



РЕКОНСТРУКЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕМБРАННОЙ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ

С. М. Эпоян, г-р техн. наук, *А. С. Карагяур*, г-р техн. наук, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

С. Н. Шаляпин, канд. техн. наук, *Т. С. Шаляпина*, канд. техн. наук, Харьковская электротехническая компания, г. Харьков

А. Л. Зубко, канд. техн. наук, Ю. И. Штонга, канд. техн. наук, ООО «ЭКВИК», г. Харьков
Ю. И. Штонга, канд. техн. наук, Ужгородский национальный университет, г. Ужгород

Развитие современного общества характеризуется все более ощутимыми негативными последствиями антропогенного воздействия на окружающую природную среду и на состояние водных объектов. Основными загрязнениями сточных вод являются: физиологические выделения людей и животных; отходы и отбросы, получаемые в результате хозяйственной деятельности человека; применение синтетических моющих и чистящих средств; отходы и выбросы промышленных предприятий, а также атмосферные (ливневые и дождевые) воды. Как бытовые, так и производственные сточные воды содержат значительное количество органических веществ, способных служить питательной средой для быстрого и массового развития различных микроорганизмов, в том числе и патогенных бактерий. Многие производственные сточные воды также содержат токсические примеси, оказывающие пагубное действие на здоровье людей и состояние окружающей среды.

В связи с резким расширением области применения всевозможных синтетических моющих и чистящих средств, в том числе шампуней и стиральных порошков, увеличились и объемы их использования на бытовом и промышленном уровне, что, в свою очередь, привело к изменению химического состава хозяйственно-бытовых сточных вод. Увеличение содержания СПАВ, фосфатов, азотсодержащих компонентов, хлоридов и др., существенно ухудшает очистку стоков на очистных сооружениях, резко снижая эффективность их очистки. Кроме того, сброс неочищенных или плохо очищенных сточных вод на рельеф или в водоем приводит к снижению содержания в поверхностных водах растворенного кислорода и деградации водных экосистем, а также способствует возникновению очагов заражения и быстрому развитию опасных инфекционных заболеваний. Поэтому сегодня проблемам очистки сточных вод уделяется всё большее внимание. Повышение требований к качеству очищаемых стоков заставляет искать более эффектив-

ные и экологически безопасные способы удаления загрязнений.

За последние десятилетия объемы сбрасываемых на существующие очистные сооружения сточных вод увеличились в несколько раз, что привело к увеличению нагрузки на существующие канализационных очистных сооружений (КОС). При этом необходимо учитывать, что большинство эксплуатируемых КОС были построены ещё в 70-80-х годах прошлого века. Установленное на этих КОС оборудование, как правило, находится в практически неработоспособном состоянии. Применяемые на этих КОС технологии очистки стоков также морально устарели и не в состоянии обеспечивать необходимую степень очистки сточных вод. Кроме того, стоит обратить внимание, что реконструкция КОС требует больших капитальных вложений. Реализуемые при строительстве и реконструкции всех типов очистных канализационных сооружений проектные и технологические решения, как правило, остаются неизменными на протяжении десятилетий. По мере принятия руководящих документов, ужесточающих требования к эффективности очистки сточных вод перед сбросом их в водоем, проблема соблюдения новых нормативов становится актуальной для подавляющего большинства очистных сооружений. Не менее важными задачами являются снижение эксплуатационных расходов на действующих очистных сооружениях и уменьшение капитальных затрат при их строительстве и реконструкции. [1-5].

Поэтому в настоящее время большое значение имеет поиск относительно малозатратных альтернативных методов решения этой проблемы. Одним из путей её решения является прекращение сброса неочищенных стоков от всех, даже самых малых, объектов водопользования и внедрение новых безотходных и экономически выгодных технологий и очистных сооружений. На наш взгляд, в настоящее время наиболее перспективным направлением в решении этой задачи является внедрение в технологию очистки сточных вод мембранных технологий,



а именно проведение реконструкции существующих КОС (септиков) с переоборудованием их в сооружения аэробной биологической очисткой с применением мембранной ультрафильтрации.

