
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ НАУЧНОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ (ВИНИТИ)

Серия. КРИТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

МЕМБРАНЫ



информационно - аналитический журнал

№3 (31)

Москва 2006

РОССИЙСКАЯ
АКАДЕМИЯ НАУК

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ НАУЧНОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
(ВИНИТИ)

Серия. Критические технологии

МЕМБРАНЫ

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК

информационно-аналитический журнал

Издается с 1998 г.

№ 3 (31)

Выходит 4 раза в год



Москва, 2006

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор Г.Ф. Терещенко

Научный консультант Н.А. Платэ

Главный редактор информационных изданий ВИНТИ Ю.М. Арский

Зам. главного редактора Ю.П. Ямпольский

Ответственный секретарь Л.А. Паренаго

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

А.Б. Базили, И.Б. Бесфамильный, О.В. Бобре-
шова, В.В. Волков, С.И. Гдалин, В.П. Дубяга,
В.М. Зацепин, Г.Г. Каграманов, Л.М. Королева,
Н.Н. Кочанова (выпускающий редактор),

А.Е. Кравчик, Б.В. Мchedlishvili,

А.М. Олферьев, А.Г. Первов,

А.В. Путилов, В.В. Тепляков

Программно-технологическое обеспечение

В.А. Иванченко, Е.В. Колтунова,

А.К. Мартиросов, Р.В. Остапчук

Справочные данные:

125190, Москва, ул. Усиевича, 20, ВИНТИ,
ОНИ по проблемам химии и наук о материалах

Тел.: (495) 155-42-42, 152-57-01

Факс: (495) 943-00-60

E-mail: ioshi@viniti.ru, market@viniti.ru

Межотраслевой информационно-аналитический журнал предоставляет новейшую информацию по основным направлениям современного состояния и развития отечественных и зарубежных мембранных технологий.

Содержание журнала: статьи, рефераты публикаций ведущих российских и зарубежных периодических изданий, обзоры, патенты, аннотации на книги.

Издание снабжено предметным, авторским указателями, указателем источников.

Серия рекомендуется для специалистов, занимающихся проблемой высоких технологий, руководителей министерств и ведомств, научных работников.

Журнал предоставляется в полиграфической и электронной формах.

Периодичность – 4 номера в год.

The interbranch information and analytical journal represents the newest information on the main directions of the current state and development of home and foreign membrane technologies.

Contents of the journal: articles, abstracts of the leading Russian and foreign periodical publications, reviews, patents, book annotations.

The publication is supplied with author, subject and formula indexes.

The publication is recommended for specialists in the field of high technologies, heads of departments and offices, scientists.

The journal is given in printed and electronic forms.

Periodicity is 4 numbers a year.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОЦЕССОВ МЕМБРАННОГО ГАЗОРАЗДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНОГО И ПОПУТНОГО ГАЗОВ (Часть 1)

С.А. Соловьев¹, А.М. Поляков²

¹ ООО «Экодар Л», г. Москва

² Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, г. Москва

В обзоре представлен критический анализ современного состояния и перспектив развития газо- и нефтеперерабатывающих отраслей промышленности с позиций увеличивающейся роли природного и попутного газов в качестве энергоресурсов и сырья. Представлены физико-химические основы мембранных процессов газоразделения, а также элементы мембранного материаловедения, позволяющие квалифицированно использовать мембранные системы для переработки природного и попутных газов. Приведены некоторые примеры эффективного применения процессов мембранного газоразделения, а также намечены основные пути и схемы их перспективной индустриализации.

Ключевые слова: мембраны, мембранное газоразделение, газо- и нефтепереработка, природный и попутный газ.

Review presents critical analyses of current state and future prospects of gas- and oil processing industries in the view of growing role of natural and associated gases as energy supply and raw material. Physical-chemical basics of membrane processes and membrane material science described that might be useful for efficient application of membrane systems in natural and associated gases' treatment. Some examples of effective applications of membrane gas separation processes and basic ways and schemes of their prospective industrialization are shown.

Key words: membrane, gas separation, gas- and oil processing, natural and associated gases.

1. Современное состояние газо- и нефтеперерабатывающих отраслей.

Роль природного и попутного газов уникальна в качестве исходного сырья для химической промышленности. В настоящее время более трети общего объема продукции мировой химической промышленности вырабатывается из нефтегазового сырья. Особенно ценным сырьем для химического синтеза служат такие углеводородные газы, как природные, попутные, газы нефтепереработки - крекинга, риформинга, пиролиза [1].

Природными называют газы, получаемые из газовых месторождений и которые представляют собой сложную смесь, содержащую в себе углеводороды и другие газы, такие как H_2S , CO_2 и пары воды. Основными месторождениями природного газа в России являются: Уренгойское, Медвежье, Вуктыльское, Оренбургское, Газлинское, Шебекинское и Ставропольское. Состав этих газов колеблется в широких пределах: метан 80-99%, этан 0,2-8,7%, пропан 0,1-3,9%, C_4 и выше 0,5-8,2%, диоксид углерода 0,1-0,3%. Как видно, обычно в природном газе в основном со-

держится метан, хотя в некоторых месторождениях его содержание может быть меньше 50%, как, например, в Тунгусском месторождении, где высоко содержание высших углеводородов и сероводорода.

Продолжение глобального потепления климата Земли, которое может привести к катастрофическим последствиям на всех континентах, указывает на необходимость сокращения выбросов газов, способствующих парниковому эффекту: окислов азота, метана, углекислого газа и т.п. Следовательно, всё жестче становятся требования по сокращению факельного сжигания природного, попутного и других углеводородных газов на нефтегазовых промыслах, нефте- и газоперерабатывающих заводах, а также нефтехимических комбинатах.

Поэтому другим важнейшим направлением газоперерабатывающей отрасли является переработка попутного газа, добываемого нефтяными компаниями. В отдаленных районах добычи нефти на факелах сжигается огромное количество попутного газа и по различным оценкам в России ежегодно бесполезно сжигается на неф-

тепромыслах около трети общего извлекаемого количества попутного газа. Это наносит значительный ущерб экологии и экономике страны. У нефтегазодобывающих фирм в настоящее время имеются трудности переработки попутного газа, связанные с ограничением возможности его использования на промыслах и необходимостью создания газотранспортной системы. Частично попутный нефтяной газ используется для сжигания на локальных газотурбинных электростанциях для выработки электроэнергии на собственные нужды.

По этим причинам, в течение последнего десятилетия в топливно-энергетическом комплексе идет непрерывная дискуссия и поиск вариантов транспортировки природного газа, альтернативных трубопроводному транспорту, к местам потребления. Основными такими альтернативами, рассматриваемыми в России, являются сжижение газа на месте добычи и транспортировка на место потребления в жидком виде танкерами-газовозами, и производство из газа жидких продуктов по технологиям GTL (gas-to-liquid) - моторных топлив, масел, парафинов или диметилового эфира, с транспортировкой обычными танкерами или с использованием нефтепроводов [2].

Техническая возможность превращения природного газа в жидкие углеводороды, а также отдельные элементы по технологии GTL известна более 75 лет, однако их коммерческая реализация стала возможна только к концу XX века благодаря ряду новых достижений в области химии технологических процессов, катализа и конструктивно-технических решений, позволивших сократить удельные капитальные затраты примерно в 2 раза. К таким достижениям относится увеличение единичных мощностей установок разделения воздуха и производства синтетического газа, совершенствование конструкций реакторов для проведения многофазных процессов превращения синтез-газа и создание новых катализаторов на кобальтовой основе повышенной активности и селективности.

Помимо вышеуказанных существует еще несколько причин, показывающих перспективность развития направления конверсии природного газа в синтетические жидкие топлива и диметиловый эфир. К ним можно отнести замедление роста разведанных запасов нефти -

традиционного сырья для производства жидких моторных топлив (бензина и дизельного топлива). По оценкам специалистов, в связи с непрерывным ростом мирового потребления моторных топлив, разведанных запасов нефти должно хватить примерно на 40 лет. Поэтому резко возрастет проблема использования других видов углеводородного сырья, в частности, природного газа.

Технология GTL может обеспечить производство дополнительного количества высококачественных бессернистых жидких моторных топлив, используя в качестве исходного сырья природные и попутные газы отдаленных месторождений с различными запасами, что одновременно решает проблему рентабельной транспортировки энергоносителей к местам их потребления и способствует сокращению выбросов в атмосферу парниковых газов. Ресурсами газа обладают более 80 государств, суммарные разведанные запасы газа которых оцениваются в ~155 трлн. м³ [2,3]. По различным прогнозам во всем мире ожидается ежегодный прирост потребления газа от 1,2 до 4% и к 2030 году составит 5,0 трлн. м³. Ожидается, что к этому моменту природный газ достигнет 27% мирового энергетического рынка, в то время как возобновляемые или ядерные источники энергии будут составлять менее 20%. Основной рост потребления газа можно отнести к переходу электростанций на газовое топливо: около 50% в странах ЕС и более 40% во всем мире.. Стоит отметить также, что ожидается повышение интереса к сжиженному природному газу, производство которого к 2020 году увеличится в пять раз и по оценкам специалистов будет составлять около трети всего потребляемого газа [2].

Необходимость снижения выбросов парниковых газов и сохранения экологической обстановки ускоряет рост потребления газа во всем мире. Так, с 1970 до 2001 год потребление природного газа выросло в 2,5 раза и на сегодняшний день составляет около 2,8 трлн. м³. Использование других источников энергии, например, возобновляемых или ядерных, не сможет удовлетворить растущие мировые потребности в случае отказа от использования угля и нефти, которые сейчас вносят основной вклад в глобальное потепление.

Доля газа в топливно-энергетическом комплексе России увеличилась с 19% в 1970 году до 50% в настоящее время. Такое увеличение доли газа обусловлено относительно дешевой его ценой по сравнению с мазутом и углем. В России до 60% электростанций работают на газе, в то время как за рубежом доля газа при выработке электроэнергии относительно невелика, и газ используется большей частью в быту и для промышленной переработки.

Хотя состав добываемого природного газа изменяется в широком диапазоне, существуют жесткие требования к составу газа, поступающему в газопровод. Поэтому необходима предварительная подготовка «сырого» природного газа, а около 20% всего добываемого газа требуют серьезной очистки. Поэтому переработка и подготовка к транспортировке природного газа является одним из важнейших направлений газоперерабатывающей отрасли. К примеру, в большинстве месторождений США «кислые» природные газы содержат менее 1 мольного процента H_2S и более 5 мольных процентов CO_2 , в то время как действующие требования для газопроводов регламентируют содержание CO_2 не более 2 мольных процентов и H_2S - не более 4 мг/л (ppm). На сегодняшний день большое число газовых скважин на территории США закрыты ввиду их малой производительности и плохого качества добываемого природного газа, и около 22 триллионов nm^3 природного газа не разрабатываются из-за высокой стоимости необходимой газоочистки [4]. Кроме того, по прогнозам аналитиков в ближайшее время будут наблюдаться дальнейшее ухудшение качества природного газа и снижение объема его добычи.

Перед транспортировкой природный газ сначала подвергается очистке от паров воды, углекислого газа и примеси сероводорода. Удаление сероводорода и углекислого газа из природного газа - одна из важных практических задач, поскольку эти компоненты снижают энергетическую ценность газа и могут вызывать коррозию трубопроводов. Сероводород - сильно коррозионноактивный газ, который может вызывать серьезные проблемы в трубопроводах и различных агрегатах газокompрессионного оборудования. Диоксид углерода может создавать проблемы в газокompрессионных линиях за счет

образования кристаллогидратов, что влечет за собой увеличение гидравлического сопротивления и расхода энергии. Затем из природного газа извлекаются пары бензина, т. е. наиболее летучих жидких углеводородов - пентана, гексана, гептана и др. Этот процесс называется отбензиниванием газа. В отличие от бензина, получаемого из нефти, такой бензин стали называть газозолином. После этого из природных газов извлекают предельные газообразные углеводороды, используемые в дальнейшем как сырье для получения различных нефтехимических продуктов [5].

Для исключения проблем, связанных с коррозией газопроводов и образованием т.н. пробок при транспортировке газа от места добычи к месту переработки или потребления, газ, подаваемый в газопровод, должен удовлетворять ряду требований по составу, а именно содержанию кислых и инертных газов и углеводородов C_{3+} . Так, содержание высших углеводородов в природном газе, который используется в бытовых и промышленных целях в Европе, изменяется от 4-5% в России и Норвегии до 10-13% в Алжире. При этом большую часть высших углеводородов составляет этан, а пропан и бутан составляют меньшую часть [3]. Это указывает на необходимость достаточно серьезной подготовки добываемого природного газа перед его транспортировкой и использованием.

При транспортировке давление газа в газопроводе составляет 75 атмосфер, но по мере пути оно падает - примерно на треть за 100 километров пути. Поэтому через каждые 100-120 километров строят газокompрессионные станции (ГКС), поддерживающее давление на всем пути. На ГКС устанавливаются газоперекачивающие агрегаты, которые состоят из нагнетателя - турбинного или лопастного насоса, и двигателя, приводящего его в движение. В качестве двигателя, как правило, используют авиационные турбины, только не форсированные, а топливом для турбины служит подручный материал - газ. Присутствие тяжелых углеводородов, кислых газов и паров воды в природном газе могут являться причиной существенных проблем компрессорного оборудования. Они могут служить причиной преддетонации топлива, что приводит к повреждению камеры сгорания и других внутренних частей двигателей и турбин, неполному

сгоранию топлива и образованию углеродных отложений. Дневные и сезонные колебания температур могут также вызывать конденсацию тяжелых углеводородов в подводящих трубопроводах.

В настоящее время для промышленного разделения природного, попутного и нефтяного газов используются следующие методы разделения газовых смесей: 1) компрессионный, 2) абсорбционно-десорбционный, 3) абсорбцию при низких температурах, 4) адсорбционно-десорбционный, 5) низкотемпературную конденсацию и ректификацию.

Для разделения компонентов различных природных и ряда технологических газов, которые при температуре окружающей среды находятся в газообразном состоянии [6], в газовой, химической и нефтехимической промышленности сегодня в основном используются криогенные процессы. Данные процессы позволяют проводить фракционирование конденсацией, дистилляцией или ректификацией воздуха, природного и других углеводородных газов. Криогенные процессы позволяют удалять углекислый газ, пары воды и серосодержащие компоненты (COS , CS_2 , H_2S) и получать азот, аргон, гелий, кислород, «синтез газ» и различные углеводороды (CH_4 , C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 , C_3H_6). Кроме того, они также используются для хранения и транспортировки сжиженных газов (жидкий кислород, азот и водород, сжиженный нефтяной и природный газы). Так, более 3% природного газа, производимого в мире, очищаются, сжижаются и транспортируются при помощи криогенных процессов.

Высокая энерго- и металлоемкость процессов криогенного разделения низших углеводородов, играющих ключевую роль в нефтехимии, является причиной того, что стоимость сооружения и эксплуатации установок газоразделения составляет часто значительную часть общей стоимости соответствующих процессов.

На сегодняшний день менее 10% добываемого в России природного газа подвергается переработке на газоперерабатывающих заводах крупнейших российских компаний. Кроме того, у нас достаточно низкие показатели извлекаемости ценных углеводородов - таких как этан, пропан и бутан. К примеру, на ГПЗ "Газпрома" извлекается только 7% этана и 40% пропана и

бутана от всего извлекаемого потенциала, в то время как в мире этот показатель колеблется в диапазоне от 50% до 60% и около 90%, соответственно. Очевидно, что объемы и степень переработки газа нужно наращивать.

Ежегодно на оборудование для очистки газа расходуется порядка 5 млрд. долларов, что делает переработку природного газа самым крупным промышленным процессом газоразделения. К настоящему моменту мембранные процессы занимают менее 1% этого рынка (главным образом для снижения содержания углекислого газа).

2. Физико-химические основы мембранных процессов газоразделения.

Сегодня мембранные процессы в газо- и нефтеперерабатывающей промышленности используются главным образом для решения таких задач как: разделение компонентов воздуха; выделения водорода из смесей, например, азота, метана и диоксида углерода; и удаление диоксида углерода из природного и попутного газа.

Для каждой конкретной задачи разрабатывались мембраны, которые обеспечивали сравнительно высокие проницаемости и селективности целевых компонентов (кислорода, водорода и диоксида углерода, соответственно). В качестве материалов для изготовления мембран использовались стеклообразные полимеры, высокая селективность которых объясняется их способностью разделять компоненты смеси за счет разницы в размере пенетрантов, т.е. данные мембраны более проницаемы для «маленьких» компонентов смеси и менее проницаемы для «больших».

В то же время существует ряд технологических задач, в которых целевым компонентом являются более тяжелые компоненты смесей. Так, разделение паров органических веществ и постоянных газов также представляет огромный промышленный интерес и может быть успешно осуществлено при помощи мембран [7, 8]. В качестве примера можно привести такие задачи, как разделение углеводородов в попутных нефтяных газах, разделение смесей высших и низших углеводородов при переработке и транспортировке природного газа, а также выделение паров легколетучих органических компо-

нентов из газоздушных промышленных сборо-
сов.

Поскольку в данном случае содержание бо-
лее тяжелых компонентов в разделяемых смесях
составляет меньшую часть, для эффективного
решения поставленной задачи требуются мем-
браны, которые обладали бы высокой селектив-
ностью и проницаемостью по органическим па-
рам. Например, для выделения высших углево-
дородов (пропана, бутана и др.) из природного
газа, мембрана должна быть преимущественно
проницаема для высших углеводородов и прак-
тически непроницаема для метана.

Традиционные мембраны из стеклообраз-
ных полимеров, использовать в данном случае
невозможно, т.к. они более проницаемы для ме-
тана. Кроме того основной поток разделяемой
смеси должен будет пройти через мембрану, что
потребуется не только увеличения поверхности
мембран, но и получению обогащенного мета-
ном потока с низким давлением, повторное
компримирование которого перед его подачей в
трубопровод будет экономически неоправданно.
Таким образом, для решения подобных задач в
качестве материала для мембран следует ис-
пользовать высокоэластические полимерные
материалы.

Полимерные материалы, которые исполь-
зуются для изготовления мембран, являются
наиболее экономичными по сравнению с дру-
гими материалами (например, керамикой, ме-
таллами) и поэтому они составляют основную
часть мембран, которые используются для газо-
разделения [9-11]. Низкая стоимость полимер-
ных мембран объясняется легкостью изготовле-
ния композитных мембран в виде ассиметрич-
ных полых волокон или рулонных элементов и
технической возможностью получить мембраны
с толщиной селективного слоя меньше 0,1 мкм
[12] используя высокоселективные полимеры,
например, полиимиды. Основным недостатком
полимерных мембран заключается в изменении
их разделительных свойств при высоких рабо-
чих температурах и давлениях, а также в при-
сутствии сильно сорбирующихся компонентов.
Кроме того, высокая сегментальная подвиж-
ность полимерных цепей, отрицательно сказы-
вается на способности мембран разделять пе-
нетранты близкого размера [13].

Для мембранного разделения газов исполь-
зуются преимущественно так называемые непо-
ристые полимерные мембраны, т.е. мембраны,
диффузионный слой которых не содержит от-
крытых пор размером выше нескольких десятых
нм. Разделение в непористых полимерных мем-
бранах осуществляется под действием градиен-
та химического потенциала или, при более про-
стом рассмотрении, концентрации на двух по-
верхностях разделительной мембраны.

Для интерпретации селективного разделе-
ния газов и паров на непористых мембранах
широко используется модель *растворения-
диффузии*. Согласно этой модели проникающий
компонент растворяется в материале мембраны,
а затем диффундирует через нее под действием
градиента концентрации. Модель растворения-
диффузии может быть использована для рас-
смотрения переноса как газов, так и жидкостей.
Иногда следует учитывать дополнительные эф-
фекты (например, концентрационную поляриза-
цию). Однако в основном разделение происхо-
дит за счет разницы в мольных потоках компо-
нентов смеси, которая возникает из-за различий
в скорости переноса компонентов разделяемой
смеси, которая в свою очередь определяется ко-
эффициентами диффузии и растворимости этих
компонентов.

Модель растворения-диффузии использует-
ся с учетом ряда допущений. Так, предполагат-
ся установление равновесия с обеих сторон
мембраны между разделяемой средой и мате-
риалом мембраны, т.е. равенства химических
потенциалов в объеме и на поверхности мем-
браны. Это предположение подразумевает, что
скорости сорбции и десорбции на поверхности
мембраны намного больше скорости диффузии
через мембрану.

Сделанные еще в XIX веке наблюдения
(Грэм, Вроблевский) свидетельствовали, что
поток через мембрану J_i прямо пропорционален
перепаду давления через мембрану Δp и обратно
пропорционален ее толщине ℓ , т.е.

$$J_i = \frac{P_i \cdot (p_{io} - p_{il})}{\ell} \quad (1)$$

где P_i – коэффициент проницаемости, p_{io} и
 p_{il} – давление пенетранта со стороны исходного
газа и со стороны пермеата, соответственно.

Данная формула широко используется при исследовании транспортных свойств полимеров и мембран (модель растворения-диффузии показывает физический смысл коэффициента проницаемости P_i).

Если массоперенос через мембрану описывается законом Фика, то для потока i -го компонента через мембрану толщиной ℓ можно записать следующее выражение:

$$J_i = D_i \frac{(c_{io(m)} - c_{il(m)})}{\ell} \quad (2)$$

где D_i - усредненное по концентрации значение коэффициента диффузии, $c_{io(m)}$ и $c_{il(m)}$ - концентрация пенетранта в поверхностном слое мембраны со стороны исходного газа и со стороны пермеата, соответственно.

Согласно закону Генри концентрацию i -го компонента на поверхности мембраны со стороны исходного газа можно записать, как

$$c_{io(m)} = S_i \cdot P_{io} \quad (3)$$

где S_i - коэффициент растворимости.

Аналогичным образом можно записать выражение для концентрации i -го компонента на поверхности мембраны со стороны пермеата

$$c_{il} = S_i \cdot P_{il} \quad (4)$$

Подставив уравнения (3) и (4) в уравнение (2), получим

$$J_i = \frac{D_i \cdot S_i \cdot (P_{io} - P_{il})}{\ell} \quad (5)$$

В том случае, если давление в дренажном канале пренебрежимо мало по сравнению с давлением в напорном канале, величину

$$P_i = D_i \cdot S_i \quad (6)$$

принято обозначать как коэффициент проницаемости, который характеризует объем газа, приведенный к нормальным условиям, проходящий за единицу времени через мембрану единичной площади и толщины при единичном перепаде парциального давления. В единицах СИ коэффициент проницаемости имеет размерность – моль/м·с·Па. Однако в литературе коэффици-

енты проницаемости чаще всего приводятся в Баррерах (1 Баррер = 10^{-10} см³·см/см²·с·см рт. ст.). Обычно полимер, обладающий высокими коэффициентами проницаемости по одному газу или группе газов, имеет высокие значения проницаемости и по другим газам и парам.

Коэффициенты проницаемости полимерных материалов варьируются в пределах 3-6 порядков в зависимости от природы пенетранта [14]. Например, для H₂ значения коэффициента проницаемости P (см³·см/см²·с·Па) лежат в пределах от 10^{-11} до 10^{-9} , а для CH₄ - в пределах от 10^{-17} до 10^{-11} . Величину P обычно рассматривают как константу системы «полимер-газ» при постоянной температуре. Это справедливо лишь для слабо взаимодействующих с полимером газов и паров (или при невысоких давлениях). В противоположных случаях наблюдаются резкие зависимости P от давления или концентрации.

В выражении (6) коэффициент растворимости, определяя градиент концентрации при заданном перепаде давлений, является термодинамической характеристикой проницаемости, тогда как коэффициент диффузии - кинетический фактор, определяющий подвижность пенетранта в материале мембраны.

Вполне очевидно, что при выборе материала для изготовления мембран предпочтение отдается высокопроницаемым полимерам – это не только экономичнее, но и потребует меньше места для размещения оборудования. Однако в связи с задачей разделения смесей не менее важна селективность или фактор разделения:

$$\alpha_{ij} = \frac{P_i}{P_j} \quad (7)$$

Селективность разделения определяет степень обогащения бинарной смеси i -м компонентом относительно j -го при однократном прохождении через мембрану: чем больше α_{ij} , тем выше концентрация i -го компонента в прошедшем через мембрану потоке (при прочих равных условиях). При таком определении α_{ij} предполагается, что скорость переноса индивидуального пенетранта такая же, как скорость его переноса в смеси. В действительности это условие выполняется не всегда.

Используя уравнение (6), можно перейти к следующему соотношению:

$$\alpha_{ij} = \frac{P_i}{P_j} = \left(\frac{D_i}{D_j} \cdot \frac{S_i}{S_j} \right) = \alpha_{ij}^D \cdot \alpha_{ij}^S \quad (8)$$

т. е. говорить о селективности диффузии α^D и селективности сорбции α^S . Этот подход очень важен для направленного поиска материалов для селективного разделения смесей.

Из формулы (6) очевидно, что высокой проницаемостью должны обладать полимеры, имеющие большие значения коэффициентов диффузии и растворимости для некоторого газа. Однако требования, предъявляемые к «хорошим» мембранным материалам – это комбинация высоких значений проницаемости (P_i) и селективности (α_{ij}). Тут возникают трудности, т.к. давно известно эмпирическое правило: «высокопроницаемые материалы – низко селективны» («trade-off» в английской терминологии). Наиболее известная и представительная демонстрация этой закономерности была сделана Робсоном в 1991 г. в виде зависимости селективности $\alpha_{ij} > 1$ от проницаемости P_i для различных пар газов и многочисленных полимеров [15]. Эта закономерность является следствием того, что в рядах пенетрантов значения коэффициентов диффузии и растворимости, определяющие коэффициент проницаемости, изменяются противоположным образом. Действительно, коэффициенты диффузии снижаются с размером молекулы пенетранта (в данном случае критерием сравнения могут служить сечение молекулы, молекулярная масса, критический объем газа и т.п.), а значения коэффициентов растворимости при этом увеличиваются. Следовательно, мембранные свойства некоторого полимера будут зависеть от «темпа» изменений коэффициентов диффузии и растворимости для разных пар газов или в рядах пенетрантов.

Рассмотрим в качестве примера, как изменяются значения коэффициентов проницаемости (рис. 1), диффузии (рис. 2) и растворимости (рис. 3) в широко изученных стеклообразном полимере – поливинилтриметилсилане (ПВТМС) и в каучуке – полидиметилсилоксане (ПДМС) [16].

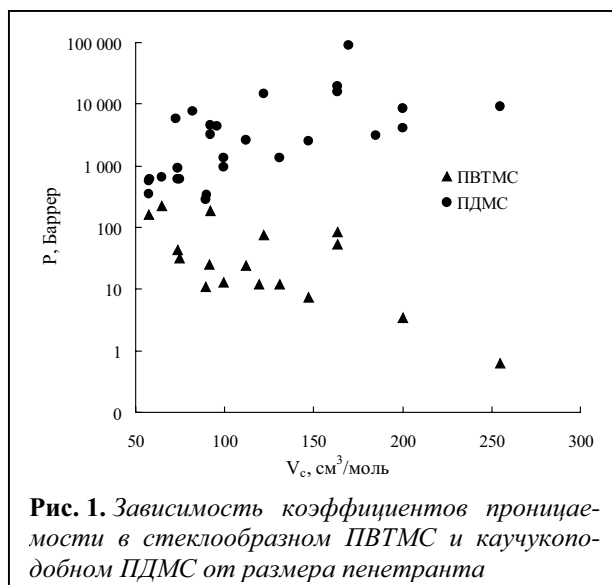


Рис. 1. Зависимость коэффициентов проницаемости в стеклообразном ПВТМС и каучукоподобном ПДМС от размера пенетранта

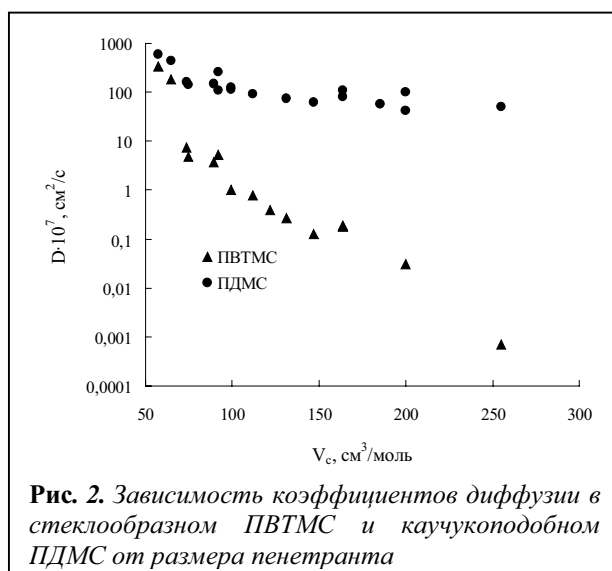


Рис. 2. Зависимость коэффициентов диффузии в стеклообразном ПВТМС и каучукоподобном ПДМС от размера пенетранта

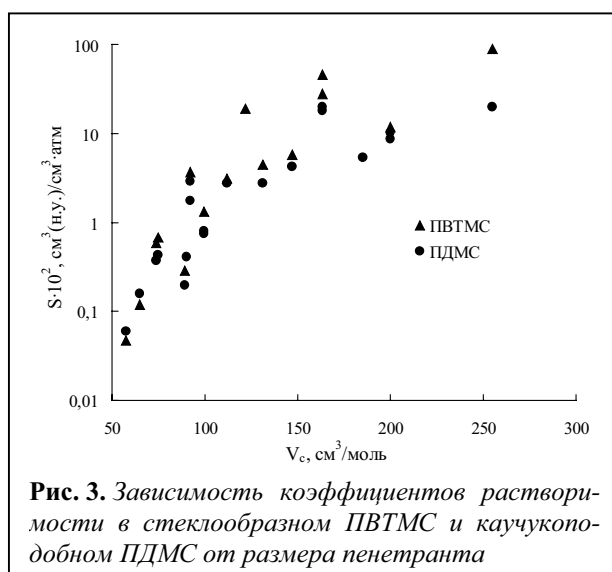


Рис. 3. Зависимость коэффициентов растворимости в стеклообразном ПВТМС и каучукоподобном ПДМС от размера пенетранта

Легко видеть, что в обоих случаях коэффициент диффузии снижается, а коэффициент растворимости растет с размером пенетранта. Но «темпы» этих изменений в стеклообразных и высокоэластических полимерах таковы, что в первом случае проницаемость следует за изменениями коэффициента диффузии (диффузионная селективность, селективность «по подвижности» или «ситовый механизм проницаемости»), а в каучуке проницаемость определяется термодинамикой сорбции. Аналогичные закономерности были обсуждены Фриманом и Пиннау [17], которые включили в рассмотрение также жидкие мембраны. На рис. 4 приведена зависимость факторов разделения для пары C_3H_8/CH_4 от проницаемости по пропану для ряда высокоэластических и стеклообразных полимеров, а также жидкостей.

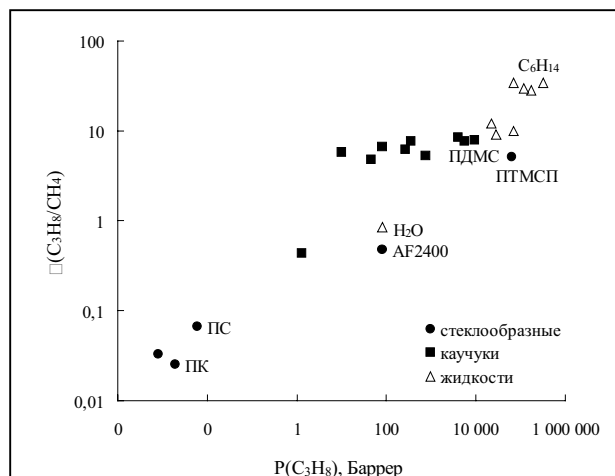


Рис. 4. Зависимость селективности разделения для пары C_3H_8/CH_4 от проницаемости по пропану для ряда высокоэластических и стеклообразных полимеров, а также жидкостей

Следует отметить две особенности. Во-первых, и проницаемость и селективности изменяются в широком диапазоне. Так, в зависимости от природы полимера коэффициенты проницаемости пропана изменяются более чем на восемь порядков, а селективность «пропан-метан» - практически на четыре порядка. Для большинства рассмотренных материалов коэффициенты растворимости этих пенетрантов отличаются не более чем в 15 раз. Следовательно, основной вклад в отличие коэффициентов проницаемости пропана и селективности вносит отличие в коэффициентах диффузии пропана и метана.

Во-вторых, для материалов более проницаемых для пропана, чем для метана, с увеличением проницаемости пропана селективность «пропан-метан» также увеличивается. Т.е. более проницаемый материал обладает большей селективностью, что явно противоречит данным о проницаемости легких газов, для которых основной вклад вносит селективность диффузии. Таким образом, можно сделать важное наблюдение: для систем с термодинамической селективностью имеет место одновременное увеличение проницаемости и селективности.

Отметим, что повышенная проницаемость более крупных (более растворимых в полимере) молекул характерна не только для каучуков, но и для некоторых полиацетиленов, материалов с аномально высоким свободным объемом [17].

Все это необходимо принимать во внимание при анализе стратегии выбора мембранного материала для решения той или иной задачи разделения. Рассмотрим, например, бинарную смесь $A+B$, причем концентрация компонента $[A] \gg$ концентрации компонента $[B]$. Очевидно, что материал мембраны должен обеспечивать концентрирование компонента B в пермеате, т.к. в противном случае придется развивать неоправданно большую поверхность мембран в аппарате, и потребуются дополнительное компримирование большого объема газа. Следовательно, если компонент B имеет большие молекулярные размеры (а, следовательно, более высокие M , V_c , T_c , S), то предпочтение следует отдать каучукам или стеклообразным полимерам с большим свободным объемом и термодинамической селективностью. Примером такой задачи может быть извлечение примесей углеводородов C_{3+} из метана или паров бензина из воздуха. Наоборот, если представить себе задачу извлечения гелия из смеси с метаном, выбор материала мембраны должен быть сделан среди стеклообразных полимеров с диффузионной селективностью.

Проницаемость полимеров зависит от рабочих условий: давления, температуры или состава разделяемой смеси. Ниже рассмотрено влияние этих факторов на коэффициенты проницаемости, а также коэффициенты диффузии и растворимости.

Закономерности, описываемые формулой (6), характерны для паров с низкой активностью

($p/p_s \ll 1$) и постоянных газов, но, начиная с давлений в несколько десятков атмосфер, отклонения от закона Генри и концентрационная зависимость коэффициентов диффузии и проницаемости наблюдаются и для легких газов [18].

При анализе влияния давления на коэффициент проницаемости необходимо учитывать вид изотерм сорбции, концентрационную зависимость коэффициентов диффузии и характер взаимодействия компонентов разделяемых смесей. Обычно это связывают с пластификацией или другими эффектами, вызванными воздействием пенетранта на полимерную матрицу.

Исследованию сорбции газов и паров в полимерах посвящено большое число работ. Для полимеров при температурах выше их температур стеклования характерен экспоненциальный вид изотерм сорбции, описываемый уравнением Флори-Хаггинса [19]. Сорбция в стеклообразных полимерах обычно описывается моделью двойной сорбции, согласно которой сорбция в стеклообразном полимере включает растворение по закону Генри и лэнгмюровскую адсорбцию в микропустотах или «дефектах».

Однако в большинстве случаев причиной изменения проницаемости с давлением является концентрационная зависимость коэффициентов диффузии, а не нелинейность изотерм сорбции [20-24]. Так, растворимость метана и этилена в ПЭ подчиняется закону Генри вплоть до критических давлений, тогда как значения коэффициентов диффузии и проницаемости для этих газов становятся непостоянными при существенно более низких давлениях [18].

Если предположить, что уравнение диффузии в стеклообразных полимерах включает два коэффициента диффузии, характеризующие перенос растворенного и адсорбированного пенетранта, причем они не зависят от концентрации, то коэффициент проницаемости должен монотонно убывать с давлением, что подтверждается экспериментально [25]. Однако если коэффициент диффузии меняется с давлением или концентрацией сорбата, зависимость коэффициента проницаемости от давления должна иметь более сложный вид и может проходить через минимум [26].

При высоких давлениях характер зависимости коэффициентов проницаемости от перепада давлений определяется не только нелинейно-

стью зависимостей коэффициентов диффузии и растворимости, но и значениями абсолютных давлений до и после мембраны [27].

Так как давление по-разному влияет на проницаемость компонентов разделяемых смесей, то при изменении перепада давления и абсолютных значений давлений до и после мембраны может изменяться и селективность. Если селективность в большей степени определяется селективностью диффузии, т.е. разделение осуществляется за счет кинетических, а не термодинамических факторов, то увеличение давления приводит к снижению селективности. Это связано с тем, что компонент, имеющий меньшие коэффициенты диффузии, как правило, характеризуется более резкой и возрастающей зависимостью от давления. Так, например, отношение коэффициентов проницаемости через асимметричные мембраны ПВТМС для метана и *n*-бутана снижается от 4 до 1,6 при увеличении давления от 0,1 до 0,7 атм [28].

При разделении смесей, для которых селективность проницаемости определяется селективностью сорбции, с ростом давления селективность должна возрастать. Если один из компонентов разделяемой смеси оказывает сильное пластифицирующее действие на полимер, то увеличение его парциального давления будет сказываться на скорости проникновения других компонентов разделяемой смеси [27,29].

Влияние состава разделяемой смеси на скорость переноса через мембрану отдельных компонентов наименее существенно для постоянных газов, а также паров при низких активностях ($p/p_s < 1,0$). Однако примеры отчетливого взаимного влияния имеются даже для таких слабо взаимодействующих с полимером газов, как H_2 и CO : для скорости их переноса через полиимидные мембраны уже при давлениях 3,0 атм. наблюдаются отклонения от аддитивности по сравнению со скоростью переноса индивидуальных компонентов [30]. При проницаемости паров углеводородов через полимерные мембраны взаимное влияние компонентов смеси на скорость переноса - обычное явление. При этом возможно как увеличение проницаемости компонентов, так и снижение относительно проницаемости индивидуальных компонентов [31,32].

