

# АУТОПСИЯ МЕМБРАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И АУДИТ РАБОТЫ УСТАНОВОК МЕМБРАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

*Н.В. Горячий, О.Ю. Боровкова, АО «РМ Нанотех»*

Установки мембранного разделения на молокоперерабатывающих предприятиях в России и сопредельных странах на протяжении уже более десяти лет выступают эффективным производственным инструментом, применение которого обеспечивает низкие расходы и относительную простоту в обслуживании при обязательном условии грамотного включения в работу и дальнейшего контроля. При нарушении технологического процесса фильтрации и/или подготовки сырья, возможно в результате некорректной самостоятельной модернизации установок, эксплуатирующие подразделения предприятий сталкиваются с рядом проблем, среди которых наиболее часто встречаются:

- быстрое падение производительности установки;
- резкий рост рабочего давления;
- ухудшение физико-химических свойств пермеата или ретентата;
- микробиологические трудности с установкой и получаемыми продуктами;
- быстрый выход мембранных элементов из строя;
- прорыв мембранного полотна или клеевых швов мембранных элементов;
- увеличенный расход моющих средств;
- выход из строя уплотнительных колец;
- наличие привкуса и/или запаха моющих средств в выпускаемых продуктах и пр.

Перечисленные проблемы встречаются нередко, особенно на первых этапах эксплуатации мембранных систем фильтрации на предприятиях. Практика показывает, что у персонала возникают трудности с толкованием различных нестандартных (внештатных) ситуаций в работе установок

и непонимание, как устранить проблемы и выйти на требуемые рабочие параметры. Для минимизации рисков и оптимизации эксплуатационных затрат компания АО «РМ Нанотех» предлагает услугу по комплексному аудиту мембранных установок, который, в зависимости от конкретной ситуации, может проводиться по следующим направлениям:

- технический аудит;
- технологический аудит;
- проведение аутопсии мембранных элементов;
- анализ повреждений мембранных элементов;
- иные виды работ и услуг, связанные с обслуживанием и эксплуатацией мембранных установок.

Практический опыт показал, что на многих предприятиях часто наблюдаются следующие ситуации:

- отсутствие согласованности технологических операций, связанных с мембранной фильтрацией;
- недостаточная подготовка сервисных сред и/или отсутствие надлежащего контроля моющих средств, средств оперативного химического анализа, за концентрациями моющих средств при проведении химической мойки;
- несоблюдение базовых рекомендаций производителей моющих средств по хранению и дозированию;
- отсутствие в минимально необходимом объеме автоматической защиты от превышения значимых технологических параметров;
- установка средств автоматического регулирования работы установки, не отвечающих требованиям к технологическому процессу и пр.

Аудит мембранной установки осуществляется непосредственно на производстве группой специалистов, состоящей из технолога, сервисного инженера (при необходимости – спе-

циалиста по КИПиА, специалиста по мойке мембран), и занимает до трех рабочих дней. Анализ данных, полученных в результате аудита, может занять до нескольких недель – в зависимости от конкретного объекта, сложности задачи, полноты предоставленной информации и прочих условий.

Специалисты компании АО «РМ Нанотех» готовы провести комплексное исследование вышедших из строя мембранных элементов заказчика в целях определения характера возможных повреждений, анализа отложений на поверхности мембраны, проведения серий тестов для определения причин, вызывающих порчу мембранных элементов.

Основными типовыми последствиями при некорректной эксплуатации мембранных установок являются потеря селективности мембраны и падение производительности мембранной установки.

При появлении в пермеате мембранной установки соединений, которые должны быть задержаны штатно работающей мембраной, часто обнаруживается прорыв мембранного полотна. Характер прорыва может быть разным. По его природе и характерным особенностям можно выявить основные причины, которые необходимо устранить для дальнейшей корректной работы мембранной установки. Более полную картину при нарушении целостности мембраны дают аналитические методы, которые применяются при работе с мембранным элементом и мембранным полотном. В условиях ЦЗЛ АО «РМ Нанотех» проводится ряд тестов на определение элементного анализа отложений на поверхности мембраны, а также тест на повреждение мембранного полотна окислителями, например активным хлором,