Удаление из сточной воды взвешенных и коллоидных веществ в установках мембранной ультрафильтрации является перспективным направлением при очистке воды для различных нужд. Перспективность данного способа объясняется, прежде всего, высоким эффектом очистки сточных вод, компактностью оборудования, возможностью удаления вирусов и бактерий, а также возможностью не применять реагенты. Поэтому мембранная ультрафильтрация в последнее время находит все большее применение в различных схемах очистки сточной воды [6-8]. Однако, более широкому распространению данного способа очистки сточных вод препятствует, главным образом, его основной недостаток - весьма существенная зависимость расхода механически и биологически очищенной сточной воды и потерь напора в установке от качества исходной сточной воды, что обуславливает повышение эксплуатационных расходов, связанных с преодолением возникающих в очистных мембранах потерь напора. Однако, несмотря на увеличение связанных с очисткой сточных вод энергозатрат, внедрение предлагаемой технологии очистки на существующих канализационных очистных сооружениях (септиках) в должной мере позволяет с наименьшими затратами решить поставленную задачу. Что положительно скажется не только на качестве воды в поверхностных водоёмах, но и позволит решить проблему с очисткой сточных вод во многих рекреационных зонах, что, в свою очередь, положительно скажется на развитии побережья Азовского и Черного морей и территорий прилегающих к ним [5], а также во многом решит проблему питьевого водоснабжения в Украине.

Для разработки технических и технологических задач по реконструкции существующих канализационных очистных сооружений, с переоборудованием их в сооружения с аэробной биологической очисткой с установкой модулей мембранной ультрафильтрации, были рассмотрены существующие малые канализационные очистные сооружения (септики 2-х и 3-х блочные) целого ряда объектов прибрежной зоны Херсонской и Николаевской областей, принимающих сточные воды хозяйственно-бытового характера от предприятий, пансионатов, санаториев и жилых комплексов. Данные объекты были построены в 60-70-е годы прошлого столетия и эксплуатируются непосредственно соответствующими службами как собственников, так и коммунальными предприятиями. Проектная мощность рассматриваемых комплексов канализа-

ционных очистных сооружений составляла от 100 до 400 м³/сут. Данные комплексы были спроектированы как блок механической и биологической очистки с использованием анаэробного метода. Анаэробный метод очистки сточных вод был применен из-за наличия, на момент проектирования, в сточных водах высокой концентрации органических веществ. Его преимущество перед аэробными методами заключается в резком снижении эксплуатационных расходов (для анаэробных микроорганизмов не требуется дополнительной аэрации воды) и отсутствии проблем, связанных с утилизацией избыточной биомассы. В связи со значительным увеличением в поступающих сточных водах биогенных и химически активных загрязнений, низкими концентрациями органических веществ, качество очистки сточных вод на этих КОС значительно ухудшилось.

Биологическая система очистных сооружений, работающая в экстремальных условиях, имеет тенденцию к хронической разбалансированности, отсутствие механической очистки входящих стоков влечет за собой заиливание сооружений, происходит загнивание осадка, что, в свою очередь, приводит ко вторичному загрязнению сточных вод продуктами их разложения.

Проведенный анализ показал, что для повышения эффективности очистки сточных вод до требований ПДК, необходимо проведение следующих изменений в технологической схеме работы канализационных очистных сооружений:

- применение эффективного оборудования для механической очистки сточных вод;
- проведение строительно-монтажных работ по увеличению объема и выравниванию дна сооружений;
- применение эффективного оборудования для биологической очистки сточных вод;
- использование современных воздухоуловителей;
- применение современного оборудования для доочистки сточных вод;
- повышение эффективности обеззараживания очищенных сточных вод.

В частности, для механической очистки сточных вод от взвешенных веществ на рассматриваемых канализационных очистных сооружениях, после камеры гашения на самотечных трубопроводах Ø 150-200 была рассмотрена возможность применения решетки марки РМБЩ-50 или её аналогов, с диаметром отверстий 1,5-3 мм. Решетка механизированная барабанная щеточная РМБЩ-50 предназначена для извлечения из производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод грубодисперсных включений с размерами от 1,5 мм и с выгрузкой их в



мусоросборник. Для задержания зерен песка размерами до 0,2 мм можно использовать вертикальную песколовку.

В существующих установках биологической очистки сточных вод (септиках), подача сжатого воздуха отсутствует. Для эффективной работы биологической очистки сточных вод в установках биологической очистки как в зимнее, так и в летнее время, необходимо обеспечить подачу необходимого количества сжатого воздуха в сооружения.

В разработанной схеме блок биологической очистки рассматривается, как один целостный комплекс, со сведёнными в единый блок биореактором, вторичным отстойником и стабилизатором активного ила.