Для постоянных газов и паров при низких

давлениях ($p/p_s \ll 1,0$) в узком диапазоне температур для коэффициентов проницаемости, диффузии и растворимости справедливы соотношения аррениусовского типа:

$$P = P_o \cdot \exp(-E_P/RT) \quad (9)$$

$$D = D_o \cdot \exp(-E_D/RT) \quad (10)$$

$$S = S_o \cdot \exp(-\Delta H_S/RT) \quad (11)$$

где E_P и E_D - энергии активации проницаемости и диффузии, ΔH_S - теплота сорбции, P_o , D_o , S_o - константы, которые можно считать независимыми от температуры.

Из формул (6) и (9)-(11) следует, что

$$E_P = E_D + \Delta H_S \quad (12)$$

Для одно-, двух- и трехатомных газов значения E_P и E_D невелики и составляют 10-20 кДж/моль [33]. Для углеводородов они несколько выше и увеличиваются с размером молекулы пенетранта. Как правило, теплота сорбции отрицательна, поэтому энергия активации проницаемости меньше энергии активации диффузии.

Сравнение энергий активации диффузии для молекул различных размеров показало, что с увеличением температуры наблюдается более резкое снижение селективности проницаемости по сравнению со снижением селективности диффузии [33]. Это объясняется тем, что селективность сорбции возрастает с ростом молекулярной массы и размера молекулы пенетранта и всегда снижается с увеличением температуры.

При газо- и паропроницаемости теплота сорбции может быть представлена как сумма теплот конденсации и смешения:

$$\Delta H_S = \Delta H_c + \Delta H_m \quad (13)$$

где ΔH_c - теплота конденсации и ΔH_m - теплота смешения полимера и сорбата..

Библиография

1. Общая химическая технология, М., Высшая школа, 1964, 478 с.
2. Мирошниченко Д.А., Кессель И.Б., Кисленко Н.Н. Сравнительная оценка различных вариантов транспорта природного газа / "Международная газовая конференция", Токио, Япония, 1-5 июня 2003 г.

3. Enagas, Agenda Gas 2001 / Enagas, Madrid, November 2000, p. 13.
4. Gas Processors Association Standard 3132-84.
5. T. Schmidt, D. Rennemann, T. Schultz // Erdol und Kohle-Erdgas, v.46, 1996, p.366.
6. Knapp H. Chemical engineering at low temperatures, Int. J. Refrig., v.11, 1988
7. Baker R.W., Yoshioka N., Mohr J.M., Khan A.J. Separation of organic vapors from air // J. Membr. Sci., v.31, n.2-3, 1987, p.259-271.
8. Baker R.W., Wijmans J.G. Membrane separation of organic vapors from gas streams / Paul D.R., Yampol'skii Y.P. Polymeric Gas Separation Membranes // CRC Press, 1994, p.353-397.
9. Spillman R.W. Economics of gas separation membranes // Chem. Eng. Progress, 1989, v.85, p.41.
10. Puri P.S. Gas separation membranes current status // La Chimica e l'Industria, v.78, 1996, p.815.
11. Meindersma G.W., Kuczynski M. Implementing membrane technology in the process industry: problems and opportunities // J. Membr. Sci., v.113, 1996, p.285.
12. Zolanz R.R., Fleming G.K. Design of gas permeation systems / W.S.W. Ho, K.K. Sirkar (Eds.), Membrane Handbook, Chapman & Hall, New York, 1992, pp. 54-77.
13. Singh A., Koros W.J. Significance of entropic selectivity for advanced gas separation membranes // Ind. Eng. Chem. Res., v.35, 1996, p.1231.
14. Рейтлингер С.А. Проницаемость полимерных материалов // М.: Химия, 1974. 269 с.
15. Robeson L.M. Correlation of Separation Factor versus Permeability for Polymeric Membranes // J. Membr. Sci., v.62, N.2, 1991, p.165-185.
16. Robb W.L. Silicone membranes, their permeabilities and uses // Ann. N. Y.: Acad. Sci., N. 146, 1968, p.119-137.
17. Freeman B., Pinnau I. Separation of gases using solubility-selective polymers // TRIP, v.5, n.5, 1997, c.167-173.
18. Li N.N., Long R.B. Permeation through plastic films // A.I.Ch.Eng.J., v.15, n.1, 1969, c. 73-80
19. Роджерс К. Растворимость и диффузия / Проблемы физики и химии твердого состояния органических соединений, М.: Мир, 1968, с. 229-328.
20. Rogers C.E., Stannett V., Swarc M. The sorption, diffusion and permeation of organic vapors in polyethylene // J. Polym. Sci., v.45, n.145, 1960, c. 61-82.
21. Aitken A., Barrer R.M. Transport and solubility of isomeric paraffins in rubber // Trans. Faraday Soc., v.51, n.1, 1955, c. 116-130.
22. Prager S., Long F.A. Diffusion of hydrocarbons in polyisobutylene // J. Amer. Chem. Soc. v.73. N.9. 1951. pp. 4072-4075.

23. Hayes M.J., Park G.S. The diffusion of benzene in rubber. I. Low concentrations of benzene // *Trans. Faraday Soc.*, v.51, n.8, 1955, с. 1134-1142.
24. Kokes R., Long F. A. Diffusion of organic vapors into polyvinylacetate // *J. Amer. Chem. Soc.*, v.75, n.23, 1953, с. 6142-6146.
25. Paul D. R. Gas sorption and transport in glassy polymers // *Ber. Bunsenges. Phys. Chem.*, v.83, n.3, 1979, p.294-302.
26. Stern S.A., Saena V. Concentration-dependent transport of gases and vapours in glassy polymers // *J. Membr. Sci.*, v.7, n.1, 1980, p.47-59.
27. Li N.N., Henley E.J. Permeation of gases through polyethylene films at elevated pressures // *Amer. Inst. Chem. Eng. J.*, v.10, n.5, 1964, p.666-670.
28. Дургарьян С.Г., Новицкий Э.Г., Ямпольский Ю.П., Наметкин Н.С. Влияние строения углеводородов на их проницаемость через поливинилтриметилсилан // *Ж. Прикл. Химии*, т.52, №5, 1979, с. 1132-1135.
29. Stannett V., Yasuda H. Liquid versus vapor permeation through polymer films // *J. Polym. Sci.*, v.81, n.6, 1963, p.289-293.
30. McCandless F.P. Separation of binary mixtures of CO and H₂ by permeation through polymeric films // *Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev.*, v.11, n.4, 1972, p.470-478.
31. Pels M. Permeation and separation behavior of binary organic mixtures in polyethylene // *Amer. Inst. Chem. Eng. J.: Symp. Ser.*, v.68, n.120, 1972, p.49-57.
32. Эльберт А.А., Дытнерский Ю.И., Кононов Н.Ф. Влияние свойств компонентов жидких однородных смесей на скорость и селективность их разделения с помощью ПЭ // *Ж. Прикл. Химии*, т.41, №8, 1968, с. 1790-1798.
33. Crank J., Park G.S. Diffusion in polymers // N. Y.: Academic Press, 1968, 445 с.

МЕМБРАНЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИ(ДИФЕНИЛОКСИДАМИДО-N-ФЕНИЛФТАЛЬМИДА) ДЛЯ НАНОФИЛЬТРАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ СРЕД

А.В. Волков^{1}, В.В. Паращук¹, Ю.П. Кузнецов², С.В. Кононова², Д.В. Дмитриев³,
Л.И. Трусов³, В.В. Волков¹*

¹ Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук, 119991, Москва, Ленинский проспект, 29

² Институт высокомолекулярных соединений Российской академии наук, 199004, Санкт-Петербург, Большой проспект В.О., 31

³ Ассоциации делового сотрудничества в области передовых комплексных технологий «АСПЕКТ», 119571, Москва, Проспект Вернадского, д.86

В данной работе были получены лабораторные образцы новых мембран на основе полиамидоимида ПАИ-ДФФИ для нанофильтрации органических (неводных) сред. Мембраны имеют асимметричную структуру с характерной пальцеобразной формой пор в подложечном слое. Верхний селективный слой, толщина которого порядка 2 мкм, имеет нанопористую структуру с мономодальным распределением транспортных пор по размерам, при этом максимум приходится на значения кельвиновского диаметра порядка 1,5 нм. Нанофильтрационные характеристики мембран измерялись в экспериментах по разделению растворов модельного красителя (Ремазол Бриллиантовый Синий Р) в различных растворителях (метанол, этанол и ацетон). Величины проницаемости метанола, этанола и ацетона (3,4, 1,4 и 5,5 кг/м²ч·атм, соответственно) оказались более, чем в 1,5 раза выше аналогичных характеристик промышленных нанофильтрационных мембран. Одновременно с этим, для мембран ПАИ-ДФФИ наблюдаются высокие значения удерживания исследованного модельного красителя (626,5 Дальтон): 96% в метаноле, 90% в этаноле и 84% в ацетоне. Мембраны сохраняют нанофильтрационные характеристики и механическую стабильность при трансмембранном давлении в диапазоне 0-6 атм. При увеличении давления до 20 атм происходит уплотнение мембран в результате схлопывания пористой структуры крупнопористого подложечного слоя с одновременным резким падением проницаемости органических растворителей через мембрану.

Ключевые слова: поли(дифенилоксидамидо-N-фенилфталимид), полиамидоимид, нанопористые мембраны, нанофильтрация, неводные среды, органические растворители, асимметричные мембраны.

In this article, new membranes based on poly(diphenyloxideamide-N-phenylphthalimide) were obtained for organic solvents nanofiltration applications. It was found that the support layer of these asymmetric membranes has a finger-shaped porous structure. The selective top-layer with thickness of about 2 μm has nanoporous structure with monomodal distribution of transport pores; the maximum of this distribution corresponds with the Kelvin diameter of about 1.5 nm. Nanofiltration characteristics of these membranes were obtained by separation of a dye (Remazol Brilliant Blue R) from different type of solvents (methanol, ethanol and acetone). The permeabilities of these solvents (3.4, 1.4, and 5.5 kg/m²h-bar, respectively) exceed more than 1.5 times the one for industrial nanofiltration membranes. Moreover, the membranes perform high rejection of the dye (626.5 Da) in methanol (96%), ethanol (90%) and acetone (84%). The membranes show stable nanofiltration characteristics and mechanical stability up to 6 bar. When the transmembrane pressure is increased up to 20 bar, the membrane compaction takes place due to the collapse of finger-shaped pores in the support layer. This compaction leads to dramatic decline of solvent flux.

Keywords: poly(diphenyloxideamide-N-phenylphthalimide), polyamideimide, nanoporous membrane, nanofiltration, nonaqueous system, organic solvent, asymmetric membrane.

1. Введение

Наночислтрация органических сред является новым динамично развивающимся направлением в мембранной технологии. Самым ярким примером использования наночислтрации в промышленности является пуск пилотной установки по депарафинизации моторных масел (ExxonMobil; MAX-DEWAX процесс) с целью понижения температуры их застывания [1]. Использование технологии наночислтрационного разделения органических сред позволило увеличить выход моторных масел на 25% с одновременным сокращением энергозатрат на единицу продукции на 20%. Все капиталовложения, связанные с установкой и пуском этого мембранного модуля, были окуплены меньше, чем за 1 год работы установки. Наиболее интенсивно исследуемыми направлениями использования наночислтрации органических сред являются гомогенный катализ [2-6] и экстракционные процессы в нефтехимической, химической и пищевой промышленности [7-10].

Так, например, в органическом синтезе в качестве катализаторов широко используются дорогостоящие комплексы переходных металлов (Pt, Pd, Ru, Rh и т.п.). Отделение катализатора от конечных продуктов часто сопровождается его частичной или полной дезактивацией. Возможным способом увеличения срока жизни гомогенного катализатора является его эффективное отделение от продуктов реакции и возвращения в активной форме в реакционный цикл. Устойчивые в органических средах наночислтрационные мембраны могут обеспечить транспорт через мембрану низкомолекулярных органических компонентов реакционной смеси и удерживание объемистого гомогенного катализатора (>400-600 Дальтон) с последующей его рециркуляцией.

Регенерация и рециркуляция органических растворителей-экстрагентов является многотонажной задачей, например, при производстве и использовании красителей и лакокрасочных грунтов, при отмывке и обезжиривании различных узлов и агрегатов, при экстракции продуктов пищевого происхождения (растительных масел, белков, биологически активных и лекарственных препаратов и т. п.). Традиционные технологии регенерации органических раство-

рителей основаны на дистилляционных процессах. Отсутствие фазовых переходов при наночислтрации органических сред обеспечивает низкую энергоемкость этой технологии.

На мировом рынке появились устойчивые в органических средах наночислтрационные мембраны на основе сшитых силиконовых каучуков, полиамидов и полиимидов, однако их весьма ограниченный ассортимент существенно сужает возможности использования этой перспективной технологии. В отличие от поли[1-(триметилсилил)-1-пропин]а (ПТМСП), который ранее авторами был предложен для применения в наночислтрации органических сред [11], поли(дифенилоксидамидо-N-фенилфтальимид) (ПАИ-ДФФИ) [12,13] обладает высокой термической (до 350°C) и химической стабильностью (не растворим в подавляющем большинстве органических растворителях; растворим в N-метилпирролидоне). Кроме того, ПАИ-ДФФИ имеет хорошие физико-механические, диэлектрические и пленкообразующие свойства. По условиям синтеза ПАИ-ДФФИ удобен для непосредственного использования в качестве формовочных растворов для приготовления асимметричных мембран с заданным средним размером пор в селективном слое. В данной работе были получены нанопористые асимметричные мембраны на основе ПАИ-ДФФИ, которые впервые были исследованы применительно к задачам наночислтрационного разделения органических сред.

2. Экспериментальная часть

2.1 Реактивы

Для изучения течения органических растворителей через мембраны на основе ПАИ-ДФФИ использовались метанол, этанол, ацетон и гексан отечественного производства с чистотой х.ч. Для определения селективности наночислтрационного разделения был выбран отрицательно заряженный краситель Ремазол Бриллиантовый Синий Р с молекулярной массой 626,5 Дальтон (каталог Sigma).

2.2 Формование мембран на основе ПАИ-ДФФИ

Поли(дифенилоксидамидо-N-фенилфтальимид) (ПАИ-ДФФИ) был синтезирован по разработанной в ИВС РАН методике одностадий-

ной реакцией низкотемпературной поликонденсации имидсодержащего дихлорангидрида тримеллитовой кислоты с диаминодифениловым эфиром в растворе N-метил-2-пирролидона [12]. Асимметричные мембраны на основе ПАИ-ДФФИ были получены по методике, опубликованной ранее [13], за исключением того, что осаждение проводилось в водно-этанольной осадительной ванне.

2.3 Нанофильтрация

Установка по изучению нанофильтрационного разделения органических смесей представлена на рис. 1.

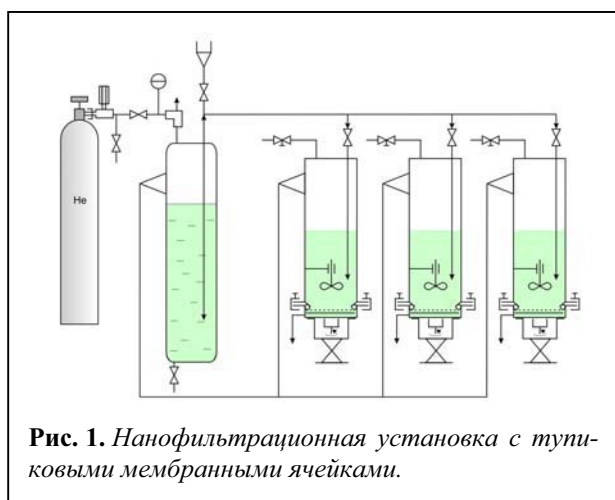


Рис. 1. Нанофильтрационная установка с тупиковыми мембранными ячейками.

Активная площадь мембраны в ячейке составляет $3,32 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$. В качестве уплотнений использовались резиновые кольца, устойчивые в растворителях класса спиртов, кетонов и углеводородов. Все нанофильтрационные ячейки снабжены магнитными мешалками, которые располагаются вблизи поверхности мембран, для минимизации эффекта концентрационной поляризации. С целью предотвращения повреждения мембран при приложении повышенных давлений, мембраны в ячейках устанавливались на пористые диски из нержавеющей стали. Приемник пермеата сконструирован таким образом, чтобы минимизировать испарение растворителя во время процесса нанофильтрации. Проницаемость растворителя через мембрану определялась весовым методом. Нанофильтрационные эксперименты проводились при температуре $20 \pm 2^\circ \text{C}$ и давлении до 20 атм. Рабочее давление в ячейках создавалось и поддерживалось в ходе эксперимента с помощью сжатого гелия.

Следует отметить, что для создания рабочего давления в ячейках в литературе часто используется азот. Однако, в предварительных экспериментах нами было показано, что при использовании азота наблюдается образование большого количества пузырей газа в пермеате в результате декомпрессии растворителя до атмосферного давления после его прохождения через мембрану. Из данных по растворимости газов [14] можно оценить, что при увеличении давления азота с 1,4 до 5,2 МПа растворимость азота возрастает почти в 4 раза. Для минимизации возможного влияния декомпрессии на транспортные характеристики мембран, нами во всех дальнейших исследованиях был использован гелий ввиду его низкой растворимости в органических растворителях в широком диапазоне давлений.

Перед началом всех нанофильтрационных экспериментов мембраны кондиционировались в этаноле до достижения стационарных значений проницаемости этанола при постоянном перепаде давления растворителя на мембране (так называемое, кондиционирование мембран). Для этого мембраны в набухшем состоянии (растворитель – этанол) помещали в нанофильтрационные ячейки, после чего в ячейки подавался этанол и медленно повышалось давление до необходимого значения в каждой конкретной серии измерений. Затем мембраны в течение нескольких часов выдерживались при давлении 2 атм до выхода потока этанола на стационарный режим. Далее давление в ячейках плавно сбрасывалось и этанол заменялся на этанольный раствор модельного красителя или на другой растворитель. Проницаемость растворителя P ($\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{атм}$) через нанофильтрационные мембраны определялась по следующей формуле:

$$P = \frac{M}{S \cdot t \cdot p} \quad (1)$$

где M - это масса пермеата (кг), прошедшего через мембрану с площадью S (м^2) за промежуток времени t (ч) при перепаде трансмембранного давления p (атм). Ошибка при определении величины проницаемости не превышала 5%.

Для изучения нанофильтрационного разделения использовался раствор модельного красителя в органических растворителях с концентрацией 10 мг/л. Калибровочные растворы гото-

вились в мерных колбах методом разбавления маточного раствора. Для определения концентрации красителя использовался спектрофотометр SPEKOL 11. Длина волны максимального поглощения определялась экспериментально ($\lambda_{\text{макс}}=582$ нм).

Время проведения нанофильтрационного эксперимента и объем разделяемой смеси подбирались таким образом, чтобы состав исходной смеси в процессе нанофильтрации существенно не изменялся. Как только параметры проницаемость и удерживание выходили на стационар, давление в ячейках плавно сбрасывалось и с помощью спектрофотометра определялся состав исходной смеси и пермеата. Фактор удерживание R (%) определялся по формуле:

$$R = \left(1 - \frac{C_p}{C_0}\right) \cdot 100 \quad (2)$$

где C_p – концентрация красителя в пермеате, C_0 – концентрация красителя в исходном растворе. При переходе к другому растворителю мембрана заменялась на новую.

2.4 Электронная микроскопия

Морфология мембран исследовалась с помощью растровой электронной микроскопии на приборах JSM-35C (Jeol, Япония) и Jeol FE-SEM JSM 6400-F.

2.5 Нанопермпометрия

Оценка распределения транспортных пор по размерам в селективном слое ПАИ-ДФФИ мембран выполнялась с использованием нанопермпометра TNF-WH3 (Seika Corporation, Japan) [15], который входит в состав стенда анализа пористой структуры мембран, созданный в ассоциации делового сотрудничества в области передовых комплексных технологий «АС-ПЕКТ» в рамках Федеральной целевой научнотехнической программы (Государственный контракт № 02.431.11.7002 от 10 ноября 2005г.).

Мембраны предварительно помещались в сушильный шкаф для удаления воды и других веществ, способных сорбироваться или конденсироваться в порах мембраны. Активная площадь мембраны в ячейке составляла $5,72$ см². Температура ячейки во время экспериментов поддерживалась на уровне $35,1 \pm 0,1$ °С. В качестве конденсирующегося компонента и газаносителя были использованы гексан и гелий,

соответственно. В ходе эксперимента измерялась проницаемость гелия через мембрану при изменении относительного давления паров гексана в гелии. Давление над мембраной поддерживалось постоянным в течение всего измерения, при этом относительное давление паров гексана ступенчато повышалось. Измерение заканчивалось, когда все транспортные поры селективного слоя мембраны оказывались блокированными в результате капиллярной конденсации гексана. Оценка размера пор (так называемый, кельвиновский диаметр) делалась из предположения, что поры имеют цилиндрическую форму и угол смачивания материала мембраны гексаном принимался равным 0.

3. Результаты и их обсуждение

3.1 Структура ПАИ-ДФФИ мембран

Пористая структура асимметричных мембран ПАИ-ДФФИ была изучена методами электронной микроскопии и нанопермпометрии.

На рисунках 2а, 2б и 2в представлены данные электронной микроскопии для асимметричной мембраны ПАИ-ДФФИ в зависимости от

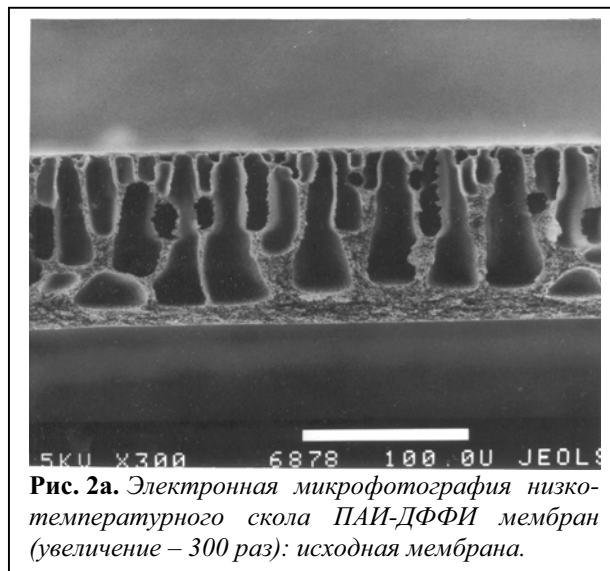


Рис. 2а. Электронная микрофотография низкотемпературного скола ПАИ-ДФФИ мембран (увеличение – 300 раз): исходная мембрана.

предыстории образцов.

Как видно из рис.2а, исходные мембраны на основе ПАИ-ДФФИ имеют асимметричную структуру с характерной пальцеобразной формой пор в подложечном слое, при этом толщина верхнего селективного слоя может быть оценена на уровне 2-3 мкм.

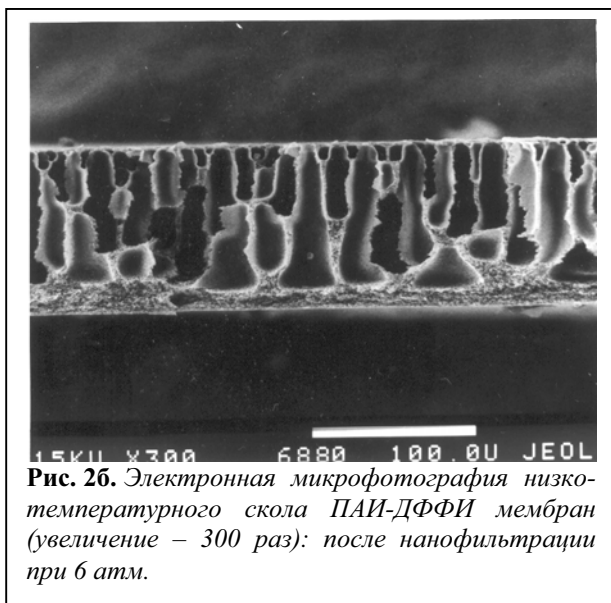


Рис. 2б. Электронная микрофотография низкотемпературного скола ПАИ-ДФФИ мембран (увеличение – 300 раз): после нанофильтрации при 6 атм.

Анализ микрофотографии скола мембраны после нанофильтрации этанола при трансмембранном давлении 6 атм (рис.2б) показывает, что полученные асимметричные мембраны механически стабильны в этом диапазоне рабочих давлений. Однако, увеличение трансмембранного давления до 20 атм приводит к уплотнению мембраны за счет схлопывания пористой струк-

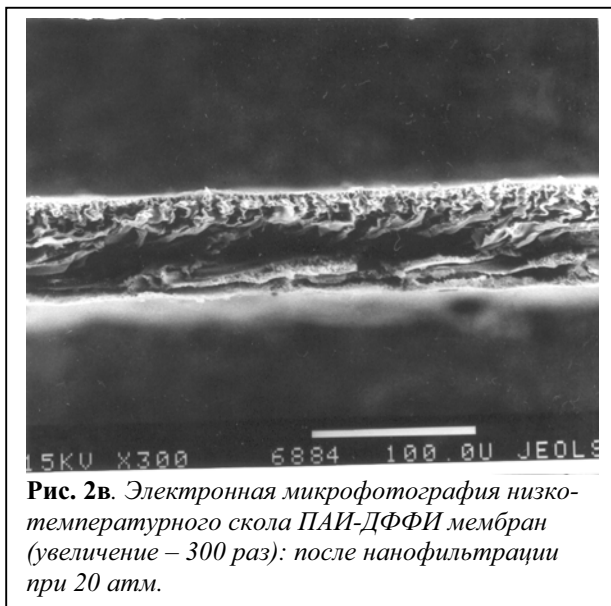


Рис. 2в. Электронная микрофотография низкотемпературного скола ПАИ-ДФФИ мембран (увеличение – 300 раз): после нанофильтрации при 20 атм.

туры, как минимум, в подложечном слое (рис.2в) с одновременным резким падением проницаемости растворителя через мембрану.

Как отмечалось выше, полученные мембраны ПАИ-ДФФИ характеризуются наличием тонкого селективного слоя, который является ключевым компонентом эксплуатационных ха-

рактеристик мембраны. Анализ структуры этого слоя на фоне пористой подложки асимметричной мембраны является чрезвычайно сложной задачей.

До настоящего времени ртутная порометрия и низкотемпературная адсорбция азота остаются самыми распространенными методами для изучения распределения пор по размерам в разнообразных пористых средах. Однако, в случае асимметричных мембран эти методы не столь эффективны по нескольким причинам, самой главной из которых является то, что с помощью этих методов не представляется возможным выделить транспортные поры из всех пор селективного слоя. Кроме того, классическими методами невозможно определить дефекты, соизмеримые с размерами транспортных пор, которые могут существенно снижать разделительные характеристики мембран.

Весьма эффективным инструментом для анализа транспортных пор нанометрового диапазона в различных мембранах является нанопермпорометр TNF-WH3. На рис.3 представлена полученная с помощью этого прибора дифференциальная кривая распределения транспортных пор по размерам для мембраны ПАИ-ДФФИ.

Следует отметить, что определение диаметра пор нанометрового диапазона с использованием уравнения Кельвина может рассматриваться как весьма приближенная оценка этой величины. Кроме того, в расчетах не делалась поправка на толщину адсорбционного слоя гек-

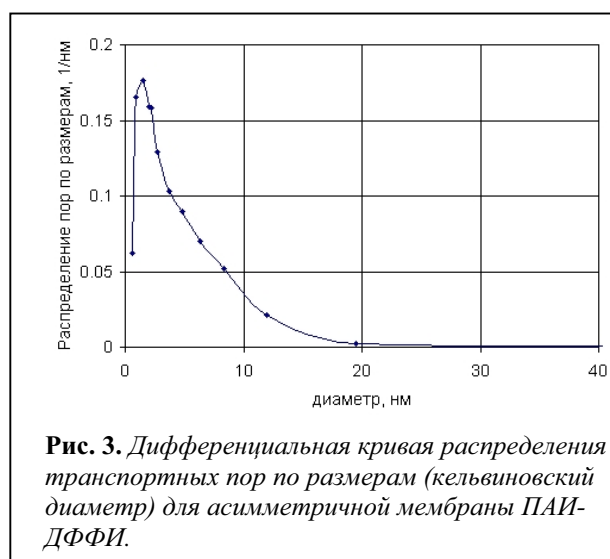


Рис. 3. Дифференциальная кривая распределения транспортных пор по размерам (кельвиновский диаметр) для асимметричной мембраны ПАИ-ДФФИ.

сана (*t*-слой). Тем не менее, из данных нанопермпометрии (рис.3) можно заключить, что в селективном слое асимметричной мембраны ПАИ-ДФФИ имеются наноразмерные транспортные поры. Распределение транспортных нанопор по размерам имеет мономодальный характер, причем максимум приходится на значения кельвиновского диаметра порядка 1,5 нм. Видно, что кривая распределения пор по размерам стремится к нулю, то есть все транспортные поры селективного слоя мембраны могут быть заблокированы в результате капиллярной конденсации гексана. Это свидетельствует об отсутствии сквозных дефектов в селективном слое мембраны, диаметр которых превышает приблизительно 50 нм.

3.2 Наночистка

Как отмечалось выше в разделе 2.3, все мембраны предварительно подвергались кондиционированию в этаноле до достижения стационарного режима проницаемости растворителя. На рис.4 представлены типичные результаты кондиционирования образца мембраны ПАИ-ДФФИ.

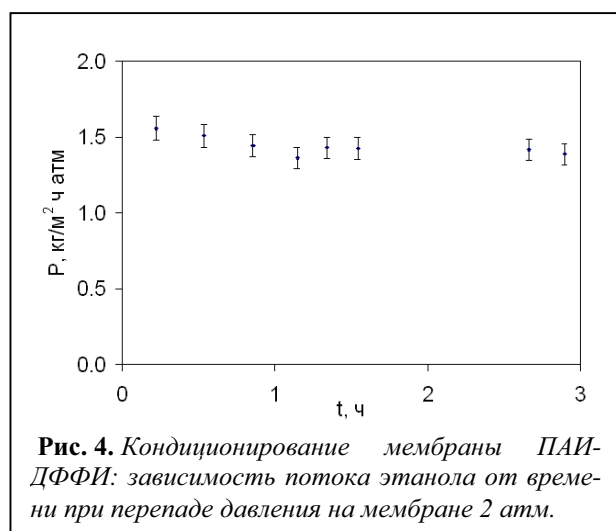


Рис. 4. Кондиционирование мембраны ПАИ-ДФФИ: зависимость потока этанола от времени при перепаде давления на мембране 2 атм.

Видно; что стационарный режим проницаемости устанавливается приблизительно через 2 часа. При изменении трансмембранного давления в диапазоне 0-6 атм наночисточные мембраны ПАИ-ДФФИ демонстрировали линейную зависимость потока исследованных растворителей (метанола, этанола и ацетона) от приложенного давления, то есть закон Дарси выполнялся в этом диапазоне давлений.

Наночисточные характеристики асимметричных мембран ПАИ-ДФФИ измерялись в экспериментах по разделению растворов модельного красителя (Ремазол Бриллиантовый Синий Р) в различных растворителях (метанол, этанол, ацетон и гексан). В таблице 1 представлены данные по проницаемости растворителя и удерживанию красителя.

Растворитель	Проницаемость, кг/м²·ч·атм	Удерживание, %
Метанол	3,4	96
Этанол	1,4	90
Ацетон	5,5	84

Табл. 1. Наночисточные характеристики асимметричной мембраны ПАИ-ДФФИ: проницаемость растворителя и удерживание красителя Ремазол Бриллиантовый Синий Р при давлении 2 атм.

Видно, что при переходе от метанола к этанолу проницаемость через гидрофильную мембрану ПАИ-ДФФИ снижается более чем в 2 раза. Во-первых, при переходе от метанола к этанолу вязкость жидкости увеличивается вдвое (метанол – 0,55 сП; этанол – 1,10 сП), что, очевидно, ухудшает гидродинамические характеристики растворителя. Во-вторых, метанол является более полярным растворителем, чем этанол, что является более предпочтительным для гидрофильного материала ПАИ-ДФФИ.

В случае ацетона можно предположить, что растворитель изменяет структуру селективного слоя, что сопровождается увеличением производительности и незначительным падением удерживания красителя. Снижение селективности наночисточного разделения в ряду метанол, этанол и ацетон может быть объяснено снижением эффективного размера задерживаемой частицы в результате уменьшения эффекта сольватации красителя молекулами растворителя, потому что в этом же ряду снижается склонность растворителя к образованию водородных связей. Эксперименты по течению гексана показали, что гидрофильные асимметричные мембраны ПАИ-ДФФИ практически не проницаемы для гексана в исследованном диапазоне давлений (проницаемость гексана равна 0,02 кг/м²·ч·атм при 6 атм).

3.3 Сравнительный анализ

В этой части работы проведен сравнительный анализ нанофильтрационных характеристик ПАИ-ДФФИ мембран с существующими зарубежными промышленными мембранами. Критериями отбора промышленных мембран являлось:

- 1) применение в нанофильтрации органических сред (стабильность в органических растворителях);
- 2) отсечение в районе 80-90% для молекул с молекулярной массой порядка 600-800 Дальтон.

В результате анализа мировой литературы по нанофильтрации неводных сред (132 публикации) были выбраны пять промышленных мембран для дальнейшего сравнения. Характеристики выбранных промышленных мембран представлены в *таблице 2*.

Мембрана	Производитель	Отсечение, Дальтон	Селективный слой
MPF-44	Koch	250	Гидрофильный
MPF-50	Koch	700	Гидрофобный
Membrane D	Osmonics	-	Гидрофобный
Desal-5-DK	Osmonics	180-300	Гидрофильный
N30F	Celgard	400	Гидрофильный

Табл. 2. Краткая информация по промышленным нанофильтрационным мембранам.

Большинство нанофильтрационных мембран поставляется в консервирующих жидких средах с целью сохранения структуры селективного слоя. Например, мембраны MPF-50 поставляются в 50%-ном водном растворе этанола. Для ряда гидрофильных мембран для этих целей часто используются водные растворы глицерина и диолов. Важно отметить, что параметры проницаемость/удерживание при нанофильтрации органических сред сильно зависят от предыстории образца мембраны. Авторы работы [17] изучали эффект подготовки мембран MPF-серии (гидрофобные и гидрофильные) на их транспортные характеристики. Было обна-

ружено, что проницаемость этанола через мембраны в 1,5 раза выше, когда концентрация этанола поэтапно повышалась с 50% до 100% с шагом в 10% по сравнению с тем, когда концентрация этанола постепенно снижается до 0% с последующим увеличением до 100% с тем же шагом. К сожалению, в цитируемой работе не приводятся данные по удерживанию, которые могли бы дать более полную оценку структурным изменениям в селективном слое. Стоит отметить, что такая существенная разница в проницаемости этанола была получена для мембран в ходе одного исследования, когда подготовка образца контролировалась и протоколировалась. При сравнении же разных научных публикаций проницаемость для одной и той же мембраны может отличаться в несколько раз. Так, например, данные по проницаемости этанола для мембран MPF-50 колеблются от 0,9 кг/м²·ч·атм [18] до 5,1 кг/м²·ч·атм [19]. При этом удерживание молекул с молекулярной массой одного порядка существенно различается: 54% (624 Дальтон) и 1,4% (531 Дальтон), соответственно. Поэтому при работе с литературой принимались во внимание только те работы, в которых наряду с данными по проницаемости были приведены данные и по удерживанию.

В *таблицах 3-5* приведены обобщенные данные по проницаемости растворителей (пересчитаны в единицах кг/м²·ч·атм) и удерживанию модельных соединений в метаноле, этаноле и ацетоне для промышленных мембран MPF-44, MPF-50, Membrane D, Desal-5-Dk и N30F. В *таблицах* также представлены некоторые параметры модельных соединений – молекулярная масса и заряд (отрицательный, положительный или нейтральный). В *таблицах* также приводятся нанофильтрационные характеристики ПАИ-ДФФИ мембран.

Литературные данные, представленные в *таблицах 3-5*, еще раз подчеркивают то, что нанофильтрационные характеристики мембран, которые получены в водных средах, существенно изменяются при переходе к нанофильтрации неводных сред. Это, в первую очередь, связано со стабильностью мембранного материала и тех структурных изменениях, которые возникают при эксплуатации в среде органических растворителей. Так, например, в среде этанола удер-

Мембрана	R, кг/м ² ·ч·атм	Удерживаемый компонент	ММ	Заряд	R, %	Ссылка
MPF-44	1,5	Эусолекс	228	0	52	18
	1,5	2,2-метилен-(6-терт-бутил-4-метил-фенол)	341	0	30	18
	1,5	Виктория Синий	506	n	72	18
	1,5	DL-а-токоферол сукцинат	531	0	41	18
	1,5	Бромотимол Синий	624	-/0	61	18
	1,5	Эритрозин Б	880	-	93	18
	0,2	Соевый диадизин	416	0	71,9	20
	0,3	Сафранин О (0,01масс.%)	350,8	+	67,6	21
	0,2	Сафранин О (1,0масс.%)	350,8	+	93,5	21
	0,3	Бриллиантовый Синий Р (0,01масс.%)	826	+/-	94,8	21
	0,1	Бриллиантовый Синий Р (1,0масс.%)	826	+/-	99,7	21
	0,3	Витамин В ₁₂ (0,01масс.%)	1355,4	+/-	98,8	21
	0,3	Оранжевый II	350	-	88	22
	0,3	Сафранин О	350	+	92	22
0,2	Сольвент Синий 35	350	0	85	22	
MPF-50	2,0	Эусолекс	228	0	4	18
	2,0	2,2-метилен-(6-терт-бутил-4-метил-фенол)	341	0	28	18
	2,0	Виктория Синий	506	n	67	18
	2,0	DL-а-токоферол сукцинат	531	0	21	18
	2,0	Бромотимол Синий	624	-/0	87	18
	2,0	Эритрозин Б	880	-	97	18
	1,0	Кристалл Фиолетовый	408	+	89	20
	1,1	Кислотный Синий 25	411	-	89,1	20
	1,1	Соевый диадизин	416	0	84,2	20
	1,1	Соевый диадизин	416	0	82,7	20
	1,5	Тетраоктиламмоний бромид	547	+	96	23
	4,9	Раффиноза	504	0	65	24
	0,8	Сафранин О (0,01масс.%)	350,8	+	5,6	21
	0,2	Сафранин О (1,0масс.%)	350,8	+	6,0	21
	0,8	Бриллиантовый Синий Р (0,01масс.%)	826	+/-	73,8	21
	0,2	Бриллиантовый Синий Р (1,0масс.%)	826	+/-	89,8	21
	0,2	Витамин В ₁₂ (0,01масс.%)	1355,4	+/-	89,0	21
0,8	Витамин В ₁₂ (1,0масс.%)	1355,4	+/-	89,5	21	
Desal-5-DK	0,4	Эусолекс	228	0	75	18
	0,4	2,2-метилен-(6-терт-бутил-4-метил-фенол)	341	0	94	18
	0,4	Виктория Синий	506	n	75	18
	0,4	DL-а-токоферол сукцинат	531	0	62	18
	0,4	Бромотимол Синий	624	-/0	82	18
	0,4	Эритрозин Б	880	-	99	18
	1,0	Кристалл Фиолетовый	408	+	67,9	20
	1,2	Кислотный Синий 25	411	-	67,5	20
	1,1	Соевый диадизин	416	0	70,8	20
	1,9	Оранжевый II	350	-	54	22
1,2	Сафранин О	350	+	60	22	
1,0	Сольвент Синий 35	350	0	49	22	
Membrane D	0,7	Sudan IV	384	n	-20	26
D	0,7	Fast green FCF	800	+/-	98	26
N30F	7,3	Раффиноза	504	n	8	24
ПАИ-ДФФИ	3,4	Ремазол Бриллиантовый Синий Р	626,5	-	96	Данная работа

Табл. 3. Сравнение нанофильтрационных характеристик созданных и промышленных мембран (проницаемость/удерживание). Растворитель – метанол.

