

# УСПЕХИ ХИМИИ

ВЫПУСК 6

ИЮНЬ — 1988

ТОМ LVII

МОСКВА

ЖУРНАЛ ОСНОВАН В 1932 ГОДУ  
ВЫХОДИТ 12 РАЗ В ГОД

## О ПРОБЛЕМАХ ФИЗИКОХИМИИ МЕМБРАННЫХ ПРОЦЕССОВ

*Колотыркин Я. М.*

Новые задачи, выдвигаемые современным производством, могут быть решены лишь на основе принципиально новых технологий, новых материалов и источников энергии. Среди новых химических технологий особое место занимает мембранные. Мембранные процессы потенциально могут найти широкое применение практически во всех сферах деятельности человека. В ряде крупнотоннажных производств мембранные технологии уже сегодня демонстрируют свое технико-экономическое преимущество. Известно, что в настоящее время при помощи мембранных технологий получают около четвертой части мирового производства обессоленной воды, достигающего примерно 10 млн м<sup>3</sup> в сутки. Применение электродиализа с ионоселективными мембранными в технологии водоподготовки в современной тепловой энергетике позволит ежегодно экономить по стране более 300 тыс. тонн серной кислоты, 250 тыс. тонн каустика, 5 тыс. тонн ионообменных смол и сократить более чем на 600 тыс. тонн ежегодный сброс минеральных солей в водоемы.

Переход на мембранный электролиз при получении каустической соды и хлора позволяет не только существенно интенсифицировать и сделать менее энергоемким это многотоннажное производство, но и обеспечить выпуск высокочистого каустика, и тем самым отказаться от ртутных электролизеров, являющихся в настоящее время одним из основных источников загрязнения окружающей среды ртутью. Введение в технологию производства ряда химических продуктов, связанную с использованием водорода (синтез аммиака и метилового спирта, оккосинтез, гидрокрекинг, гидрообессервирование), мембранных блоков разделения позволяет добиться заметного увеличения производительности и снижения энергоемкости. Использование мембран для регулирования состава газовой среды в овоще- и фруктохранилищах позволяет на 2–8 месяцев увеличить сроки хранения сельскохозяйственной продукции без потери ее товарных качеств.

Возможности методов мембранных технологий далеко не раскрыты. Эксплуатационные параметры мембран зависят от многих факторов: термической и химической стабильности исходных материалов, условий их переработки и модификации. При этом формируется определенная структура мембран, от особенностей которой зависит специфичность трансмембраниного переноса ионов и молекул. Поэтому при создании высокоэффективных мембран определенного назначения возникает комплекс разнообразных физико-химических и материаловедческих проблем, для решения которых необходимы глубокие фундаментальные исследования структуры и функциональных свойств мембран. Необходимо внедрение в практику научных исследований современных методов, позволяющих контролировать структуру и другие характеристики материалов



на всех стадиях изготовления и модификации мембран. К сожалению, в настоящее время постановка таких исследований в значительной степени сдерживается из-за недостаточной оснащенности исследовательских центров соответствующим оборудованием.

Преимущества мембранных технологий в полной мере могут проявляться лишь при оптимальной организации мембранных процессов, предполагающей выбор обоснованных схем разделения, параметров мембранных аппаратов, рабочих режимов. Проблемы оптимизации мембранных процессов должны решаться на основе соответствующих математических моделей, в которые входят феноменологические параметры, характеризующие свойства мембранных систем. Выбор таких параметров должен также основываться на результатах физико-химических исследований процессов мембранного разделения с учетом изменения функциональных свойств мембран в ходе их эксплуатации.

Решение всего комплекса указанных физико-химических и материаловедческих проблем необходимо для формулировки целостной концепции развития мембранной технологии, выбора наиболее эффективных ее приложений. Комплексный характер возникающих задач требует координации усилий в организации многопланового научного поиска, в создании технологии мембран, включая разработку мономеров, волокон, пленок, тканей для армировки мембран, термо- и химических стойких клеевых компаундов для мембранных элементов различного целевого назначения. Такая координация осуществляется в нашей стране в настоящее время Межотраслевым научно-техническим комплексом (МНТК) «Мембранные технологии», объединяющим усилия более тридцати предприятий, институтов, лабораторий Минхимпрома, АН СССР, Минвуза и других ведомств.