Для обеспечения необходимого количества растворенного кислорода, необходимого для эффективного окисления биологических загрязнений активным илом, можно применить систему мелкопузырчатых аэраторов АПКВ 120 и компрессорную установку с системой подающих трубопроводов. Аэрационные системы предназначены для равномерного распределения воздуха, подаваемого от воздуходувки, в толще сточной воды.

После аэрации смесь сточной воды с активным илом поступает через переливное окно во вторичный отстойник, где происходит разделение активного ила и очищенной сточной воды. Поступающая из биореакторов во вторичные отстойники иловая смесь представляет собой гетерогенную (многофазную) систему, в которой дисперсионной средой служит биологически очищенная сточная вода, а основным компонентом дисперсной фазы являются хлопья активного ила, сформированные в виде сложной трехуровневой клеточной структуры, окруженной экзклеточным веществом биополимерного состава.

При снижении интенсивности турбулентного перемешивания и последующем отстаивании иловой смеси, в результате биофлокуляции происходит агрегирование хлопьев активного ила в хлопья размером 1-5 мм, которые осаждаются под воздействием силы тяжести. Преимуществом вертикальных вторичных отстойников являются удобство удаления из них осевшего ила, простота конструкции в виду отсутствия движущихся частей, возможность использования взвешенного слоя ила.

Избыточный активный ил удаляется эрлифтами из бункеров отстойной зоны вторичных отстойников в аэробный стабилизатор для стабилизации избыточного активного ила. Периодически, стабилизированный активный ил при помощи эрлифтов перекачивается на биологическую очистку в биореактор или вывозится на утилизацию ассенизационной автомашиной.

Для функционирования комплекса канализационных очистных сооружений необходимо установить два компрессора (рабочий и резервный), например, 3D 38С 100К фирмы KUBICEK (Чехия) [9].

Для доочистки сточных вод до требований к сбросу ПДК в объекты рыбохозяйственного назначения на существующих КОС (септиках), при поступлении сточных вод до 200 м³/сут и более, предлагается применение ультрафильтрационной доочистки.

Так, для доочистки очищенных сточных вод на канализационных очистных сооружениях, разработана технологическая схема применения модулей мембранной ультрафильтрации. Блок модулей мембранной ультрафильтрации устанавливается во втором коридоре биореактора. Следует отметить, что актуальность данных исследований и разработки общих рекомендаций подтверждается также тем, что решение о значениях технологических параметров для очистки конкретного типа сточной воды на мембранных фильтрах зачастую принимаются на основании тестовых экспериментов на пилотной установке, т.е. носят исключительно эмпирический характер.

Ультрафильтрация - это мембранный процесс, занимающий промежуточное положение между нанофильтрацией и микрофильтрацией. Ультрафильтрационные мембраны имеют размер пор от 20 до 1000 Å (или 0,002-0,1 мкм) и позволяют задерживать тонкодисперсные и коллоидные примеси, макромолекулы (нижний предел молекулярной массы составляет несколько тысяч), водоросли, одноклеточные микроорганизмы, цисты, бактерии и вирусы. Ультрафильтрация может полностью заменить процессы отстаивания, осаждения и микрофильтрация [10]. Применение модулей мембранной ультрафильтрации в разработанной технологической схеме рассматривается как блок третичной очистки, который установлен непосредственно в биореакторе. Для их установки не требуется строительство дополнительных сооружений. Под регенератор переоборудуется часть емкостных сооружений в неработающих септиках. При работе модулей мембранной ультрафильтрации в слое смеси сточной воды и активного ила в биореакторе, время между регенерациями мембран увеличивается до 200 суток, что повышает их эффективность и конкурентоспособность.

Исследуя ультрафильтрационный мембранный модуль, расположенный вертикально, в котором мембранные элементы представлены пучком полых полимерных волокон, а фильтрация происходит в направлении «изнутри - наружу», мы видим, что часть потока (циркуляционный расход) транзитом проходит через внутреннее пространство мембраны, смывая с ее поверхности загрязнения.



На частицу взвеси, задержанную на поверхности мембраны, действуют следующие силы: сила адгезии, сила стокового сопротивления, обусловленная действием циркуляционного потока, сила тяжести, подъемная сила и сила трения.

На основании проведенных исследований [10-12] можно сделать вывод, что оторвать от поверхности мембраны частицу взвеси малого диаметра сложнее, чем крупного. Поэтому при фильтрации смеси сточной воды и активного ила в биореакторе через мембраны стало очевидно, что чем эффективнее свойства активного ила при биофлокуляции, тем эффективнее работа модулей мембранной ультрафильтрации.

