньше 200 мкСм/см; химические компоненты – сульфаты меньше 5 мг/л и нитраты меньше 15 мг/л; а по бактериологическим загрязнениям – отсутствие обнаружения энтеровирусов и фекальных колиформ.

В последнее время для очистки стоков начали применять новые типы сорбентов, которые используются для окончательной очистки обработанной воды для снижения содержания металлов, соединений мышьяка и фосфатов. Одним из сорбентов является продукция фирмы Виротек. Она представляет собой таблетки, состоящие из 18 высокоемких и нейтрализующих кислоты реагентов. Реагенты имеют пористую структуру, обеспечивающую эффективную очистку сточных вод при их пропуске через колонну загруженную сорбентом. Сорбент состоит из минералов на основе алюминия, кремния, железа, кальция и титана. Большая внутренняя поверхность и малый размер частиц обеспечивает хорошие физические и химические сорбционные свойства и высокую емкость больше 1500 мэкв/кг. Указанные реагенты могут использоваться для всех загрязненных промышленных сточных вод, где имеется необходимость удаления металлов (до остаточной концентрации нескольких мг/кг и эффективностью очистки больше 99%) или/и в которых требуется нейтрализация кислотности. Этот тип обработки путем фильтрации через таблетизированный реагент применим также для очистки городских сточных вод. Фильтры, загруженные этими сорбентами, могут быть включены последовательно с существующими системами очистки, для улучшения качества фильтрата.

Управление водных исследований в Соединенном королевстве выполнило независимые испытания и подтвердило пригодность этой установки для третичной обработки (удаление фосфора и очистки воды). При исходном содержании фосфатов 6-9 мг/л система обеспечивает удаление фосфатов на 80–85 % без необходимости корректировки pH, обладает способностью связывания фосфатов больше 5 кгP/т реагента без исчерпания емкости поглощения в течении 6 месяцев.

Согласно собственным исследованиям компании Виротек емкость имеет значение больше 12 кгP/т. Таблетизированный сорбент также улучшает удаление взвешенных веществ, ХПК, цветности и запаха. Эта технология применима для малых водоподготовительных установок без

необходимости дозирования химических сорбентов, а для больших установок – с добавлением флокулянта.



Рис. 4 Установка для обеззараживания воды методом облучения с лампами среднего давления

Применение технологий очистки с использованием указанного сорбента в Австралии в густонаселенном районе Брисбейн показали существенное снижение фосфора в фильтрате. При производительности 2,4 тыс. м³ в день и с исходным содержанием фосфора 7-18 мг/л снижение концентрации его в фильтрате составило в среднем 79%. Сорбент дозировался в обычный первичный отстойник. Применение современной технологии Виротек обеспечило качество обрабатываемой воде до соответствия с нормами окружающей среды в Австралии.

При ультрафиолетовом обеззараживании воды наиболее эффективным является использование излучения с длиной волны 265 нм, что соответствует максимальной абсорбционной емкости микроорганизмами. Последние требуют экспозицию и удельную интенсивность света за данный период времени контакта. Прозрачность воды может влиять на необходимость дозировки ультрафиолетового облучения, поэтому для обеспечения требуемой эффективности важным является тщательное измерение прозрачности среды. Для обеззараживания применяются оба типа ламп: монохроматические лампы низкого давления, имеющие длину

волны 254 нм, и полихроматические лампы среднего давления с длиной волны от 240 до 310 нм. Лампы низкого давления работают с эффективностью приблизительно 30 % и производительностью по бактерицидному обеззараживанию до 60 Вт. В то время как лампы среднего давления требуют большего расхода энергии (рис. 4). Они также имеют более высокий уровень ультрафиолетового излучения и заменяют по своей эффективности 10 ламп низкого давления.

Благодаря этому они обеспечивают меньшие эксплуатационные затраты. При обеззараживании в трубопроводах ультрафиолетовое облучение обеспечивает эффективную бактерицидную обработку в широком диапазоне нагрузок на водоподготовительных установках малой и средней производительности. Обслуживающий персонал установок надежно защищен от ультрафиолетового облучения от ингаляции аэрозолей, которые могут получаться при использовании данных установок.

Обезвоживание шлама применяют для снижения объема, при этом используется флотация, тканевые фильтры и центрофугирование, являющиеся главными компонентами технологии обезвоживания. Хотя уплотнение шлама обычно является отдельным процессом перед технологией обезвоживания. В соответствии с новыми разработками процессы уплотнения и обезвоживания объединяются в один технологический процесс.

Выводы

1. В мировой практике происходит увеличение количества сточных вод, что неблагоприятно влияет на состояние окружающей среды.
2. Альтернативой существующим технологиям очистки с использованием коагуляции воды и медийной фильтрации является применения систем ультрафильтрации и ультрафиолетового обеззараживания.
3. Приведены технологические параметры процесса ультрафильтрационной очистки сточных вод.
4. При наличии в сточных водах многокомпонентных загрязнителей перспективным является применение высокочемких синтетических гранулированных сорбентов.

Литература

1. Ken Sutherland "Water and sewage: Sewage treatment processes" // Filtration @ Separation №9 2007 – p. 32 – 35.
2. Zoe Grainge "The growing need for desalination" // Desalination (a Filtration @ Separation publication) 2007 –p. 4 – 6.
3. Anthony Bennett "Green technologies rise to the bait" // Filtration @ Separation №9 2006 – p. 12 – 16.