Мембрана	P, кг/м ² ·ч·атм	Удерживаемый компонент	ММ	Заряд	R, %	Ссылка
MPF-44	1,1	Эусолекс	228	0	7	18
	1,1	2,2-метилен-(6-tert-бутил-4-метил-фенол)	341	0	3	18
	1,1	Виктория Синий	506	n	68	18
	1,1	DL-а-токоферол сукцинат	531	0	4	18
	1,1	Бромотимол Синий	624	-/0	-	18
	1,1	Эритрозин Б	880	-	92	18
	0,04	Соевый диадизин	416	0	44,4	20
	0,8	2,2-метилен-(6-tert-бутил-4-метил-фенол)	340	0	0	19
	0,8	DL-а-токоферол сукцинат	531	0	8,8	19
MPF-50	0,8	Эусолекс	228	0	0	18
	0,8	2,2-метилен-(6-tert-бутил-4-метил-фенол)	341	0	18	18
	0,8	Виктория Синий	506	n	89	18
	0,8	DL-а-токоферол сукцинат	531	0	18	18
	0,8	Бромотимол Синий	624	-/0	54	18
	0,8	Эритрозин Б	880	-	92	18
	0,7	Соевый диадизин	416	0	86,4	20
Desal-5-DK	0,2	Эусолекс	228	0	16	20
	0,2	2,2-метилен-(6-tert-бутил-4-метил-фенол)	341	0	13	20
	0,2	Виктория Синий	506	n	63	20
	0,2	DL-а-токоферол сукцинат	531	0	10	20
	0,2	Бромотимол Синий	624	-/0	10	20
	0,2	Эритрозин Б	880	-	79	20
	1,2	Раффиноза	504	0	20	24
	1,3	Раффиноза	504	0	20	25
Membrane D	0,3	Sudan IV	384	n	-5	26
	0,3	Fast green FCF	800	+/-	92	26
N30F	2,0	Раффиноза	504	n	8	24
	3,3	2,2-метилен-(6-tert-бутил-4-метил-фенол)	340	0	8,7	19
	3,3	DL-а-токоферол сукцинат	531	0	18,4	19
ПАИ-ДФФИ	1,4	Ремазол Бриллиантовый Синий Р	626,5	-	90	Данная работа

Табл. 4. Сравнение нанофильтрационных характеристик созданных и промышленных мембран (проницаемость/удерживание). Растворитель – этанол.

живание модельного красителя Виктория Синий (506 Дальтон) ниже для гидрофильной мембраны MPF-44 (68%) по сравнению с гидрофобной мембраной MPF-50 (89%), несмотря на то, что по данным производителя мембран значения отсека для обоих типов мембран составляет 250 и 700 Дальтон, соответственно. Такое отли-

чие связано с тем, что приводимые производителями характеристики по величинам отсека для гидрофильных мембран получают по удерживанию нейтральных молекул (например, глюкозы) в водных растворах, что часто не соответствует реальным значениям, получаемым в органических растворителях.

Мембрана	P, кг/м ² ·ч·атм	Удерживаемый компонент	ММ	Заряд	R, %	Ссылка
MPF-44	0,5	Эусолекс	228	0	25	18
	0,5	2,2-метилен-(6-tert-бутил-4-метил-фенол)	341	0	15	18
	0,5	Виктория Синий	506	n	27	18
	0,5	DL-а-токоферол сукцинат	531	0	21	18
	0,5	Бромотимол Синий	624	-/0	9	18
	0,5	Эритрозин Б	880	-	84	18
MPF-50	1,7	Эусолекс	228	0	6	18
	1,7	2,2-метилен-(6-tert-бутил-4-метил-фенол)	341	0	31	18
	1,7	Виктория Синий	506	n	73	18
	1,7	DL-а-токоферол сукцинат	531	0	48	18
	1,7	Бромотимол Синий	624	-/0	70	18
	1,7	Эритрозин Б	880	-	93	18
	0,7	Соевый диадизин	416	0	72	20
ПАИ-ДФФИ	5,5	Ремазол Бриллиантовый Синий Р	626,5	-	84	Данная работа

Табл. 5. Сравнение нанофильтрационных характеристик созданных и промышленных мембран (проницаемость/удерживание). Растворитель – ацетон.

Явными преимуществами полученных в ходе данной работы асимметричных мембран на основе ПАИ-ДФФИ является то, что проницаемость растворителей метанол, этанол и ацетон выше более чем в 1,5 раза, по сравнению с пятью выбранными зарубежными промышленными аналогами. Более того, в большинстве случаев селективность нанофильтрационного разделения через ПАИ-ДФФИ мембраны выше, чем для промышленных образцов мембран. Очевидно, что для более детального сравнения характеристик мембран необходимы данные по нанофильтрационному разделению широкого круга модельных соединений, которые бы отличались по размеру и наличию заряда, а также временные зависимости параметров проницаемость-удерживание.

На сегодняшний день одним из явных недостатков ПАИ-ДФФИ мембран является их относительно низкая механическая стабильность при эксплуатации при высоких давлениях (20-30 атм) из-за рыхлой структуры подложечного слоя. Возможными путями решения этой проблемы являются дальнейшая оптимизация условий формирования асимметричных мембран с

целью снижения размеров макропор с одновременным сохранением нанопористой структуры селективного слоя, а также использование армирующих нетканых подложек при формировании мембран. Это позволит увеличить механическую прочность мембран при сохранении их высоких нанофильтрационных характеристик.

4. Выводы

Получены лабораторные образцы новых асимметричных мембран на основе полиамидоимида ПАИ-ДФФИ для нанофильтрации органических (неводных) сред. Селективный слой мембран (толщина приблизительно 2 нм) имеет нанопористую структуру с мономодальным распределением транспортных пор по размерам, при этом максимум приходится на значения кельвиновского диаметра порядка 1,5 нм.

Проницаемость метанола, этанола и ацетона приблизительно в 1,5 раза выше аналогичных характеристик промышленных нанофильтрационных мембран при высоких значениях удерживания модельного красителя Ремазол Бриллиантовый Синий Р (626,5 Дальтон): 96% в метаноле, 90% в этаноле и 84% в ацетоне.

Полученные мембраны ПАИ-ДФФИ сохраняют стабильные нанофильтрационные характеристики в диапазоне рабочих давлений 0-6 атм. При увеличении трансмембранного давления до 20 атм происходит уплотнение мембран

в результате схлопывания пористой структуры подложечного слоя с одновременным резким падением проницаемости органических растворителей через мембрану.

5. Литература

1. L.S. White and A.R. Nitsch. Solvent recovery from lube oil filtrates with a polyimide membrane. // *J. Membr. Sci.* **179** (2000), 267-274
2. D. Nair, J.T. Scarpello, L.S. White, L.M. Freitas dos Santos, I.F.J. Vankelecom and A.G. Livingston. Semi-continuous nanofiltration-coupled Heck reactions as a new approach to improve productivity of homogeneous catalysts. // *Tetrahedron Lett.* **42** (2001), 8219-8222
3. K. De Smet, S. Aerts, E. Ceulemans, I.F.J. Vankelecom and P.A. Jacobs. Nanofiltration-coupled catalysis to combine the advantages of homogeneous and heterogeneous catalysis. // *Chem. Commun.* 2001, 597 - 598
4. S. Aerts, A. Buekenhoudt, H. Weyten, L.E.M. Gevers, I.F.J. Vankelecom and P.A. Jacobs. The use of solvent resistant nanofiltration in the recycling of the Co-Jacobsen catalyst in the hydrolytic kinetic resolution (HKR) of epoxides. // *J. Membr. Sci.* **280** (2006) 245-252
5. J. T. Scarpello, D. Nair, L. M. Freitas dos Santos, L. S. White and A. G. Livingston. The separation of homogeneous organometallic catalysts using solvent resistant nanofiltration. // *J. Membr. Sci.* **203** (2002), 71-85
6. H.P. Dijkstra, G.P.M. Van Klink and G. Van Koten. The use of ultra- and nanofiltration techniques in homogeneous catalyst recycling. // *Acc. Chem. Res.* **35** (2002), 798-810
7. J.R. Kwiatkowski and M. Cheryan. Recovery of corn oil from ethanol extracts of ground corn using membrane technology. // *J. Am. Oil Chem. Soc.* **82** (2005), 221-227
8. J.R. Kwiatkowski and M. Cheryan. Performance of Nanofiltration Membranes in Ethanol. *Sep. Sci. Tech.* **40** (2005), 2651 - 2662
9. B.M. Bhosle, R. Subramanian, K. Ebert. Deacidification of model vegetable oils using polymeric membranes. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **107** (2005), 746 - 753
10. D.F. Stamatiadis, N. Stafie, K. Buadu, M. Hempenius and M. Wessling. Observations on the permeation performance of solvent resistant nanofiltration membranes. *J. Membr. Sci.* **279** (2006), 424-433
11. A.V. Volkov, D.F. Stamatiadis, V.S. Khotimsky, V.V. Volkov, M. Wessling and N.A. Plate. Poly[1-(trimethylsilyl)-1-propyne] as a solvent resistance nanofiltration membrane material. *J. Membr. Sci.* **281** (2006), 351-357
12. В.А. Гусинская, М.М. Котон, Т.В. Батракова, К.А. Ромашкова. ВМС, А, 1976, Т. 18, № 12, С. 2681
13. С.В. Кононова, Ю.П. Кузнецов, К.А. Ромашкова, В.В. Кудрявцев. Асимметричные мембраны на основе поли(дифенилоксидамино-N-фенилфталальимид)а: взаимосвязь условий формирования и структуры. ВМС, В, принята в печать
14. Kai Fischer and Michael Wilken. Experimental determination of oxygen and nitrogen solubility in organic solvents up to 10 MPa at temperatures between 298 K and 398 K. *J. Chem. Thermodynamics.* **33** (2001), 1285-1308
15. M. Nomura, H. Aida, S. Gopalakrishnan, T. Sugawara, S. Nakao, S. Yamazaki, T. Inada and Y. Iwamoto. Steam stability of a silica membrane prepared by counterdiffusion chemical vapor deposition. *Desalination* **193** (2006), 1-7
16. Bart Van der Bruggen, Jeroen Geens, Carlo Vandecasteele. Influence of organic solvents on the performance of polymeric nanofiltration membranes. *Sep. Sci. Tech.* **37** (2002), 783-797
17. Eliza M. Tsui and Munir Cheryan. Characteristics of nanofiltration membranes in aqueous ethanol. *J. Membr. Sci.* **237** (2004), 61-69
18. J. Geens, K. Boussu, C. Vandecasteele and B. Van der Bruggen. Modelling of solute transport in non-aqueous nanofiltration. *J. Membr. Sci.* **281** (2006), 139-148
19. B. Van der Bruggen, J. Geens and C. Vandecasteele. Fluxes and rejections for nanofiltration with solvent stable polymeric membranes in water, ethanol and n-hexane. *Chem. Eng. Sci.* **57** (2002), 2511-2518
20. Yanyan Zhao and Qipeng Yuan. A comparison of nanofiltration with aqueous and organic solvents. *J. Membr. Sci.* **279** (2006), 453-458
21. J.A. Whu, B. C. Baltzis and K. K. Sirkar. Nanofiltration studies of larger organic microsolute in methanol solutions. *J. Membr. Sci.* **170** (2000), 159-172
22. X. J. Yang, A. G. Livingston and L. Freitas dos Santos. Experimental observations of nanofiltration with organic solvents. *J. Membr. Sci.* **190** (2001), 45-55
23. Pedro Silva, Shejiao Han and Andrew G. Livingston. Solvent transport in organic solvent nanofiltration membranes. *J. Membr. Sci.* **262** (2005), 49-59
24. J. Geens, K. Peeters, B. Van der Bruggen and C. Vandecasteele. Polymeric nanofiltration of binary water-alcohol mixtures: Influence of feed composition and membrane properties on permeability and rejection. *J. Membr. Sci.* **255** (2005), 255-264
25. Bart Van der Bruggen, Johannes C. Jansen, Alberto Figoli, Dimitri Van Baelen, Enrico Drioli, and Carlo Vandecasteele. Determination of Parameters Affecting Transport in Polymeric Membranes: Parallels between Pervaporation and Nanofiltration. *J. Phys. Chem. B* **108** (2004), 13273-13279
26. D. Bhanushali, S. Kloos and D. Bhattacharyya. Solute transport in solvent-resistant nanofiltration membranes for non-aqueous systems: experimental results and the role of solute-solvent coupling. *J. Membr. Sci.* **208** (2002), 343-359

Работа выполнена в рамках Федеральной целевой научно-технической программы по тематике "Новые нанопористые материалы и мембраны для фильтрации органических сред" (Государственный контракт № 02.434.11.2013 от 12 апреля 2005 г.).

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОСЛОЙНОГО ФИЛЬТРОВАНИЯ ВОДЫ

В.И. Федоренко

ВНИИ Пищевой Биотехнологии РАСХН, г. Москва

В работе обобщен технологический опыт и намечены основные направления повышения эффективности многослойного фильтрования. Систематизированы основные группы загрязнений, определяющих мутность и цветность природных вод; приведен краткий обзор существующего рынка коагулянтов и флокулянтов и сопоставлены их свойства; рассмотрены механизм и основные технологические особенности многослойного фильтрования. В частности, охарактеризованы два способа повышения эффективности многослойного фильтрования: многослойное фильтрование с контактной коагуляцией и улучшение фильтрующих характеристик зернистых слоев. Наибольшая эффективность многослойного фильтрования достигается при такой комбинации коагулянт/флокулянт, которая обеспечивает высокую скорость хлопьеобразования с хлопьями средних размеров и высокой плотностью.

Ключевые слова: Многослойное фильтрование, мутность, цветность, коагулянты, контактная коагуляция.

Paper summarizes technological experience and outlines general ways of improving efficiency of multilayer filtration process. Basic natural water turbidity and color impurities classification, brief review of current market of coagulant and flocculants as well as comparison of their properties, process and basic technical characteristics of multilayer filtration was discussed. There are two ways to increase efficiency of multimedia filtration: multimedia filtration with contact coagulation and improvement of filtering characteristics of granular layers. The greatest efficiency of MM filtering is reached at such a coagulant/floculant combination and ratio, which provide high coagulation speed, and flocks of average sizes and high density.

Keywords: Multimedia filtration, turbidity, chromaticity, coagulant, contact coagulation.

1. Введение

Одним из наиболее эффективных современных способов осветления воды является ее фильтрование через слои зернистых фильтрующих материалов с различными физико-химическими свойствами. Многослойное (ММ) фильтрование – типичный пример напорного объемного фильтрования с задержанием примесей в капиллярно-пористой структуре зернистых материалов различной структуры [1]. Рейтинг ММ фильтрования ~10 мкм, что вполне соответствует требованиям к фильтрам первичного осветления в составе различных систем водоподготовки. Если мутность исходной воды больше 3,0 мг/л, то система водоподготовки должна начинаться с ММ фильтрования. Однако для осветления вод с высоким содержанием загрязнений во взвешенном состоянии рейтинг фильтрования должен быть не более 1-2 мкм, т.е. на верхнем уровне микрофильтрации. Исследования по повышению эффективности ММ фильтрования проводились нами по двум направлениям:

- 1) ММ фильтрование с контактной коагуляцией;
- 2) улучшение фильтрующих характеристик зернистых слоев с реализацией механизма глубокого и поверхностного фильтрования.

В природных водах во взвешенном состоянии могут находиться частицы ила и глины, гидроокиси железа, марганца и алюминия, соединения кремния. Органические вещества, такие как: планктон, колонии микрофлоры, полисахариды в виде фибриллярных коллоидов, слизи и клейких веществ, протеины, лигнины. Вещества гумусового происхождения в виде органоминеральных комплексов, образующиеся в результате естественного биораспада растительного и животного происхождения или поверхностного стока с сельскохозяйственных угодий.

2. Загрязнения, определяющие мутность и цветность природных вод

Мутность (М) и цветность природных вод, в основном, определяются наличием коллоидных примесей с очень малыми размерами и очень низкой скоростью седиментации, для которых

силы диффузии преобладают над силами тяжести. Большая удельная поверхность коллоидных частиц с большим соотношением поверхность/объем определяет их высокую поверхностную энергию и адсорбционную способность к свободным ионам. В результате поглощения ионов, их поверхность приобретает заряд, при этом сильнее сорбируются те ионы, которые больше снижают поверхностную энергию твердой частицы. Вследствие электростатического притяжения, находящиеся в растворе противоионы группируются у заряженной поверхности, образуя коллоидные частицы. В некоторых случаях заряд коллоидных частиц определяется не адсорбцией ионов из раствора, а диссоциацией поверхностного слоя самой частицы, как например - при образовании коллоидной кремниевой кислоты: молекулы SiO_2 в водной среде образуют кремневую кислоту H_2SiO_3 , отрицательный заряд которой обусловлен диссоциацией ее молекул. Таким образом, устойчивость коллоидных частиц зависит как от адсорбционных, так и от электрокинетических явлений на ее поверхности и определяется величиной их электрокинетического или дзетта потенциала. Одноименная поляризация коллоидных частиц обуславливает силы взаимного отталкивания, поэтому коллоидный раствор сохраняет длительную стабильность.

Степень гидрофильности или гидрофобности коллоидных частиц зависит от их молекулярного строения. Гидрофильные коллоиды, как правило, органического происхождения и состоят из молекул с отрицательно заряженными полярными группами типа R-NH₂, R-OH или R-COOH, которые посредством водородных связей удерживают большое количество молекул воды в виде гидратных оболочек. Участвуя в тепловом броуновском движении, гидрофильные частицы диффундируют вместе с гидратной оболочкой - как одно целое. Как правило, у гидрофильных частиц небольшой дзетта потенциал и они определяют цветность воды.

Гидрофобные коллоиды, как правило, минерального происхождения: частицы ила, глины, пылевидные песчинки. Они практически лишены гидратных оболочек, однако обладают значительным дзетта потенциалом за счет большого двойного электрического слоя. Гидрофобные коллоиды определяют мутность воды.

Глинистые и почвенные взвеси состоят в основном из гидратированных алюмосиликатов $x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot y\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Частицы глины состоят из молекул алюмосиликатной кислоты, в которой кислород воды входит в состав аниона, а водород представляет собой катион алюмосиликатной кислоты. В этом случае формула гидроалюмосиликата $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ выглядит как $\text{H}_4\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_9$. Анионы алюмосиликата образуют основу отрицательно заряженных глинистых частиц, окруженных сферой положительных ионов водорода. Величина заряда глинистой частицы и его знак зависят от pH воды, т.к. при повышении концентрации ионов водорода уменьшается диссоциация алюмосиликатной кислоты и количество свободных ионов, определяющих устойчивость коллоидных частиц.

Основной частью органических примесей поверхностных вод, придающих ей цветность, являются гумусовые вещества. Это высокомолекулярные полимеры, содержащие циклические структуры, построенные в форме цепей из повторяющихся звеньев с молекулярной массой от нескольких сотен до нескольких десятков тысяч дальтон. Ядра этих природных полимеров состоят из циклических углеродных цепочек, а боковые цепи – из линейных цепочек углерода с атомами водорода, кислорода и группами NH₂, OH и COOH, которые и определяют их реакционную способность. Благодаря наличию большого количества анионов (COO⁻) гумусовые вещества имеют суммарный отрицательный заряд. В поверхностных водах они находятся в виде гуминовых, ульминовых, галловых и фульво кислот, а также их производных – кремовой и апокреновой кислоты, танинов, лигнинов, пептидов и полисахаридов:

- Гуминовые кислоты ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_6 \cdot n \text{H}_2\text{O}^*$)
- Ульминовые кислоты ($\text{C}_{24}\text{H}_{18}\text{O}_9$)*
- Фульвокислоты (являются растворимой частью гуминовых кислот)
- Галловая кислота (4, 5-тригидроксibenзойная) ($(\text{HO})_3\text{C}_6\text{H}_2\text{COOH}$)

** строение этих кислот окончательно не установлено и по современным данным они представляют собой не химически индивидуальные кислоты, а смесь высокомолекулярных соединений, сходных по составу и свойствам, которые могут трансформироваться одна в дру-*

гую при окислительных и восстановительных процессах [2]. Их молекулярная масса колеблется от 500 до 50000 дальтон. Например, гуминовые кислоты имеют следующий элементарный состав: углерод - 50-62%, водород - 2,8-6,9%, кислород - 31-40%, азот - 2-6%. У фульвокислот ниже содержание углерода и азота и больше содержание кислорода и водорода, основные функциональные группы COO и OH .

Основное отличие фульвокислот - их резко выраженная кислая реакция pH 2,6 - 2,8. В природных водах в истинно растворенном состоянии находятся фульвокислоты и их кислые соли щелочных металлов, а также соли ульминовой кислоты, такие как: $\text{C}_{60}(\text{NH}_4)_6\text{H}_{48}\text{O}_{27}$ и $\text{C}_{60}\text{Ca}_3(\text{NH}_4)_2\text{H}_{46}\text{O}_{27}$. Растворимость гуминовых, ульминовых и галловых кислот зависит от химического состава, температуры и pH воды и при температуре менее 20°C они находятся в коллоидном состоянии. Устойчивость гуминовых соединений к воздействию окислителей и адсорбентов возрастает в ряду: гуминовые кислоты, коллоидные фульвокислоты, растворимые фульвокислоты, растворимые галловые кислоты [3]. Непостоянство состава водного гумуса снижает точность расчетов зернистой засыпки фильтров и снижает эффективность их эксплуатации.

Большинство веществ, обуславливающих мутность природных вод, являются гидрофобными или слабо гидрофильными коллоидами. Гидрофобными являются коллоиды, процесс коагуляции которых большей частью необратим, а осадки обычно не содержат гидратной воды. Гидрофильными являются коллоидные вещества, в которых процессы коагуляции обратимы, а осадки содержат очень много воды.

В изоэлектрической точке, которая определяется величиной pH , дзетта потенциал гидрофобных коллоидов равен нулю, толщина гидратных оболочек минимальна, силы отталкивания тоже минимальны или равны нулю – это оптимальные условия для коагуляции. Чем больше разность между pH среды и pH изоэлектрической точки коллоида, тем больше величина его заряда. Для глины pH изоэлектрической точки около 5, для гуминовых веществ 3,5-4,5, а значение pH большинства природных вод составляет $\sim 6,5-7,5$. В этих условиях гидрофобные коллоиды имеют вы-

сокую устойчивость, величина их дзетта потенциала составляет $\sim 0,05-0,1$ вольт и для их дестабилизации необходимо снизить дзетта потенциал до 0,03 вольт и менее [4].

3. Коагуляция коллоидных загрязнений

Большинство коллоидных частиц в природных водах имеют отрицательный заряд. Его дестабилизация, разрушение диффузного слоя и гидратной оболочки достигается введением электролита с противоположным зарядом, например солей железа и алюминия. Для отрицательно заряженных частиц коагулирующими ионами являются катионы, а для положительно заряженных - анионы.

Сами коагулянты в водной среде гидролизуют, образуя гидрофобные или слабо гидрофильные коллоиды. Поэтому полное представление о поведении коллоидов в процессе коагуляции можно получить только при учете факторов стабильности как гидрофобных, так и гидрофильных коллоидов. Стабильность гидрофильных органических коллоидов практически не изменяется при добавлении электролитов. Гумусовые коллоиды проявляют защитное действие по отношению к глинистым и почвенным суспензиям, коллоидной кремнекислоте, а также к гидроокисям алюминия и железа, образующимся при внесении в воду коагулянтов.

Защитное действие гидрофильных коллоидов заключается в том, что при добавлении к гидрофобным золям, они повышают их устойчивость по отношению к коагулянтам. Адсорбируясь на поверхности гидрофобных частиц, они придают им свойства гидрофильного коллоида. Защита гидрофобных коллоидов, например глинистых частиц гуминовыми веществами, вызывает образование стойких взвесей и существенно замедляет хлопьеобразование.

4. Многослойное фильтрование с контактной коагуляцией

Традиционное ММ фильтрование не позволяет удалять коллоидные загрязнения, особенно органического происхождения, которые могут далее накапливаться на поверхности мембран и анионообменных смол в системах водоподготовки, что приводит к снижению производи-

тельности мембранного и ионообменного оборудования и увеличению эксплуатационных расходов. Наиболее действенным способом повышения эффективности ММ фильтрования природных вод, содержащих взвешенные и коллоидные загрязнения, является их контактная коагуляция, т.е. коагуляция в слое зернистой загрузки ММ фильтра.

Действие коагулянта в воде определяется следующими процессами: коагуляцией, флокуляцией, соосаждением и сорбцией [3]. При внесении в воду коагулянтов происходит их диссоциация на катионы металлов и анионы сильных кислот. Ионы трехвалентных металлов, принимая участие в обмене с одновалентными катионами диффузного слоя коллоидных примесей, способствуют снижению их агрегатной устойчивости, разрушению водородных связей и сжатию диффузного слоя. Таким образом, коагулянты дестабилизируют поверхностный заряд микрочастиц в воде, что приводит к их слипанию в более крупные хлопья.

Катионы металлов достаточно эффективно нейтрализуют отрицательно заряженные коллоидные частицы, при этом трехвалентные ионы на порядок эффективнее двухвалентных. Поэтому соединения трехвалентного железа и алюминия широко используются в качестве коагулянтов. Наиболее распространенные коагулянты - сульфат алюминия или квасцы $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, оксихлорид алюминия $Al_2(OH)_5Cl \cdot 6H_2O$, алюминат натрия $NaAlO_2$, хлорное железо $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, сульфат закиси железа (железный купорос) $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, сернокислое железо $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 2H_2O$, хлорированный железный купорос $Fe_2(SO_4)_3 + FeCl_3$ и смешанные алюмо-железные коагулянты. В воде они образуют малорастворимые хлопьевидные гидроокиси такие, как $Al(OH)_3$ и $Fe(OH)_3$, с положительным зарядом в форме катионов металлов. Взаимодействуя с отрицательно заряженными коллоидными частицами, они дестабилизируют их структурно-пространственное равновесие, адсорбируют содержащиеся в воде взвеси и коллоиды, формируя хлопья.

5. Свойства коагулянтов

Недостатком сульфата алюминия является снижение его эффективности при очистке воды в условиях пониженных температур, вследствие

замедления процесса хлопьеобразования и осаждения гидроокиси алюминия. При $T < +5$ °С алюминиевые квасцы практически теряют свою активность, поэтому температура воды не должна опускаться ниже $+8$ °С. При $+10$ °С практически все коагулянты работают с нормальной эффективностью.

Соли железа обладают лучшими коагулирующими свойствами в широком диапазоне солевого состава, рН и температуры. Их основным недостатком является повышенная кислотность, что приводит к ускоренной коррозии трубопроводов и аппаратуры, поэтому для коррекции рН вместе с коагулянтом дозируется раствор едкого натра или другой щелочи. Максимальная эффективность удаления загрязнений достигается при рН 5,5–6,5.

Неорганические коагулянты в результате гидролиза изменяют физико-химические характеристики обрабатываемой воды такие, как: величина рН и удельная электропроводность. $Me^{3+} + 3H_2O \leftrightarrow Me(OH)_3 + 3H^+$

Коррекция рН осуществляется добавлением кислоты или подщелачивающих реагентов (щелочь, сода, известь). Наиболее распространено подщелачивание известью, т.к. при этом не образуется CO_2 и получается наиболее высокое значение рН воды. Оптимальная для коагуляции величина рН: Al^{3+} 6,0–7,4, Fe^{3+} 5,5–6,5. Эффективность коагуляции примесей воды можно улучшить путем удаления CO_2 продувкой воздухом. Гидроокиси железа и алюминия – эффективные коагулянты, однако их передозировка может привести к повторному расслоению хлопьев с образованием коллоидных частиц противоположного заряда.

Повышение основности коагулянтов, т.е. уменьшение мольного отношения SO_4 , Cl , Al_2O_3 , Fe_2O_3 приводит к уменьшению расхода кислот в процессе их синтеза и, соответственно, к снижению коррозионной активности. Основные соли алюминия и железа - гидроксохлориды и гидроксосульфаты не требуют коррекции рН. Наиболее эффективны высокоосновные коагулянты в системе $Fe_2(SO_4)_3 - Fe(OH)_3 - H_2O$ с содержанием Fe_2O_3 30-35%.

При добавлении к воде коагулянта катионы железа и алюминия образуют малорастворимые гидроокиси в виде цепочек реагента, которые формируют с дестабилизированными коллоид-

ными частицами устойчивые первичные хлопья. На поверхности первичных хлопьев коагулянта адсорбируются примеси воды. В свою очередь, цепочки коагулянта могут прилипать к поверхности крупных примесей, образуя вторичные хлопья. При осаждении они укрупняются, адсорбируя на поверхности отдельные микрочастицы, в том числе органические вещества, обуславливающие привкус, запах и цветность воды. Этот процесс носит название флокуляции

Термины коагулянт и флокулянт часто путают и меняют местами. Коагуляция - это процесс дестабилизации поверхностного заряда взвешенных и коллоидных частиц посредством введения в исходную воду определенных химических веществ - коагулянтов, которые способствуют нарушению равновесия между частицами коллоидного раствора, нейтрализуя их поверхностный заряд. Флокулянты не влияют на поверхностный заряд частиц, но обеспечивают перемещение, контакт и укрупнение дестабилизированных частиц, образуя между ними связующие мостики, что приводит к их укрупнению и образованию на их основе хлопьев (флокул).

В ММ фильтровании с контактной коагуляцией эффективность коагулянтов (флокулянтов) определяется в сравнении с сульфатом алюминия по результатам лабораторных испытаний на трех типах неочищенной воды:

- средняя цветность и средняя мутность,
- высокая цветность и низкая мутность,
- низкая цветность и высокая мутность.

Оптимальной считается доза коагулянта (флокулянта), соответствующая минимальной дозе, необходимой для получения следующего качества очищенной воды:

- мутность < 1,6 мг/л
- цветность < 250 (< 10 НУ*)
- алюминий < 0,2 мг/л
- железо < 0,3 мг/л
- марганец < 0,1 мг/л

* НУ - Hazen Units. Параметр измерения цветности.

Из 12 протестированных неорганических коагулянтов, только полиалюминий хлорид (РАС1), полиалкилалюминий хлорид (РААС1), хлорное железо $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и сернокислое железо $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ были сравнимы по эффективно-

сти и дозировкам с квасцами. Дозировка оксихлорида алюминия $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и алюмината натрия NaAlO_2 для достижения сравнимой эффективности коагуляции и стабилизации рН намного превышает дозировку квасцов.

Наиболее эффективными для осветления вод с низкой цветностью и высокой мутностью являются органические коагулянты т.к. они непосредственно нейтрализуют отрицательно заряженные частицы: polydadmac (четвертичные полиамины), еpi/dma (эпихлоргидрин/диметиламин) и полиакриламид. У них ограниченная способность к снижению цветности, но очень высокая эффективность по снижению мутности. Поэтому их можно рассматривать в качестве альтернативы к квасцам для вод с низкой цветностью.

Неорганические соединения полимеров типа соль-polydadmac сравнимы по эффективности с квасцами и могут использоваться в качестве их альтернативы. Все протестированные катионные полимеры повышают эффективность коагуляции при частичной замене квасцов для вод всех типов. Перед их применением проводится экспериментальное тестирование дозировки, начиная с 1,0 мг/л активного полимера с тем, чтобы окончательная дозировка обеспечивала уровень осветления воды не менее 60% от оптимального уровня осветления, полученного с помощью квасцов. Если в качестве коагулянта используется только электролит, то он должен быть катионным. Если же вода сначала известкуется для осаждения гидроокиси железа или алюминия, то необходимо использовать анионный коагулянт.

6. Свойства флокулянтов

Флокулянты, применяемые в технологии контактной коагуляции, представляют собой высокомолекулярные вещества, ускоряющие процесс хлопьеобразования гидроксидов алюминия или железа, и повышающие эффективность работы ММ фильтров. Высокомолекулярные флокулянты делятся на органические (природные и синтетические) и неорганические, анионного или катионного типа. В качестве природных флокулянтов используются протеины, клеи и желатина, крахмал, агар-агар, неионогенные полисахариды, морские водоросли, гидролизные дрожжи, альгинат натрия и др. Из синтетических ани-

онных флокулянтов широко используется полиакриламид (ПАА), флокулянты типа К-4 и К-6. Катионные флокулянты типа ВА-2, ВА-3, ВА-102, в отличие от ПАА, образуют крупные хлопья без предварительной обработки воды коагулянтами. ПАА хорошо растворим в воде, образуя при гидролизе акриловую кислоту и ее соли. Механизм действия ПАА основан на адсорбции его молекул частицами примесей воды, а также гидроокисями алюминия или железа, образующимися при гидролизе коагулянтов. Хорошую эффективность в процессе ММ фильтрования с контактной коагуляцией показали флокулянты на основе ПАА, не содержащие ПАВ с маркой «Accepta» и «SoliSep»:

- Акцепта 2037, 2038, 2039. Высокомолекулярный катионный полимер. Рекомендуются для осветления природных вод с мутностью до 60 мг/л.
- Акцепта 2040. Высокомолекулярный катионный полимер. Высокая плотность заряда. Не влияет на величину рН. Легко растворяется в воде. Высокая скорость хлопьеобразования.
- Акцепта 204. Катионный полимер со средним молекулярным весом. Рекомендуются для осветления природных вод с высоким содержанием загрязнений органического происхождения и мутностью до 30 мг/л.
- Акцепта 2042. Низкомолекулярный катионный полимер. Высокая плотность заряда. Жидкий дисперсионный. Рекомендуются для дополнительного осветления природных вод после коагуляции.
- Акцепта 2043, 2044. Высокомолекулярный катионный полимер на основе акриламида. Низкая плотность заряда и высокая молекулярная масса. Работает в широком диапазоне рН. Образует хлопья больших размеров. Не слипается с зернистыми материалами.
- Акцепта 2047. Анионный высокомолекулярный латексный эмульсионный сополимер полиакриламида. Рекомендуются для осветления природных вод совместно с минеральными коагулянтами.
- SoliSep MPT150: содержит DADMAC со средней молекулярной массой и катионным зарядом.

- SoliSep MPT100: смесь сульфата железа и катионного полимера. Хорошо удаляет органические загрязнения, в т.ч. нефтепродукты.

Полимерные флокулянты имеют некоторые преимущества, которые невозможно определить при лабораторном тестировании, например при высокой скорости флокуляции они образуют хлопья с большими размерами и плотностью, более прочные, с большой скоростью осаждения, что повышает эффективность их фильтрования. Добавление органических флокулянтов в периоды снижения эффективности минеральных коагулянтов, из-за ухудшения качества исходной воды или из-за снижения ее температуры, позволяет сохранить рабочую скорость фильтрования воды на ММ фильтрах.

Флокулянт ВА-2 представляет собой положительно заряженный полиэлектролит эффективно адсорбирующий отрицательно заряженные коллоидные примеси воды, образуя крупные хлопья. Его можно применять самостоятельно - без минеральных коагулянтов. Гуминовые и фульвокислоты образуют с ВА-2 нерастворимые соединения, т.к. фенольные и гидроксильные группы этих кислот, взаимодействуя с основными группами флокулянта, образуют малодиссоциирующие соли. Применение ВА-2 наиболее эффективно при высокой мутности воды.

Среди неорганических флокулянтов наиболее часто используется активированная кремниевая кислота (АК), которая представляет собой коллоидный раствор поликремневых кислот или их малорастворимых солей. Механизм взаимодействия АК с примесями воды, а также с гидроокислами алюминия и железа основан на взаимной коагуляции противоположно заряженных частиц и их действием на первичные хлопья, образующиеся при введении коагулянта. Препараты АК готовятся непосредственно перед использованием, т. е. они не относятся к стандартным продуктам с определенными свойствами. Наиболее быстрое образование геля АК и его коагуляция происходят при рН 5,5 - при более низком рН процесс замедляется. Активированную кремневую кислоту рекомендуется применять при обработке вод с высокой цветностью и малой мутностью дозами 0,05-5 мг/л. Важным ее преимуществом перед ПАА является более высокая

эффективность при обработке холодной воды и меньшая стоимость.

Смешанный алюмокремниевый коагулянт - флокулянт АККФ содержит сульфат алюминия и растворенную кремнекислоту (2-10% Al_2O_3 и 3-15% SiO_2) обладает высокими осветляющими и сорбционными свойствами при пониженных температурах воды. Эффективно удаляет как взвешенные вещества, так и жировые загрязнения и нефтепродукты.