Кроме того, из вышеизложенного следует, что для установок с высокой степенью фильтрации, которые задерживают более мелкие частицы, рациональнее удаление взвеси с поверхности мембран проводить путем не непрерывной промывки вихревой смесью воздуха и воды, а периодически, прекращая при этом фильтрацию.

Для доочистки сточных вод на существующих КОС предложено использование блоков мембранных модулей siClago FM 643 (ФРГ) размерами 798 x 602 x 2247. Общий вес мембранного модуля в сухом виде составляет 135 кг.

Вывод

Для обеспечения экологической безопасности населенных пунктов Украины и повышения эффективности очистки сточных до требований ПДК, предлагается использование разработанных технических и технологических схем по реконструкции существующих канализационных очистных сооружений (септиков) с переоборудованием их в сооружения с аэробной биологической очисткой и установкой модулей мембранной ультрафильтрации.

Литература

1. Эпоян С.М., Штонда Ю.И., Зубко А.Л., Богданов В.А. Основные проблемы и приоритеты очистки сточных вод малых объектов и населенных пунктов в АР Крым. // *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: V міжнародна науково-практична конференція*, 7-11 вересня 2009 р, м. Алушта: Збірник наукових статей. Харків: «Райдер», - 2009. - Т.1, - С.322 - 327.
2. Эпоян С.М., Штонда И.Ю., Штонда Ю.И., Зубко А.Л. Интенсификация очистки сточных вод на малогабаритных очистных сооружениях поселка Канака в АР Крым. // *Науковий вісник будівництва*.— Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. - 2010.- Вип.56.- С.230-233.
3. Штонда Ю.И., Зубко А.Л. Интенсификация очистки сточных вод на малогабаритных очистных

сооружениях Крыма. // *ВСТ. Водоснабжение и Санитарная Техника - Москва - Houstechnik*. - 2010. - № 9. - С. 8 - 12.

4. Эпоян С.М., Штонда И.Ю., Штонда Ю.И., Зубко А.Л. Совершенствование работы малогабаритных канализационных очистных сооружений поселка Малореченское в АР Крым. // *Науковий вісник будівництва*.— Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. - 2010.- Вип.60.- С.271-274.

5. Штонда Ю.И., Фирсенков Ю.А., Штонда И.Ю. Влияние работы систем водоотведения на экологическую безопасность и социальную стабильность в поселках прибрежной зоны Черного моря. // *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення. VI міжнародна науково-практична конференція*, м. Алушта 6-10 вересня 2010 р, Харків: «Райдер», - 2010. - Т.1, - С.324 - 326.

6. Пацай Ю.И., Штонда Ю.И., Штонда И.Ю. Локальные канализационные очистные сооружения для коттеджей и частных домов. // *Науково-практичний журнал «Вода і водоочистні технології»*. - Київ - 2011. - №1. - С.56 - 59.

7. Эпоян С.М., Штонда И.Ю., Штонда Ю.И. Локальные канализационные очистные сооружения для частных домов и малых объектов водопользования. // *Науковий вісник будівництва*. - Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. - 2011.- Вип.65.- С.335-339.

8. Эпоян С.М., Штонда И.Ю., Штонда Ю.И., Пацай Ю.И., Коваль С. П. Локальные канализационные очистные сооружения «AS-VARIO comp» для частных домов и малых объектов водопользования. // *Науковий вісник будівництва*. - Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. - 2012.- Вип.69.- С.279-283.

9. Эпоян С.М., Петер Баслер, Штонда Ю.И., Зубко А.Л., Эдимов Р.Р. Использование современных воздуходувок для повышения эффективности работы малых очистных сооружений. // *Науковий вісник будівництва*. - Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. - 2013.- Вип.71.- С.370-375.

10. Эпоян С.М., Карагяур А.С., Скорик А.Л. Эффективное осветление воды в устройствах малой производительности // *Сучасні проблеми охорони довкілля та раціонального використання ресурсів у водному господарстві: Матер. практик. конф.*, 2-6 квітня 2012 р. м. Миргород. - К.: Товариство „Знання” України. - 2012. - С.19-21.

11. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя: Пер с нем. - М.: Наука, 1974. - С. 711.

12. Эпоян С.М., Карагяур А.С., Штонда И.Ю. Изучение направлений снижения эксплуатационных затрат при применении мембранной ультрафильтрации. // *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення. VIII міжнародна науково-практична конференція*, м. Алушта 10-14 вересня 2012 р, Харків: «Райдер», - 2012. - Т.1, - С.302 - 306.