

В СТИЛЕ ХИМИЧЕСКОГО ХАЙТЕКА

Решение основных глобальных проблем человечества – безопасности проживания, обеспечения населения экологически чистыми продуктами питания и питьевой водой, создания должного баланса между решением социально-экономических проблем и сохранением окружающей среды – сегодня сложно представить без использования мембранных, других нетрадиционных и комбинированных процессов обработки веществ и материалов. Мембранные методы разделения жидких и газообразных сред уже давно заняли прочное место в арсенале промышленных технологических процессов, но, по мнению специалистов, полное становление мембранной науки и отдача от применения мембранных технологий ожидается именно в XXI веке.

МОСТ ЧЕРЕЗ ПРОПАСТЬ

Современные мембраны представляют собой прецизионные пористые перегородки с размером пор от нескольких нанометров до 3–5 микрон. Такая структура позволяет им на молекулярном уровне очень эффективно, с несопоставимо меньшей затратой энергии, разделять различные вещества. Мембраны нашли применение в биотехнологии, атомной энергетике, при получении белковых препаратов, в системах жизнеобеспечения.

В последние годы резко возросло значение мембранной технологии как способа навести мост через пропасть, разделяющую промышленность и экологию. В некоторых странах, например в России, решением Правительственной комиссии по научно-технической политике еще в 1996 году мембранная технология (так же, как катализ, молекулярный дизайн, новые материалы, геновая инженерия и другие мировые приоритеты) получила статус критической технологии федерального уровня. То есть, без нее считается невозможным устойчивое развитие экономики.

Начало исследований по мембранной тематике в Беларуси датируется концом 1980-х. Тогда в Минске параллельно были начаты исследования в Институте физико-органической химии Академии наук БССР под руководством академика В.С. Солдатова

и в образованном в 1978 году НИИ физико-химических проблем БГУ. В академическом институте исследователи занялись получением мембран для очистки сред в электронной промышленности. Дополнительным стимулом к исследованиям служило то, что подобные материалы двойного назначения из-за эмбарго в Советский Союз не поставлялись. Несмотря на трудности, весьма важная народно-хозяйственная задача по оснащению флагмана белорусской микроэлектроники ПО «Интеграл» мембранами отечественного производства была успешно решена.

В НИИ физико-химических проблем под руководством профессора Ф.Н. Капуцкого за освоение совершенно новой тематики по возможности получения полупроницаемых мембран из растворов целлюлозы взялся молодой выпускник химического факультета БГУ Александр Бильдюкевич. Работу пришлось начинать практически с нуля. В то время на рынке были представлены в основном мембраны из эфиров целлюлозы, прежде всего ацетата, которые характеризовались низкой химической термостабильностью. В этом смысле новые создаваемые мембраны из регенерированной целлюлозы должны были значительно превзойти существующие аналоги.

Справедливости ради надо сказать, что тогда в Беларуси мембраны вообще не производились, потому, получив первые образцы, отечественные разработчики решили обменяться опытом с ведущим в то время российским отраслевым институтом НПО «Полимерсинтез». Результатом совместной работы стало около 20 авторских свидетельств на способы получения всевозможных мембран. Активное развитие мембранных технологий различными научными коллективами привело к созданию на базе Института физико-органической химии межведомственной лаборатории мембранных процессов. Александр Викторович Бильдюкевич, стоявший у истоков объединенного коллектива химиков высшей школы и Академии наук и возглав-

ляющий эту лабораторию по сей день, вспоминает: «Первая республиканская научно-техническая программа «Мембрана» осуществлялась с 1988 по 1995 год. За это время удалось подготовить и провести целый комплекс работ по созданию мембранного оборудования, которое было тогда лучшим на просторах Советского Союза. Было налажено мелкосерийное производство мембранных установок. Надо сказать, что широтой отличалась как география использования отечественного оборудования – от Владивостока до Бреста, так и спектр применения, включающий фармацевтическую промышленность, очистку и осветление растворов биологически активных веществ, очистку технологических сред и сточных вод. В частности, в Институте физико-органической химии мы занимались очисткой растворов женьшеня, родиолы розовой, совместно с коллегами с Дальнего Востока – глубокой переработкой морепродуктов, получали коллагеназу (компонент омолаживающих кремов) из отходов крабового производства».

