

**Материалы X Международной научно-производственной конференции «Решение проблем экологической безопасности в водохозяйственной отрасли»**

**«СИБАКВА-2014», 1-2 октября 2014 года**

446378, Самарская область,  
Красноярский район,  
пгт Новосемейкино,  
ул. Солнечная, д.3П

☎ (846) 229 63 19  
✉ [acsamara@mail.ru](mailto:acsamara@mail.ru)  
✉ [aqua-control@mail.ru](mailto:aqua-control@mail.ru)  
🌐 [www.aqua-control.ru](http://www.aqua-control.ru)

**Гидрофильные и гидрофобные мембраны для очистки воды и стоков**

**С.А. Гарипова, М. Sc.  
ООО «АКС»**

*В последние десятилетия мембранные технологии в области водоочистки достигли высокого уровня развития и нашли широкое применение в очистке различных типов вод – от питьевой до сточной.*

Спектр мембранного оборудования, представленного как на зарубежном, так и на российском рынке, очень широк. Более подробно хотелось бы остановиться на двух перспективных направлениях очистки воды с использованием различного типа мембран:

- Применение гидрофильных ультрафильтрационных мембран для доочистки сточных вод после вторичных отстойников,
- Применение гидрофобных мембран для удаления из воды растворенных газов (кислорода и углекислого газа).

Перспективность данных направлений связана в первую очередь с возможностью снижения капитальных и эксплуатационных затрат на оборудование и обслуживание очистных сооружений и станций водоподготовки, возможностью установки и ввода в эксплуатацию систем без вмешательства в основные процессы очистки воды, реализованные на том или ином объекте.

Компания «Мембрана» обладает передовым опытом в области производства и внедрения систем ультрафильтрации (гидрофильные PES мембраны) и мембранной дегазации (гидрофобные PP мембраны).

**Доочистка сточных вод после вторичных отстойников на гидрофильных ультрафильтрационных мембранах**

Многие биологические очистные сооружения хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод ввиду разных технологических причин не могут обеспечить требуемое качество очистки стоков до установленных нормативов и нуждаются в дорогостоящей реконструкции.

Ультрафильтрация сточных вод после вторичных отстойников позволяет полностью удалить взвешенные вещества, снизить содержание органических веществ, показатели цветности, удалить большую часть бактерий, патогенов.

**Суть технологии доочистки сточных вод с применением гидрофильных ультрафильтрационных мембран** заключается в фильтрации предварительно обработанных стоков после вторичных отстойников коагулянтом («инлайн» коагуляция). Дозирование небольших количеств коагулянта (доза составляет 0,2 - 2 мг/л  $Al^{3+}$ ) в трубопровод подачи стоков на установку ультрафильтрации позволяет обеспечить высокую скорость перемешивания воды с реагентом и приводит к образованию микрохлопьев, размер которых достаточен для отделения на ультрафильтрационных мембранах.

При реализации данной технологии особое внимание должно быть уделено характеристикам модулей ультрафильтрации и мембранных элементов, а именно:

- диапазон удельных потоков при фильтрации воды со средним и высоким содержанием взвешенных и органических веществ, пропускная способность мембраны,
- площадь мембранных элементов в одном модуле,
- структура мембранного волокна,
- обеспечение равномерности промывки модулей,
- компактность сооружений.

Модули ультрафильтрации Liqui-Flux® самыми высокопроизводительными среди ультрафильтрационных мембран, работающих по принципу фильтрации «изнутри-наружу», а мембранные элементы данных модулей являются одними из самых надежных среди элементов на основе PES. Достигается это с помощью специальной асимметричной трехслойной структуры (разделительный слой, поддерживающий слой, защитный слой) мембранных волокон, а их распределение и фиксация в модуле обеспечивает высокую прочность волокон. Стандартная активная площадь поверхности мембраны в одном модуле Liqui-Flux® составляет от 61 до 91 м<sup>2</sup> (в зависимости от модели модуля), данный модуль является самым высокопроизводительным среди ультрафильтрационных мембран из PES. Соответственно, производительность данного модуля выше и при прочих равных условиях потребуется меньшее количество модулей для обеспечения заданной производительности, что приводит к сокращению сроков и стоимости изготовления установки.

Немаловажным фактором в эксплуатации систем ультрафильтрации является обеспечение эффективности промывки. Неравномерность распределения потоков при промывке мембран приводит к увеличению частоты промывок, расходов воды и химических реагентов для восстановления пропускной способности. Для решения данной задачи была разработана конструкция модуля Liqui-Flux®, обеспечивающая равномерность промывки, что подтверждено результатами гидродинамического анализа.

