

Н.П. НЕЧИТАЙЛО, кандидат технических наук
Е.Н. КОСЮК, аспирант

ИНГИБИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОТЛОЖЕНИЯ МАЛОРАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ В БАРОМЕМБРАННОГО ПРОЦЕССАХ И ОБОРОТНЫХ СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Вивчено вплив фосфоровмісних комплексонів на відкладення малорозчинних солей в системах зворотнього осмосу та відкритих системах охолодження води. Надані рекомендації щодо регенераційних промивок мембранних контурів.

Ключові слова: солі, зворотній осмос, зворотні системи водопостачання, промивка мембран.

Изучено влияние фосфорсодержащих комплексонов на отложения малорастворимых солей в системах обратного осмоса и открытых системах охлаждения воды. Даны рекомендации относительно регенерационных промывок мембранных контуров.

Ключевые слова: соли, обратный осмос, оборотные системы водоснабжения, промывка мембран.

There have been studied an effect of phosphorus-containing complexones at the sediments in the reverse osmosis system and open cooling water systems. Recommendations on regeneration washes membrane units.

Keywords: salt, reverse osmosis, reverse water supply, cleaning of the membranes.

Наиболее развивающимися методами в водоочистке и водоподготовке на сегодняшний день являются мембранные методы: ультрафильтрация, нанофильтрация и обратный осмос [1]. Среди основных достоинств данных способов очистки воды следует отметить их высокую эффективность и низкие капитальные затраты.

Однако процесс эксплуатации мембранных методов сопровождается загрязнением поверхности мембраны. Только 3...5% снижение производительности мембранных установок объясняется уплотнением их капиллярно-пористой структуры [2], в остальном причиной падения выхода пермиата и повышением электропроводимости является образование на мембране минеральных осадков, гидроокисей металлов, коллоидных пленок органического и биологического происхождения.

При повышении температуры и рН исходной воды равновесие между бикарбонатами и карбонатами сдвигается в сторону карбонатов. В присутствии сульфатов, силикатов, гидроокисей железа и марганца на

поверхности мембраны образуются малорастворимые минеральные отложения.

Одним из способов предотвращения загрязнения мембраны является дозирование в поток исходной воды антискаланта – ингибитора осадкообразования.

Долгое время для ингибирования процессов осадкообразования в установках обратного осмоса использовали неорганические полифосфаты и подкисление соляной или серной кислотой.

Однако жесткие экологические требования по содержанию фосфатов в сбрасываемом в дренаж концентрате лимитируют использование полифосфатов. Известно, что один грамм триполифосфата натрия при попадании в водоем способствует интенсивному развитию 5...10 кг водорослей [3]. Более того, полифосфаты склонны к гидролизу. Образование ортофосфатов может привести к дополнительным осадкам на поверхности мембраны.

Более эффективными антискалантами являются фосфоросодержащие комплексоны – фосфонаты, которые способны ингибировать осадкообразование при больших значениях карбонатной жесткости и рН, что позволяет полностью отказаться от подкисления.

Механизм действия фосфоновых кислот основан на явлении порогового эффекта. При введении ингибитора в воду, образуются устойчивые комплексы с ионами кальция, которые за счет дипольного момента адсорбируются на поверхности зародышей кристалла [4].

Из числа фосфонатов наибольшее распространение в качестве антискалантов получили производные нитрилотриметилфосфоновой (НТФ) и оксиэтилидендифосфоновой кислоты (ОЭДФ).

Величина порогового эффекта зависит от природы отложений и применяемого антискаланта. Так ингибитор торговой марки OSM 610 на основе фосфоновых кислот эффективен для ингибирования карбоната и сульфата кальция, и малоэффективен для силикатных отложений. Рабочая дозировка OSM 610 находится в интервалах от 1...10 мг/л и зависит от жесткости исходной воды и содержания общего железа.

НТФ и ее производные более активны в плане ингибирования осадкообразования на поверхности мембраны, чем ОЭДФ; удельный расход НТФ существенно ниже за счет наличия в структуре аминогруппы.

Особый интерес представляют смеси фосфоновых кислот. Автором установлено, что использование смеси ОЭДФ и НТФ значительно эффективней, чем отдельных компонентов. Это может быть объяснено явлением синергизма, как взаимного усиления компонентов антискаланта, приводящего к превышению их ингибиторного аддитивного эффекта.

При высоком содержании в воде соединений кремния эффективность применения кислотных антискалантов значительно снижается. При низком значении рН растворимость кремния минимальна. Поэтому использование щелочного антискаланта позволяет повысить растворение

кремнесоединений и предотвратить образования геля на поверхности мембраны.

Среди недостатков ОЭДФ и НТФ следует отметить их нестабильность в гипохлоритных средах. По этой причине для предотвращения биологического загрязнения мембранных элементов рекомендуется использовать биоциды неокислительного типа.

Деление биоцидов на окисляющие и неокисляющие объясняется механизмом их действия. Окислительные биоциды (хлор-, бром-, йодопроизводные, озон, перекись водорода) воздействуют на пленку как снаружи, так и изнутри [5]. Микроорганизмы погибают в результате разрушения внутренних компонентов клетки. Неокислительные биоциды менее токсичны. Сорбируясь на поверхности клетки, они нарушают обмен веществ и вызывают тем самым гибель микроорганизмов.