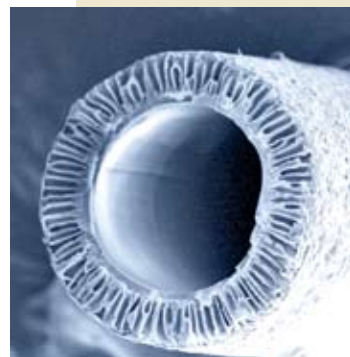
Мембраны, разработанные белорусскими учеными, служили также для очистки сточных вод и очистки воды от механических и коллоидных примесей, использовались в процессе регенерации отработанных растворов смазочно-охлаждающей жидкости, моющих растворов в машиностроении. Как известно, кухня любого производства по созданию техники достаточно грязная и с точки зрения экологии небезопасная: это использование смазочно-охлаждающих жидкостей, растворов обезжиривания, всевозможных моющих растворов. Разумеется, мембраны здесь не панацея, но определенную роль в решении экологических проблем они, несомненно, играют. Одна из первых установок по утилизации смазочно-охлаждающих жидкостей, разработанных учеными Института физико-органической химии, была пущена еще в 1993–1994 годах на Минском моторном заводе. И, кстати, работает до сих пор. Затем аналогичное оборудование установили на столичных шарико-подшипниковом заводе, заводе «Термопласт», Барановичском заводе автодеталей и Барановичском заводе автоматических линий, на Минском автозаводе, Борисовском заводе резинотехнических

изделий. Тогда в общей сложности около 50 предприятий в Беларуси и за ее пределами стали потребителями данной высокотехнологичной продукции. В целом же республиканская программа «Мембрана», к которой подключились ведущие белорусские предприятия, позволила создать в стране научно-исследовательскую и материальную базу для развития мембранных технологий. Несмотря на то, что первые мембраны у нас в стране начинали создавать буквально «на коленке» – в пробирках и на стеклышках отливали маленькие пленочки по 10 кв. см и апробировали, – первый этап завершился созданием лучшей в Советском Союзе установки по получению листовых мембран. После распада СССР объемы исследований резко сократились, но база и научно-исследовательский потенциал в Беларуси сохранились. Это позволило выйти на новый виток и создать технологии совершенно другого поколения, классического наноуровня – капиллярные мембраны.

КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫЙ ТОВАР

Но время шло. Созданное еще в 1990-х годах оборудование устарело и морально, и физически. Одним из его «минусов» является высокая материалоемкость, ведь в основном это достаточно крупные – габаритные и тяжелые – аппараты из нержавеющей стали, пищевой пластмассы, пищевой резины. Единичный модуль из таких высококачественных химстойких материалов весит около 450 кг.

Не желая мириться со сложившейся ситуацией и отставать от мировых тенденций, белорусские ученые в инициативном порядке занялись созданием нового типа мембран в виде полого волокна. Полученные тоненькие полимерные трубочки с пористыми стенками, внутренний диаметр капилляра которых чуть меньше миллиметра, заведующий лабораторией мембранных процессов Института физико-органической химии НАН Беларуси доктор химических наук А.В. Бильдюкевич называет не иначе как классический хайтек белорусских химиков. Действительно,



Микрофотография поперечного сечения капиллярной мембраны

если посмотреть на электронные микрофотографии поперечного среза таких материалов, то можно разглядеть очень интересной формы наноразмерные поры порядка 50 нанометров. Взяв за основу прогрессивные нанотехнологии, отечественные исследователи разработали материалы, которые по своему комплексу физико-химических и структурных особенностей могут составить серьезную конкуренцию зарубежным аналогам. По основным характеристикам, таким, как удельная производительность, однородность пористой структуры, отсутствие дефектов и, самое главное, высокая механическая прочность, белорусские мембраны в разы превосходят образцы ведущих зарубежных фирм.



Промышленная ультрафильтрационная установка для осветления яблочного сока УФ-200

Наша страна имеет все возможности в кратчайшие сроки не только подойти к решению ряда проблем в промышленности, производстве продуктов, водоснабжении на основе мембранных технологий, но и выйти на мировой рынок с этими оригинальными конкурентоспособными разработками. О том, что наши мембранные материалы – вполне конкурентоспособный товар, свидетельствуют заказы зарубежных партнеров. Так, одна из первых поставок была осуществлена в Китай. По контракту с исследовательской организацией Хайнаньской академии наук

Конечно, конкурентная среда для белорусских мембран сейчас очень серьезная. Авторитетные мировые транснациональные

корпорации, безусловно, не уступят пальму первенства. И все-таки, как показывает практика, ряд мелких частных предприятий существует и работает на рынке мембранных технологий в той же Западной Европе, успешно конкурируя с такими монстрами, как PALL, Millipore, Torey, Asahi Casey.

– Мы тоже строим достаточно амбициозные планы, – отмечает А.В. Бильдюкевич. – Наша страна имеет все возможности в кратчайшие сроки не только подойти к решению ряда проблем в промышленности, производстве продуктов, водоснабжении на основе мембранных технологий, но и выйти на мировой рынок с этими оригинальными конкурентоспособными разработками. О том, что наши мембранные материалы – вполне конкурентоспособный товар, свидетельствуют заказы зарубежных партнеров. Так, одна из первых поставок была осуществлена в Китай. По контракту с исследовательской организацией Хайнаньской академии наук

мы спроектировали и изготовили, условно говоря, рабочий инструмент, без которого промышленное освоение выпуска мембранного оборудования не представляется возможным, – многофункциональную установку для исследования процессов очистки воды с использованием разработанных нами мембран.