Разработанные совместные программы фундаментальных и поисковых исследований предусматривают прежде всего решение проблем общетеоретического плана, связанных с установлением природы избирательности переноса компонентов в мембранах разного типа, развитие научных основ синтеза новых полимерных материалов и создание мембран на их основе. Определенные перспективы связываются с синтезом новых классов неорганических материалов мембранных назначения, характеризующихся повышенными значениями ионной проводимости и высокой термической стабильностью, что крайне важно для создания мембранных систем, сочетающих разделительные и иные (например, каталитические) функциональные свойства. Этим вопросам пока уделяется недостаточно внимания. В то же время достижения последних лет, особенно в области создания керамики многофункционального назначения (в том числе, со специальными электрическими свойствами) указывают на перспективность соответствующего поиска.

Из конкретных новых типов мембран, разработку которых крайне важно завершить, необходимо отметить следующие: ионообменные мембранны (катионитовые, анионитовые, биполярные), стойкие в агрессивных средах и при повышенных (до 80° С) температурах; перфторированные мембранны с различными функциональными группами для процессов мембранного электролиза и для специальных целей; обратноосмотические мембранны, термо- и химически стойкие; высокоселективные мембранны для выделения из газовых смесей диоксида углерода, аммиака, серусодержащих газов, гелия, кислорода и других компонентов; композиционные мембранны с высокой проницаемостью для гемофильтрации; микрофильтрационные мембранны для очистки особо агрессивных жидкостей в химической, биологической и других отраслях промышленности с температурой эксплуатации до 150° С; высокоэффективные жидкые и квазижидкие (импрегнированные жидкие) мембранны для извлечения ценных компонентов из природных и технологических растворов.

Имея в виду перспективы развития, необходимо осуществить поиск биофункциональных мембран с каталитическими, энерго- и информационно-преобразующими свойствами при иммобилизации фрагментов биологических систем на синтетических подложках.

В статьях настоящего сборника отражены некоторые из указанных направлений развития фундаментальных исследований физикохимии процессов мембранныго разделения жидкых и газовых смесей. Помимо рассмотрения общих закономерностей транспорта ионов и молекул через мембранны различного функционального назначения, проанализированы особенности мембранных процессов газоразделения, обратного осмоса и ультрафильтрации, электродиализа. Обсуждены также проблемы создания новых мембранных материалов и формования мембран, вопросы мембранныго биокатализа.

Создание научных основ технологии мембран разных типов и развитие физико-химических основ процессов мембранныго разделения сделают возможным разработку и внедрение в практику разнообразных мембранных процессов разделения жидкых и газовых смесей, получения новых веществ, мембранных катализитических процессов.

При технико-экономическом обосновании новых технологий, в том числе мембранный, необходим комплексный подход, предусматривающий в обязательном порядке адекватный анализ всех преимуществ новых технологий, в том числе, учет эффектов воздействия технологических процессов на окружающую среду, оценок ущерба от потерь тех или иных веществ, сбрасываемых с промышленными стоками, учета стоимости водозаборов. Экологические факторы могут быть очень значительными, поскольку новые технологии должны быть малоотходными и безотходными, когда практически исключены потери ценных компонентов и значительно сокращено вредное влияние промышленных производств на окружающую среду.

Все это означает, что для перехода на новый уровень технологии требуется новый тип экономического мышления. Ученые-экономисты, проводя всесторонний технико-экономический анализ перехода к новым технологическим процессам, должны не просто фиксировать состояние дел, но должны смотреть вперед, видеть перспективу. Только всеобъемлющие и всесторонние технико-экономические обоснования с рассчитанным экономическим эффектом могут открыть дорогу новым технологиям, сделают реальным их внедрение в жизнь.