Катионные полимеры не увеличивают содержание взвешенных веществ, не повышают содержание, не изменяют рН и не усиливают коррозионные свойства воды. Этим они выгодно отличаются от минеральных коагулянтов.

7. Технологические свойства минеральных и органических коагулянтов

Если снижение мутности - главный критерий, по которому оценивается эффективность флокулянта, то катионные полиакриламиды и активный кремнезем будут более эффективными по сравнению с неионогенными и анионными полиакриламидами и латексными эмульсиями.

В водах с низкой (<30 мг/л) и средней (<130 мг/л) мутностью скорость формирования устойчивых хлопьев и плотного осадка у неорганических коагулянтов выше, чем у органических полиэлектролитов. Для поверхностных вод с высокой мутностью (до 300 мг/л и более) или в случае резкого повышения мутности рекомендуется использовать органические полиэлектролиты, однако они дороже неорганических коагулянтов, кроме того при высокой дозировке еpi/dma или polydadmac (более 4,0 мг/л), возможно слипание зернистых частиц фильтрующих слоев ММ фильтра.

Снижение цветности, определяемой растворенными органическими соединениями и гидрофильными коллоидами, более затруднительно, чем снижение гидрофобной минеральной мутности. Цветность воды зависит от ее рН и состава растворенных и коллоидных частиц. Коагулянт должен создавать условия, при которых коллоидное равновесие частиц, определяющих цветность, будет максимально дестабилизировано, обычно это диапазон рН 5,5-7,0; при этом величина щелочности не должна уменьшаться, чтобы обеспечить эффективное

осаждение мутности. Получить высокую эффективность осветления, применяя только неорганические коагулянты затруднительно. Поэтому и технологически, и экономически целесообразно дополнительно инжестрировать небольшое количество органического флокулянта с короткой углеводородной цепочкой, обычно это polydadmac и его производные. Если основным коагулянтом являются квасцы или сернокислое железо, то дополнительное инжестрирование polydadmac должно осуществляться с помощью самостоятельного блока дозирования. Если в качестве основного коагулянта используется любая разновидность PAC1, то ее можно дозировать в смеси с органическими полимерами. Применение флокулянтов улучшает качество фильтрата, увеличивает скорость фильтрования и время фильтроцикла, сокращает расход промывной воды. Целесообразность применения той или иной рецептуры коагулянта/флокулянта должна подтверждаться натурными испытаниями, а их истинная эффективность может быть определена только по эксплуатационным характеристикам ММ фильтров.

Для более эффективного ММ фильтрования необходима такая комбинация коагулянт/флокулянт, которая обеспечит высокую скорость хлопьеобразования с хлопьями средних размеров и высокой плотностью. Хлопья большого размера фильтруются легко, но при этом задействуется только верхняя часть фильтрующего слоя, оставляя большую его часть неиспользованной. Более мелкие хлопья с высокой плотностью также фильтруются хорошо, но при этом используются все фильтрующие слои, что позволяет повысить прозрачность фильтрата и увеличить время фильтроцикла. У быстрогидролизующих коагулянтов самая высокая скорость хлопьеобразования, однако, при этом образуются хлопья с большим разбросом по размеру и низкой прочностью, склонные при механических воздействиях распадаться на мелкодисперсные частицы, которые могут пройти через слои ММ фильтра.

Доза коагулянта для вод разного состава неодинакова и устанавливается путем пробного коагулирования исходной воды. При оптимальной дозе коагулянта образуются крупные, быстро оседающие хлопья и вода становится прозрачной. При ММ фильтровании флокулянты

обычно вводят в поток воды одновременно с коагулянтом. Доза флокулянтов для вод со средней мутностью составляет 0,5-3 мг/л.

Часто для интенсификации процесса коагуляции и обесцвечивания воды, а также для санитизации оборудования применяется предварительное хлорирование исходной воды, при этом доза активного хлора составляет 3-10 мг/л. В этом случае гипохлорит инжeksiруют в поток воды за 1-2 минуты до поступления коагулянта.

Проведение коагуляции в потоке предусматривает высокую интенсивность смешения коагулянта с водой, чтобы обеспечить максимальный контакт коагулянта с частицами загрязнений, т.к. процессы гидролиза, полимеризации и адсорбции протекают менее, чем за 1 сек. Для равномерного и быстрого смешения реагентов с водой их следует вводить в точках наибольшей турбулентности потока. В процессе ММ фильтрования наиболее часто применяются смесители трубчатого типа (рис. 1), которые характеризуются высокой эффективностью перемешивания, однако имеют высокое гидравлическое сопротивление.

Для исключения слипания зернистых материалов при ММ фильтровании с контактной коагуляцией, дозировка соединений алюминия не должна превышать 200 мг/л, крахмала 3 мг/л, альгината натрия 1 мг/л. Средняя доза анионного полиакриламида и его сополимера акриламидакрилата с максимальным содержанием активного

полимера 1 мг/л - не более 0,5 мг/л. Средняя доза катионного полиакриламида полученного сополимеризацией акриламида и четверичных полиакриламидов аммония - до 10 мг/л.

8. Механизм ММ фильтрования с контактной коагуляцией

При использовании воды для питья и технологических целей применение только объемной коагуляции недостаточно, т.к. в осветленной воде еще остается большое количество взвешенных загрязнений. ММ фильтрование с контактной коагуляцией позволяет более эффективно с небольшими удельными энергозатратами удалять из воды микрочастицы величиной 5-7 мкм и более, а также до 99% биозагрязнений даже таких трудноудаляемых, как колонии *Cryptosporidium* (*C. parvum*) (3-5 мкм*) и *Giardia* (*G. lamblia*) (6-8 мкм*), фитотрофные пурпурные серобактерии (4-8 мкм*). Это особенно важно, т.к. обработка воды дезинфектантами малоэффективна против этих загрязнений, и для их удаления обычно применяется микрофильтрация с рейтингом 0,2 мкм и ниже.

**Размеры скоагулировавших частиц, полученные при тестовом фильтровании в лабораторных условиях.*

Процесс контактной коагуляции происходит на поверхности и в капиллярно-пористой структуре фильтрующих слоев ММ фильтра. В процессе контактной коагуляции взаимодействуют частицы, значительно отличающиеся по размерам. Частицы примесей воды имеют микроскопические размеры, а зернистые частицы фильтрующих слоев - макроскопические. Прилипание примесей воды к поверхности зернистых частиц обусловлено действием ван-дерваальсовых сил межмолекулярного притяжения, которые проявляются только при условии движения жидкости, когда частицы примесей воды сближаются с зернами фильтрующей загрузки, преодолев электростатические силы отталкивания [5].

Процесс контактной коагуляции происходит с достаточно высокой скоростью и эффективностью при низких удельных затратах коагулянта. Интенсивность прилипания мелких примесей к относительно крупным зернам загрузки намного превышает скорость агломерации между отдельными частицами в объеме

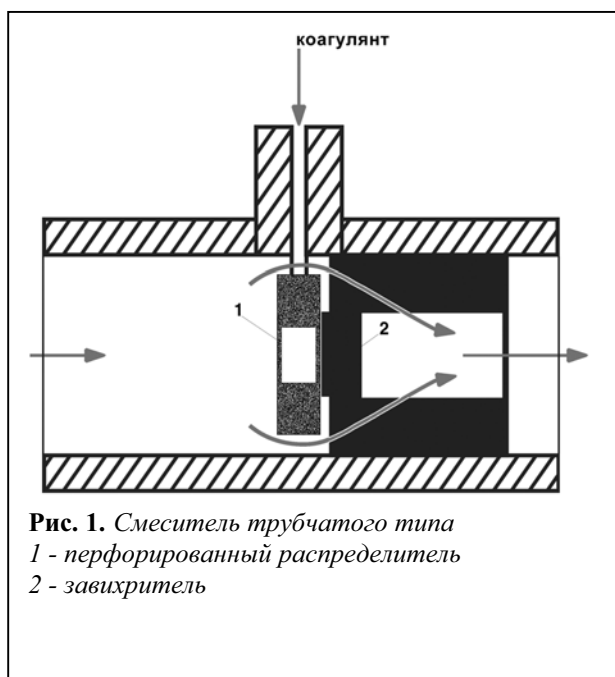
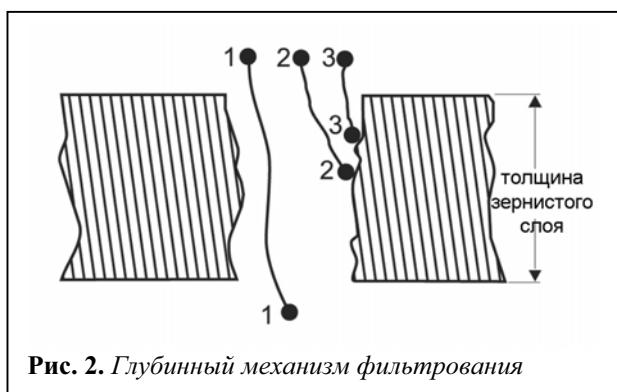


Рис. 1. Смеситель трубчатого типа
1 - перфорированный распределитель
2 - завихритель

жидкости. Контактная коагуляция отличается высокой скоростью процесса и высокой степенью удаления примесей. Так, при фильтровании обработанной коагулянтной воды через слой кварцевого песка фракции 0,42–1,0 мм время осветления составляет 8–10 секунд (при коагуляции в свободном объеме 30–40 минут). За столь короткий промежуток времени в обрабатываемой воде успевают образоваться цепочки первичных хлопьев, которые, за счет когезии на поверхности зернистых частиц, образуют более крупные хлопья. Эффективность контактной коагуляции повышается по мере сокращения временного интервала между вводом коагулянта в обрабатываемую воду и ее поступлением в фильтрующий слой. Практически величина временного интервала определяется эффективностью перемешивания коагулянта в потоке воды. Процесс контактной коагуляции мало зависит от рН и совсем не зависит от температуры и щелочности воды. Однако технологический опыт показывает, что скорость коагуляции глинистых взвесей возрастает при подкислении воды.

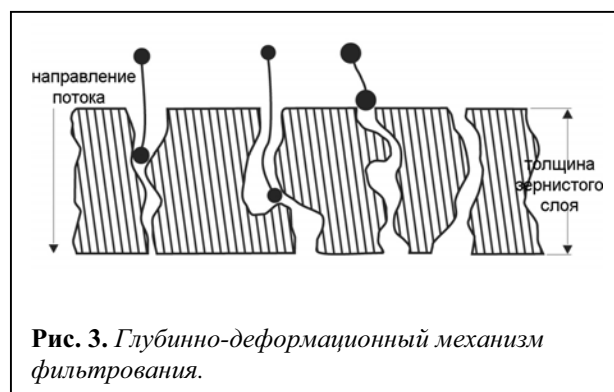
Очистка воды на зернистых фильтрующих слоях обусловлена, в основном, процессами адсорбции на поверхности зернистых фильтрующих материалов и глубинного фильтрования, т.е. удержанием частиц в пористой структуре фильтрующих слоев. При этом большинство отфильтрованных частиц имеют размеры намного меньше, чем размеры пор фильтрующей среды [6]. Механизм ММ глубинного фильтрования наиболее сложный и состоит из нескольких составляющих (рис. 2). При прохождении потока через зернистый слой, некоторые частицы удерживаются на стенках поровых каналов благодаря силам гравитации и адгезии. Эффективность этого механизма задержания



зависит от способа их транспортировки в пористой структуре, т.е. насколько близко движущаяся частица может войти в контакт с неподвижной поверхностью фильтрующего материала. При резком изменении направления потока в пористых каналах под действием сил гравитации и инерции более тяжелые частицы отклоняются от общего направления движения и прикрепляются к стенкам поровых каналов. Коллоидные и взвешенные микрочастицы входят в контакт со стенками поровых каналов преимущественно благодаря силам диффузии. Гидродинамическая составляющая, является функцией формы частиц и определяется различием гидравлического сопротивления различных участков поверхности частицы.

Для зернистых материалов с высокой насыпной плотностью и низким коэффициентом однородности определяющим может быть глубинно-деформационный механизм фильтрования (рис. 3), когда процесс фильтрования начинается с закупорки пор, а на фильтрующей поверхности формируется слой осадка. В течение начального периода фильтрования некоторое количество частиц проходит в зону фильтрата, однако после формирования первичного слоя осадка прозрачность фильтрата резко возрастает. Для таких зернистых слоев характерно уменьшение диаметра по ходу поровых каналов и их высокая извилистость, при этом закупорка пор происходит не на поверхности, а в глубине фильтрующего материала [7].

Практический вклад каждого механизма в процесс фильтрования меняется в зависимости от свойств частиц загрязняющей фазы, засыпки ММ фильтра и условий его эксплуатации.



9. Технологические особенности ММ фильтрования с контактной коагуляцией

Концентрация взвешенных частиц в воде может быть измерена несколькими способами. Для высокой концентрации (300 мг/л и более) обычно используется метод гравиметрии. Это количественный метод прямого измерения, позволяющий определить общее количество суспендированных твердых частиц - TSS (Total Suspended Solids). Для средней (менее 130 мг/л) и низкой (менее 30 мг/л) концентрации твердых частиц точность гравиметрии недостаточна, поэтому используется нефелометрический способ измерения, выраженный в единицах мутности NTU (nephelometric turbidity units), $1 \text{ NTU} = 3,25 \text{ мг/л}$. Поскольку нет прямой зависимости между величиной мутности и TSS, этот метод измерения считается полуколичественным. При очень низком содержании твердых частиц (менее 3 мг/л) точность нефелометрического способа измерения мутности становится недостаточной и вместо него применяется методика SDI индекса, которая была разработана для прогнозирования загрязнения мембран. Этот метод также не коррелируется непосредственно с TSS, поэтому считается полуколичественным. Однако методика SDI индекса имеет практическое значение и достаточно точна для вод с низкими уровнями TSS.

Эффективность ММ фильтрования определяется нефелометрически с помощью мутномеров (турбидиметров) и электронных счетчиков частиц, позволяющих проводить непрерывный мониторинг размера и количества частиц в потоке.

Норматив качества ММ фильтрования с контактной коагуляцией определяется требованиями к воде, поступающей на мембранное разделение или деионизацию (DI). Изготовители мембранных элементов рекомендуют для низконапорных мембранных элементов $\text{SDI} < 4$, для высоконапорных опреснительных элементов ≤ 5 . Для обеспечения безотказной эксплуатации установок обратного осмоса (RO), мы применяем ММ фильтры, позволяющие получать фильтрат с $M < 0,6 \text{ мг/л}$ и $\text{SDI} \leq 3$. Такой уровень очистки воды достаточен для любой системы RO и DI.

Скорость ММ фильтрования зависит от мутности и цветности исходной воды, требуе-

мой прозрачности фильтрата и состава фильтрующих слоев. Качество исходной воды определяется существующим источником водоснабжения и является величиной более или менее постоянной, с учетом сезонных колебаний. Качество фильтрата определяется технологическими требованиями и если изменяется, то, как правило, только в сторону повышения. Поэтому скорость фильтрования в значительной мере определяется составом фильтрующих слоев, правильностью их расчета для ММ фильтров с контактной коагуляцией.

Скорость фильтрования песчаных фильтров, которые засыпаются песком в различных фракциях, до $5,0 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ час}$. Двухслойные фильтры засыпаются антрацитом и кварцевым песком. Их скорость фильтрования до $10 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ час}$ с более длинным фильтроциклом.

Многослойные фильтры засыпают антрацитом, кварцевым песком и гарнетом. Номинальная скорость фильтрования для большинства ММ фильтров составляет $12\text{--}15 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ час}$. Скорость $20\text{--}22 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ час}$ является пиковой и может использоваться кратковременно в период промывки одного из фильтров блока. При скорости потока выше $22 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ час}$ начинается проскок (продавливание) загрязняющей фазы в зону фильтрата. При низких скоростях - менее $5 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ час}$, качество фильтрата также снижается вследствие образования дренажных каналов в зернистом слое. Гравий или речная галька являются неподвижной засыпкой, поддерживающей фильтрующие слои. Вместо них могут использоваться пластиковые пластины с рифленной, сетчатой или ячеистой поверхностью.

Основные требования к зернистым фильтрующим материалам:

- Механическая прочность: устойчивость к истиранию (процент износа вследствие трения зерен) и низкая измелчаемость (процент износа вследствие растрескивания зерен).
- Химстойкость – зернистые материалы не должны взаимодействовать с водой и с химическими продуктами для ее обработки.
- Устойчивость к выщелачиванию - зернистые материалы не должны выделять твердые микрочастицы.
- Низкое гидравлическое сопротивление слоя.

• Срок службы 10-15 лет.
Классификация зернистых фильтрующих материалов:

- Эффективный диаметр. Определяет пористость фильтрующего слоя. Максимальный разброс не должен превышать 10% от номинала. Определяется ситовым анализом по фракциям.
- Коэффициент формы. Учитывает степень несоответствия зерен шаровой форме, их шероховатость и пористость. Определяет сорбционную составляющую механизма фильтрования.
- Насыпная плотность. Определяет распределение фильтрующих слоев по вертикальной оси ММ фильтра, режимы осветления и обратной промывки, расход промывочной воды. Насыпная плотность в г/см³ для кварцевого песка 2,6, антрацита 1,5-1,8, гарнета 3,1-4,3, речной гальки и гравия 2-6.
- Коэффициент однородности (k_o) - соотношение общего количества частиц к числу частиц с номинальным диаметром. Определяет равномерность пористой структуры фильтрующего слоя. Чем меньше k_o , тем более однородным будет фильтрующий слой и тем медленнее наращивание гидравлического сопротивления фильтра. Поэтому в ММ фильтрах целесообразно использовать зернистые материалы с низким коэффициентом однородности: для 2-хслойных фильтров $k_o=1,4$, для 3-х и 4-хслойных допускается $k_o \leq 1,5$.
- Механическая прочность по шкале измерения твердости (МОН scale) для антрацита 3, кварцевого песка 7, гарнета 6,5-7,5.
- Пористость зернистого фильтрующего слоя. Определяет его гидравлическое сопротивление и грязеемкость.

Применение зернистых фильтрующих материалов, определяется следующими технологическими показателями:

- Рейтинг задержания микрочастиц.
- Время фильтрования, необходимое для заданного снижения мутности. Если мутность фильтрата превышает необходимую величину, нужно снизить эффективный диаметр зерен фильтрующего слоя.

- Время необходимое для достижения заданного гидравлического сопротивления слоя. Если сопротивление слоя растет слишком быстро, нужно увеличить эффективный диаметр зерен фильтрующего слоя.
- Если ставится задача одновременного снижения мутности и гидравлического сопротивления, необходимо увеличить толщину фильтрующего слоя, если позволяет конструкция фильтра.

Эффективность ММ фильтрования во многом зависит от правильного подбора зернистых фильтрующих слоев и их фракционного состава. Чем меньше фракции зернистых материалов, тем быстрее экранируется поверхность слоя, возрастает его гидравлическое сопротивление и снижается производительность фильтра. Поэтому размеры зернистых частиц фильтрующих слоев должны уменьшаться по направлению потока воды. Обычно верхний слой состоит из больших зерен с низкой насыпной плотностью, что обеспечивает его низкое гидравлическое сопротивление и высокую грязеемкость. Следующие, по ходу потока, слои должны иметь меньший фракционный размер и более высокую насыпную плотность. Наиболее распространенным сочетанием слоев в 2-хслойных фильтрах является антрацит и кварцевый песок, в 3-хслойных – антрацит, кварцевый песок и гарнет. Трехслойная засыпка ММ фильтров является более предпочтительной, т.к. позволяет формировать распределение частиц близкое к оптимальному.

Проведенные нами исследования по определению эффективности фильтрования на различных сочетаниях зернистых материалов в ММ фильтре показывают, что наименьшая эффективность у монослоев, даже если они представлены несколькими фракциями. Максимальная эффективность у фильтров с многослойной засыпкой, с четкими границами раздела и большим различием насыпной плотности между слоями, минимальным отклонением зернистых фракций от эффективного диаметра, минимальным коэффициентом однородности и максимальным коэффициентом формы зерен.

Для определения эффективности фильтрации различных зернистых материалов мы провели тестирование продолжительности фильтроцикла различных фильтрующих слоев при различных скоростях фильтрации. Исследование проводилось на фильтре со стеклопластиковым корпусом RT-2471 (диаметр 24 дюйма, высота 71 дюйм) с фильтрующей поверхностью 0,282 м² и толщиной фильтрующего слоя до 0,9 м. Управляющий клапан Fleck 2850 позволяет регулировать скорость фильтрации до 26 м³/м² час. Управляющий клапан смонтирован на центральном стояке, который заканчивается распределительным устройством в виде семи-элементной «звездочки». Исходная вода с мут-

ностью 60-70 мг/л и цветностью 22-25⁰ подавалась из открытого водоема. В поток исходной воды дозировали 0,4 мг/л коагулянта Аксепта 2040. Качество очистки контролировали с помощью мутномера (нефелометра) Nash 2100N с детектором 90⁰ и пределом измерения мутности до 130 мг/л, а также с помощью лазерного счетчика частиц C10/77 с разрешением 2-400 мкм. В ходе исследований фиксировали время наработки фильтра и его гидравлическое сопротивление, при котором начиналось ухудшение качества фильтрата (таблица 1).

Самая большая мутность и цветность фильтрата (3,2 мг/л; 3⁰) наблюдалась у слоя №1 при скорости фильтрации 7 м³/м² час, самая

№ п/ п	Фильтр материалы	Фракции, мм	Плотность, кг/м ³	Толщина слоя, см	Время фильтроцикла t(час) при скорости фильтрации V (м ³ /м ² час) и ΔP* (атм)							
					30 ч	40 ч	50 ч	60 ч	70 ч	80 ч		
1	Кварцевый песок	0,3–0,8	(2,62)	30	7,0	4,0	-	-	-	-		
		0,8-3,0	(2,56)	15	0,4*	0,2*						
2	Антрацит	1,4–2,5	(1,46)	25	12,0	9,6	8,2	-	-	-		
	Кварцевый песок	0,3–0,8 0,8-3,0	(2,62) (2,56)	30 15	0,5*	0,4*	0,3*					
3	Антрацит	2,5–4,0	(1,42)	25	12,0	10,0	9,0	-	-	-		
	Кварцевый песок	0,3–0,8 0,8-3,0	(2,62) (2,56)	30 15	0,4*	0,4*	0,3*					
4	Антрацит	1,4–2,5	(1,46)	25	13,0	10,0	9,0	8,0	-	-		
		2,5–4,0	(1,42)	20	0,5*	0,4*	0,3*	0,3*				
5	Антрацит	1,4–2,5	(1,46)	25	23,0	18,6	15,0	13,2	12,0	10,0		
		2,5–4,0	(1,42)	20								
	Кварцевый песок	0,3–0,8 0,8-3,0	(2,62) (2,56)	30 15							0,9*	
6	Антрацит	1,4–2,5	(1,46)	25	24,0	19,2	16,0	15,0	13,0	12,0		
		2,5–4,0	(1,42)	20							0,9*	0,8*
	Кварцевый песок	0,3–0,8 0,8-3,0	(2,62) (2,56)	30 15							0,6*	0,5*
	Гарнет	0,56 1,42	(3,89) (4,63)	3,0 1,0								

Табл. 1. Время фильтроцикла t (час) при скорости фильтрации V (м³/м² час) и гидравлическом сопротивлении в начале цикла фильтрации ΔP (атм)

малая ($0,2 \text{ мг/л}$; 0^0) - у слоя №6 при скорости фильтрования $13 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ час}$. Глубина проникновения загрязнений в слой антрацита и песка составляла $15\text{--}20 \text{ см}$, а в слой гарнета всего $2\text{--}3 \text{ мм}$. Это дает основание предположить, что у слоев гарнета преобладает глубинно-деформационный механизм фильтрования.

По результатам тестирования можно определить следующие преимущества ММ фильтрования перед монослойным:

- Более высокая скорость фильтрования.
- Более длительный фильтроцикл.
- Больше допустимое гидравлическое сопротивление.
- Больше грязеемкость.
- Меньше расход промывочной воды.

Верхний слой антрацита является надежным предварительным фильтром для нижних фильтрующих слоев, обеспечивает высокую грязеемкость, при низком гидравлическом сопротивлении. Однако антрацит дороже песка в $1,5\text{--}2$ раза, поэтому для предотвращения потерь антрацита при обратной промывке коэффициент его объемного расширения и расположенного под ним слоя песка должны быть очень близкими по величине.

Гарнет имеет самую высокую насыпную плотность и самый низкий коэффициент однородности, т.е. его зерна наиболее приближаются к шаровидной форме. Нижний слой гарнета является разделительным между неподвижной гравийной засыпкой и верхними фильтрующими слоями, предупреждая проникновение мелкодисперсных зерен верхних слоев в дренажный слой гравия. Слой гарнета должен состоять из двух фракций: более крупной (поддерживающей) с большей плотностью и мелкой (фильтрующей) с меньшей плотностью. Применение только одной крупной фракции гарнета снизит рейтинг ММ фильтрования, что поставит вопрос о целесообразности его использования, т.к. гарнет - самый дорогой зернистый материал. Удельный вес гарнета больше, чем у гравия, поэтому без поддерживающего слоя мелкодисперсная фракция гарнета будет проникать с потоком воды через пористые каналы гравия и экранировать водоприемные элементы нижнего распределительного устройства. Оптимальная высота слоя гарнета $3\text{--}8 \text{ см}$.

Одним из недостатков ММ фильтрования является наличие стадии разгона - это период работы фильтра непосредственно после регенерации, когда зернистая засыпка имеет пониженную удерживающую способность, т.е. наблюдается некоторый проскок загрязняющей фазы в зону фильтрата. Кроме того, при объемном сжатии фильтрующих слоев в конце промывки, они могут выделять некоторое количество частиц загрязнений, поэтому целесообразно первые порции фильтрата с повышенной мутностью слить в дренаж. Если этого не делать, то качество фильтрата в начале фильтроцикла будет низким. Норматив расхода воды на стадию разгона составляет $10\text{--}15$ объемов колонны ММ фильтра, а время наработки $\sim 2\text{--}2,5$ часа. Высокая мутность является главным ограничением ресурса наработки для ММ фильтров, т.к. период разгона может стать доминирующей частью фильтроцикла.

Промывка зернистой засыпки ММ фильтра производится обратным током исходной воды и ее необходимо начинать до достижения критического перепада давления, мутности или числа частиц в фильтрате. Промывку ММ фильтра можно инициировать по времени эксплуатации, по перепаду давления или по началу проскока частиц определенного размера, зафиксированному электронным счетчиком частиц на линии фильтрата. Обычно, фильтр промывается, когда перепад давления возрастает на $0,2\text{--}0,5 \text{ атм}$, но не более $0,7 \text{ атм}$, т.к. при дальнейшем его нарастании качество фильтрата снижается. Величина потока обратной промывки, как правило, составляет $35\text{--}37 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ час}$. При более высоких скоростях обратной промывки возрастает истираемость зернистых материалов и их унос в дренажную линию, а эффективность последующего цикла фильтрования практически не возрастает.

Если скорость и время промывки обратным током недостаточны, то ММ фильтр отмывается не полностью, что приводит к слипанию зернистой засыпки и растрескиванию поверхности фильтрующего слоя. В результате возрастает проскок частиц загрязняющей фазы в зону фильтрата. Однако слишком удлинять время промывки нецелесообразно, т.к. при этом возрастает расход промывочной воды, а эффективность промывки мало изменяется. Нормальный

расход промывочной воды составляет 2-4 % от объема фильтроцикла. Эффективность промывки ММ фильтра определяется по величине мутности в конце цикла промывки и по величине перепада давления на фильтре в начале цикла фильтрования.

Для формирования более равномерной пористой структуры фильтрующего слоя с целью максимального снижения мутности и цветности при высоких скоростях фильтрования используются полимерные катионные флокулянты. Их применение требует высокой точности определения оптимальной дозировки, т.к. при ее превышении резко снижается время фильтроцикла, а также возрастает время и скорость обратной промывки. Изучение загрязненных фильтрующих слоев работавших в условиях передозировки флокулянта показало, что их зернистая структура заполнена эластичными конгломератами частиц полимера с налипшими на них комками загрязнений. Для их удаления обратным током воды необходимо на 20-30% увеличить скорость потока и почти вдвое увеличить время промывки.

Правильно спроектированный ММ фильтр в режиме контактной коагуляции позволяет получать фильтрат с мутностью менее 0,3 мг/л на протяжении длительного периода эксплуатации (норматив мутности фильтрата для песчаных фильтров составляет 1,6 мг/л). Максимальная мутность фильтрата в период разгона для ММ фильтра не должна превышать 1,0 мг/л, а его продолжительность 15 мин. Если эти критерии превышены, необходимо увеличить время или/и скорость обратной промывки или заменить (дополнить) зернистую засыпку фильтра. Также необходим непрерывный контроль мутности исходной воды, чтобы своевременно выявить пиковое увеличение мутности.

ММ фильтры имеют более длинный фильтроцикл, чем песчаные фильтры. Типичное время фильтроцикла в режиме контактной коагуляции для двухслойных фильтров 24-48 часов, а для трехслойных - 60-80 часов. Однако чрезмерное увеличение фильтроцикла может привести к проскоку частиц загрязняющей фазы в зону фильтрата.

В период эксплуатации не рекомендуется резко увеличивать скорость фильтрования, т.к. это может привести к проскоку частиц загряз-

няющей фазы в зону фильтрата. Перед началом эксплуатации ММ фильтра с новой зернистой засыпкой или перед запуском частично загрязненного фильтра необходимо провести его промывку обратным током воды или водовоздушной смесью. Полный цикл промывки состоит из трех основных фаз:

- Медленная промывка обратным током. Длительность 2-3 мин. Разрыхляет и вспучивает слои зернистых материалов, разрушая капиллярно – пористую структуру и фильтрующие мостики, взмучивая накопившиеся загрязнения.
- Быстрая промывка обратным током. Скорость потока промывной воды должна быть выше скорости витания зернистых частиц, т.е. должен образоваться устойчивый псевдооживленный слой. С другой стороны, она должна быть меньше скорости уноса частиц мелкодисперсных фракций с малой плотностью. Во время быстрой промывки происходит максимальное расширение фильтрующих слоев ~30% объема фильтра или 50% высоты его цилиндрической части. При этом частицы, соударяясь друг с другом (17–20 контактов в секунду), срезают прилипшие к ним загрязнения, которые выносятся с промывным потоком в дренаж. Длительность быстрой промывки 12-15 мин.
- Медленная промывка прямотоком. Начинается через 45–60 сек. после завершения быстрой промывки. Этого времени достаточно для того, чтобы прошла полная седиментация зернистых частиц и они вновь образовали фильтрующие слои, в соответствии с распределением плотности. Длительность промывки 3-5 мин. За это время фильтрующие слои уплотняются, в них формируется регулярная капиллярно – пористая структура, а так же выносятся в дренаж оставшиеся случайные частицы загрязнений.

Начало обратной промывки определяется двумя взаимосвязанными технологическими параметрам: потерей напора, обусловленной возрастающим гидравлическим сопротивлением фильтрующих слоев и прозрачностью осветленной воды. Уменьшение прозрачности начинается одновременно с нелинейным изменением гидравлического сопротивления. Поэтому на

таймерах управляющего блока обычно устанавливается время фильтрования, соответствующее пределу линейности изменения гидравлического сопротивления.

При снижении температуры воды в интервале 25–5⁰С величина потока обратной промывки также снижается в среднем на 2,3% на каждый градус, т.к. возрастает вязкость воды. Так, разработанный и смонтированный нами на Московском ПБК «Очаково», блок из трех ММ фильтров Ø 63" и высотой 72" производительностью 150 м³/час промывается в течение 20 минут со скоростью 70 м³/час при температуре 22⁰С и со скоростью 46 м³/час при температуре 7⁰С. При этом объем промывных вод составляет, соответственно 23 м³ и 15,7 м³.

Перед началом промывки необходимо периодически осматривать поверхность фильтрующего слоя – нет ли слипания или растрескивания зернистой среды. В процессе эксплуатации необходимо проводить плановые осмотры ММ фильтров с целью определения состояния фильтрующей поверхности слоя, процента выработки или уноса зернистых материалов, наличия зернистых материалов под дренажным слоем гравия, засорения или разрушения распределительных устройств, технического состояния запорной арматуры и т.д. Такие осмотры определяют порядок техобслуживания и ремонта ММ фильтров и позволяют эксплуатировать их с большей эффективностью.

Также необходимо контролировать пиковую мутность и число частиц в исходной воде, мутность промывочной воды, степень расширения и гидравлическое сопротивление фильтрующего слоя, время наработки, производительность фильтра, давление и объем обратной промывки. Величина потока и время обратной промывки должны быть отрегулированы так, чтобы очистка фильтра была максимальной, как в режиме гидравлического потока, так и с подачей воздуха.

Кроме того, необходимо тщательно контролировать подачу коагулянта, т.к. недостаточное дозирование или передозирование приводят к снижению качества фильтрата и снижению производительности фильтра. Для контроля эффективности очистки воды рекомендуется оснащать каждый блок ММ фильтров мутномером и

счетчиком частиц, работающих в проточном режиме.

Техобслуживание ММ фильтра назначается по результатам мониторинга качества фильтрата и предусматривает следующие регламентные действия:

- Корректировка дозы или замена марки коагулянта при повышении мутности фильтрата.
- Корректировка величины потока и времени обратной промывки, а также максимального времени фильтроцикла.
- Периодическое визуальное определение наличия на поверхности фильтрующего слоя трещин или воронок.
- Инициировать обратную промывку и наблюдать за поверхностью верхнего слоя. Неравномерность вспучивания указывает на радиальную неравномерность толщины и истощение верхнего слоя в результате разрушения и уноса зерен, или на наличие непромытых участков слоя. Обычно более подвержены истиранию и уносу зерна антрацита (~10 % за год эксплуатации), поэтому рекомендуется ежегодно досыпать недостающее количество.
- Проводить регулярные обратные промывки при достижении перепада давления на ММ фильтре $\Delta P \geq 0,5$ атм, но не более 0,7 атм.
- Загрязнения могут быть удалены обратной промывкой, размельчением с помощью инъекции воздуха с последующей обратной промывкой и химической очисткой, которая осуществляется с помощью моющей рецептуры: 500 мг/л NaOCl и 2-3% раствор щелочного моющего средства типа «Аминат ДМ – 50». Перед подачей в ММ фильтр раствор необходимо нагреть до такой температуры, чтобы на выходе из фильтра она была не ниже 20⁰С; рН раствора на выходе из фильтра должен быть не менее 11.

Санитарная обработка ММ фильтра с помощью активного хлора.

- Приготовить раствор, содержащий 2/3 расчетной дозы хлорамина.
- Подать раствор в ММ фильтр сверху, чтобы уровень раствора был выше верхнего фильтрующего слоя на 40–50 см.
- Выдержать 5–6 часов.

- Провести цикл обратной промывки.
- Приготовить раствор, содержащий 1/3 расчетной дозы хлорамина.
- Подать раствор в ММ фильтр сверху, чтобы уровень раствора на уровне верхнего фильтрующего слоя.
- Выдержать 5–6 часов.
- Провести цикл обратной промывки.

10. ММ фильтрование с применением фильтрующих слоев «JelCleer™»

Дальнейшим развитием ММ фильтрования с контактной коагуляцией является применение фильтрующих слоев «JelCleer™» (JC), состоящего из мелкодисперсных стеклянных шариков с высокой удельной поверхностью и насыпной плотностью, покрытых неорганическими или органическими коагулянтами - разработка компании General Electric [8]. Имобилизованные коагулянты сохраняют свою активность в течение 1-2 лет. Засыпка JC применяется только в виде самостоятельного фильтрующего слоя, при этом качество фильтрата получается на уровне ММ фильтрования с контактной коагуляцией или превышает его. Высокая степень осветления определяется механизмом глубинного фильтрования совмещенного с коагуляцией микропримесей. Рейтинг осветления составляет 0,5–1,0 мкм со степенью задержания 97–98%.

JC ММ фильтрование является эффективным способом доочистки артезианских и поверхностных вод с сезонными колебаниями мутности, прошедших стадию предварительного осветления, поэтому его широко применяют в мембранных системах водоподготовки, что позволяет снизить интенсивность осадкообразования на мембранах.

Характеристики JC -1000:

- Непрозрачные сферические частицы сизого цвета.
- Плотность - 2,3-2,6 г/см³.
- Насыпная плотность - 1,5-1,6 г/см³
- Эффективный размер - 0,26-0,33 мм.
- Коэффициент однородности <1,7.

Регламентные условия эксплуатации JC ММ фильтра:

- Диапазон pH 4-10.
- Температурный интервал 2-500 °С.

- Минимальная толщина слоя 760 мм.
- Скорость фильтрования 7–17 м³/м² час при 25°С, в зависимости от мутности воды.
- Остаточный активный хлор ≤ 0,1 мг/л.
- Величина потока обратной промывки 30 м³/м² час.
- Время промывки обратным током 10-15 минут.
- Пауза для седиментации слоя 1 минута.
- Ополаскивание прямоотком при непрерывном контроле мутности фильтрата ~ 20 минут.

Нами были проведены сравнительные испытания ММ фильтрования с контактной коагуляцией и JC ММ фильтрования на водопроводной воде с мутностью 2,5–3,0 мг/л и цветностью 18-22⁰ при содержании остаточного активного хлора 0,1–0,2 мг/л. Испытания проводились на промышленной системе водоподготовки состоящей из двух ММ фильтров Ø 48" x 72" и RO установки с барьерным фильтром и блоком дозирования ингибитора осадкообразования.

Зернистая засыпка первого ММ фильтра состоит из следующих слоев:

- Дренажный слой – кварцевый гравий 4-9 мм, объем 170 л;
- Два слоя рубинового гарнета (0,25–1,03 мм) и (1,13-1,46 мм);
- Два слоя кварцевого песка (0,3–0,8 мм) и (0,8–3,0 мм);
- Два слоя антрацита (1,4-2,5 мм) и (2,0–4,0 мм).