Следует отметить, что сфера применения антискалантов на основе фосфоновых кислот не ограничивается мембранными технологиями. Использование ингибиторов осадкообразования в оборотных системах охлаждения воды является перспективным направлением с эксплуатационной и экономической точки зрения. Испарение сопровождается поглощением из воздуха газов, аэрозольных частиц и веществ, способствующих росту бактерий. Кроме того, уменьшается растворимость примесей, имеющих в воде. Совместное воздействие этих факторов повышает коррозионную активность воды, вызывает образование осадков, что приводит к снижению эффективности работы системы, к перерасходу энергетических, водных ресурсов, а также к возможным авариям.

Комплексоны фосфонатов не только адсорбируются на поверхностях зародышей кристаллов, предотвращая их дальнейший рост, но также способны образовывать на металлических поверхностях тонкую защитную пленку. Как следствие, резко снижается доступ кислорода, и скорость коррозионных процессов падает, отсутствует накипеобразование.

Экспериментально установлено, что фосфонаты способны также удалять уже образовавшиеся отложения. Это объясняется созданием в порах карбонатных отложениях адсорбционных слоев фосфонатов, что вызывает растрескивание кристалла. Это явление используют для проведения регенерационных промывок мембранного контура.

Заращение мембранных систем обусловлено физическими процессами разделения на их поверхности. Ввиду того, что в процессах микро- и ультрафильтрации происходит отделение органических веществ, то и моющие препараты для данного вида фильтрации в основном будут на щелочной основе. Для восстановления первоначальных фильтрующих свойств промывные растворы доводят до pH на уровне 10-12 единиц. Что позволяет удалять отложения гуминовых и фульвокислот, а также белков, жиров и т.д. В процессах нанофильтрации и обратного осмоса осадкообразование носит смешанный характер. При этом осаждение на поверхностях разделяющего материала обусловлено как органическими, так и минеральными веществами. Для отмывки таких мембран необходимо по

переменно использовать кислые растворы с рН от 2 до 4 единиц и щелочные растворы. Анализ факторов приводящих к падению производительности мембранных модулей показал, что основным являются адсорбция из питающей воды взвешенных и растворенных органических и неорганических компонентов, химическое взаимодействие материала мембран и растворенных веществ, биологическое обрастание. Эти явления наблюдаются благодаря свойствам мембраны пропускать одни вещества и задерживать другие. Вследствие этого весьма существенным фактором является то, что в примембранной области возникает высокая концентрация задерживаемых веществ. Высококонтрированные вещества образуют слой, приводящий к увеличению сопротивлению массопереносу. Это сопротивление и называют концентрационной поляризацией. Таким образом, можно сделать вывод, что поляризационные процессы присущи всем баромембранным методам обработки воды. Загрязнением мембран чаще всего является ограничивающим фактором их применения. Соответственно загрязнение мембраны в целом может рассматриваться как уменьшение рабочей зоны мембраны. Что и ведет к сокращению потока ниже теоретического потенциала мембраны. Ниже приведены некоторые параметры, которые влияют на скорость загрязнения мембран:

- природа и концентрации растворенных веществ и растворителей,
- тип мембраны,
- распределением пор по размерам,
- характеристики поверхности и материала мембран;
- гидродинамики мембранного модуля.

Загрязнение мембран может быть связано с такими механизмами как адсорбция, химическое взаимодействие, блокировка пор или образование загрязнений над порами (так называемый «cake»). Эти факторы могут привести к частичной или полной блокировке активной области мембраны или осаждению загрязнений на поверхности мембраны.

Такого недостатка лишены динамически е мембраны. Данный тип мембран использует принцип намывания на поверхность подложки мембранообразующей добавки. В качестве мембранообразующих добавок наиболее можно использовать соли алюминия или железа, титана, а также желатин, гуминовые кислоты и т.д. Они при нанесении на подложку сужают поры образуя поверхностный динамический слой. Этот слой обуславливает новые фильтрующие свойства мембраны.

Также динамическая мембрана при образовании на подложке должны легко удаляться без использования химической промывки или с использованием минимального количества реагентов. Т.е. динамический слой на котором образуются загрязнения смывается с поверхности мембраны и тем самым восстанавливаются первоначальные свойства мембраны. Однако данная технология весьма сложна в применение и еще не достаточно изучена. По этой причине наиболее часто используют

проверенные решения с восстановлением начальных свойств мембраны путём введения химических реагентов.

Список литературы

1. Федоренко В.И. Ингибирование осадкообразования в установках обратного осмоса // Критические технологии. Мембраны, 2003. – №2 (18).
2. Силос О.В., Фарносова Е.Н., Каграманов Г.Г. Мембранная технология очистки воды, содержащей кремния и тяжелых металлов // Успехи в химии и химической технологии. – Том XXV, 2011. – №11 (127).
3. Андрусишина Т.А. Берегись фосфаты // Вода и водоочистные технологии, №5 (55). – 2012.
4. Орестов Е.Н. Реагенты для безреагентной водоподготовки // Вода и водоочистные технологии, №3 (63). – 2012.
5. Сусь М.И. Бициды разные нужны // Вода и водоочистные технологии, №3 (63). – 2012.

Надійшло до редакції 04.05.2016