#### **Практический опыт применения ультрафильтрационных мембран для доочистки сточных вод**

Целесообразность применения ультрафильтрационных модулей в сочетании с технологией «инлайн-коагуляции» для доочистки стоков после вторичных отстойников доказана на примере многих проектов, реализованных компанией «Мембрана» в течение последних лет. Одним из крупных проектов в данной области является проект в г. Бурса, Турция. Исходные сточные воды, поступающие на биологические очистные сооружения, представляют собой смесь хозяйственно-бытовых сточных вод и стоков от предприятий химической, текстильной и металлообрабатывающей промышленности. Существующая схема очистки включает в себя механическую очистку, биологическую очистку, обработку реагентами и фильтрацию на песчаных фильтрах. Для сокращения объема сбрасываемых в окружающую среду очищенных стоков и повышения их качества, а также повторного использования воды была поставлена задача поиска новой технологии для доочистки.

В ходе длительных пилотных испытаний по выбору технологии доочистки было принято решение отказаться от громоздких и недостаточно эффективных песчаных фильтров и применить технологию ультрафильтрации, результаты данных испытаний продемонстрировали стабильность работы системы ультрафильтрации на базе модулей Liqui-Flux® при колебаниях качества исходной воды.

Основными задачами ультрафильтрации в данном проекте были: снижение содержания взвешенных веществ, органических веществ, цветности. Также необходимо было достигнуть максимальную компактность сооружений, поскольку расход очищаемых сточных вод составляет 50000 м<sup>3</sup>/сутки.

Компонент, ед. изм.	Содержание в исходных сточных водах	Содержание в очищенной сточной воде после обработки коагулянтом и фильтрации на песчаных фильтрах	Содержание после установки ультрафильтрации (инлайн-коагуляция с последующей ультрафильтрацией )
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	500-750	8-30	Ок. 0
ХПК, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	400-800	20-60	1-30
Мутность, NTU	-	2-10	0,01-0,02
Цветность, град. Pt-Co	300-650	10-60	Менее 5

Результаты пилотных испытаний позволили выполнить комплексный проект, и в конце 2007 года установка доочистки сточных вод была успешно введена в эксплуатацию. Узел ультрафильтрации состоит из 7 параллельных линий, по 76 модулей ультрафильтрации Liqui-Flux® в каждой (4636 м<sup>2</sup> мембран на каждую линию). Для снижения концентрации органических веществ и удаления цветности воды применяется «инлайн-коагуляция», время реакции с коагулянтом составляет 60 сек. Промывные воды от установки ультрафильтрации направляются в «голову» очистных сооружений, что снижает количество отходов от очистки воды.

Модули ультрафильтрации Liqui-Flux® были выбраны для данного проекта по нескольким причинам: компактность модуля; высококачественные материалы корпуса и самих мембранных элементов, обеспечивающие длительный срок эксплуатации модулей (модули находятся в эксплуатации более 7 лет, замена не требуется); устойчивость к действию компонентов сточных вод; конструкция модуля, обеспечивающая оптимальную очистку при обратной промывке; высокая производительность при очистке сточных вод по сравнению с модулями на основе мембранных элементов из PVDF.

Реализация данного проекта наглядно демонстрирует возможности применения технологии ультрафильтрации для доочистки сточных вод, особенно с целью их повторного использования на промышленных предприятиях. Современные системы ультрафильтрации на основе модулей Liqui-Flux® обладают высокой компактностью, а потребление воды на собственные нужды установок составляет макс. 10-15% (при использовании для очистки сточных вод). Такие схемы позволяют промышленным предприятиям не только решить проблему дорогостоящей комплексной реконструкции очистных сооружений и снижения потребления чистой воды для технологических нужд, но и способствуют улучшению экологической обстановки и снижению нагрузки на окружающую среду.

### **Применение гидрофобных мембран для дегазации воды**

Удаление растворенных газов из воды является одним из наиболее перспективных направлений в подготовке воды для различных нужд.

Среди широко распространенных методов удаления растворенных газов из воды в последние 15 лет все большее применение находит метод мембранной дегазации, основанный на удалении газов с помощью гидрофобной мембраны, обладающей проницаемостью для газов, но не проницаемой для воды. Удаление растворенных газов происходит без применения каких-либо химических реагентов, а установки на базе мембранных контакторов являются более компактными и экономичными, экологичными по сравнению с традиционными установками дегазации.

### **Принцип действия мембранных контакторов для дегазации воды**

Принцип действия мембранных контакторов Liqui-Cel® основывается на действии закона Генри, устанавливающего связь концентрации растворенного газа в жидкой фазе и парциальным давлением газа над поверхностью раздела фаз. В условиях установившегося равновесия перенос газов невозможен, соответственно, для возможности удаления растворенных в воде газов необходимо сместить равновесие. За счет подачи газа для продувки или создания вакуума (или одновременной подачи продувочного газа и вакуумирования) на внутренней стороне полого волокна мембраны (стороне люмена) создаются условия для переноса растворенного газа из жидкой фазы (за счет снижения парциального давления удаляемого газа в газовой фазе и смещения равновесия). Разность

концентраций газов является движущей силой переноса компонента из жидкой фазы в газовую, контакт жидкости и газа осуществляется на поверхности поры мембранного волокна.