Объем/высота засыпки фильтрующих слоев 1600 л/1,37 м. Номинальная скорость фильтрования 12-14 м³/м² час. В поток исходной воды на расстоянии 7 м от фильтра дозировали 3,0 мг/л коагулянта SoliSep MPT150. Время разгона 1,5–2,0 часа. В начале периода разгона, при фильтровании без коагулянта, мутность фильтрата М = 4,1 мг/л, SDI = 5,9. Мутность фильтрата в эксплуатационном режиме (с коагулянтом) М=0,1-0,15 мг/л, SDI=0,5–0,9; степень удаления частиц с размером 0,8–1,0 мкм 8%; 5-7 мкм ~ 95%. Время фильтроцикла ограничивалось увеличением гидравлического сопротивления слоя на 0,7 атм и составило 84 часа. Максимальное время наработки определялось повышением

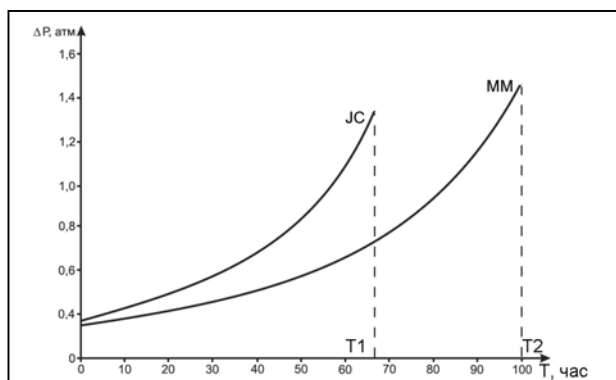


Рис. 4. Динамика нарастания гидравлического сопротивления MM и JC фильтров.

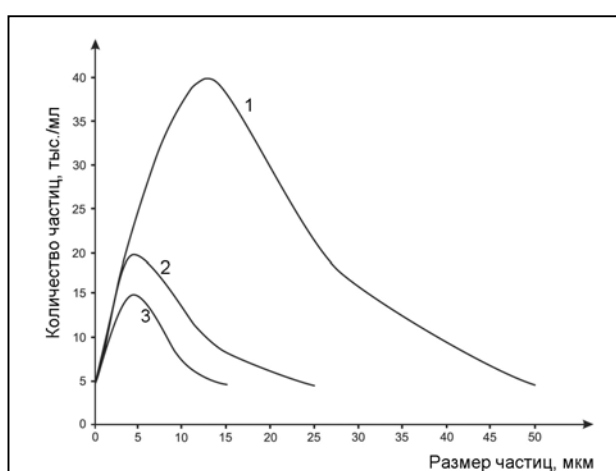


Рис. 5. Распределение размеров микрочастиц. 1. Исходная вода. 2. MM фильтрат. 3. JC фильтрат.

мутности фильтрата (начало проскока) и составило $T_2=99$ час при $\Delta P=1,5$ атм, (рис. 4).

Зернистая засыпка второго - JC MM фильтрат:

- Дренажный слой – речная галька 3-8 мм; $Q=200$ л;
- Два слоя рубинового гарнета (0,25–0,56 мм) и (0,7-1,13 мм);
- Слой JelCleer 1000.

Объем/ высота засыпки фильтрующих слоев 1282 л/1,1 м, из них 0,98 м JC-слой. Номинальная скорость фильтрации $10-12 \text{ м}^3/\text{м}^2$ час. Коагулянт не дозировали. Время разгона 20–30 мин. Мутность фильтрата в период разгона: $M=3,5$ мг/л, $SDI=4,5$. Мутность фильтрата в эксплуатационном режиме: $M\sim 0,1$ мг/л, $SDI\sim 0,3$. Степень удаления частиц $0,8-1,0$ мкм ~ 90%. Время фильтроцикла 58 часов. Максимальное время наработки $T_1=67$ час. при сопро-

тивлении слоя $\Delta P=1,3$ атм, (рис. 4). Остаточное содержание частиц в MM и JC фильтрате показано на рис. 5.

Испытания показали, что в эксплуатационном режиме величина мутности и SDI индекса у MM и JC фильтров приблизительно одинаковые и соответствуют требованиям к исходной воде для RO или DI. Однако регенерационные промывки мембран, при эксплуатации RO установки на фильтрате MM фильтра, необходимо проводить один раз в три месяца, а на фильтрате JC фильтра - один раз в четыре месяца.

Технология JC фильтрации имеет следующие преимущества:

- Не требуется дозирование коагулянта.
- Качество фильтрата на уровне, или выше, по сравнению с MM фильтрованием с контактной коагуляцией.
- Применение JC фильтрации не требует реконструкции существующих MM фильтров или существенной корректировки технологии MM фильтрации.
- Эксплуатационные расходы ниже, чем у MM фильтрации с контактной коагуляцией.
- Не требуется дополнительных операций по восстановлению активности фильтрующего слоя после обратной промывки.
- Расход воды на обратную промывку значительно ниже по сравнению с MM фильтрованием с контактной коагуляцией.

Вспомогательные материалы, предусмотренные регламентом эксплуатации JC фильтров:

- JPC700. Катионный активатор для промывочной воды, покрывающий зерна фильтрующего слоя. Его применение увеличивает срок эксплуатации JC слоя до 3–4 лет.
- JelCoat TM-700. Катионный полимер для активирования JC слоя в случае его механического или химического повреждения.
- Аминат ДМ-14. Кислотный моющий раствор для удаления минеральных загрязнений JC слоя.
- Аминат ДМ-50. Щелочной моющий раствор для удаления органических загрязнений JC слоя.

11. ММ микрофильтрация

Еще одним способом повышения эффективности ММ фильтрации является ММ микрофильтрация, которое используется в основном для предварительной очистки воды в мембранных системах водоподготовки, в системах ионного обмена, а также в процессах абсорбции.

В качестве засыпки для ММ микрофильтрации используются два типа зернистых слоев. В состав верхнего слоя могут входить антрацит (толщина слоя 70–80 см) и кварцевый песок (толщина слоя 20–30 см) в обычных для ММ фильтра фракциях. Верхние слои работают в режиме глубинного фильтрации, удерживая широкий спектр частиц – от 10 мкм и выше. Максимальный рейтинг таких слоев составляет 8 мкм при 98% удалении. Нижний, более тонкий мелкодисперсный, слой зернистого гематита с высокой плотностью и низким коэффициентом однородности ($k_o=1,2-1,3$) работает в режиме поверхностного и глубинно - деформационного фильтрации, удерживая более 99% частиц 0,5-1,5 мкм, что соответствует рейтингу микрофильтрации. Гематит (Fe_2O_3) - минерал темно-серого (до черного) цвета с примесями Ti (до 11%), Al (до 14%), Mn (до 17%). Твердость 6,0-6,5 по шкале МОН, плотность $\sim 5,3$ г/см³. Номинальный диаметр зерен нижнего слоя 0,06-0,1 мм, что в 2-3 раза меньше мелких фракций граната и кварцевого песка, а их плотность на 20–25% больше. Поверхность слоя гематита электронейтральна, а малый диаметр и высокая извилистость поровых каналов обеспечивает рейтинг задержания частиц на уровне средней микрофильтрации. Концентрация частиц в фильтрате определяется по формуле [9]:

$$N_{\phi}/N_{исх} = k (Qd^3\Delta P)/h, \text{ где:}$$

N_{ϕ} - концентрация частиц в фильтрате,

$N_{исх}$ - концентрация частиц в исходной воде,

Q - скорость потока,

ΔP - падение напора на фильтре,

d - эффективный диаметр зернистой засыпки,

h - толщина слоя.

ММ микрофильтр работает как обычный ММ фильтр, с кратковременными остановками для инъекции воздуха. Кратковременная (1–2 мин.) противоточная подача воздуха осуществляется для того, чтобы не допустить чрезмерно-

го уплотнения микрофильтрационного слоя, когда рост гидравлического сопротивления начинает переходить в нелинейную форму. Эта нелинейность объясняется тем, что микрофильтрационный слой фильтрует не глубинной структурой, а поверхностью, поэтому участок линейности у него намного меньше, чем у верхних фильтрующих слоев, реализующих механизм глубинного фильтрации. После прекращения подачи воздуха эксплуатация продолжается в обычном режиме. Как правило, в рабочий цикл фильтрации входят от 5 до 10 циклов инъекции воздуха, в зависимости от мутности исходной воды, скорости фильтрации и состояния верхних фильтрующих слоев.

После наработки заданного объема фильтрата, или по достижении заданного времени эксплуатации или перепада давления, автоматически включается регенерация фильтра. Регенерация может быть отменена или инициирована в ручном режиме.

Процесс регенерации состоит из нескольких стадий:

- взрыхление обратным током воды,
- подача воздуха в поток промывки, для улучшения отделения налипших загрязнений от зерен фильтрующей среды,
- промывка обратным током воды,
- пауза для формирования зернистого слоя,
- медленная промывка прямым током воды,
- быстрая промывка прямым током воды.

В зависимости от требуемой эффективности отмытки зернистой засыпки, в качестве промывочной воды может использоваться исходная вода из источника водоснабжения или специально подготовленная вода из накопительного резервуара. Скорость потока обратной промывки в 3–4 раза меньше по сравнению с обычным ММ фильтрованием, что позволяет использовать меньшие типоразмеры промывочных насосов. Если два ММ микрофильтра работают в дежурном режиме, то выходящий на регенерацию фильтр может промываться фильтратом другого фильтра. В этом случае не потребуется резервуар для промывочной воды.

Стадия разгона у ММ микрофильтров не превышает двух объемов колонны фильтра, что составляет 7–10 мин наработки. Время наработ-

ки между инъекциями воздуха составляет не менее одного часа.

Мутность поверхностных вод подвержена значительным сезонным колебаниям, что отрицательно отражается на эксплуатации обычных ММ фильтров, т.к. при превышении критической грязеемкости зернистой засыпки происходит проскок загрязнений в зону фильтрата. Технология ММ микрофильтрация исключает проскок загрязнений, т.к. гидравлическое сопротивление слоя гематита нарастает быстрее, чем у верхних фильтрующих слоев и включение обратной промывки фильтра определяется именно сопротивлением нижнего слоя. Количество и состав загрязнений в природных источниках воды изменяются в широких пределах, поэтому универсальных методик расчета дозировки коагулянта для контактной ММ микрофильтрации не существует. Обычно дозировка подбирается опытным тестированием с последующим мониторингом мутности фильтрата в процессе эксплуатации. Если коагулянт минеральный (Al_2O_3 , $FeCl_3$, $FeSO_4$) то его дозировку начинают с весовой пропорции 1:1 к показателю мутности, если используется полимерный коагулянт, то его дозировку определяют опытным путем, начиная с весовой пропорции 1:10. Наиболее эффективными коагулянтами для ММ микрофильтрации являются органические полимеры, которые позволяют работать на более высоких скоростях потока с высокой степенью осветления. При этом измельчение зернистого материала остается минимальным, и исключается проскок загрязнений в зону фильтрата даже при превышении критической скорости потока.

Результаты лабораторного испытания зернистой засыпки, соответствующей п.6, табл. 1 и засыпки с микрофильтрационным слоем гематита вместо гарнета, приведены на рис. 6, 7 и 8. Мутность исходной воды составляла 10-12 мг/л. При ММ микрофильтрации без коагулянта, мутность фильтрата составляла 3,6 мг/л, а SDI индекс 4,5, что не соответствует требованиям к исходной воде для RO и DI. При инъектировании 3 мг/л неорганического коагулянта АККФ мутность фильтрата снизилась до 0,3 мг/л, а SDI до 1,8, что вполне соответствует требованиям к качеству исходной воды для RO и DI. При инъектировании полимерного коагулянта Аксеп-

та 2043 SDI индекс фильтрата не превышал 1,0. При повышении мутности исходной воды до 25 и 50 мг/л качество фильтрата не снизилось.

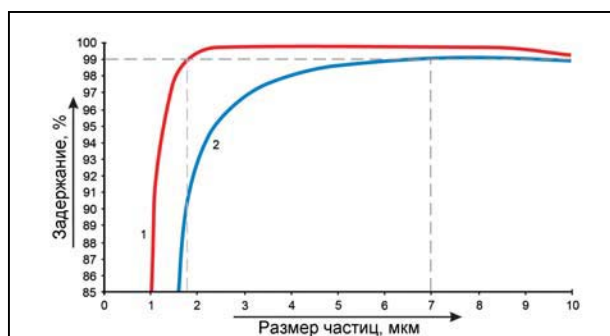


Рис. 6. Задержание микрочастиц различного размера. 1. ММ микрофильтрация. 2. ММ фильтрация.

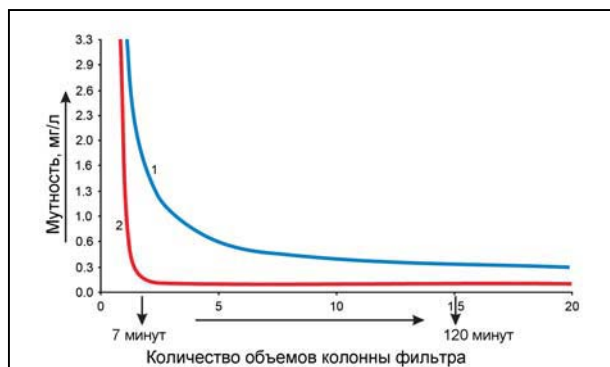


Рис. 7. Динамика осветления воды. 1. ММ фильтрация. 2. ММ микрофильтрация. Период разгона: ММ микрофильтрация – 7 мин. ММ фильтрация – 120 мин.

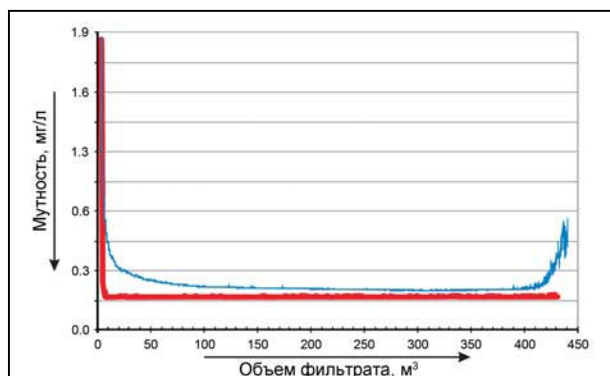


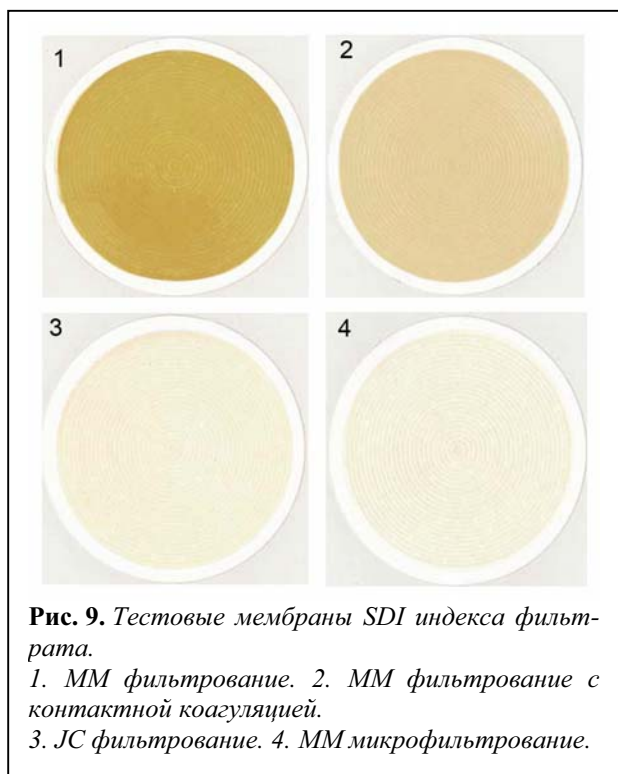
Рис. 8. Цикл фильтрации. 1. ММ фильтрация. 2. ММ микрофильтрация.

Скорость ММ микрофильтрации намного выше, чем у обычных ММ фильтров (до $45 \text{ м}^3/\text{м}^2$ час), что позволяет при проектировании применять фильтры меньшего типоразмера,

снизить нормативы необходимой рабочей площади и капитальных затрат. Однако у ММ микрофильтров более высокое гидравлическое сопротивление фильтрующего слоя $\Delta P \sim 2-2,2$ атм. Для сравнения, у обычного ММ фильтра $\Delta P \sim 0,3-0,4$ атм. При более высокой скорости фильтрации продолжительность фильтроцикла у ММ микрофильтров меньше (28-30 часов, с учетом перерывов на регулярные инъекции воздуха), чем у обычных ММ фильтров (50-80 часов).

Эффективность фильтрации ММ микрофильтра даже в условиях превышения критической скорости потока превосходит эффективность фильтрации обычного ММ фильтра при скорости потока ниже критической. Наглядное представление об эффективности ММ микрофильтрации можно получить, сравнивая фильтрующую поверхность тестовых мембран после определения SDI-индекса фильтрата, полученного различными способами фильтрации (рис. 9).

Безусловно, микро- и ультрафильтрация по-



зволяют получать воду с большей степенью осветления, однако соотношение капитальных и эксплуатационных затрат намного ниже у ММ микрофильтрации. При этом качество фильтрата соответствует или превышает требования к исходной воде для мембранного разделения и деионизации, что значительно снижает загрязнение мембранных элементов и ионообменных смол и увеличивает их ресурс в процессе эксплуатации.

Литература:

1. *В.И. Федоренко.* Осветление технологической воды методом многослойного фильтрации. // Информационный бюллетень «Отраслевые ведомости. Ликеро-водочное производство и виноделие», № 7, 2000, с.9-11.
2. *Р.И. Юсупов, Е.Г. Петров.* Проблемы удаления гумусовых веществ из поверхностных и подземных вод в России. // Водоснабжение коммунальное. Вода и экология. 1. 2000.
3. *Л.А. Кульский.* Основы физико-химических методов обработки воды. // Москва. 1962 г.
4. *Г.И. Николадзе.* Технология очистки природных вод. // Москва. Высшая школа. 1987 г.
5. *Г.И. Николадзе.* Водоснабжение. // Москва. Стройиздат. 1989г.
6. *D. Comstock, R. Eaton, D. Hagen.* Reduction of particulates in reverse osmosis feedwater by multimedia filtration, Ultrapure water Ultrapure water. // September USA (2002), pp.16-23.
7. *W. Lorch.* Handbook of water purification. Second edition. University of Aberdeen.1987.
8. *A. Bandick.* RO pretreatment. M. Didden. JelCleer™ filtration media as pretreatment for reverse osmosis systems: the mechanism of JelCleer™ revisited. // GE Betz EMEA.
9. *Craig J. Brown, P. Eng.,* Eco -Tec Inc., Micro-Media Filtration. // Technical paper 160. S&M/Technical Papers 2002/11/11-1.

АСИММЕТРИЧНЫЕ И ХИМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ТРЕКОВЫЕ МЕМБРАНЫ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

*П.Ю. Апель, В.В. Березкин.¹⁾, А.Б. Васильев¹⁾, Г.С. Жданов²⁾,
О.В. Раскач²⁾, Т.Д. Хохлова³⁾, Т.В. Цыганова¹⁾, Б.В. Мчедlishvili¹⁾*

¹⁾Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН, Москва

²⁾ГНЦ РФ "Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского", Обнинск

³⁾Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, химический факультет

Представлены результаты разработки методов создания трековых мембран с повышенной производительностью и резко уменьшенными адсорбционными потерями. Улучшение эксплуатационных свойств трековых мембран достигается за счет формирования асимметричных пор и изменения поверхностных свойств мембран методом химической модификации.

Ключевые слова: трековые мембраны, асимметричные поры, поверхностные свойства, химическая модификация, производительность, адсорбция.

The results of track-etched membranes characterized with high productivity and low adsorptive losses development methods are presented. The track-etched membranes operational properties improvement may be achieved by means of asymmetrical pores formation and change of the ones surface properties with chemical modification.

Key words: track-etched membranes, asymmetrical pores, surface properties, chemical modification, productivity, adsorption.

Введение

Поры традиционных трековых мембран имеют цилиндрическую форму и характеризуются узким распределением по размерам. Эти структурные особенности трековых мембран обеспечивали, во-первых, корректную интерпретацию результатов экспериментальных исследований механизма мембранной фильтрации и, во-вторых, высокую селективность трековых мембран в процессах микро- и ультрафильтрации.

Важнейшими эксплуатационными параметрами мембраны являются селективность и производительность. Оба параметра зависят от диаметра пор. Но эти зависимости имеют противоположный характер: чем меньше диаметр пор, тем выше селективность мембраны и меньше ее производительность, и наоборот. Повысить производительность трековой мембраны можно, повысив поверхностную плотность пор (флюенс облучения исходной полимерной пленки высокоэнергетичными ионами), т.е. пористость мембраны. Но в этом случае резко возрастает вероятность перекрытия пор, что приводит к снижению селективности мембраны, а также к существенному уменьшению механической прочности.

Перспективным методом повышения производительности трековых мембран при сохранении селективных свойств является переход от цилиндрической формы пор к асимметричной (например, конусной) форме. Пора с узким входом и увеличивающимся в глубину мембраны сечением обеспечивает многократное возрастание производительности по сравнению с цилиндрической порой при одинаковой селективности. Результаты теоретических и экспериментальных исследований дают основание наметить принципиальные пути направленного регулирования формы поры синтезируемой трековой мембраны: предварительная физико-химическая обработка поверхности облученной пленки и/или введение в травильный раствор специальных реагентов на стадии химического травления треков [1].

Трековые мембраны из полиэтилентерефталата (ПЭТФ-ТМ) используются в биотехнологии – в биореакторах для иммобилизации биополимеров, в ультра- и микрофильтрации для очистки и концентрирования биополимеров, для получения кристаллизационных растворов [2-5]. Адсорбция уменьшает производительность процесса фильтрации, приводит к потерям разделяемых веществ и поэтому нежелательна. Ад-

сорбционная активность ПЭТФ-ТМ определяется их значительной удельной поверхностью и присутствием на поверхности этих мембран кислотных и гидрофобных центров [6-8]. Для снижения адсорбционной активности мембран необходимо химическое модифицирование их поверхности, которое приводит к устранению и экранированию адсорбционных центров.

В статье представлены метод получения асимметричных ТМ из ПЭТФ, разработка физико-химических основ связывания модифицирующих агентов с поверхностью пор асимметричных ТМ, результаты исследования влияния модификации на электроповерхностные и адсорбционные свойства ПЭТФ-ТМ.

Материалы и методы исследования

Облучение ПЭТФ пленки высокоэнергетичными частицами осуществляли на циклотроне Ц400 в Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н. Флерова ОИЯИ и в реакторе БР-10 осколками деления урана в ГНЦ РФ "Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского.

Метод формирования асимметричных пор

В работе был использован метод синтеза асимметричных трековых мембран за счет формирования на поверхности облученной пленки химического защитного слоя, повышающего химическую стойкость поверхности [9]. В качестве защитного слоя использовался раствор кремнийорганического соединения Пента 801 в CCl_4 , который наносился на одну из поверхностей пленки ПЭТФ. Затем образцы подвергались двустороннему травлению при $75^\circ C$ в 3,5М растворе NaOH. При этом скорость травления обработанной поверхности заметно падает по сравнению со скоростью травления необработанной поверхности. На *рисунках 1 и 2* представлены микрофотографии поверхностей симметричной и асимметричной ТМ, соответственно, полученные на сканирующем электронном микроскопе Tesla BS-340. Относительная погрешность определения диаметра пор составляла 5 %. Малый (рабочий) диаметр пор асимметричной ТМ в 1,5 раза меньше, чем на обратной стороне мембраны, и примерно равен диаметру пор симметричной ТМ.

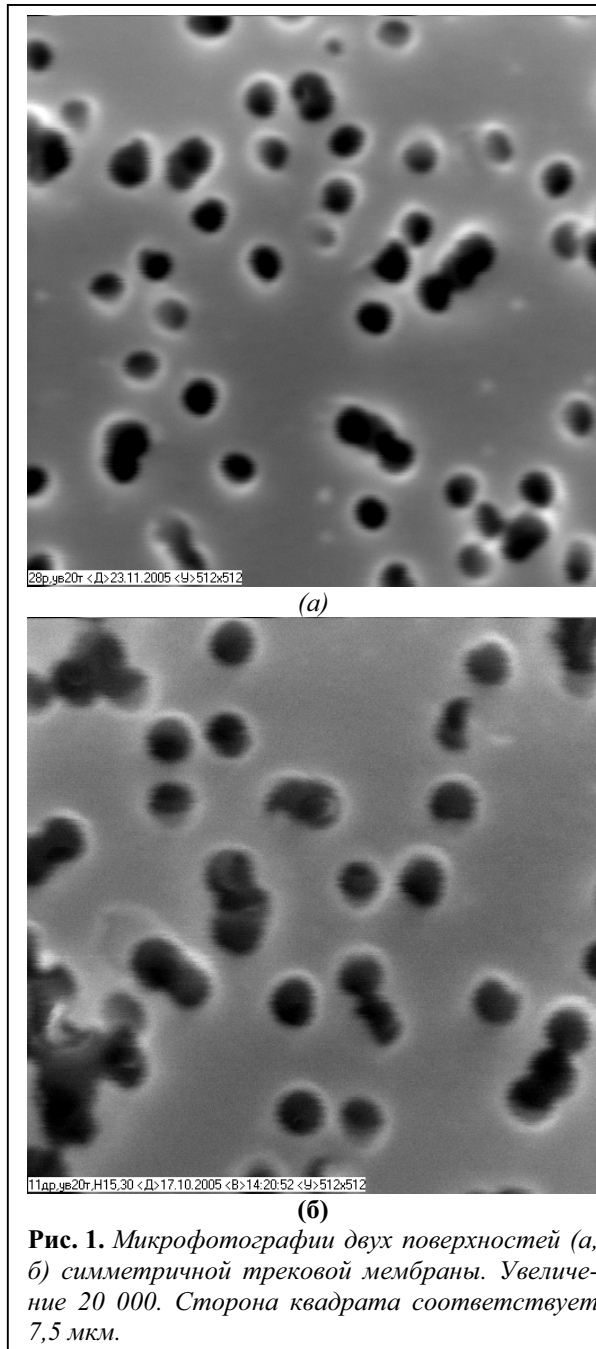
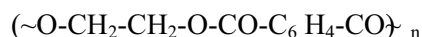


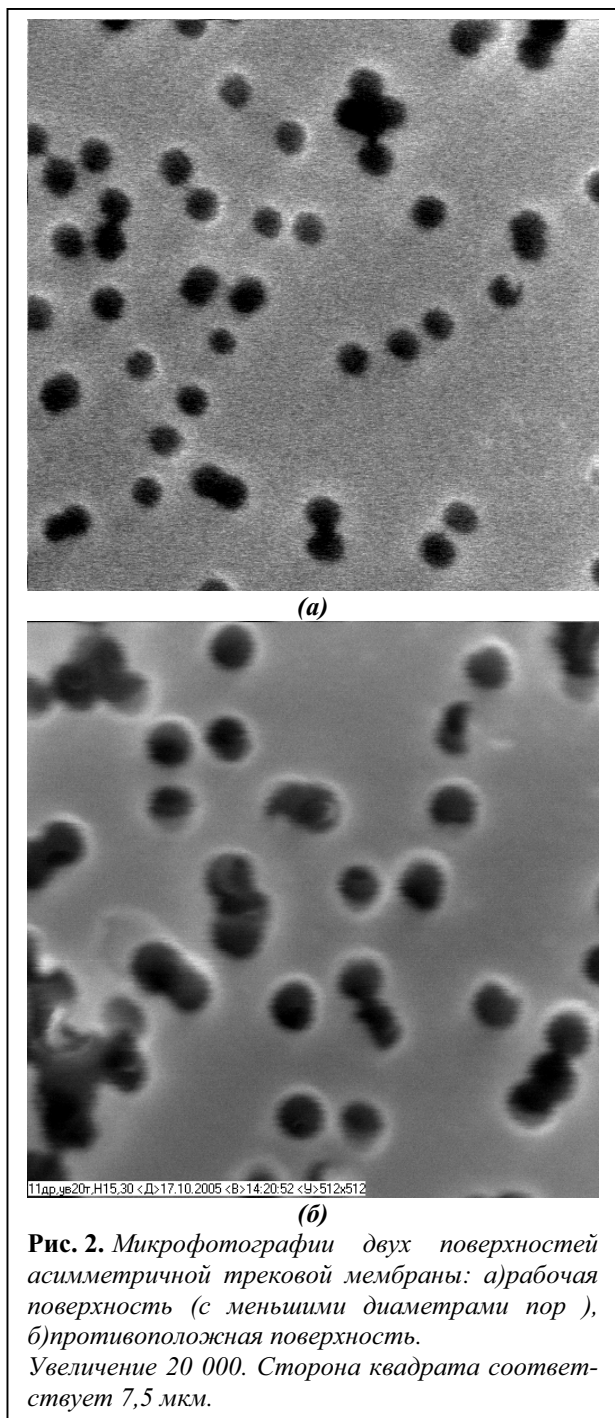
Рис. 1. Микрофотографии двух поверхностей (а, б) симметричной трековой мембраны. Увеличение 20 000. Сторона квадрата соответствует 7,5 мкм.

Метод модифицирования ПЭТФ-ТМ

Физико-химические свойства ТМ определяются видом полимера, из которого изготовлена мембрана. В качестве исходного материала для изготовления ТМ в работе использовали промышленно выпускаемую пленку из ПЭТФ.

ПЭТФ пленка обладает высокой прочностью, хорошей устойчивостью к воздействию многих органических растворителей и агрессивных сред. ПЭТФ представляет собой полиэфир этиленгликоля и терефталевой кислоты:



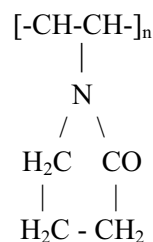


В качестве модификаторов в работе были использованы полимеры медицинского назначения: полиэтиленимин и поливинилпирролидон. Эти полимеры всесторонне исследованы и нашли широкое применение в медицине.

Поливинилпирролидон (ПВП).

ПВП - аморфный полимер белого цвета линейного строения; молекулярная масса (10000-40000). Температура размягчения (140÷160)°С.

ПВП растворим в воде, спиртах, ароматических углеводородах, хлороформе, не растворим



в эфирах и алифатических углеводородах. Легко образует комплексы со многими соединениями (например, красителями, токсинами), совмещается с различными растворами, не токсичен. ПВП – гигроскопичен: при 50% относительной влажности содержит 15% влаги. В результате длительного нагревания при 140÷150 °С окрашивается в коричневый цвет и теряет растворимость, а при 230÷270°С деполимеризуется. Водные растворы ПВП обладают слабокислой реакцией (рН5). Свойства водных и спиртовых растворов ПВП не изменяются при продолжительном нагревании до 70-100 °С, а при нагревании в кислой и щелочной среде ПВП гидролизуетс с образованием поли-N-винил-γ-аминомасляной кислоты. Применяется ПВП как заменитель плазмы крови, для дезонтоксикации организма.

В работе вместо ПВП использовался «гемодез» - его раствор медицинского назначения. «Гемодез» – 6% раствор низкомолекулярного (12600±2700) поливинилпирролидона. Он представляет собой прозрачную жидкость желтого цвета; содержит ионы натрия, калия, кальция и хлора. «Гемодез» – плазмозаменитель дезинтоксикационного действия. Он связывает токсичные вещества в кровеносном русле и выводит их из организма.

Полиэтиленимин (ПЭИ).

$[-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}-]_n$ В работе использовался как полимер – «посредник».

Низкомолекулярный ПЭИ - жидкость:

- молекулярная масса $(0.6 \div 10) \cdot 10^3$;
- плотность 1,05 г/см³;
- температура стеклования (-40÷-50)°С;
- вязкость (1÷20) Па·с.

Высокомолекулярный ПЭИ – эластомер:

- молекулярная масса $(40 \div 100) \cdot 10^3$;
- температура стеклования (-20÷-35) °С;
- вязкость $(40 \div 100) \cdot 10^2$ Па·с

ПЭИ растворим в воде, спиртах, пиридине.

Электроповерхностные свойства исходных и модифицированных ТМ (ζ - потенциал и поверхностная плотность заряда) исследовались методом потенциала течения [10] при фильтрации через мембрану 0.01 М раствора КСl при рН 7.

Адсорбционные свойства ТМ определяли по изменению концентрации растворов белков и красителей после выдерживания в них образцов ТМ до установления равновесия. Концентрацию растворов измеряли на спектрофотометре Spеcord M–VIS. Определялись следующие характеристики: адсорбция А, мкг/см² (отнесенная к площади мембраны); адсорбционные потери, % коэффициент распределения $K = A/C$, мл/см² (С, мкг/мл – равновесная концентрация вещества в растворе).

Обсуждение результатов

Производительность асимметричных ТМ

Исследования показали, что производительность полученных разработанным методом образцов асимметричных ТМ по дистиллированной воде в два – три раза выше, чем у симметричных при равенстве "рабочих" диаметров пор, т.е. при одинаковой селективности.

Структурные и поверхностные свойства трекowych мембран

Ниже приведены результаты изучения и сопоставления структурных, электроповерхностных и адсорбционных свойств серии образцов традиционных (симметричных) ПЭТФ-ТМ с диаметрами пор D, изменяющимися в широких пределах – от 0,015 до 0,4 мкм. С помощью электронного микроскопа определены размеры и поверхностная концентрация пор N, см⁻². По этим данным рассчитана площадь поверхности пор S_{пор}, отнесенная к единице площади мембраны, по формуле:

$$S_{\text{пор}} \approx 3,14N D h, \text{ см}^2/\text{см}^2,$$

где h – толщина мембраны, равная 10 мкм.

Удельная поверхность мембраны S_{уд} рассчитана с добавлением к поверхности пор 2 см² (площади мембраны с двух сторон) по формуле:

$$S_{\text{уд}} \approx S_{\text{пор}} + 2, \text{ см}^2/\text{см}^2,$$

Из *таблицы 1* видно, что удельная поверхность мембран в десятки раз превышает площадь их обеих сторон. В зависимости от размера и

концентрации пор удельная поверхность мембран составляет от 10 до 50 см² на 1 см² площади мембранного фильтра. При нейтральном рН (рН≈7,0) мембраны заряжены отрицательно, ζ - потенциал и поверхностная плотность заряда растут с ростом диаметра пор.

Как было сказано выше, в качестве тестовых молекул для изучения адсорбционных свойств исходных и модифицированных ПЭТФ-ТМ использованы белки и красители с разными кислотнo-основными свойствами. Характеристикой кислотнo-основных свойств белков является их изоэлектрическая точка pI. Изоэлектрическая точка соответствует рН, при котором число положительных зарядов равно числу отрицательных зарядов в глобуле белков. В *таблице 2* приведены изоэлектрические точки белков, использованных в этом исследовании.

Данные по адсорбции основного, нейтрального и кислого белков (цитохрома С, гемоглобина, овальбумина), а также основного и кислотного красителей (родамина 6G, кислотного оранжевого) из 0,02 М фосфатного буферного раствора с рН 7,4 приведены в *таблице 3*.

Видно, что вещества, обладающие кислотными свойствами – белок овальбумин и краситель кислотный оранжевый – не адсорбируются на мембранах. Причиной этого является отталкивание данных отрицательно заряженных молекул от электроотрицательной поверхности мембран.

Основной белок цитохром С и основной краситель родамин 6G адсорбируются значительно. На мембранах с диаметрами пор 30 и 50 нм и с наибольшей удельной поверхностью адсорбционные потери составляют более 80 – 90%. На мембране с наибольшим диаметром пор 400 нм и наименьшей удельной поверхностью эти потери заметно меньше – около 20 – 50%. Причина столь значительной адсорбции заключается в притяжении положительно заряженных молекул к отрицательно заряженным мембранам.

Нейтральный белок гемоглобин адсорбируется значительно, хотя и несколько меньше, чем основные молекулы. Максимальные потери для него составляют 60%, а минимальные – около 10%.

Показателем адсорбционной активности мембран является коэффициент распределе-

Диаметр пор, нм	Концентрация пор N, см ⁻²	Удельная поверхность S _{уд} , см ² /см ²	ζ-потенциал, Мв	Поверхностный заряд σх10 ³ , Кл/м ²
15	4,0·10 ⁹	21	-9,2	-2,13
30	4,3·10 ⁹	43	-13	-3
50	3,0·10 ⁹	49	-20,5	-4,8
100	1,3·10 ⁹	43	-25,7	-6,2
150	3,0·10 ⁸	16	-34,5	-8,63
200	2,5·10 ⁸	18	-34,5	-8,63
400	6,0·10 ⁷	10		

Табл. 1. Структурные и электроповерхностные свойства полиэтилентерефталатных мембран.

Белки	Изоэлектрические точки, рI
Лизоцим	10,5
Цитохром С	9,2
γ-Глобулин	7,3
Гемоглобин	6,9
Бычий сывороточный альбумин (БСА)	4,9
Овальбумин	4,6
Апоферритин	4,2
Пепсин	<1

Табл. 2. Изоэлектрические точки белков.

ния К, который при малых концентрациях вещества в растворе близок к константе распределения (константе Генри), определяемой из изотермы адсорбции. Из таблицы видно, что наибольшие коэффициенты распределения наблюдаются на мембранах с наибольшими удельными поверхностями.

На рис. 3 приведена рН-зависимость адсорбции трех белков – основного – лизоцима (изоэлектрическая точка рI 10,5), нейтрального - γ-глобулина (рI 7,3) и кислого – БСА (рI 4,9) на асимметричной ультрафильтрационной ТМ со средним диаметром пор около 50 нм.

D, нм	15	30	50	100	150	200	400
Цитохром С							
А, мкг/см ²	13	22	19	12	6	12	5
Потери, %	55	96	81	51	23	51	21
К, мл/см ²	0,62	11	2,1	0,52	0,17	0,52	0,14
Гемоглобин							
А, мкг/см ²	6	13	10	4	5	10	3
Потери, %	28	60	45	20	24	45	13
К, мл/см ²	0.18	0.71	0.40	0.11	0.14	0.40	0.08
Овальбумин							
А, мкг/см ²	0	0	0	0	0	0	0
Родамин 6G							
А, мкг/см ²	2,3	2,3	2,3	1,7	1,4	2,1	1,2
Потери, %	87	88	90	67	53	77	47
К, мл/см ²	3.4	3.4	3.5	1.0	0.57	1.7	0.43
Кислотный оранжевый							
А, мкг/см ²	0	0	0	0	0	0	0

Табл. 3. Адсорбция белков и красителей на серии ПЭТФ-ТМ с диаметрами пор от 15 до 400 нм.