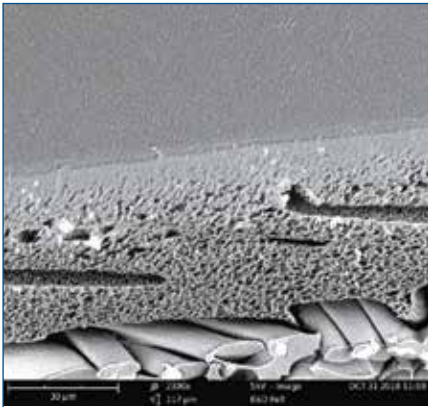


Рис. 1. Микрофотография среза новой композиционной полимерной мембраны

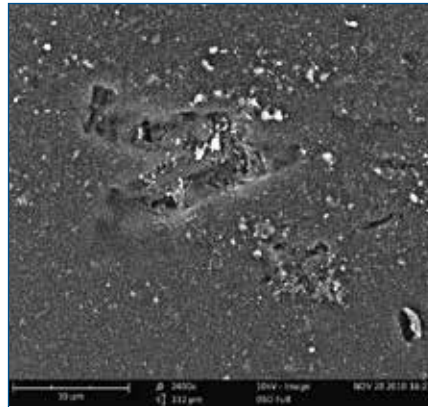


Рис. 2. Микрофотография поверхности поврежденной полимерной мембраны

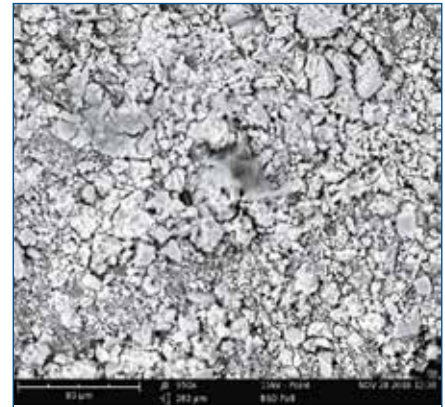


Рис. 3. Микрофотография отложений на поверхности мембраны

проводится электронное микрофотографирование поверхности мембранного полотна для фиксирования характера прорыва, надломов мембраны.

Результаты исследований хорошо визуализируются, благодаря чему возможно с высокой степенью достоверности сделать соответствующие

выводы. В комплексе исследований при проведении процедуры аутопсии мембранных элементов АО «ММ Нанотех» предлагает следующие виды работ:

1. Электронная микроскопия поверхности мембраны (электронный сканирующий микроскоп с увеличением до  $\times 20000$ ) с целью оценки наличия фи-

зико-механических повреждений мембраны, дефектов или отложений на поверхности мембраны или следов деградации от воздействия агрессивных химических агентов (рис. 1–3);

2. Проведение элементного анализа загрязняющих отложений с поверхности мембраны методом рентгеновской флуоресценции. Определение



**мембраниум®**

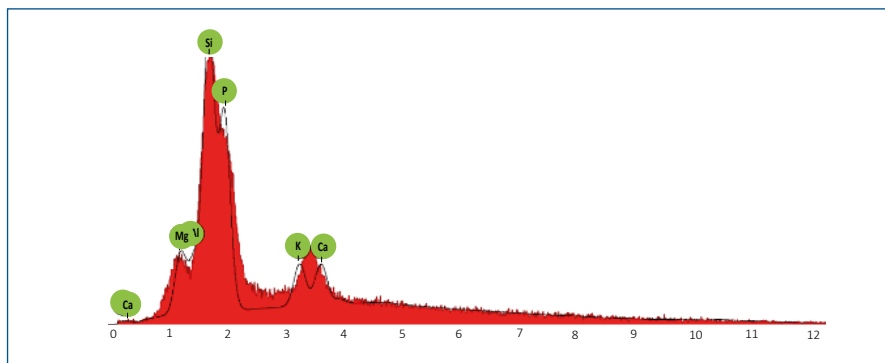
**МЕМБРАНИУМ** (АО «ММ Нанотех») – единственная российская компания среди мировых производителей наноструктурированного мембранного полотна и рулонных мембранных элементов для обратного осмоса, нанофильтрации и ультрафильтрации.

- мембранные элементы для фильтрации молока, сыворотки
- мембранные элементы для водоподготовки
- уплотнительные кольца типа O-ring и Lip Seal для мембранных элементов
- технический, технологический аудит работы мембранных установок
- проведение аутопсии мембранных элементов
- технический консалтинг
- проведение испытаний на пилотных мембранных установках
- моющие средства для мембранного оборудования, антискалант

## Почему МЕМБРАНИУМ?

- снимает импортозависимость в мембранных материалах для систем водоподготовки в энергетике, пищевой, химической и других отраслях промышленности
- осуществляет комплексную техническую поддержку клиентов в течение срока годности продукции





Порядковый номер элемента	Химический символ элемента	Название элемента	Весовая концентрация	Погрешность
14	Si	Кремний	30,3	0,7
15	P	Фосфор	37,2	1,1
13	Al	Алюминий	6,2	0,0
12	Mg	Магний	8,9	6,4
19	K	Калий	9,1	3,2
20	Ca	Кальций	8,3	1,2

Рис. 4. Элементный анализ загрязнений на поверхности мембраны

химического состава отложений позволяет рекомендовать методику эффективного удаления (отмывки) загрязнения мембраны или устранение технологического фактора, ведущего к загрязнению мембраны (рис. 4);

3. Проведение «теста Фудживаро» как доказательство воздействия окислителей галогенидной природы на поверхность мембраны (обработка мембран агентами, содержащими активный хлор) (рис. 5).