Вода, из которой требуется удалить растворенный газ, подается в мембранный контактор Liqui-Cel® и проходит по внешней стороне полых волокон. В направлении, обратном движению жидкости, подается продувочный газ (или внутренняя сторона полого волокна вакуумируется, или происходит одновременная подача продувочного газа- и вакуумирование). В результате создания разности концентраций газа в жидкой и газовой фазе начинается перенос компонента из жидкой фазы в газовую.

### **Характеристики мембранных контакторов Liqui-Cel®**

Модельный ряд мембранных контакторов Liqui-Cel® позволяет подобрать модули для обработки малых, средних и больших расходов воды. Для различных целей – удаления растворенного кислорода и углекислого газа- разработаны 2 типа мембранных элементов, различающихся пористостью. Тщательный подбор модулей и режимов работы позволяет достичь минимальных концентраций растворенных газов: 1 мкг/л (ppb) по растворенному кислороду и 1 мг/л (ppm) по углекислому газу. Системы на основе мембранных дегазаторов отличаются высокой компактностью за счет большой площади мембранных элементов.

В зависимости от расхода воды и требуемой концентрации растворенного газа в очищенной воде существует несколько вариантов расположения мембранных контакторов в установках дегазации, а также несколько режимов работы в зависимости от природы удаляемого газа, его концентрации и требований к дагазированной воде. Модульная конструкция установок является несомненным преимуществом – при необходимости существует возможность наращивания производительности установок за счет включения дополнительных контакторов в систему.

### **Примеры применения мембранных дегазаторов в различных системах подготовки воды**

#### **Удаление растворенного углекислого газа из воды**

В системах получения воды высокого качества (ультрачистой воды) применение мембранных контакторов Liqui-Cel® позволяет снизить расходы на удаление CO<sub>2</sub>, существенно сэкономить площадь для размещения установок, упростить эксплуатацию.

#### **1. Установка мембранных декарбонизаторов после установок обратного осмоса**

После очистки воды на установках обратного осмоса снижение pH воды приводит к образованию свободного CO<sub>2</sub>, наличие которого может повлиять на работу дальнейших узлов очистки. В системах получения ультрачистой воды наличие углекислого газа приводит к снижению удельного сопротивления воды, снижению срока службы ионообменных смол, снижению эффективности деионизации. Требования многих производителей установок электродеионизации по содержанию углекислого газа (менее 5 мг/л) могут быть легко достигнуты с помощью контакторов Liqui-Cel®

#### **2. Удаление углекислого газа из воды между ионообменными фильтрами**

Применение мембранных контакторов в схемах с фильтрами ионного обмена (после обработки на катионитовом фильтре) позволяет увеличить срок службы анионита и существенно сократить расходы на его регенерацию.

#### **3. Удаление углекислого газа из воды между двумя ступенями обратного осмоса**

В системах двухступенчатого обратного осмоса снижение pH обычно происходит после первой ступени, что способствует образованию свободного углекислого газа. В системах, где после 1 ступени дозируется щелочь, применение мембранного контактора позволяет в несколько раз снизить затраты на реагенты. Также среди модулей Liqui-Cel® есть специальные высоконапорные модификации (High pressure), которые позволяют удалять углекислый газ в условиях давления воды до 19 бар.

## Удаление растворенного кислорода из воды

Наличие кислорода в воде может отрицательно на различные технологические процессы, повышает риск коррозии, способствует окислению компонентов, присутствующих в воде и т.д.

Присутствие растворенного кислорода в оборотной воде промышленных предприятий очень часто приводит к коррозии трубопроводов, по которым вода подается в цикл. Если площадь предприятия и протяженность трубопроводов велики, то замена поврежденных участков трубопроводов требует существенных затрат.

Предотвратить коррозию трубопроводов позволит удаление растворенного кислорода с высокой эффективностью. Технология мембранной дегазации является не только самым современным способом удаления кислорода из воды, но и самым эффективным (обеспечивается снижение концентрации  $O_2$  до 1 мкг/л) и компактным (за счет высокой площади поверхности мембранного элемента обеспечивается компактность модулей).

Мембранные контакторы могут быть использованы для удаления растворенного кислорода как в качестве полной альтернативы традиционным методам деаэрации, так и для удаления большей части  $O_2$ , с доочисткой традиционным способом – для снижения затрат.

*Применение современных мембранных технологий с использованием гидрофильных и гидрофобных мембран позволяет решать различные задачи в области водоочистки, как стандартные, так и сложные, с индивидуальными проектными решениями.*