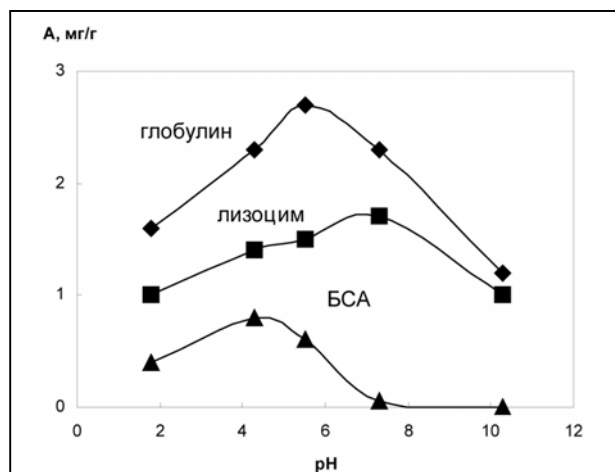


Рис. 3. pH-зависимость адсорбции белков (получена для асимметричных ПЭТФ-ТМ с диаметром пор 50 нм).

Как видно из рис. 3, наблюдается корреляция между положением максимума адсорбции на pH-зависимости и изоэлектрической точкой белка. Максимум адсорбции при pH растворов вблизи изоэлектрической точки белка наблюдался на разных материалах [11]. Это свидетельствует о том, что значительный вклад в адсорбцию белков вносят гидрофобные взаимодействия. Некоторый сдвиг положения pH-максимума влево относительно pI указывает на проявление ионных взаимодействий глобул белков с отрицательно заряженной поверхностью мембраны. Значительное снижение адсорбции при высоких pH (около 10) говорит о проявлении электростатического отталкивания отрицательно заряженных глобул белков от одноименно заряженной поверхности мембраны. При этом только для кислого белка БСА, имеющего наибольший отрицательный заряд при pH 10, адсорбция снижалась до нуля. Для двух других белков адсорбция оставалась еще довольно значительной и при самом высоком pH (около 10). Снижение адсорбции при уменьшении pH до 2 связано, вероятно, с уменьшением вклада в адсорбцию гидрофобных взаимодействий. При этом pH молекулы белков, имеющие значительный положительный заряд, сильнее взаимодействуют с молекулами растворителя – воды, чем с незаряженной поверхностью мембраны. Во всем изученном интервале pH от 2 до 10 адсорбция нейтрального и основного белка была заметно больше, чем кислого.

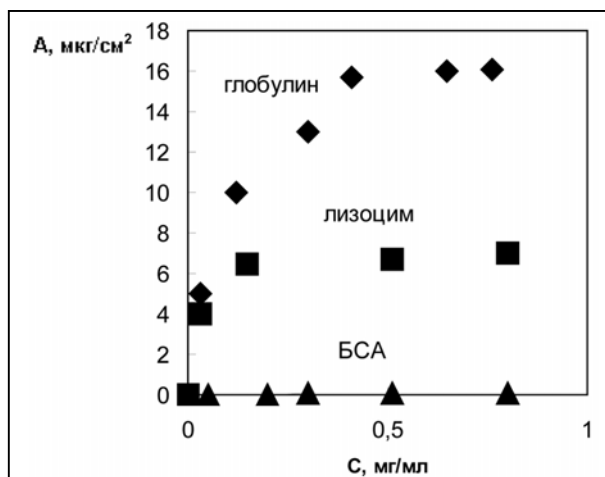


Рис. 4. Изотермы адсорбции белков на ПЭТФ-ТМ ($D = 50$ нм).

Изотермы адсорбции этих трех белков на ПЭТФ-ТМ с диаметром пор 50 нм из физиологического раствора с pH 7,3 приведены на рис. 4.

Адсорбция бычьего сывороточного альбумина близка к нулю. Величины адсорбции глобулина и лизоцима довольно велики и составляют при насыщении около 16 и 7 мкг/см², соответственно.

Таким образом, в адсорбции белков на ПЭТФ-ТМ проявляется сочетание гидрофобных и ионных взаимодействий молекул с поверхностью. Это связано с тем, что, с одной стороны, на поверхности мембран есть довольно много гидрофобных центров, на что указывает довольно большой угол смачивания водой – около 70° [12]. С другой стороны, на поверхности мембран есть также довольно много кислотных групп, ионизирующихся с образованием отрицательных зарядов [13].

Из сопоставления структурных, электроповерхностных и адсорбционных данных видно, что адсорбция на асимметричных немодифицированных ТМ определяется электростатическим взаимодействием поверхности ТМ и молекул, а также величиной удельной поверхности мембран. При нейтральных pH на этих мембранах наблюдается значительная адсорбция основных и нейтральных белков.

Адсорбция уменьшает производительность процесса фильтрации, приводит к потерям вещества. Это препятствует применению мембран в процессах очистки и концентрирования растворов.

	ТМ исходная	ТМ модифицированная
Равновесная концентрация С, мкг/мл	14,2	21,2
Адсорбция А, мкг/см ²	179	144
Коэффициент распределения, К = А/С, мл/см ²	0,70	0,38

Табл. 4. Характеристики адсорбции гемоглобина на ПЭТФ-ТМ с диаметром пор 400 нм – исходной и модифицированной поливинилпирролидоном.

	ТМ исходная	ТМ модифицированная ПВП
Равновесная концентрация С, мкг/мл	1,72	2,39
Адсорбция А, мкг/см ²	0,43	0,055
Коэффициент распределения, К = А/С, см.	0,25	0,023

Табл. 5. Характеристики адсорбции родамина В на ПЭТФ-ТМ с диаметром пор 400 нм – исходной и модифицированной поливинилпирролидоном.

Адсорбция белков и красителей на модифицированных ТМ

Как уже было показано, для снижения адсорбции необходимо химическое модифицирование поверхности мембран. В работе модификацию ТМ проводили с помощью прививки на поверхность мембран полимеров медицинского назначения.

Модифицирование трековых мембран поливинилпирролидоном

Полиэтилентерефталатная мембрана с диаметром пор 400 нм была модифицирована 0.01% раствором поливинилпирролидона (ПВП) в этаноле. Адсорбционные свойства исходной ПЭТФ ТМ и модифицированной с помощью ПВП были изучены по нейтральному белку – гемоглобину и основному красителю – родамину В.

Для адсорбции белка взяты диски мембран диаметром 4,8 см, площадью 18,1 см². Адсорбция проводилась из 10⁻³ М фосфатного буферного раствора. Концентрация белка С₀ = 50 мкг/см³, объем раствора 5 см³. Время адсорбции 5 час. Характеристики адсорбции гемоглобина приведены в таблице 4. Из таблицы 4 видно, что адсорбционная активность по белку модифицированной ПВП мембраны падает незначительно. Коэффициент распределения на модифицированной мембране примерно в 2 раза меньше, чем на исходной.

Была исследована также адсорбция основного красителя - родамина В из водного раствора. Для адсорбции взяты диски мембран диаметром

4,8 см, площадью 18,1 см². Концентрация красителя С 0,5 мкг/см³, объем раствора 10 см³, время адсорбции 5 час. Данные по адсорбции красителя на исходной и модифицированной ПВП мембранах с диаметром пор 400 нм приведены в таблице 5.

Из таблицы 5 видно, что адсорбционная активность по красителю модифицированной ПВП мембраны значительно падает. Коэффициент распределения на модифицированной мембране примерно в 11 раз меньше, чем на исходной.

Модифицирование трековых мембран полиэтиленгликолином и поливинилпирролидоном. Адсорбция белков и красителей

Модифицирование мембран проводили в этанольном растворе, содержащем 0,01% полиэтиленгликоля и 0,01% поливинилпирролидона. Для модифицирования были взяты мембраны, структурные характеристики которых приведены в таблице 6.

D _{пор} , нм	N, см ⁻²	S _{уд} , см ² /см ²
200	2,5x10 ⁸	18
400	6x10 ⁷	9,5

Табл. 6. Структурные характеристики ПЭТФ-ТМ, использованных для модифицирования ПЭИ и ПВП.

Из таблицы 6 видно, что удельная поверхность мембраны с диаметром пор 0,2 мкм примерно в 2 раза больше, чем мембраны с диаметром пор 400 нм.

Для изучения эффекта модифицирования мембран были измерены адсорбционные характеристики основного красителя – родамина 6G. Для адсорбции были взяты мембраны площадью 10 см², водные растворы красителя объемом 5 мл с концентрацией 2 мг/л. В *таблице 7* приведены адсорбционные характеристики родамина 6G на исходных и модифицированных мембранах с диаметрами пор 200 и 400 нм.

Из *таблицы 7* видно, что на немодифицированных мембранах наблюдается большая адсорбция родамина 6G. Адсорбционная активность по этому основному красителю модифицированной мембраны резко падает. Коэффициенты распределения родамина 6G на модифицированных мембранах примерно в 15 раз меньше, чем на исходных. При этом адсорбция зависит от удельной поверхности мембран. На мембране с диаметром пор 200 нм и со значительно большей удельной поверхностью характеристики адсорбции также значительно больше, чем на мембране с диаметром пор 400 нм.

На исходной и модифицированной мембранах с диаметром пор 200 нм измерена адсорбция трех белков: основного – цитохрома С, нейтрального – гемоглобина и кислого – овальбумина. Для адсорбции были взяты мембраны площадью 10 см², растворы белков с рН 7,0 объемом 5 мл с концентрацией белка 25 мг/л. В *таблице 8* приведены адсорбционные характеристики белков на исходной и модифицированной ПЭИ и ПВП мембранах. Сравнение адсорб-

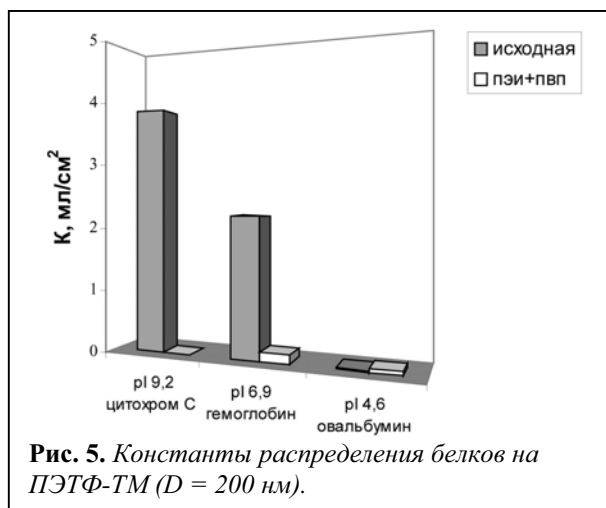


Рис. 5. Константы распределения белков на ПЭТФ-ТМ (D = 200 нм).

ционной активности (выражаемой коэффициентами распределения K трех белков) исходной и модифицированной мембран представлено на *рис. 5*.

Из *рисунка 5* видно, что адсорбционная активность (коэффициент распределения K) у исходной мембраны по основному белку цитохрому С очень велика (K ≈ 3,9 мл/см²), а у модифицированной мембраны полностью отсутствует (коэффициент распределения K ≈ 0). По нейтральному белку гемоглобину активность модифицированной мембраны снижается в 15 раз. По кислому белку овальбумину незначительно растет, но остается на очень низком уровне. На модифицированной мембране коэффициент распределения овальбумина значительно ниже, чем гемоглобина.

Эффект модифицирования мембран исслед-

Мембрана	Исходная			Модифицированная ПЭИ и ПВП			
	D _{пор} , нм	K, мл/см ²	A, мкг/см ²	Потери, %	K, мл/см ²	A, мкг/см ²	Потери, %
200		4,7	1,6	89	0,3	0,5	35
400		1,8	0,8	77	0,12	0,2	18

Табл. 7. Адсорбционные характеристики родамина 6G на ПЭТФ-ТМ с диаметрами пор 200 и 400 нм – исходных и модифицированных ПЭИ и ПВП.

Белок	Исходная мембрана			Модифицированная мембрана		
	K, мл/см ²	A, мкг/см ²	Потери, %	K, мл/см ²	A, мкг/см ²	Потери, %
Цитохром С	3,9	8,2	88	0	0	0
Гемоглобин	2,2	7,9	80	0,14	1,8	14
Овальбумин	0,02	1,5	6	0,05	2,3	8

Табл. 8. Адсорбционные характеристики белков на ПЭТФ-ТМ (D = 200 нм) – исходной и модифицированной ПЭИ и ПВП.

Мембрана	К, мл/см ²	А, мкг/см ²	Потери, %
Исходная	3,1	10,4	84
Модифицированная ПЭИ и ПВП	0,09	1,8	14

Табл. 9. Адсорбционные характеристики лизоцима на ПЭТФ-ТМ (Дпор 200 нм) – исходной и модифицированной ПЭИ и ПВП.

дован также по основному белку – лизоциму ($pI \approx 0,5$). В таблице 9 представлены адсорбционные характеристики лизоцима на исходной и модифицированной ПЭИ и ПВП мембранах с диаметром пор 200 нм.

Из таблицы 9 видно, что адсорбционная активность по сильноосновному белку лизоциму модифицированной мембраны резко падает. Коэффициент распределения лизоцима на исходной мембране ($K \approx 3,1$ мл/см²) примерно в 30 раз больше, чем на модифицированной ($K = 0,09$ мл/см²).

На основании сравнительного анализа представленных данных по адсорбции белков и водорастворимых красителей на исходных и химически модифицированных полиэтиленерефталатных трековых мембранах можно сделать ряд выводов.

1. Адсорбционные свойства ПЭТФ-ТМ определяются сочетанием ионных и гидрофобных взаимодействий. Присутствие на поверхности этих мембран кислотных центров приводит к тому, что в физиологических условиях (при pH около 7) на поверхности наблюдается высокая плотность отрицательных зарядов. На такой поверхности значительно адсорбируются белки, обладающие основными и нейтральными свойствами, изоэлектрические точки которых $pI \geq 7$. Белки с кислотными свойствами в этих условиях не адсорбируются или адсорбируются очень незначительно.
2. Для снижения адсорбционной активности ПЭТФ-ТМ в отношении сильно адсорбирующихся основных и нейтральных белков разработаны способы химического модифицирования поверхности мембран как бифункциональным реагентом – 3-аминопропилтриэтоксисиланом, так и различными полимерами: нейтральным гидрофильным – полиэтиленгликолем, основными – поливинилпирролидоном и полиэтилен-

мином. В результате такого модифицирования всеми способами наблюдается значительное уменьшение или полное устранение адсорбционной активности мембран в отношении основных белков. Адсорбция нейтральных белков также заметно снижается. Адсорбционная активность модифицированных мембран относительно кислых белков остается низкой.

3. Наилучшие результаты получены на мембранах, модифицированных совместно полиэтиленамином и поливинилпирролидоном. Адсорбционная активность таких мембран (выражаемая коэффициентом распределения белка) в отношении основных белков либо полностью устраняется, либо снижается до 30-ти раз в сравнении с активностью исходных мембран. Адсорбционная активность в отношении нейтральных белков у модифицированных мембран уменьшалась до 15-ти раз. Их активность в отношении кислых белков оставалась на низком уровне.

Заключение

Анализ полученных результатов показывает, что структурная и физико-химическая модификация позволяют значительно улучшить эксплуатационные свойства трековых мембран: в несколько раз повысить их производительность и в десятки раз уменьшить адсорбционные потери. Разработанные методы формирования асимметричных пор и изменения физико-химических свойств их поверхности могут быть использованы в промышленном производстве трековых мембран.

Литература

1. P.Yu. Apel et al. Effect of nanosized surfactant molecules on the etching of ion tracks.// Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. 2003. Vol. B 209. P. 329-334.
2. Флеров Г.Н. Синтез сверхтяжелых элементов и применение методов ядерной физики в смежных областях. //Вестник АН СССР. 1984. №4. С.35 - 48.

3. Мчедlishvili Б.В., Бреслер С.Е., Коликов В.М., Молодкин В.М., Флеров Г.Н. Изучение процессов фильтрации коллоидных жидкостей и биологических суспензий через ядерные фильтры. // Коллоид. журн. 1978. Т.40. №1. С.59 – 63
4. Мчедlishvili Б.В., Флеров Г.Н. Ядерные фильтры: новый класс микрофильтрационных мембран в прецизионном разделении коллоидных растворов. // Журн. ВХО им. Д.И.Менделеева, 1987. Т.37. №6. С. 641 – 647.
5. Березкин В.В., Богдановская В.А., Мчедlishvili Б.В., Виленский А.И. Трековые мембраны как селективные элементы электрохимических биосенсоров. // Коллоид. журн. 1993. Т.55. №6. С.610 – 615.
6. Хохлова Т.Д., Виленский А.И., Мчедlishvili Б.В. Адсорбционные свойства ультра-фильтрационных трековых мембран из полиэтилентерефталата и поликарбоната. // Коллоид. журн. 1998. Т.60. №4. С.574 – 575.
7. Хатайбе Е.В., Хохлова Т.Д., Трусов Л.И., Мчедlishvili Б.В. Адсорбционные свойства металлокерамических и трековых полиэтилентерефталатных мембран. // Коллоид. журн. 2005, Т. 67. №1. С. 124 – 127.
8. Mitrofanova N.V., Khokhlova T.D., Sergeev A.V., Netchaev A.N., Dejardin P., Yanul N.A., Kirsh Yu.E. The investigation of protein adsorption on PETP track membranes. // International Conference "Euromembrane 2000", Jerusalem, 2000. P. 191.
9. Жданов Г.С., Фурсов Б.И., Красавина Т.А., Туманов А.А., Мчедlishvili Б.В., Нечаев А.Н. Способ изготовления анизотропной трековой мембраны. // Патент РФ RU179063.
10. Березкин В.В., Киселева О.А. Соболев В.Д., Чураев Н.В., и др. Электропроводность растворов КСl в порах ядерных фильтров и их электроповерхностные свойства. // Коллоид. журн. 1994. Т. 56. № 3. С.319 - 325.
11. Norde W., MacRitchie F., Novika G., Lyklema J. Adsorption at solid-liquid interfaces: Reversibility and conformation aspects. // J. Colloid Interface Sci. 1986. V.112. P.447 - 456.
12. Шатаева Л.К., Ряднова И.Ю., Нечаев А.Н и др. Особенности смачивания и адсорбционные свойства трековых мембран на основе полиэтилентерефталата. // Коллоид. журн. 2000, Т. 62. № 1. С. 126 - 132.
13. Митрфанова Н.В., Нечаев А.Н., Хохлова Т.Д., Мчедlishvili Б.В. Адсорбция белков и красителей на полиэтилентерефталатных трековых мембранах, модифицированных полимерами. // Коллоид. журн. 2003, Т. 65. № 2. С. 248 - 251.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (Грант № 05-08-18030 а) и Федерального агентства по науке и инновациям (Госконтракт от 12.04.2005 г. № 02.434.11.2002)

СИНАПТОНЕЙРОСОМЫ – БИОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СИНАПТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

М.Н. Вуколова

Московский Государственный Медико-Стоматологический Университет, Москва

Синаптонейросомы (СНС) представляют собой биохимическую модель синапса, состоящую из пре- и постсинаптической мембраны с сохраненным цитозольным компонентом. Фрагмент постсинаптической мембраны, прикрепленный к нервному окончанию, замкнут. СНС используют для изучения регуляции медиатор-опосредованных рецепторов и путей вторичных посредников, метаболических процессов и постсинаптических потенциалов под воздействием нейромедиаторов и нейропептидов.

Ключевые слова: биомембраны, синаптонейросомы, мембранный потенциал, рецепторы

Synaptoneuroosomes are simply derived brain vesicular preparations which are believed to contain intact presynaptic and postsynaptic elements. Changes of the membrane potential in synaptoneuroosomes monitor by measurement of changes in the absorbance of a potential sensitive cyanine dyes or rhodamine 6G. Synaptoneuroosomes may be used for functional studies on postsynaptic neurotransmitter receptor-linked membrane potential changes, for investigation inositol phosphates production and receptor phosphorylation, regulation of transmitter-mediated receptors and second messengeres ways, metabolic processes and postsynaptic potentials by influence of neurotransmitters and neuropeptides.

Key words: Synaptoneuroosomes, Membrane potential, Postsynaptic potentials, Neurotransmitter.

Изучение процессов синаптической передачи на протяжении нескольких десятилетий осуществлялось физиологами с помощью электрофизиологической техники. Существенный прогресс в понимании биохимических процессов в нервном окончании был достигнут после выделения посредством центрифугирования в градиенте плотности сахарозы очищенной фракции нервных окончаний. Изолированные нервные окончания представляют замкнутые структуры с прикрепленным к каждому нервному окончанию участком постсинаптической мембраны. Эти искусственные образования получили название синаптических телец – синаптосом (СС). В опытах на синаптосомах удалось исследовать практически все пресинаптические процессы, тогда как постсинаптические явления оставались невыясненными. В 1985 г. Холингсворту с сотр. посредством последовательного фильтрования гомогената нервной ткани через фильтры с фиксированным уменьшающимся размером пор (самый маленький диаметр пор 5 мкм) удалось получить новый биохимический препарат – синаптонейросомы (СНС), представляющий, по существу, биохимическую модель синапса и состоящий из пре- и постсинаптической мембраны с сохраненным цитозольным компонентом. СНС отличаются от СС тем, что фрагмент

постсинаптической мембраны, прикрепленный к нервному окончанию, замкнут, и поэтому структура имеет вид «восьмёрки» (рис. 1, Scheetz A.J. et al., 1997).

Таким образом, этот микроскопический замкнутый постсинаптический отсек, содержащий цитоплазму, является миниатюрной безъядерной постсинаптической клеткой, способной отвечать на воздействия нейромедиаторов и нейропептидов изменением метаболических процессов и постсинаптических потенциалов. Электронные микроснимки показали, что СНС обогащены синаптическими контактами (Hollingsworth E.B. et al., 1985; Scheetz A.J. et al., 1997).

В 1987 г. Акерману и сотр. удалось обнаружить изменения мембранного потенциала СНС, вызываемые медиаторами с помощью оптического зонда Dis-C2-(5).

Вскоре СНС стали использовать для исследования активации фосфоинозитидного механизма в ответ на стимуляцию постсинаптических метаболитных рецепторов (Guiramand . et al., 1991), изучения активности протеинкиназы С, вызванной амфетамином (Giambalvo С.Т., 2003), высвобождения возбуждающих и тормозных медиаторов в случае активации ананда-

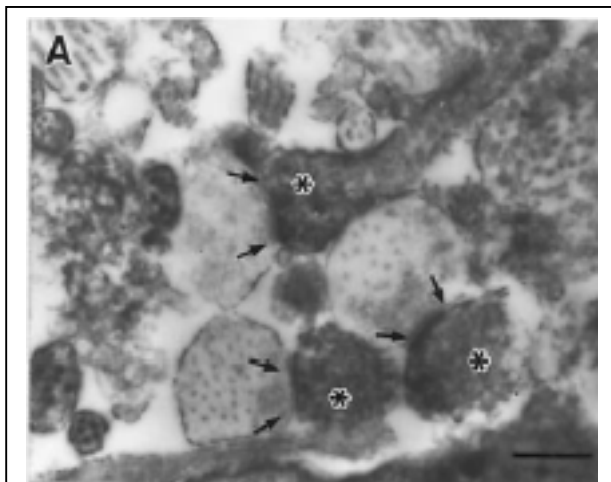


Рис. 1. Электронный микроснимок синаптонейросом был получен, используя иммулокализацию с фосфо-eEF2 in tecta (Scheetz A.J. et al., 1997). На нем показана локализация в пределах дендритов, вызванная НМДА/Глу стимуляцией. Шкала 1 мкм. Стрелки показывают пресинаптический размер синаптического приложения. Звездочками указана дендритическая конфигурация.

мидом потенциал-чувствительных натриевых каналов (Nicholson R.A. et al., 2003).

В СНС замкнут участок постсинаптической мембраны, благодаря этому есть возможность исследовать сдвиги внутриклеточной концентрации ионов и метаболитов. С помощью молекулярных зондов удалось оценить вызванные нейромедиаторами изменения цитоплазматической концентрации ионов Cl^- (Schwartz R.D., 1984), Na^+ (Gusovsky F. et al., 1992), эффекты веществ (каиновая кислота) (Osborne N.N., 1990), активация внутриклеточного кальциевого депо при формировании долговременной памяти (Salinska E.J. et al., 2001).

Их используют для выяснения механизмов действия нейростероидов, вызывающих «long-term» изменения в функции GABA(A) рецепторов (Grobin A.C. et al., 2001), действия этанола (Aguayo L.G. et al., 2002), связывания веществ с постсинаптическими рецепторами: [3H]ВТХ-В связывание (Leong D. et al., 2001).

СНС - полезный инструмент для изучения механизмов высвобождения нейромедиаторов, регуляции медиатор-опосредованных рецепторов и путей вторичных посредников. Например, для изучения синтеза белка в присутствии клеточных медиаторов, рецептор-управляемой трансляции белков, рецепторной активности на примере G-белков, функции GABA(A)-

рецепторов, AMPA-рецепторов, инсулинового рецептора для выяснения механизмов действия паралитических токсинов, например ядов, содержащихся в мидиях (Nicholson R.A. et al., 2002), бриветоксинов (David L.S. et al., 2003).

Литература

1. Aguayo L.G., Peoples R.W., Yeh H.H., Yevenes G.E. GABA(A) receptors as molecular sites of ethanol action. Direct or indirect actions? // *Curr. Top. Med. Chem.*-2002.-V.2.-№8.-P.869-85.
2. Akerman K.E.O., Scott I.G., Heikkila J.E., Heinonen E. Ionic dependence of membrane potentials and glutamate receptor-linked responses in synaptoneurosomes as measured with a cyanine dye, DiS-C₂(5). // *J. Neurochem.*-1987.-V.48.-P.552-559.
3. Akerman K.E.O., Enkvist M.O., Holopainen I. Activators of protein kinase C and phenylephrine depolarize the astrocyte membrane by reducing by the K^+ permeability. // *Neurosci. Lett.*-1988.-V.92.-P.265-269.
4. David L.S., Plakas S.M., El Said K.R., Jester E.L., Dickey R.W., Nicholson R.A. A rapid assay for the brevetoxin group of sodium channel activators based on fluorescence monitoring of synaptoneurosomal membrane potential. // *Toxicol.* 2003.-V.42.-№2.-P.191-198.
5. Giambalvo C.T. Differential effects of amphetamine transport vs. dopamine reverse transport on particulate PKC activity in striatal synaptoneurosomes. // *Synapse.*-2003.-V.49.-№2.-P.125-133.
6. Giambalvo C.T., Price L.H. Effects of fenfluramine and antidepressants on protein kinase C activity in rat cortical synaptoneurosomes. // *Synapse.*-2003.-V.50.-№3.-P.212-222.
7. Guiramand J., Vignes M., Mayat E., Lebrun F., Sasseti I., Recasens M. A specific transduction mechanism for the glutamate action on phosphoinositide metabolism via the quisqualate metabotropic receptor in rat brain synaptoneurosomes: I. external Na^+ requirement. // *J. Neurochem.*-1991.-V.57.-№5.-P.1488-1500.
8. Gusovsky F., Padgett W.L., Creveling C.R., Daly J.W. Interaction of pumiliotoxin B with an "alkaloid-binding domain" on the voltage-dependent sodium channel. // *Mol. Pharmacol.*-1992.-V.42.-№6.-P.1104-1108.
9. Hollingsworth E.B., McNeal E.T., Burton J.L., Williams R.J., Daly J.W. and Creveling C.R. Biochemical characterization of a filtered synaptoneurosomes preparation from guinea pig cerebral cortex: cyclic adenosine 3',5'-monophosphate-generating systems, receptors and enzymes. // *J. Neurosci.*-1985.-V.5.-P.2240-2253.
10. Hollingsworth E.B., Sears E.B., de la Cruz R.A., Gusovsky F., Daly J.W. Accumulations of cyclic AMP and inositol phosphates in guinea pig cerebral cortical synaptoneurosomes: enhancement by agents acting at

- sodium channels. // *Biochem. Biophys. Acta.*-1986.-V.883.-№1.-P.15-25.
11. *Leong D., Bloomquist J.R., Bempong J., Dybas J.A., Kinne L.P., Lyga J.W., Marek F.L., Nicholson R.A.* Insecticidal arylalkylbenzhydropiperidines: novel inhibitors of voltage-sensitive sodium and calcium channels in mammalian brain. // *Pest. Manag. Sci.*-2001.-V.57.-№10.-P.889-895.
 12. *Nicholson R.A., Li G.H., Buenaventura E., Graham D.* A rapid and sensitive assay for paralytic shellfish poison (PSP) toxins using mouse brain synaptoneurosome. // *Toxicon.*-2002.-V.40.-№6.-P.831-838.
 13. *Nicholson R.A., Liao C., Zheng J., David L.S., Coyne L., Errington A.C., Singh G., Lees G.* Sodium channel inhibition by anandamide and synthetic cannabimimetics in brain. // *Brain Res.*-2003.-V.978.-№1-2.-P.194-204.
 14. *Osborne N.N.* Stimulatory and inhibitory actions of excitatory amino acids on inositol phospholipid metabolism in rabbit retina. Evidence for a specific quisqualate receptor subtype associated with neurons. // *Exp Eye Res.*-1990.-V.50.-№4.-P.397-405.
 15. *Salinska E.J., Bourne R.C., Rose S.P.* Long-term memory formation in the chick requires mobilization of ryanodine-sensitive intracellular calcium stores. // *Neurobiol. Learn Mem.*-2001.-V.75.-№3.-P.293-302.
 16. *Scheetz A.J., Angus C.N., and Constantine-Paton M.* N-methyl-D-aspartate receptor activation and visual activity induce elongation factor-2 phosphorylation in amphibian tecta: A role for N-methyl-D-aspartate receptors in controlling protein synthesis. // *Neurobiology.*-1997.-V.94.-P.14770-14775.
 17. *Schwartz R.D., Skolnick P., Hollingsworth E.B. and Paul S.M.* Barbiturate and picrotoxin-sensitive chloride efflux in rat cerebral cortical synaptoneurosome. // *FEBS Letters.*-1984.-V.175.-№1.-P.193-196.

РЕФЕРАТИВНЫЙ РАЗДЕЛ¹

Обзоры и общие вопросы

31.МБ.1. Кинетика снижения мембранного потока: роль природных коллоидов и ослабление их воздействия с помощью модификации поверхности мембраны. Kinetics of membrane flux decline: the role of natural colloids and mitigation via membrane surface modification. *Kilduff James E., Mattaraj Supatpong, Zhou Mingyan, Belfort Georges.* J. Nanopart. Res.. 2005. 7, № 4–5, с. 525–544. Англ.

Применение мембранных (МБ) технологий к производству питьевой воды привело к увеличению усилий, применяемых для контроля загрязнений (ЗГ), снижающих характеристики МБ, увеличивающих их стоимость и сокращающих срок службы. Природные органич. материалы (ПОМ) повсеместно присутствуют в водных источниках и вносят основной вклад в ЗГ при фильтрации. В обзоре обсуждаются факторы, влияющие на ЗГ: гидродинамика; структурные свойства системы подачи - размеры, гидрофобность, плотность заряда, изоэлектрич. точка; свойства МБ, включая ее гидрофобность, плотность заряда, шероховатость ПВ, пористость; свойства фазы р-ра, такие как рН, ионная сила, концентрация металла. Рассмотрены подходы к идентификации и математич. описанию кинетики ЗГ, включая эффекты блокирования пор, возникновение слеживания, роль осмотич. давления. В заключение обсуждается стратегия подавления ЗГ, заключающаяся в модифицировании наноструктуры ПВ МБ посредством индуцированной УФ-облучением полимерной прививки гидрофобных мономеров для увеличения смачиваемости ПВ и сокращения взаимодействия ПОМ и ПВ МБ.

Статьи

31.МБ.2. Колебательная экстракционная система с жидкой мембраной для разделения РЗЭ. *Копырин А. А., Баулин А. А., Афонин М. А.* Радиохимия. 2005. 47, № 4, с. 355–358. Библ. 8. Рус.

Исследована нестационарная колебательная система, состоящая из двух экстракторов, соединенных сплошной жидкой мембраной. Изучено влияние скорости перекачивания органической фазы жидкой мембраны и концентрации кислоты. Получены зависимости степеней обогащения водной и органической фаз (Pr/Nd) от времени. Степень обогащения зависит от низкочастотных колебаний окислительно-восстановительного потенциала (высокочастотные колебания модулировались низкочастотными). Определена оптимальная концентрация HNO_3 для разделения Nd и Pr. Степень обогащения водной фазы (Pr/Nd) возрастает при увеличении скорости перекачивания жидкой мембраны между экстракторами. Измерены соотношения ^{142}Ce и ^{140}Ce в водных фазах двух экстракторов. Достигнуто разделение этих изотопов с фактором разделения порядка 2,4%.

31.МБ.3. [Система регенерирования воды]. Integrated evaluation of a sequential membrane filtration system for recovery of bioreactor effluent during long space missions. *Tansel Berrin, Sager John, Rector Tony, Garland Jay, Strayer Richard F., Levine Lanfang, Roberts Michael, Hummerick Mary, Bauer Jan.* J. Membr. Sci.. 2005. 255, № 1–2, с. 117–124. Англ.

Сообщается о разработке системы регенерирования воды, предназначенной для использования в длительных

экспедициях в условиях замкнутого объема, например, это могут быть космические экспедиции. Исползованная вода вначале поступает в мембранный биореактор (лабораторная модель 3 л) с роторным узлом из половолоконных мембран, аэрирующий воздух подается в их полость, биопленка нарастает на поверхности. Далее следуют две ступени ультрафильтрации с мембранами различного типа, ступень нанофильтрации с удалением отложений и ступень обратного осмоса. Вода с ее выхода используется как питьевая, вода с промежуточных ступеней может использоваться в других целях.

31.МБ.4. Мембранные системы с высокой производительностью. World's largest membrane treatment system. *Word Water and Environ. Eng..* 2005. 28, № 3, с. 23. Англ.

Отмечается, что мембраны применяются для обессоливания морской воды, для удаления неорганических и органических соединений, нитратов, мышьяка, радионуклидов, при подготовке воды питьевой, для ее умягчения и др. Сообщается о производстве мембранного спирального модуля в исполнении для нанофильтрации или обратного осмоса, его диаметр составляет 457 и длина 1550 мм, поверхность мембран 260 м². Он предназначен для замены на крупных станциях модуля предыдущей модели с диаметром 200, длиной 1016 мм и поверхностью 37 м². Модуль новой модели заменяет 7 модулей предыдущей, это дает возможность, в частности, на 80% сократить протяженность систем коммуникации. Сообщается о производстве фильтровальных систем с производительностью от 1890 до 7570 м³/сут.

31.МБ.5. Подготовка воды в домашних условиях с применением мембран. Indian innovation brings UF membranes home. *Tewari P. K., Bindal R. C.* Word Water and Environ. Eng.. 2005. 28, № 3, с. 18–19. Англ.

Отмечается, что при отсутствии централизованного водоснабжения или при несоответствии санитарным нормам водопроводной воды целесообразно в бытовых условиях использовать установки малой производительности, выполненные с применением мембран для ультрафильтрации. Представлена коммерческая модель с производительностью по питьевой воде 40 л/сут, она содержит мембрану 315 см² с порами менее 10 нм и фильтр/сорбер с акт. углем. Трансмембранное давление 0,345–2,4 бар, мембрана устойчива к щелочам, кислотам и остаточному хлору, срок службы 3–5 лет, мембраны половолоконного типа, удаление микроорганизмов 99,99%.

31.МБ.6. Применение испарительных установок для подготовки добавочной воды на Владивостокской ТЭЦ-2. *Слесаренко В. В.* (Центр "Модернизация котельной техники" Дальневосточного государственного технического университета). Энергосбережение и водоподгот.. 2005, № 1, с. 7–9, 1 табл.. Библ. 6. Рус.

Выполненный анализ эффективности применения испарительных и опреснительных установок на ТЭС позволяет сделать следующие рекомендации: несмотря на более высокую стоимость и сложность технологии, наиболее перспективными для внедрения на вновь строящихся ТЭС являются испарители мгновенного вскипания и испарители пленочного типа; при модернизации водоподготовки на действующих ТЭС приемлемым решением можно считать применение испарителей кипящего типа, для которых необходима предварительная обработка воды, например по технологии умягчения воды в натрий-катионитных фильтрах; при разработке комбинированных схем водоподготовки с мембранными и испарительными установками на ТЭС возможен полный отказ от дорогостоящих ионообменных

¹ Рефераты взяты из реферативной БД ВИНТИ

технологий обессоливания; для ТЭС морского базирования типа Владивостокской ТЭЦ-2 использование испарительных установок для опреснения является экономически и технологически эффективным решением (особенно в условиях дефицита пресноводных источников). При этом обеспечивается производство значительного колич. воды требуемого качества, которую можно подавать для питания паровых котлов ТЭС и подпитки тепловой сети.

31.МБ.7. Очистка воды от красителей керамическими мембранами, модифицированными глинистыми минералами. Дульнева Т. Ю., Кучерук Д. Д. Химия и технол. воды. 2005. 27, № 5, с. 495–504. Библ. 8. Рус.; рез. укр., англ.

Исследована возможность очистки воды от красителей различной природы методом тангенциальной микрофильтрации при помощи отечественной керамической трубчатой мембраны из оксида алюминия ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$), средний диаметр пор которой в активном слое составляет 0,6–0,7 мкм. Показана возможность повышения степени очистки воды от катионного фиолетового и метиленового голубого, а также прямых красителей керамическими мембранами, модифицированными глинистыми минералами – палыгорскитом и монтмориллонитом черкасским. Установлено, что в случае катионного фиолетового целесообразно проводить фильтрование смеси красителя и палыгорскита, а в случае метиленового голубого и прямых красителей керамическую мембрану необходимо предварительно модифицировать глинистыми минералами.