При чрезвычайно быстром падении производительности установки в течение рабочей смены проводится анализ работы установки на месте. При замене комплекта мембранных элементов один из них может быть подвержен дефрагментации и проанализирован на предмет осадкообразования и проработки альтернативных схем мойки. Вариант альтернативных схем моек может быть

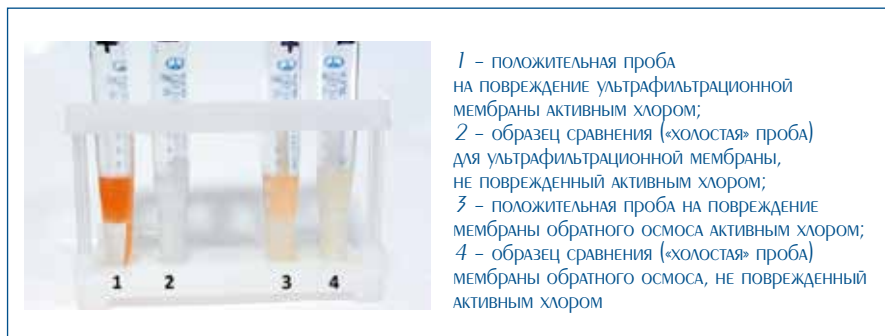
предложен на основании имеющегося опыта или отработан на пилотной установке путем проведения пилотных работ на объекте заказчика. Для этого компания АО «РМ Нанотех» предоставляет возможность выездных работ с пилотной установкой, на которой можно отработать варианты использования разных моющих средств для мойки мембранных элементов, апробировать различные варианты мембранных элементов, провести наработку партий продуктов, отличающихся от жесткого производственного регламента на предприятии, провести испытания по выработке последующих жидких продуктов и/или полупродуктов для определения возможности их использования в действующих и/или перспективных рецептурах. Пилотная установка позволяет работать, начиная от объема сырья 80–100 л,

со всеми баромембранными процессами: обратным осмосом, нанофильтрацией, ультрафильтрацией, микрофильтрацией на базе полимерных и керамических элементов со всеми технологическими процессами в области переработки молока и производства молочных продуктов.

Благодаря наличию возможности работы на пилотной установке фильтрационных аппаратов, параллельно или последовательно можно организовать моделирование вариабельности технологических процессов. Высокая достоверность полученных результатов и их воспроизводимость достигаются благодаря тому, что пилотная установка работает не на «кусочках» мембранного полотна или мембранных элементах «бытового» формата, как многие лабораторные установки, представленные на рынке, а на минимально возможных промышленных элементах. Гидравлические условия, достигаемые при работе установки полностью идентичны по своим гидравлическим и массопереносным параметрам «большим» промышленным установкам. Получая данные на пилотной установке, можно определиться с выбором технологии и оборудования, необходимого для постановки на производство новых продуктов.

Одним из важнейших факторов успешного функционирования любого предприятия, работающего в пищевой индустрии, является использование воды, отвечающей требованиям нормативных документов. Подавляющее количество современных систем водоподготовки базируются на получении очищенной воды с помощью мембранных технологий, включающие в себя установки обратного осмоса и ультрафильтрации.

Компания АО «РМ Нанотех» предлагает мембранные элементы ультрафильтрации, нанофильтрации, обратного осмоса, аудит линий водоподготовки, услуги по модернизации и реконструкции участков водоподготовки, умягчения, обезжелезивания на предприятиях, реагенты для длительной и эффективной работы установок водоподготовки, проведение пилотных испытаний, оказание сервисных услуг и технической поддержки своих заказчиков. 💧



1 – положительная проба на повреждение ультрафильтрационной мембраны активным хлором;  
 2 – образец сравнения («холодная» проба) для ультрафильтрационной мембраны, не поврежденный активным хлором;  
 3 – положительная проба на повреждение мембраны обратного осмоса активным хлором;  
 4 – образец сравнения («холодная» проба) мембраны обратного осмоса, не поврежденный активным хлором

Рис. 5. Проведение «теста Фудживаро» для полимерных мембран