Белорусскими мембранными технологиями заинтересовались и коллеги из Научно-технологического городка имени Короля Абдулазиза в Саудовской Аравии. Мы подписали с ними комплексный контракт, включающий изготовление нового поколения исследовательского оборудования. Эта работа сейчас в самом разгаре: уже поставили пилотную установку, обучили работе на ней арабских специалистов. В конце 2009 года планируем экспортировать еще и лабораторно-исследовательское оборудование, с помощью которого наши зарубежные партнеры будут изучать процессы формирования новых мембранных материалов.

Заинтересовались нашими разработками и в российской корпорации «Роснанотех», в частности, в связи со строительством завода по производству современных мембранных материалов. Мы предложили свой проект. Понятно, что инвестиции предполагаются достаточно крупные, это обусловило жесткий механизм прохождения заявок, тем не менее, по нашему проекту получено положительное решение экспертизы. Первый этап, я считаю, нами пройден просто блестяще, с высоким рейтингом – более 80 %, значит, шансы на то, что будет поддержан именно наш проект, очень велики.

Конечно, создание современных мембран и промышленного оборудования с их использованием было в первую очередь нацелено на восполнение потребностей в новых материалах в самой Беларуси. С 2006 года ученые очень плотно сотрудничают с Министерством энергетики. Задача поставлена серьезная: разработать мембраны и соответствующие мембранные элементы предварительной очистки воды на энергообъектах. А это очень мощные установки, которые очищают за час 200–300 кубометров, в отдельных случаях предусмотрено и до 1000 кубометров. По сути, без мини-заводов по очистке воды,

которая является основным теплоносителем в электростанциях, большая энергетика сегодня обойтись не может. Но пока там используются технологии, созданные еще в середине прошлого века, – устаревшие, высокозатратные, материалоемкие, к тому же небезупречные с точки зрения экологии.

Основным партнером ученых-химиков на энергетическом поприще стало ведущее наладочное предприятие концерна «Белэнерго» – ОАО «Белэнергоремналадка». Совместно создается головной образец автоматизированной промышленной установки по очистке воды, которую установят на Осиповичской ТЭЦ, где и будут проходить производственные испытания. В целом до 2013 года планируется оснастить отечественные энергообъекты шестью крупными современными промышленными очистными мембранными установками.

ТЕХНОЛОГИИ ПОКОЛЕНИЯ

«Широко простирает химия руки свои в дела человеческие», – говорил еще М.В. Ломоносов. Сегодня жизнь вновь подтверждает верность высказывания великого ученого. Существуют области, где мембранные технологии вне всякой конкуренции. Здесь следует упомянуть аппарат «искусственная почка», создание сверхчистых веществ и зон в микроэлектронике, выделение термолabileльных биологически активных веществ и другие «ноу-хау». Основу основ мембранные технологии составляют и в области фармацевтики. Известно, что самые безопасные лекарственные средства получают на основе природного сырья. Выделить в чистом виде биологически активные вещества из растений или животного сырья – непростая задача. Процесс включает глубокую предварительную очистку культуральной жидкости, в том числе удаление бактериальных тел и белковых соединений. Остается в итоге только фракция средних молекул, которые и содержат целевой продукт. Уникальные капиллярные мембраны отечественных химиков стали основой для создания мембранной установки по очистке и выделению гепарина, необходимого для получения эндокринных препаратов.

В ряде случаев мембраны используют, чтобы сделать весь процесс более экономичным. Взять хотя бы обессоливание воды: на мембранных технологиях работают целые заводы по производству питьевой воды. В той же Саудовской Аравии вся вода для столицы, а это пятимиллионный город, получается из морской воды с использованием мембран.

В Беларуси от мембранных технологий ожидают решения несколько иных задач. В нашем регионе нет засоленных вод. Нам необходимо убирать из водных растворов дисперсные коллоидные системы. Настоящий бич страны – изобилие железа в грунтовых водах. Что же касается поверхностных источников – фильтровать необходимо низкомолекулярные органические соединения. Можно сказать, что благодаря постоянному использованию мембранные технологии в Беларуси целенаправленно совершенствуются на протяжении более двух десятилетий.

Настоящие исследователи никогда не оставляют попытки сделать нечто такое, что не удавалось до них никому. Сегодня, например, весь мир бьется над тем, чтобы создать умную мембрану по аналогии с биологической. Ярким примером эффективности природных мембран может служить сам человек: обмен его организма с окружающей средой, включая транспорт кислорода и вывод углекислого газа, осуществляется через множество биологических мембран. Печень и почки – тоже своего рода мембраны, а клеточные мембраны обеспечивают их жизнедеятельность. Так вот, усилия исследователей разных стран направлены на то, чтобы приблизиться к матушке-природе: сделать такую же умную мембрану, но из искусственных новых материалов. Работают над этим и белорусские ученые...

Мировые эксперты просчитали: в ближайшие 20 лет 90 % материалов будет заменено принципиально новыми. Не исключено, что современные мембранные технологии, наряду с другими, приведут к революции в различных областях техники, и наша цивилизация взойдет на новую ступень развития.

Снежана МИХАЙЛОВСКАЯ ■



Многофункциональная установка очистки воды