31.МБ.8. Современные мембранные биореакторы. Moderne Membranbioreaktoren. WWT: Wasserwirt. Wassertechn.. 2005, № 9, с. S47. Нем.

Рекламная публикация, рекламируются мембранные биореакторы (МБР), предназначенные преимущественно для очистки промышленных СВ. Указывается, что при очистке концентрированных СВ, содержащих токсичные и устойчивые к биоразложению соединения, МБР имеют целый ряд преимуществ, в частности, в реакторе происходит накопление видов микрофлоры с большими периодами генерации, что обуславливает увеличение глубины деструкции устойчивых компонентов. Кроме того, в МБР концентрации биомассы намного превышают значения для схем с отстойниками, следствием этого является увеличение окислительной мощности. Проблема образования на мембранах отложений решается за счет применения схем перекрестноточного фильтрования с периодической химической регенерацией мембран.

31.МБ.9. 25 лет мембранной технологии фирмы OSMO GmbH. 25 Jahre Membrantechnologie bei der OSMO GmbH. Galvanotechnik. 2005. 96, № 9, с. 2190. Нем.

Описана сфера деятельности фирмы "OSMO Membrane Systems GmbH", которая за 25 лет работы произвела и смонтировала >700 мембранных установок для микро-, ультра- и нанофильтрации, с использованием обратного осмоса и электрохимич. мембранных установок (электролиз, мембранный электролиз, диффузионный диализ). Изделия фирмы широко используют в химии, фармацевтике, металлообработке, в производстве и переработке бумаги, гальванотехнике, приготовлении воды для нагревательных котлов и питьевой воды.

31.МБ.10. Влияние термообработки на морфологию и первапорационные характеристики асимметричных полволоконных полиакрилонитрильных мембран. Heat-treatment effect on the morphology and pervaporation performances of asymmetric PAN hollow fiber membranes. Tsai H. A., Ciou Y. S., Hu C. C., Lee K. R., Yu D. G., Lai J. Y. J. Membr. Sci.. 2005. 255, № 1–2, с. 33–47. Англ.

Исследовано влияние условий термообработки на морфологию и характеристики первапарации водн. раствора изопропанола (I) через полученные мокрым формированием полволоконные ПАН-мембраны (МБ). При температуре термообработки >210° в течение процесса термообработки имела место реакция дегидрирования и циклизации.

Наблюдение с помощью сканирующего электронного микроскопа показывают, что морфология подвергнутых термообработке полволоконных ПАН-МБ становилась плотнее с увеличением температуры термообработки. Скорость пермеации и концентрация воды в пермеате в случае пермеации 90%-ного водн. раствора I через подвергнутые термообработке полволоконные ПАН-МБ при 120° в течение 12 ч составили 186 г/м² и 99,2% соответственно.

31.МБ.11. Получение полволоконистых композитных мембран из поливинилиденфторида и поливинилдиметилсилоксанов и их способности к разделению. Preparation of polyvinylidene fluoride/polyvinyl dimethylsiloxane composite hollow fiber membranes and their separation properties. Meng Bo, Yang Nai-tao, Tan Xiao-yao, Zhang Bao-yan. Chin. J. Polym. Sci.. 2005. 23, № 1, с. 75–82. Англ.

Микропористые полволоконистые мембраны (ПВМ) из ПВДФ изготавливают прядением с использованием метода инверсии фаз. На ПВМ наслаивают равномерное покрытие толщиной 5–12 мкм (обязательно >5 мкм) из поливинилдиметилсилоксана. Структурные параметры получаемых ПВМ исследованы по их газопроницаемости. Получаемые величины проницаемости и селективности хорошо совпадают с предопределенными с проведением теоретич. исследований с использованием модели распределения пор.

31.МБ.12. Молекулярно-импринтная мембрана с высокой производительностью, получаемая поверхностной сополимеризацией с фотопрививкой. Molecular imprinted membrane with high flux by surface photo-grafting copolymerization. Shuang Li, Fengbao Zhang, Guoliang Zhang, Yan Wang. Chin. J. Chem. Eng.. 2005. 13, № 2, с. 184–190, 10 ил. Библ. 24. Англ.

Молекулярно-импринтные полимерные мембраны (МБ) (МИМ) комбинируют преимущества молек. импринтинга и мембранной технологии. Очень тонкую ПЛ из импринтного полимера, который может специфически и селективно абсорбировать базовую матрицу (аденин), прививали на ПВ поливинилиденфторидной МБ сополимеризацией с фотопрививкой. Т. к. молекулярно-импринтный полимер прививается на ПВ матричной МБ без блокирования пор МБ, получаемые МИМ имеют высокую производительность в качестве микрофильтрац. МБ (0,26 моль/м²×ч у матрицы, а производительность по дистил. воде была 3,6 мл/мин×см² при 0,8 МПа). МИМ могут быстро абсорбировать/десорбировать матричные молекулы. Для МИМ требуется только несколько минут, чтобы абсорбировать >75% матрицы (аденин) из водн. раствора. Влияния типа и количества функциональных мономеров, количества сшивающего агента на абсорбц. способность обсуждаются, чтобы определить оптим. условия получения.

31.МБ.13. Протонопроводящие мембраны на основе смесей полибензимидазолов с ароматическими полиэфирами, содержащими пиридины. Proton conducting membranes based on blends of PBI with aromatic polyethers containing pyridine units. Daletou M. K., Gourdoupi N., Kallitsis J. K.. J. Membr. Sci.. 2005. 252, № 1–2, с. 115–122. Англ.

Описано получение ионитовых мембран (МБ) на основе СПЛ пиридинов, полибензимидазолов и полисульфонов с фосфорнокислыми группировками. Изучена окислит. устойчивость МБ в различных средах с H₂O₂ при 100°, а также величины ионной проводимости МБ в зависимости от хим. строения и состава СПЛ.

31.МБ.14. Окислительно-восстановительные процессы в мезопористых оксидных мембранах: слоистые пленки TiO₂/фитат и TiO₂/динуклеотид флавиаденина. Redox processes in mesoporous oxide membranes: layered TiO₂ phytate and TiO₂ flavin adenine dinucleotide films. Milsom Elizabeth V., Perrott Hugh R., Peter Laurence M., Marken Frank. Langmuir. 2005. 21, № 21, с. 9482–9487. Англ.

Тонкие пленки нанопористого TiO₂ (анатаз) собирали на ПВ электрода путем процесса послойного осаждения с

применением в качестве молекулярного связующего фитиновой к-ты, пиромеллитовой к-ты и динуклеотида флавинаденина (ДНФА). В случае использования всех трех типов связующего обычно были образованы слои толщиной 30 нм в результате каждого цикла осаждения. ДНФА, как электрохимич. активный компонент, иммобилизован на ПВ частиц TiO_2 , восстановлен до формы ДНФА- H_2 и вновь окислен с помощью химич. обратимого окислительно-восстановительного (ОВ) процесса два электрона - два протона. Наблюдались два четких вольтамперометрических сигнала для иммобилизованной ДНФА ОВ-системы, связанные с: обратимым скачком электронов на ПВ TiO_2 ; необратимым переносом электронов через всю сборку TiO_2 . Последнее возможно благодаря диффузии на значительные расстояния, в том числе и через "спейсерный" слой из фитата на TiO_2 . Порядок величины (верхний предел), оцененный для коэф. диффузии через слой TiO_2 , покрытый фитатом, составляет $D_{\text{электрона}} \approx 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, и был получен из данных вольтамперометрии. Показано, что прокалывание ансамблей TiO_2 вызывает неожиданные изменения в кинетике переноса электронов в случае иммобилизованной системы ДНФА/ДНФА- H_2 .

31.МБ.15. Использование парамагнитных частиц в качестве отталкивающих темплатов для изготовления мембран с регулируемой пористостью. Using paramagnetic particles as repulsive templates for the preparation of membranes of controlled porosity. *Tierno Pietro, Thonke Klaus, Goedel Werner A.* Langmuir. 2005. 21, № 21, с. 9476–9481. Англ.

Используя смеси отталкивающих сверхпарамагнитных частиц из полистирола и фотополимеризуемой органич. жидкости (триметакрилат триметилпропана), которые наносили на водную ПВ, можно было изготовить пористые мембраны с регулируемой пористостью. Применением магнитного поля частицы были поляризованы перпендикулярно межфазной ПВ и по ней распределены в результате взаимодействия наведенных, отталкивающих магнитных диполей. Вследствие этого органич. жидкость, в которую эти частицы были внедрены, покрывала водную ПВ равномерно. Последующая поперечная фотосшивка органич. жидкости и растворение внедренных частиц дало возможность наращивать мембрану, чья пористость регулировалась, в основном, в результате выбора ПВ площадей, приходящихся на одну частицу. Специальное распределение пор и отклонение от кристаллической структуры были охарактеризованы в терминах двумерной парной корреляционной функции и среднего, ближайшего расстояния внутри пор.

31.МБ.16. Влияние воздействия воздуха на палладий-медные композитные мембраны. The effect of air exposure on palladium-copper composite membranes. *Roa Fernando, Way Douglas J.* Appl. Surface Sci.. 2005. 240, № 1–4, с. 85–104. Англ.

Обнаружено, что когда полученные путем химич. осаждения тонкие Pd-Cu мембраны (МБ) подвергались воздействию воздуха при t -ре выше 350°C , поток H_2 через них увеличивается существенно непосредственно после воздействия воздуха, а затем уменьшается до нового установившегося состояния. Пока происходили такие квазиобратимые изменения потока H_2 , поток нерастворимых веществ, таких как N_2 , необратимо увеличивался с каждым воздействием воздуха, но в значительно меньшей степени. Степень этих изменений зависит от времени воздействия и t -ры в испытании. Было решено исследовать влияние воздействия газа на св-ва этих материалов. Палладиевые и палладий-медные пленки готовили электр. осаждением на керамич. носителе. Промышленные листы также подвергали воздействию воздуха, водорода и гелия при 500 и 900°C в течение периода, меняющегося от 1 ч до 1 недели. Целью исследования было определить влияние различных условий воздействия на структуру ПВ, поток различных проникающих веществ и кристаллич. структуру материала. Использовали

методы атомно-силовой микроскопии, рентгеновской дифракции для изучения изменений, происходящих в пленках при указанных условиях. Наблюдалось, что как пленки, полученные путем химич. осаждения, так и промышленная фольга, под воздействием водорода и воздуха значительно меняют свою поверхностную структуру. Водородное воздействие стремится сгладить характеристики ПВ, в то время как воздействие кислорода создает новые св-ва ПВ, в частности, отверстия и пики. Дополнительно обнаружено, что воздействие воздуха приводит к некоторому окислению пленки вплоть до образования кислорода на ПВ. Эти результаты позволяют предположить, что общие гипотезы, предполагающие, что воздушное окисление очищает ПВ МБ, не могут быть удовлетворительными для объяснения всех возможных изменений. Дополнительный эффект воздействия воздуха связан с увеличением площади ПВ в связи с образованием оксида палладия. Однако, степень увеличения ПВ недостаточна для объяснения увеличения потока H_2 в установившемся состоянии.

31.МБ.17. Влияние поверхностной обработки и отжига молекулярно-ситовых мембран на углеродной основе, применяемых для разделения газов. Effects of surface treatments and annealing on carbon-based molecular sieve membranes for gas separation. *Wang Liang-Jun, Hong Franklin Chau-Nan.* Appl. Surface Sci.. 2005. 240, № 1–4, с. 161–174. Англ.

Предложен новый метод приготовления молек. ситовых (МС) мембран (МБ) на углеродной основе (УО). Пленки на УО высаживают на пористых дисках из Al_2O_3 , используя гексаметилдисилоксан (ГМДСО) и индуктивно связанную плазму (ИСП) для химич. осаждения из паровой фазы (ХОПФ). Были получены МС на УО МБ в результате бомбардировки ионами пленки и проведения последующего пиролиза при высокой t -ре. МБ обладают высокой селективностью в отношении H_2/N_2 , близкой к 100, и высокой проницаемостью по H_2 , около $1.5 \times 10^{-6} \text{ моль}/\text{м}^2 \times \text{с} \times \text{Па}$ при 298 K . Селективность по O_2/N_2 достигать 5.4, а проницаемость по O_2 составляет $2 \times 10^{-7} \text{ моль}/\text{м}^2 \times \text{с} \times \text{Па}$ при 423 K . Во время обработки ПВ обнаружено, что ионы ГМДСО оказались более эффективными, чем ионы CH_4 , Ar , O_2 и N_2 для улучшения селективности и проницаемости. Требовался короткий и оптимальный период обработки ПВ для достижения высокой эффективности. Без пиролиза, только лишь в результате обработки ПВ, значительно снижается проницаемость по H_2 и N_2 и не сказывается влияние на селективности. Кроме того, без использования какой-либо обработки ПВ, один лишь пиролиз значительно увеличивает проницаемость по H_2 и N_2 , но не улучшает селективность (благодаря созданию больших пор в результате десорбции углерода). Комбинирование обработки ПВ и пиролиза необходимо для одновременного улучшения проницаемости и селективности МС МБ на УО, обычно меняющихся значительно в зависимости от механизма образования пор в типичном ХОПФ.

31.МБ.18. Химически модифицированные опалы в качестве тонких нанопористых мембран с селективной проницаемостью. Chemically modified opals as thin permselective nanoporous membranes. *Newton Michael R., Bohaty Andrew K., White Henry S., Zharov Ilya.* J. Amer. Chem. Soc.. 2005. 127, № 20, с. 7268–7269. Англ.

Используют тонкие пленки опала в качестве платформы мембраны (МБ). Опал представляет собой плотно упакованную гранцентрированную кубическую решетку из сфер диоксида кремния (ДК) малого диаметра, с долей пустого пространства, равной 0.26. Размер пор пленок опала и химия его ПВ легко регулируются. Эти св-ва, наряду с высокими транспортными характеристиками, позволяют использовать опал в МБ с селективной проницаемостью (СП). Для решения этой задачи ПВ сфер ДК модифицировали аминокруппами, чтобы придать СП зависимость от рН. Наблюдали электростатич. взаимодействие между аминокруппами, подвергаемыми действию фотонов, и

заряженными проникающими соединениями. Использовали тонкую пленку опала из сфер ДК толщиной 440 ± 11 нм на ПВ Pt микроэлектрода в форме диска (радиусом 25 мкм), заключенного в стеклянный бандаж. Химич. модификация опала осуществлялась в результате его обработки 3-аминотриэтоксисилоном. Методом сканирующей электрохимич. микроскопии получали отражение результатов трехслойного модифицирования. Св-ва СП пленок проверяли путем измерения потока редокс-активных молекул в результате регистрации вольтамперных кривых.

Рассматривали водные р-ры $\text{Ru}(\text{NH}_3)_6^{3+}$, $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$, $\text{Fc}(\text{CH}_2\text{OH})_2$, а также KCl в качестве поддерживающего электролита. Все кривые имеют сигмоидальную форму с насыщением по току. Предельный ток пропорционален диффузионной способности соответствующей молекулы. Также изучено влияние на СП pH р-ра и конц-ии электролита. Предложенные МБ обладают большой СП и высокой производительностью.

31.МБ.19. Изучение процессов диффузии в полярных молекулярных жидкостях методом двух пористых мембран. Ярошенко И. В., Новохатский И. А., Кисунько В. З. Тр. Одес. политехн. ун-та. 2005, № 1, с. 194–197. Рус.; рез. укр., англ.

Для определения истинных значений коэф. диффузии в полярных молекулярных жидкостях предложен метод двух пористых мембран.

31.МБ.20. Мембранной жаждою томим.... Первов А. Г. С. О. К.: Сантехника, отопление, кондиционирование. 2005, № 3, с. 40–42. Рус.

С каждым годом растет количество систем водоподготовки с мембранами (МБ) обратного осмоса, работающих на предприятиях в различных отраслях промышленности. Наиболее известны образцы МБ (низконапорных, энергосберегающих, композитных) производства мировых фирм-производителей Filmtec, Osmonics, Koh, Hydranautics, Toray. В "арсенале" крупных мировых производителей МБ есть различные МБ: для опреснения морской воды, ряд нанофильтрационных МБ, МБ с модифицированной поверхностью, стойкие к загрязнениям (low fouling). Выпуск таких МБ налажен в фирме SAEHAN (Южная Корея), представительство которой есть в Москве. Корейские МБ - продукт высокого качества, а стоимость их значительно ниже американских.

31.МБ.21. Усовершенствование мембран для ультрафильтрации, применяемых для удаления из сточных вод масел. Development of energy-saving spinning membrane system and negatively charged ultrafiltration membranes for recovering oil from waste machine cutting fluid. Lin Shui Wai, Espinoza-Gomez Heriberto. Desalination. 2005. 174, № 2, с. 109–123. Англ.

Обсуждается проблема удаления из СВ масляных эмульсий в процессе ультрафильтрации. Указывается, что обычно для этого используются мембраны с гидрофобной поверхностью, их недостатком является то, что в случае обработки СВ от производства пищевых продуктов эти мембраны сорбируют протеины и быстро обрастают биопленками, кроме того, их использование связано с высокими энергозатратами в связи с необходимостью применения высоких трансмембранных давлений, установлено также, что применение режима перекрестноклеточного фильтрования не решает проблемы. Сообщается о разработке мембран дискового типа, в процессе фильтрования они вращаются со скоростью до 1000 об/мин, при их изготовлении используется полиакрилонитрил-винилацетат натрия, трансмембранное давление 276 кПа, в эксперименте содержание масел составляло 1000 мг/л, эффективность удаления более 98%.

31.МБ.22. Роль растворенного алюминия в химии кремнезема для мембранных процессов. The role of dissolved aluminum in silica chemistry for membrane processes. Gabelich Christopher J., Chen Wei R., Yun Tae I., Coffey Bradley M., Suffet I. H.. Desalination. 2005. 180, № 1–3, с. 307–319. Англ.

Проведено изучение засорения мембран в установке для

обратного осмоса каолином $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, образующимся при взаимодействии Al^{3+} с кремнеземом. Исследование применения хелатирующих агентов (растворов цитрата 34 мг/л и ЭДТА 16 мг/л) для контроля образования силиката алюминия показало возможность их использования. Выявлено, что присутствие цитрата и ЭДТА не влияет на взаимодействие фосфоната с избытком растворенного алюминия.

31.МБ.23. Получение и свойства нанокомпозитной протонпроводящей электролитной мембраны $\text{CsHSO}_4\text{-SiO}_2$. Preparation and characterization of proton-conducting $\text{CsHSO}_4\text{-SiO}_2$ nanocomposite electrolyte membranes. Wang Shuqiang, Otomo Junichiro, Ogura Masaru, Wen Ching-ju, Nagamoto Hidetoshi, Takahashi Hiroshi. Solid State Ionics. 2005. 176, № 7–8, с. 755–760. Англ.

Исследовали микроструктуру и проводимость названной мембраны (МБ), приготовленной фильтрацией расплава CsHSO_4 через пористые SiO_2 МБ с размером пор 290 и 4 нм. По данным XRD и TG-DTA анализов, заполняющие 290 нм поры SiO_2 протонпроводящие фазы CsHSO_4 в нанокомпозитном электролите состоят из 2 кристаллизованных объемных фаз CsHSO_4 и граничной аморф. CsHSO_4 фазы. В электролите из SiO_2 с 4 нм порами представлена только граничная аморф. CsHSO_4 фаза с диспергированными кристаллитами CsHSO_4 . Измерения переменного-токового импеданса показали, что протонная проводимость (ПП) у нанокомпозитной МБ с SiO_2 , имеющим поры размером 290 нм, подобна ПП электролита из чистого CsHSO_4 , на МБ с SiO_2 , имеющим поры 4 нм, показала повышение ПП на 2–3 порядка по сравнению с электролитом из чистого CsHSO_4 . Граничная аморф. фаза CsHSO_4 в нанокомпозите с SiO_2 , имеющим 4 нм поры, стабильна даже после нагревания в течение 1 ч при 40°C .

31.МБ.24. Плотные электролитные пленки из ZrO_2 , стабилизированного Y_2O_3 , полученные путем модифицированного электростатического осаждения порошка. Dense YSZ electrolyte films prepared by modified electrostatic powder coating. Weitao Bao, Wei zhu, Guangyan Zhu, Jianfeng Gao, Guangyao Meng. Solid State Ionics. 2005. 176, № 7–8, с. 669–674. Англ.

Плотную пленку ZrO_2 , стабилизированного 8 мол.% Y_2O_3 , (YSZ) получили способом электростатич. осаждения порошка, объединенным с суспензионным модифицированием, на пористый анодный субстрат из Ni/YSZ. Слой сырого порошка YSZ, полученный немодифицированным способом, состоит из свободных частиц и не м. б. уплотнен спеканием. После модифицированием этого слоя суспензией его возможно уплотнить нагреванием при 1450°C . При этом получают плотную пленку толщиной 8 мкм. Изготовили единичный топливный элемент с YSZ электролитом на Ni/YSZ аноде и с Ag катодом и исследовали его работу при $550\text{--}750^\circ\text{C}$. Напряжение незамкнутой цепи и пик уд. мощности этого топливного элемента были 1,1 В при 750°C , что близко к теоретич. значению, и 142 мВт/см^2 , соотв. Т. обр., YSZ мембраны, изготовленные предложенным способом, имеют хорошие плотность и газовую непроницаемость.

31.МБ.25. Оценка методологии на основе программирования для экономической выходной мощности топливного элемента с электролитной мембраной для микро-применений. Evolutionary programming-based methodology for economical output power from PEM fuel cell for micro-grid application. El-Sharkh M. Y., Rahman A., Alam M. S. J. Power Sources. 2005. 139, № 1–2, с. 165–169. Англ.

Представлена методология нахождения оптимальной выходной мощности энергетич. установки на ТЭ с полимерной электролитной мембраной. Энергетич. установка используется в локальных небольших объектах. Применяемая техника основана на программной оценке оптимального решения проблемы. Использована экономич. модель энергетич. установки. Модель учитывает стоимость покупки и

продажи энергии генерируемое энергетич. установкой. В целом, модель определяет общую энергию, генерируемую энергетич. установкой, сопоставляя ее с требуемой энергией для локального объекта. Полученный результат сравнивали с решением, основанным на генетическом алгоритме. Результаты показывают возможность применения разработанной методологии.

31.МБ.26. Поверхностное перфторалкилирование полимерных мембран. Гервиц Л. Л., Виленский А. И. Высокомолекул. соед.. 2005. 47, № 10, с. 1896–1898. Рус.; рез. англ.

Разработан новый способ поверхностной модификации полимерных МБ методом перфторалкилирования с помощью перфтор-2,4-диметил-3-этил-3-пентильного радикала. На примере трековых МБ установлено снижение поверхностной энергии и многократное повышение хим. стойкости без заметного изменения размера пор.

31.МБ.27. Новые полиэлектролитные мембраны на основе сульфополисульфонов. New polymer electrolyte membrane based on sulfonated polysulfone blends. *Geormezi Maria, Gourdoupi Nora, Daleitou Maria K., Neophytides Stylianos, Kallitsis J. K.* Chem. Ind. and Chem. Eng. Quart.. 2005. 11, № 3, с. 137–142. Англ.

Описано получение интерполимерных мембран путем растворения и послед. высушивания раствора сульфополисульфонов, содержащих звенья бис-4-гидроксифенилпиридина и бис-4-фторфенилсульфона. Изучено влияние состава и хим. строения полученных СПЛ на электрохим. свойства мембран при температурах 20–160°.

31.МБ.28. Барьерные мембраны с различными размерами ориентированных хлопьев. Barrier membranes with different sizes of aligned flakes. *DeRocher Jonathan P., Gettelfinger Brian T., Wang Junshan, Nuxoll Eric E., Cussler E. L.* J. Membr. Sci.. 2005. 254, № 1–2, с. 21–30. Англ.

Проницаемость полимерных ПЛ м. б. резко снижена с помощью множества слоев тонких минер. хлопьев, ориентированных параллельно ПВ пленки. В случае ПЛ с объемом фракцией (ν) хлопьев с отношением длины к диам. (α) ожидают, что снижение проницаемости будет пропорционально $\alpha \nu$ для предела разбавления ($\nu \ll 1$ и $\alpha \nu < 1$), непропорционально $(\alpha \nu)^2$ при пределе полуразбавления ($\nu \ll 1$, но $\alpha \nu > 1$). Проницаемости соляной кислоты и гидроксида натрия через ПЛ, содержащие слюду или вермикулит в ПВС, согласуются с вторым прогнозом полуразбавления. Проницаемости гелия через ПЛ из монтмориллонита в полиэтиленгликоле ведут себя также. Эти улучшения в барьерных свойствах независимы от размера хлопьев, пермеата и полимерной химии.

31.МБ.29. Влияние способа сушки на морфологию и свойства асимметричных мембран из целлюлозных полых волокон. Influence of drying method on morphology and properties of asymmetric cellulose hollow fiber membrane. *Jie Xingming, Cao Yiming, Qin Jian-Jun, Liu Jianhui, Yuan Quan.* J. Membr. Sci.. 2005. 246, № 2, с. 157–165. Англ.

Асимметричные МБ на Ц полых волокон формовали из раствора Ц в системе N-метилморфолин-N-оксид/вода. Влажные волокна сушили на воздухе и вытеснением воды с помощью системы растворителей. Установлено, что естественная сушка МБ на воздухе приводит к сильной усадке и уплотнению МБ. Миним. изменения морфологии волокон и лучшие свойства по газопроницаемости МБ получены при вытеснении воды из МБ растворителем этанол-гексан. Изменение морфологии МБ обсужден с позиций молекулярного сродства Ц-вода, вода-растворитель и растворитель-растворитель.

31.МБ.30. Получение и изучение характеристик композитных мембран из сплава палладия с диффузионным барьером для разделения водорода. Preparation and characterization of palladium alloy composite membranes with a diffusion barrier for hydrogen separation. *Nam Seung-Eun, Lee Kew-Ho.* Ind. and Eng. Chem. Res.. 2005. 44, №

1, с. 100–105. Англ.

Мембраны из сплава Pd/Ni без точечных отверстий и с диффузионным барьером были изготовлены на мезопористых подложках из нержавеющей стали методом вакуумного электроосаждения. Для увеличения структурной стабильности композитных мембран Pd-Ni/316-L нержав. сталь методом распыления вводился тонкий промежуточный слой TiN между Pd/Ni активным слоем и модифицированной стальной подложкой. Мембрана 82% Pd-18% Ni на стали с барьерным TiN слоем показала хорошую стабильность в газовой смеси 50% H₂/50% N₂ в течение 60 дней и высокие характеристики для разделения водорода. Чистота водорода составляла 99,7–99,9%.

31.МБ.31. Исследование очистки сточных вод от жировых веществ на керамических мембранах. *Мачигин В. С., Щербакова Л. Н., Богатырев А. А.* (ВНИИЖ). Вестн. ВНИИ жиров. 2005, № 1, с. 38–40. Библ. 3. Рус.

Лабораторными исследованиями доказана принципиальная возможность ультрафильтрационной очистки различных видов жиросодержащих сточных вод масложировой промышленности с помощью различных трубчатых керамических мембран. Проницаемость и селективность разделения зависит от вида сточных вод и типа керамической мембраны. Проницаемость керамических мембран в зависимости от вида сточных вод колеблется от 50 до 200 л/м²×ч, и она выше, чем полимерных мембран.

31.МБ.32. Проток воды и гексана через органические и керамические мембраны. Влияние предобработки на проток гексана. Water and hexane permeate flux through organic and ceramic membranes. Effect of pretreatment on hexane permeate flux. *Garcia Ana, Alvarez Silvia, Riera Francisco, Alvarez Ricardo, Coca Jose.* J. Membr. Sci.. 2005. 253, № 1–2, с. 139–147. Англ.

Испытаны на установке пилотного масштаба керамич. МБ с filtraц. слоем диоксида Zr и молек. весом (MWCO) 1000 и 5000 г/моль и полиэфирсульфоновая МБ (PES) с MWCO 4000 и 9000 г/моль. Оценено влияние предобработки, состоящей в выдерживании МБ в смеси растворителей низкой полярности, на характеристики обоих типов МБ. Предобработка оказалась наиболее эффективной для PES МБ. Испытаны керамич. МБ с гексаном различной квалификации (техн. и аналитич.). Обнаружено, что проток пермеата уменьшается со временем вследствие возможного взаимодействия растворителя и материала МБ и/или адсорбции растворителя МБ.

31.МБ.33. Мембранная технология в подготовке питьевой воды. *Первов А., Резцов Ю., Коптев В., Милованов С.* Водоочистка. 2005, № 3, с. 23–26. Рус.

Проведенные в ГНЦ РФ НИИ ВОДГЕО исследования и опытно-промышленные испытания серии обратноосмотич. установок с рулонными мембранными элементами на разных типах мембран позволили обосновать и разработать технологич. схемы и конструкции установок, предназначенных для обработки подземных вод, воды природных источников с содержанием взвешенных веществ до 10–15 мг/л и цветностью до 30–40 град, морской воды и кондиционирования водопроводной воды. Эта технология позволяет эксплуатировать обратноосмотич. установки без предварительной очистки исходной воды. Изготовлены образцы автоматизированных обратноосмотич. установок производительностью 0,2–10 м³/ч для обработки артезианских и поверхностных вод. Единственной мерой предотвращения осадкообразования карбоната кальция является непрерывное дозирование в исходную воду ингибитора с концентрацией 1–3 мг/л, что позволяет обеспечить надежную эксплуатацию установки в течение 1000–3000 ч без перерыва для вод в широком диапазоне минерализации и концентраций микроэлементов. Продолжительный опыт эксплуатации обратноосмотич. установок на подземных жестких водах с большим содержанием железа и поверхностных водах показал надежность их работы и возможность получения стабильно

высокого качества обработанной воды.

31.МБ.34. Обработка жидких радиоактивных отходов методом первапорации. Крысинская Н. В., Варезкин А. В.. Крит. технол. Мембраны. 2005, № 4, с. 16–20. Библ. 13. Рус.; рез. англ.

Рассмотрена возможность использования мембранного метода первапорации в процессе обработки жидких радиоактивных отходов. В качестве мембраны использовано асимметричное полое волокно из полисульфона. На модельных растворах показано, что метод первапорации позволяет существенно увеличить степень очистки по радионуклидам по сравнению с традиционными мембранными методами при расширении возможного диапазона концентрации солей в перерабатываемом растворе.

31.МБ.35. Структурные характеристики кислородопроницаемых керамических мембран $\text{SrFe}_{0.2}\text{Co}_{0.8}\text{O}_x$ при наличии и без градиента парциального давления O_2 . Structural behavior of oxygen permeable $\text{SrFe}_{0.2}\text{Co}_{0.8}\text{O}_x$ ceramic membranes with and without $p\text{O}_2$ gradients. Li Yaping, Maxey Evan R., Richardson James W. (Jr) (США, Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois). J. Amer. Ceram. Soc.. 2005. 88, № 5, с. 1244–1252. Библ. 35. Англ.

Высокотемпературной нейтроннографией исследовали зависящие от парциального давления O_2 ($p\text{O}_2$) структурные характеристики двух плотных трубчатых мембран состава $\text{SrFe}_{0.2}\text{Co}_{0.8}\text{O}_x$ с кубич. структурой перовскита. Одна мембрана испытывалась в "статичном" режиме, другая в режиме, моделирующем рабочие условия, когда одна сторона соприкасается с воздухом, а другая - с восстанавливающими газами с разным уровнем $p\text{O}_2$. Уточнение методом Ритвелда данных, собранных для мембраны без градиента $p\text{O}_2$, показало, что перовскит стабилен при $p\text{O}_2$ до $\sim 10^{-12}$ атм и при $\sim 10^{-14}$ атм. начинает разлагаться на трехфазную смесь, содержащую слоистые прорастающие фазы Раддлзедена-Поппера $\text{Sr}_{n+1}(\text{Fe}, \text{Co})_n\text{O}_x$ с $n=2$ и 3 наряду с CoO со структурой каменной соли. Подобное развитие фаз наблюдали при недостаточном потоке на воздушной стороне мембраны с градиентом $p\text{O}_2$. Результаты подтверждают нелинейную модель содержания кислорода в перовските по толщине мембраны, соответствующую профилю $p\text{O}_2$, при котором содержание кислорода незначительно внутри и сильно увеличено вблизи поверхности со стороны восстанавливающего газа. Газовый состав показал, что кислород проникает со стороны, находящейся на воздухе, к противоположной стороне. Проницаемость O_2 при 900°C составила $0,4\text{--}0,9 \text{ см}^3/\text{см}^2$ на ~ 1 мм толщины мембраны, содержащей перовскит, в зависимости от градиента $p\text{O}_2$.

31.МБ.36. Моделирование процесса транспорта цинка через импрегнированную жидкую мембрану. Modelling of zinc transport through a supported liquid membrane. Ata Osman Nuri, Colak Sabri (Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, University of Ataturk, 25240 Erzurum, Turkey). Hydrometallurgy. 2005. 80, № 3, с. 155–162, 5 ил., табл. 3 ил. Библ. 18. Англ.

В температурном интервале 288–318 К изучено извлечение ионов $\text{Zn}(\text{II})$, $\text{Fe}(\text{II})$, $\text{Ca}(\text{II})$ и $\text{Mg}(\text{II})$ из солянокислых сред с помощью жидкой мембраны (ЖМ) на основе Д2ЭГФК, разбавитель - керосин. В качестве твердой подложки ЖМ использовали пористый тефлон, толщиной 44 мкм. Эксперименты проводились в 2-х камерной ячейке (габариты $0,23 \times 0,09$ м), имитирующей процессы экстракции и рекстракции. Установлено, что при pH 2 ионы Ca и Mg не извлекаются в данных условиях, а Zn и частично Fe , количественно диффундируют через ЖМ и затем рекстрагируются растворами HCl . Продолжительность мембранного передела - до 200 мин. Определены соответствующие коэффициенты диффузии Zn через ЖМ и влияние на них температуры, концентрации реагентов, скорости потоков и других факторов. На основе полученных результатов предложена теория. модель исследованных взаимодействий, удовлетворительно согласующаяся с

экспериментальными данными.

31.МБ.37. Ультратонкие пленки для разделения газов. Towards ultrathin polyaniline films for gas separation. Illing G., Hellgardt K., Schonert M., Wakeman R. J., Jungbauer A. J. Membr. Sci.. 2005. 253, № 1–2, с. 199–208. Англ.

Эластичные и технологичные композитные мембраны (КМБ) содержат бездефектную полианилиновую пленку толщиной 0,8–10,5 мкм на поливинилидендифторидной основе. КМБ с полианилиновой пленкой толщиной <1 мкм селективно проницаемы для разных газов. Сделан вывод о перспективности получения наномембран с улучшенной проницаемостью.

31.МБ.38. Очистка водных растворов от следов органических примесей с использованием мембран на основе силоксановых каучуков. Скороход О. П., Варезкин А. В. (Рос. химико-технол. ун-т им. Д. И. Менделеева, Москва, Россия). Успехи в химии и хим. технол.. 2005. 19, № 8, с. 114–117, Табл. 1 ил. Библ. 3. Рус.; рез. англ.

Целью работы является разработка мембраны для выделения следов органич. соединений из воды. Для разделения жидких смесей необходимы мембраны с плотным непористым слоем. Материалом селективного слоя был выбран полимер на основе полидиметилсилоксана, который обладает большим сродством к органич. соединениям. В рамках исследования проведены эксперименты по измерению сорбции чистых компонентов, а именно: воды, толуола и керосина.

31.МБ.39. Мембранное выделение тяжелых фракций углеводородов из нефтяных и попутных газов. Семенова С. И., Вдовин П. Л., Тарасов А. В., Дерягина Е. Э., Масленин С. Б., Павлова М. А.. Хим. пром-сть сегодня. 2005, № 2, с. 35–44, 8 ил., табл. 3 ил. Библ. 6. Рус.

К настоящему времени в ЗАО НТЦ "Владипор" разработаны полимерные мембраны, обладающие высокими газоразделительными свойствами относительно различных смесей углеводородов и проявляющие стабильные свойства даже в среде жидких углеводородов. Ресурные испытания подтвердили стабильность свойств мембраны и элемента в среде углеводородов в течение как минимум полугода. Разработаны также мембранные аппараты с элементами рулонного типа. Эти аппараты позволяют приступить к разработке и внедрению новых мембранных процессов, таких, как: выделение и практическое использование тяжелых фракций нефтяного и попутного газа, понижение "точки росы" газа для более эффективной транспортировки газовых составляющих на большие расстояния; процессы регулирования "дыхания" емкостей с нефтепродуктами для облегчения их эффективного и безопасного заполнения, опорожнения, транспортировки и хранения; процессы концентрирования, разделения и очистки ароматических, нафтеновых и парафиновых углеводородов и т. п..

31.МБ.40. Измерение радиоактивных сбросов. Radioactive discharge measurement. Down Steve. Chem. World. 2005. 2, № 1, с. 23, 1 ил. Англ.

Представлен новый метод детектирования радиоактивных сбросов в Ирландское море с заводов переработки ядерного топлива в Селлафилде. Для определения ^{99}Tc предложено использовать диффузию раствора через мембрану и избирательное осаждение ионов на селективных агентах. Лабораторные испытания показали, что метод может быть использован при pH 3–8 и концентрациях от 0,01 до 1,3 М.

31.МБ.41. Перспективные технологии биологической очистки сточных и природных вод. Швецов В. Н., Морозова К. М., Пушиков М. Ю., Киристаев А. В., Семенов М. Ю.. ВСТ: Водоснабж. и сан. техн.. 2005, № 12, ч. 2, с. 17–23, 48. Библ. 5. Рус.; рез. англ.

На основании исследований установлена высокая эффективность применения гибридных биомембранных технологий для очистки сточных вод, доочистки биологически очищенных сточных вод и обработки природной воды.

31.МБ.42. Влияние способа получения мембраны на характеристики мембраны на полиольной подложке,

используемой для выделения фенола. Effect of membrane preparation method on performance of polyol supported membrane used for separation of phenol. *Mohammad Ashraf Waqar, Al Malack Hasan*. Transp. Porous Media. 2005. 61, № 3, с. 307–314. Англ.

Мембраны (МБ) и мембранные процессы приобрели тех. и пром. важность благодаря их пром. и экологич. применениям. Описаны исследования стабильности жидк. МБ на подложках (ПЖМ). Показано, что способ получения ПЖМ оказывает влияние на их стабильность и срок службы. Найдено, что МБ, полученные с "сухими" наружными поверхностями, свободными от смачивания органикой, более стабильны, чем традиц. ПЖМ, полученные с наружными поверхностями, смоченными пленкой жидк. фазы орг. МБ. В случае транспорта фенола ПЖМ с "сухой" поверхностью имела такую же начальную производительность, что и у ПЖМ с "мокрой" поверхностью, и в 2 раза большую производительность после 50 ч. В течение времени свыше 50 ч "сухая" ПЖМ теряла 10% мембранной жидкости, тогда как "мокрая" ПЖМ теряла 45%. Различие приписано потере мембранной жидкости на образование эмульсии на одной из поверхностей раздела вода-органика, которая будет больше для "мокрой" ПЖМ с непрерывной жидк. пленкой над поверхностью подложки.

31.МБ.43. Характеристики транспорта ионов через чувствительные к температуре заряженные мембраны, полученные с использованием поливинилового спирта, поли-N-изопропилакриламида, статистического сополимера винилового спирта и 2-акриламид-2-метилпропансульфокислоты. Transport properties of ions through temperature-responsive charged membranes prepared using poly(vinyl alcohol)/poly(N-isopropylacrylamide)/poly(vinyl alcohol-co-2-acrylamido-2-methylpropane sulfonic acid). *Yamakawa Tomoko, Ishida Shinya, Higa Mitsuru*. J. Membr. Sci.. 2005. 250, № 1–2, с. 61–68. Англ.

Чувствительные к температуре заряженные мембраны (МБ) получены из смеси ПВС, in-situ полимера N-изопропилакриламида (ПИПА) и ПВС и полианиона (статистич. СПЛ винилового спирта и 2-акриламид-2-метилпропансульфокислоты). МБ сшиты при нескольких режимах. Исследована зависимость между условиями получения и откликом водосодержания на изменение температуры (η N) и откликом плотности заряда на изменение температуры (η C_x). МБ, сшитая глутаровым альдегидом после отжига, имеет наивысшие η N и η C_x во всех МБ. η C_x понижается с увеличением содержания полианиона и увеличивается с увеличением содержания ПИПА. Опыты по пермеации в диализной системе, состоящей из МБ и смешанных растворов KCl и CaCl₂ показывают, что моды транспорта Ca²⁺ ионов через МБ регулируются температурными изменениями по двум направлениям: транспорт вниз (транспорт в направлении их собственного концентрац. градиента в системе) при температурах ниже нижней критич. температуры раствора (НКРТ) ПИПА; транспорт вверх (транспорт против их концентрац. градиента) при температурах выше НКРТ.

31.МБ.44. Газоразделительные свойства мембран на основе кардовых полиимидов статистической и чередующейся структуры. *Николина Е. С., Воробьев А. В., Подольская О. А.* Вестн. МГУ. Сер. 2. 2005. 46, № 4, с. 279–281. Рус.; рез. англ.

При температуре 22° и в интервале температур 25–150° для индивидуальных газов CO₂ и N₂ изучены газоразделительные свойства мембран на основе синтезированных сополиэфиримидов со статистич. и строго повторяющимся распределением звеньев кардового диамина по цепи. Установлена корреляция между типом распределения кардовых фрагментов и параметрами газопроницаемости. Показано, что перспективным мембранным материалом для газоразделения является аморфный четырехкомпонентный сополиэфиримид со статистич. распределением кардовых фрагментов.

31.МБ.45. Получение органических-неорганических нанопористых мембран. Preparation of novel organic-inorganic nanoporous membranes. *Sasaki Takafumi, Nagaoka Shoji, Tezuka Teppei, Suzuki Yoshiaki, Iwaki Masaya, Kawakami Hiroyoshi*. Polym. Adv. Technol.. 2005. 16, № 9, с. 698–701. Библ. 23. Англ.

Исследованы свойства пористых мембран из фторсодержащих полиимидов с поверхностным ионным слоем, получаемым облучением ПВ мембран ионами и затем обработанным плазмой с образованием пор. Показаны высокие проницаемость по воде, селективность по сахарозе и глюкозе и устойчивость к загрязнению гуминовой кислотой по сравнению с коммерч. мембранами. Сделан вывод, что размер получаемых пор эффективно контролируется временем обработки плазмой и толщиной граничного слоя.

31.МБ.46. Разделение смесей циклогексена и циклогексана с использованием облегченных транспортирующих мембран из поливинилового спирта и ионов Co²⁺. Separation cyclohexene/cyclohexane mixtures with facilitated transport membrane of poly(vinyl alcohol)-Co²⁺. *Shen J. N., Wu L. G., Chen H. L., Gao C. J.* Separ. and Purif. Technol.. 2005. 45, № 2, с. 103–108. Библ. 8. Англ.

Морфология облегченных транспортирующих мембран из поливинилового спирта (ПВС) и ионов Co²⁺ проанализирована методами рассеяния рентгеновских лучей и ДСК. При исследовании способности к разделению смесей циклогексена и циклогексана показано, что соли Co²⁺ хорошо растворимы в ПВС и разрушают кристаллич. структуры ПВС. По сравнению со свойствами чистого ПВС мембраны лучше сорбируют циклогексен как твердые полимерные электролиты, тогда как для циклогексана сорбционная способность примерно одинакова.

31.МБ.47. Наномембраны с новыми свойствами. Nanomembranes with novel properties. *Crawshaw Jane*. Chem. World. 2005. 2, № 11, с. 24. Англ.

Исследователи США разработали новый и гибкий подход к изготовлению свободно суспендируемых (СС) многослойных наномембран (МБ), образующих микрорешетчатую наноструктуру. Проведение миниатюризации является общим подходом для многих технологий. В этом случае микроэлектромеханические (МЭМ) устройства являются основным объектом разработок. ССМБ являются главным компонентом МЭМ, где неорганическая МБ функционирует на уровне миллиметровых размеров. Дальнейшая миниатюризация приводит к более мягким МБ. Такие наноконструктивные МБ (нано-МБ) состоят из полимерной матрицы с наноструктурой и представляют наибольший интерес для исследований. С. Jiang и V. Tsukruk из университета штата Айова изготовили нано-МБ с упорядоченной структурой в результате проведения послойной сборки при вращательном движении и микроконтактной печати. Послойная сборка весьма популярна в нанотехнологии, она позволяет придавать дополнительные функции каждому слою. Методы литографии и контактной печати осуществляют тонкий контроль за составом в плоскости на микроуровне. Авторы применили комбинацию методов, расширив область применения нанотрубок из золота и углерода. Такие МБ имеют толщину менее 100 нм, обладают не только улучшенными механическими свойствами, предполагаемые для фильтров, но также проявляют новое, анизотропное механическое свойство. Сканирование методом спектроскопии комбинационного рассеяния показало, что нано-МБ обладают интересными оптическими свойствами, которые м. б. настроены в широком диапазоне. Авторы рассматривают уменьшение толщины таких многообещающих структур.

31.МБ.48. Влияние краун-эфира на ионный ток через синтетические мембраны, содержащие один тип пор конической формы. Effect of crown ether on ion currents through synthetic membranes containing a single conically shaped nanopore. *Heins Elizabeth A., Baker Lane A., Siwy Zuzanna S.*

Mota Miguel O., Martin Charles R. J. Phys. Chem. B. 2005. 109, № 39, с. 18400–18407. Англ.

Измерен ионный ток через синтетич. полимерную мембрану (МБ), содержащую один тип нанопор (НП) конич. формы. МБ помещали в р-р электролита и затем с двух сторон устанавливали электроды для контроля перепада потенциала через МБ и измерения возникающего тока. Исследовали влияние краун-эфира (обычно называемого 18-краун-6, 18С6) на измеряемый ионный ток. Добавление 18С6 к раствору электролита с одной стороны МБ с конич. НП приводит к возможности "очистки" ионного тока, протекающего через НП. Химич. очистка наблюдается только тогда, когда катион электролита образует комплекс с 18С6 (например, K^+) и когда диам. устья конич. НП имеет молекулярные размеры, в данном случае ~1,5 нм. Такая химич. очистка может либо усилить, либо уменьшить электростатич. очистку, наблюдаемую со столь незначительным диаметром устья НП. Эти результаты объяснялись на основе модели образования контактного потенциала на межфазной границе МБ-раствор. Этот потенциал возникает из-за того, что число переноса комплекса K^+ -18С6 в объеме р-ра выше числа переноса в устье конич. НП.

31.МБ.49. Влияние фильтрации через мембрану на качество фенольных соединений в винах "Каберне савиньон". Membrane filtration effects on aromatic and phenolic quality of Cabernet Sauvignon wines. *Arriagada-Carrazana J. P., Saez-Navarrete C., Bordeu E.* J. Food Eng.. 2005. 68, № 3, с. 363–368. Англ.

Исследовано влияние фильтрации через мембрану (состоящей из предварительной пилотной системы с размером отверстий в свету 12 мм и окончательной фильтрационной системы с размером отверстия в свету 0,63 мм) на профиль ароматич. соединений и качество фенольных соединений вина Каберне Савиньон. Наблюдается статистическое значительное снижение интенсивности окраски и профиля полифенольных соединений за исключением индекса HCl, который остается стабильным. Из более 100 измеренных ароматизирующих соединений значительная разница наблюдается в 12 из них. Это различие вызвано фильтрацией подтвержденных органолептич. путем испытания в Триангле неопытными специалистами. Полученные результаты показывают, что вероятной причиной наблюдаемых различий является адсорбция мембран.

31.МБ.50. Водоснабжение промышленных объектов и населенных мест с помощью мембранных ультрафильтрационных установок. *Андреанов А.* Водочистка. 2005, № 3, с. 18–21. Рус.

В последнее время на рынке водоочистного оборудования стали появляться системы, оснащенные фильтрующими аппаратами на основе микро- и ультрафильтрационных мембран (УФМ). Метод ультрафильтрации позволяет осветлять и обезжелезивать природную воду, частично снижать окисляемость и осуществлять ее эффективное обеззараживание. При этом УФМ практически не задерживают растворенные в воде соли, сохраняя естественный солевой состав природной воды. Качество фильтрата не зависит от колебаний состава исходной воды и не ухудшается в конце фильтроцикла. Современные УФМ могут обрабатывать воду с любой мутностью (вплоть до 1000 мг/л), не боятся высокой цветности и бактерий, могут работать в широком диапазоне рН (от 2 до 12), устойчивы к воздействию окислителей. Разработана модель прогнозирования падения производительности УФМ вследствие их загрязнения коллоидными, органич. и биологич. осадками. На основе модели предложена методика, состоящая в определении закономерностей снижения производительности мембран в течение нескольких фильтроциклов и эффективности удаления загрязнений во время обратных промывок.

31.МБ.51. Оптимизация процесса обработки воды методом ультрафильтрации. *Андреанов А., Первов А.* (Россия, ГНЦ РФ

НИИ ВОДГЕО). Водочистка. 2005, № 3, с. 15–17. Рус.

Теоретически обоснован и разработан процесс очистки воды методом ультрафильтрации (УФ). Использование мембранной УФ позволяет сохранить солевой состав воды, осуществить осветление и обеззараживание воды без применения химич. веществ, что делает эту технологию перспективной с экологич. и экономич. точек зрения. Технология заключается в "тупиковой" фильтрации воды через мембрану без сброса концентрата. Процесс фильтрования длится 20–60 мин, после чего следует обратная промывка мембраны. Для этого часть очищенной воды под давлением подается в фильтратный тракт в течение 20–60 с. В процессе обратной промывки вода уносит с поверхности мембран слой накопившихся загрязнений. Предложена методика расчета параметров эксплуатации систем УФ, на основании которой в зависимости от состава очищаемой воды назначаются: величина рабочего давления, продолжительность фильтроцикла, время обратной промывки, процент расхода воды на собственные нужды станции. Разработанные рекомендации легли в основу создания систем УФ, используемых НИИ ВОДГЕО для обезжелезивания воды и улучшения качества водопроводной воды на объектах водоснабжения.

31.МБ.52. Сверхпроницаемость водорода в металлах V группы - применение для откачки и рециркуляции топливной смеси в термоядерных реакторах. *Лившиц А. И., Ашимов В. Н., Буснюк А. О., Григориади И. П., Ноткин М. Е., Самарцев А. А., Юхимчук А. А., Гришечкин С. К., Мусьяев Р. К., Бакаль М., Оябу Н., Ямаваки М.* (Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. М. А. Бонч-Бруевича, Россия). Материаловедение. 2005, № 8, с. 40–46, 7 ил. Вибл. 5. Рус.

Проведено исследование сверхпроницаемости изотопов водорода, имея в виду конечную цель - организацию откачки и рециклинга топлива в установках УТС с помощью мембран или сорбционных панелей, основанных на металлах V группы (V, Nb и Ta). В экспериментах по проницаемости из плазмы основное внимание уделялось вопросу сохранения на поверхности мембраны отвечающих за сверхпроницаемость околмонослойных неметаллических пленок в реальных условиях установок УТС. Кроме того, впервые проведена демонстрация сверхпроницаемости трития в эксперименте с атомарным тритием, производимым на накаленном атомизаторе в прямой видимости от мембраны. Следующими шагами в исследованиях будут: подробное изучение сверхпроницаемости ванадия; разработка мембранных модулей для откачных устройств и их испытания в работающих машинах УТС, например, в TORE SUPRA; возможно, испытания проницаемости из тритиевой плазмы.

31.МБ.53. Анализ химической реакционной способности и поверхностная характеристика поливинилденфторидной микрофильтрационной мембраны ("Durapore DVPP"). Chemical reactivity assay and surface characterization of a poly(vinylidene fluoride) microfiltration membrane ("Durapore DVPP"). *Montaz M., Dewez J.-L., Marchand-Brynaert J.* J. Membr. Sci.. 2005. 250, № 1–2, с. 29–37. Англ.

Поверхностная функционализация профильтрац. мембраны (МБ) из поливинилденфториды (ПВДФ) (Millipore DVPP) выполнена с использованием орг. синтеза на поверхности раздела тв. тело - жидкость. Гидроксильные группы, присутствующие на этой гидрофильной МБ, активированы по реакции с несколькими активирующими и сочетающимися агентами перед ковалентной прививкой лизина. В качестве способа прививки использовали также трансаминирование. Кажущуюся поверхность ПВДФ-мембраны характеризовали, используя сканирующую электронную микроскопию и рентгеноэлектронную спектроскопию перед и после хим. обработок в мокром состоянии. С др. стороны, хим. реакц. способность открытой поверхности проанализирована сочетанием с тритированным лизином и определением с помощью жидкостного сцинтилляц. счетчика

радиоактивности, ассоциированной с образцами.

31.МБ.54. Характеристики газоразделительных мембран, изготовленных из сульфобромированного поли-2,4-диметил-1,6-фениленоксида с высоким молекулярным весом. Performance of gas separation membranes made from sulfonated brominated high molecular weight poly(2,4-dimethyl-1,6-phenylene oxide). *Hamad F., Matsuura T.* J. Membr. Sci. 2005. 253, № 1–2, с. 183–189. Англ.

Высокомолекулярный поли-2,4-диметил-1,6-фениленоксид (ПФО) бромирован до трех уровней степени бромирования. Каждый бромированный ПФО был затем сульфирован до трех уровней степени сульфирования. Из этих сульфобромированных ПФО получены мембраны (МБ); охарактеризованы транспортные свойства газов (CO_2 , CH_4 , O_2 и N_2) в этих МБ. Главный эффект бромирования ПФО заключался в увеличении проницаемости газов с сохранением в то же время одинаковой избират. проницаемости. Главный эффект одновременного сульфирования и бромирования ПФО заключался в увеличении проницаемости газов и в понижении относит. проницаемости газов по сравнению с сульфированным ПФО; в то же время с др. стороны в понижении проницаемости газов и в увеличении относит. проницаемости газов в сравнении с бромированным ПФО. Замечат. тенденцией в сульфобромированных ПФО-МБ, когда степень бромирования увеличивалась с сохранением в то же время одной и той же степени сульфирования, явилось наличие минимума как в газопроницаемости, так и в диффузионной способности при степени бромирования 37,4%. Полагают, что все эти эффекты, получаемые благодаря сульфированию, бромированию или одновременному сульфированию и бромированию ПФО, являются прямым результатом манипулирования жесткостью основной цепи полимера, плотностью МБ, упаковкой МБ и фракцией свободного объема.

31.МБ.55. Пористые гидрофобно/гидрофильные композитные мембраны. Применение при обессоливании с использованием мембранной дистилляции с прямым контактом. Porous hydrophobic/hydrophilic composite membranes. Application in desalination using direct contact membrane distillation. *Khayet M., Mengual J. I., Matsuura T.* J. Membr. Sci. 2005. 252, № 1–2, с. 101–113. Англ.

Новый тип композитной гидрофобно/гидрофильной пористой мембраны (МБ) предложен для применения в мембранной дистилляции. МБ получены методом фазовой инверсии в одну стадию отливки из полимерных растворов, содержащих модифицирующие поверхность макромолекулы. Полиэфиримид (ПЭИ) использован в качестве гидрофильного базового полимера. Исследовано влияние концентрации ПЭИ в формовочном растворе на производительность по пермеату и на характеристики МБ. Определены давл. воды на входе для жидкости, средн. размер пор, эффективная пористость и средн. шероховатость МБ. Опыты по мембранной дистилляции с прямым контактом выполнены для чистой воды и водн. растворов NaCl . Исследовано влияние температуры, частоты вращения мешалки и концентрации соли. Аналогичные опыты проведены для двух пром. ПТФЭ-МБ с различными размерами пор, часто используемых для целей мембранной дистилляции. Проницаемость для вод. пара предложенных МБ определена и сравнена с таковой у пром. МБ. Оказалось, что новые МБ являются многообещающими в области мембранной дистилляции, т. к. они комбинируют низкое сопротивление потоку массы, достигаемому благодаря сокращению длины пути транспорта вод. пара через гидрофобный тонкий верхний слой МБ и низкой потере теплопроводности через МБ, получаемой благодаря использованию более толстого гидрофильного подслоя мембраны.

31.МБ.56. Газоразделительные мембраны из полимеров с характеристической микропористостью. Gas separation membranes from polymers of intrinsic microporosity. *Budd Peter M., Msayib Kadhum J., Tattershall Carin E., Ghanem Bader S.,*

Reynolds Kevin J., McKeown Neil B., Fritsch Detlev. J. Membr. Sci. 2005. 251, № 1–2, с. 263–269. Англ.

Когда полимерные мембраны (МБ) используют, чтобы селективно извлечь один компонент из газ. смеси, выбирают компромиссное решение между селективностью и проницаемостью. Представлены данные для двух полимеров с характеристич. микропористостью (ПХМ), которые показывают значит. прорыв через бывшую верхнюю границу техн. характеристик для промышленно важных газовых пар, включая O_2/N_2 и CO_2/CH_4 . Исключит. свойства ПХМ проистекают из их жестких, но искривленных молек. структур, которые расстраивают упаковку и тем самым создают свободный объем, который, вкупе с хим. функциональностью, обеспечивает сильные межмолек. взаимодействия.

31.МБ.57. Изготовление нанофильтрационных мембран проведением полимеризации на границе раздела фаз: исследование методами атомной силовой микроскопии и по отгаливанию соли. Interfacially polymerized nanofiltration membranes: atomic force microscopy and salt rejection studies. *Mohammad A. Wahab., Hilal Nidal, Seman M. Nizam Abu. J.* Appl. Polym. Sci. 2005. 96, № 3, с. 602–612. Библ. 21. Англ.

Нанофильтрационные мембраны (МБ) изготавливают проведением полимеризации мономера (МН) на границе раздела фаз в разных условиях с варьированием продолжительности реакции и концентрации МН. Данные атомной силовой микроскопии дают информацию о размере и распределении пор МБ и шероховатости ПВ. Увеличение продолжительности изготовления МБ приводит к уменьшению проницаемости воды при одном и том же размере пор. Увеличение концентрации МН также уменьшает проницаемость МБ; при этом в МБ получают поры других размеров. Исследована способность МБ выделять NaCl и Na_2SO_4 из растворов.

31.МБ.58. Протонопроводящие мембраны с высокой избирательностью из легированного фосфовольфрамовой кислотой поливинилового спирта для применения в метанольных топливных элементах прямого действия. Proton-conducting membranes with high selectivity from phosphotungstic acid-doped poly(vinyl alcohol) for DMFC applications. *Lin C. W., Thangamuthu R., Yang C. J.* J. Membr. Sci. 2005. 253, № 1–2, с. 23–31. Англ.

Протонопроводящие гибридные мембраны (МБ), состоящие из ПВС и фосфовольфрамовой кислоты (ФВК), получены смешением в растворе. Исследовано влияние ФВК-легирования на свойства МБ, такие, как водопоглощение, ионообменная способность, протонопроводимость и проницаемость для метанола. Вплоть до 20%-ного содержания ФВК как водопоглощение, так и проницаемость для метанола слегка увеличивались, затем понижались непрерывно вплоть до 90%. ИК-спектры с фурье-преобразованием показывают, что значит. количество ФВК удерживалось в полимерной матрице даже после нескольких часов пребывания в воде. Комбинирование результатов ИК-спектроскопии и одинаковости водопоглощения и проницаемости для метанола у гибридных ПВС-ФВК-МБ подтверждает, что изменения в ассоциированных свойствах следует приписать взаимодействию за счет межмолек. водородных связей между ОН-группами ПВС и ФВК. Проницаемости для метанола у гибридных МБ были значительно ниже, чем у Nafion 115. Протонопроводимость гибридных МБ составляла порядка 10^{-4} См/см и обычно увеличивалась с ростом ФВК-содержания. Изучена возможность использования гибридных ПВС-ФВК-МБ в топливных элементах с полиэлектролитной МБ. В случае газ. пары H_2/O_2 производительность увеличивается с ростом ФВК-содержания и макс. плотность тока 46 mA/cm^2 получена у образца из ПВС 20% и ФВК 80%. Производительность метанольного топливного элемента прямого действия с такой МБ увеличивается с ростом температуры и достигает 80 mA/cm^2 при 80° .

31.МБ.59. Химическая очистка мембран для

ультрафильтрации. Chemical cleaning of UF membranes fouled by BSA. *Kuzmenko Denis, Arkhangelsky Elizabeth, Belfer Sophia, Freger Viatcheslav, Gitis Vitaly.* Desalination. 2005. 179, № 1–3, с. 323–333. Англ.

Исследовались процессы обрастания и регенерации мембран для ультрафильтрации. Отмечается, что на первых стадиях обрастания восстановление фильтрационной способности мембран может осуществляться с использованием водовоздушной смеси, при этом ее подача попеременно производится с обеих сторон мембраны. При недостаточности этих мер в дальнейшем производится химическая очистка с использованием растворов кислоты, например соляной, или щелочи, например, гидроксида натрия. Проблема состоит в том, что при их повышенной концентрации может повреждаться поверхность мембраны с образованием каверн, в результате происходит полное восстановление трансмембранного потока, однако в дальнейшем скорость обрастания увеличивается. Рассматривается влияние заряда мембраны на скорость обрастания и т. д.

31.МБ.60. [Очистка промышленных сточных вод]. *Gu Zhan-chang, Li Yan, Wen Zhi-xin.* Zhongguo jishui paishui=China Water and Wastewater. 2005. 21, № 6, с. 77–78. Кит.; рез. англ.

Сообщается, что в металлургическом производстве, в технологии проката в качестве смазочного материала использовались водомасляные эмульсии, которые затем переходили в СВ. Исследовалась возможность возврата СВ в производство с одновременной утилизацией масел. Применяемая схема включала ступень предварительной реагентной обработки с отделением масел отстаиванием, на второй ступени использовались мембраны для ультрафильтрации, при этом сравнивались мембраны керамические и из органических материалов. Установлено, что в первом варианте обеспечивалась большая эффективность удаления масел, которая превышала 99,9%.

31.МБ.61. Очистка сточных вод и технологических жидкостей с использованием керамических мембран. *Лопатюк Ю. Ю., Мышин В. Н., Смирнов А. Д., Талалаев С. А., Терпугов Г. В.* Вода и экол.: пробл. и решения. 2005, № 4, с. 51–52, 81. Рус.

Представлены результаты очистки и регенерации некоторых отработанных смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) с применением керамических ультрафильтрационных мембран и мембран прямого осмоса.

31.МБ.62. Пористые керамические материалы - производство, свойства и применение. *Porose keramische Werkstoffe - Erzeugung, Eigenschaften und Anwendungen.* *Werner J.* Keram. Z.. 2005. 57, № 6, с. 402–405. Нем.

Приводится краткое содержание докладов, представленных на проходившем в июне 2005 г. в Германии симпозиуме, посвященном производству, свойствам и применению пористой керамики. Пористая керамика находит широкое применение, начиная от ее использования в качестве легких строительных элементов и фильтров для очистки дымовых газов от сажи и кончая ее применением в качестве биокерамики для получения заменителей костной ткани, в качестве мембран для микрофильтрации и т. д. Некоторые доклады были посвящены применению измерительной техники для оценки пористости и других свойств пористой керамики.

31.МБ.63. Получение и оценка новых самоувлажняющихся композитных мембран Pt/PFSA для топливных элементов с протонообменными мембранами. *Preparation and evaluation of a novel self-humidifying Pt/PFSA composite membrane for PEM fuel cell.* *Wang C., Liu Z. X., Mao Z. Q., Xu J. M., Ge K. Y.* Chem. Eng. J.. 2005. 112, № 1–3, с. 87–91. Англ.

Разработали названные мембраны (МБ). Нанокристаллы Pt диспергировали в МБ методом равновесного импрегнирования-восстановления. Полученные МБ содержали 0,3 мг/см² Pt в виде частиц со средним размером 6 нм, распределенных с равномерным уменьшением от одной стороны к противоположной стороне. Максимум уд.

мощности топливного элемента с МБ Pt/PFSA был при 70°C, 1,2 Вт/см², давл. 0,2 МПа и работе на сухих H₂ и O₂.

31.МБ.64. Перенос ионов CrO₄²⁻ и Na⁺ через керамическую ионообменную мембрану. *Дзязько Ю. С., Латик Ф., Махмуд А., Беляков В. Н., Стефаняк Н. В.* (Институт общей и неорганической химии им. В. И. Вернадского НАН Украины, Киев). Крит. технол. Мембраны. 2005, № 4, с. 30–34. Библ. 12. Рус.; рез. англ.

Оценена возможность использования неорганич. композиционных мембран (МБ) для электродиализной очистки растворов, содержащих хромат-ионы. Исследован перенос CrO₄²⁻ и Na⁺ через трубчатую композиционную керамич. МБ, содержащую неорганич. ионообменную составляющую - гидратированный диоксид циркония. Показано, что характер транспорта обусловлен кислотностью хромсодержащего раствора: при pH≤7 через МБ переносятся, в основном, анионы, в то время как при pH>7 - катионы. Найдено, что при pH католита 5–7 числа переноса CrO₄²⁻ достигают 0,26–0,51, в то время как для Na⁺ соответствующие величины на 2 порядка меньше. При использовании щелочного и кислотного раствора в качестве католита и анолита соотв. МБ приобретает биполярную функцию.

31.МБ.65. Экстракция и перенос фенола через объемные жидкие мембраны. *Extraction and pertraction of phenol through bulk liquid membranes.* *Cichy W., Schlosser S., Szymanowski J.* (Inst. of Chem. Technol./Engineering, PI Sklodowskiej-Curie 2, 60-965 Poznan, Poland). J. Chem. Technol. and Biotechnol.. 2005. 80, № 2, с. 189–197. Англ.

Проведено изучение экстракции и переноса PhOH (I) через объемную жидкую мембрану с Cyanex® 923 (II), Amberlite® LA-2 (III) и триоктиламином (IV) как носителями. II является лучшим носителем переноса. Коэффициент распределения I для растворителей с носителем и чистыми алканами, индивидуальный коэффициент массообмена в интерфейсе экстракции и начальный поток I через интерфейс экстракции уменьшались в порядке II>III>IV>> чистые алканы. Противоположный порядок наблюдается для значений коэффициента переноса в объемной жидкой мембране и максимальный поток I через стриппинг-интерфейс. Абсорбция носителя в интерфейсе водная фаза/мембрана ответственна за быстрый и медленный перенос I через экстракционный и стриппинговый интерфейс, соответственно.

31.МБ.66. Получение модифицированной поливиниловым спиртом композитной гидрофильной ультрафильтрационной мембраны на подложке типа войлока из стальных волокон. *Preparation of felt-metal supported modified polyvinyl alcohol composite hydrophilic ultrafiltration membrane.* *Qiu Yun-ren, Zhang Qi-xiu, Wang Shuai.* J. Cent. S. Univ. Technol.. 2005. 12, № 4, с. 448–452, 4 ил. Библ. 16. Англ.

Предложена новая технология получения ультрафильтрац. мембраны (УФМБ) с подложкой типа войлока из стальных волокон (МВП) (средн. диам. 10 мкм, нерж. сталь 316 L), модифицированной ПВС, которая помогает избежать блокирования отверстий в слое МВП и утечки формовочного раствора через отверстия в слое МВП. Результаты показывают, что композитные МБ успешно использованы для обработки эмульсии типа "масло в воде" с концентрацией 1 г/л при трансмембранном давл. 0,25–0,45 МПа, производительности по пермеату 36–52 л/(м²×ч) и задерживании >92%. Сопротивление композитной МБ увеличивается с увеличением трансмембранного давления.

31.МБ.67. Тонко регулируемый транспорт CO₂ через мембраны из смешанных простых полиэфилов. *Tunable CO₂ transport through mixed polyether membranes.* *Patel Nikunj P., Hunt Marcus A., Lin-Gibson Sheng, Bencherif Sidi, Spontak Richard J.* J. Membr. Sci.. 2005. 251, № 1–2, с. 51–57. Англ.

Газоразделительные мембраны (МБ), состоящие из простых ПЭФ, таких как полиэтиленгликольдиакрилат (ПЭГДА) или полипропиленгликольдиакрилат (ППГДА), обнаруживают высокую селективность растворимости CO₂, которая делает их

подходящими для использования при очистке H_2 и воздуха. Исследованы факторы, управляющие транспортом CO_2 и H_2 в матрицах на основе смешанных простых ПЭФ. Добавление полукрист. полиэтиленоксидов к аморф. ПЭГДА понижает проницаемость чистого CO_2 и CO_2/H_2 -селективность вследствие образования кристалла. Пермеация газов через аморф. фракцию, однако, остается не подверженной влиянию, подтверждая существование предела молек. веса, ниже которого вся МБ участвует в транспорте газа. Проницаемости CO_2 и H_2 , а также их энергия активации пермеации в ПЭГДА-ППГДА-смесях следуют линейному правилу смесей в исследованном температурном интервале. Введение аминных структурных остатков, используемых в жидк. МБ, либо в ПЭГДА-матрицу в процессе сшивки, либо в главную цепь полиэтиленгликоля обычно понижает CO_2/H_2 -селективность, но иногда улучшает CO_2 -проницаемость.

31.МБ.68. Газоразделительные свойства мембран типа углеродного молекулярного сита, полученных из смесей полиимид-поливинилпирролидон: влияние молекулярного веса поливинилпирролидона. Gas separation properties of carbon molecular sieve membranes derived from polyimide/polyvinylpyrrolidone blends: effect of the molecular weight of polyvinylpyrrolidone. *Kim Youn Kook, Park Ho Bum, Lee Young Moo.* J. Membr. Sci.. 2005. 251, № 1–2, с. 159–167. Англ.

Мембраны (МБ) типа углеродного молек. сита (УМС) получены с использованием полимерных смесей полиимида (ПИ) и поливинилпирролидона (ПВП). Характеристики углеродных структур и газопермеац. свойства УМС-МБ, пиролизованных при 500° и 700° , исследованы с варьированием молек. веса ПВП (термически лабильный полимер). Смесь ПИ-ПВП обнаружила 2 отдельные стадии термич. разложения. В атмосфере аргона ПВП подвергался полному разложению сперва при $350-450^\circ$, тогда как термич. разложение ПИ имело место при $550-650^\circ$. Изотерма адсорбции азота УМС-МБ показала, что на термич. разложение ПВП сильно влиял объем средн. поры получаемых УМС-МБ и что термич. разложение ПВП зависело от молек. веса ПВП. УМС-МБ с повышенным молек. весом ПВП, пиролизованные при 550° , обнаружили повышенную проницаемость газ. O_2 от $42000,28 \times 10^{-18}$ до $6075,405 \times 10^{-18} \text{ м}^2/\text{с} \times \text{Па}$ (560-810 баррер) и пониженную O_2/N_2 -селективность 10-7.

31.МБ.69. Физические и газотранспортные свойства гибридных мембран на основе новых гиперразветвленных полиимидов и диоксида кремния. Physical and gas transport properties of novel hyperbranched polyimide - silica hybrid membranes. *Suzuki Tomoyuki, Yamada Yasuharu.* Polym. Bull.. 2005. 53, № 2, с. 139–146. Англ.

Исследованы физ. и газотранспортные свойства новых гиперразветвленных полиимидов (ПИ) и SiO_2 . Гиперразветвленная полиаминокислота в качестве прекурсора получена поликонденсацией 1,3, 5-трис(4-аминофенокси)бензола (I), и 4,4-(гексафторизопропилиден)дифталевого ангидрида (6FDA), и послед. модификацией концевых групп 3-аминопропилтриметоксисилоном (II). Гибридные МБ типа ПИ- SiO_2 получены с использованием полиаминокислоты, воды и тетраметоксисилана по золь-гель методу. Температура 5%-ных потерь массы и т. стекл. гибридных МБ, определенные с помощью ТГА-ДТА, значительно увеличивались с увеличением содержания SiO_2 , указывая на эффективную сшивку на границе раздела полимер- SiO_2 при посредничестве II. Коэф. проницаемости для CO_2 , O_2 и N_2 у гибридных МБ увеличивались с увеличением содержания SiO_2 . Повышенные газопроницаемости приписаны гл. обр. увеличению растворимостей газов. Наоборот, CH_4 -проницаемость у гибридных МБ понижалась с увеличением содержания SiO_2 из-за понижения коэф. диффузии CH_4 и, как результат, CO_2/CH_4 -селективность гибридных МБ заметно увеличивалась. Сделан вывод, что описываемые гибридные

МБ имеют высокую термостабильность и хорошую газ. селективность. Ожидают, что они найдут применение в качестве высокотехнологичной газоразделит. мембраны.

31.МБ.70. Получение, характеристика и применение нанопористых мембран на основе тонкопленочных композитов. Preparation, characterization, and application of thin film composite nanofiltration membranes. *Song Yujun, Liu Fuan, Sun Benhui.* J. Appl. Polym. Sci.. 2005. 95, № 5, с. 1251–1261, 6 ил. Библ. 18. Англ.

Активные ароматич. ПА-слои тонкопленочных композитных нанопористых мембран (МБ) получены через межфазную полимеризацию из 3 различных типов полиамина: п-фенилендиамина, м-фенилендиамина или пиперазина, и тримезоилхлорида на подложках из сплава полисульфон-сульфированный полисульфон (ПСФ-СПСФ). Хим. компоненты, структуры поперечных сечений и термич. свойства активных ПА-слоев и объем МБ характеризовали ИК-спектроскопией с фурье-преобразованием и ИК-спектроскопией неполного внутреннего отражения, сканирующей электронной микроскопией, ДСК и ТГА, соотв. Обнаружен взаимопроникающий слой между активным ПА-слоем и подложкой. Активный слой со структурой "хребет-долина" был сформирован на ПСФ-СПСФ-подложке для МБ с толстым полиакриламидным слоем. По сравнению с МБ на ПСФ-подложках, МБ на подложках из ПСФ-СПСФ имели более высокую проницаемость без потери селективности благодаря внедрению гидрофильного СПСФ в гидрофобные ПСФ-подложки. Улучшено также и связывание между модифицированной подложкой и активным ПА-слоем. Используя эти нанопористые МБ, получены хорошие разделит. характеристики при разделении многовалентных ионов, умягчении грунтовых вод и обработке сточных вод от установки для производства адипиновой кислоты в широком рН-интервале.

31.МБ.71. Функционализированные полисилолом мембраны из оксида алюминия для улавливания ртути. Polythiol-functionalized alumina membranes for mercury capture. *Smuleac V., Butterfield D. A., Sikdar S. K., Varma R. S., Bhattacharyya D.* J. Membr. Sci.. 2005. 251, № 1–2, с. 169–178. Англ.

В литературе сообщалось о различных материалах (частицы, смолы и т. д.) для Hg^{2+} -сорбции из водн. стоков Традиц. сорбенты относительно неэффективны, потому что только фракция иммобилизованных лигандов доступна для комплексообразования с металлами. Представлен подход, заключающийся в использовании открытых структур [микрофильтрац. мембраны (МБ) из Al_2O_3 с разм. пор 0,2 мкм), иммобилизованных различными лигандами, содержащими одинарные или многократные тиольные функциональные группы. Al_2O_3 имеет хорошую хим. и термич. стабильность и многочисленные поверхн. гидроксильные группы, необходимые для хим. модификации. Конвективный поток использован для всех стадий функционализации и исследований Hg^{2+} -сорбции. Только 3-меркаптопропилтриметоксисилан был иммобилизован прямым силированием; др. лиганды (цистин, цистеин, полицистеин, полиглутаминовая кислота) требовали промежут. стадий. Через силирование 3-глицилоксипропилтриметоксисилоном поверхность МБ функционализирована эпокси-группами, которые затем реагировали с концевой аминогруппой каждого из 4 лигандов, упомянутых ранее. В случае полиглутаминовой кислоты, карбоксильные группы активировали дигексилкарбодимидом и затем подвергали реакции с цистеином, делая возможным синтез политиола, содержащего 240 звеньев. Исследования Hg^{2+} -сорбции на МБ с одинарной тиольной функционализацией использовали, чтобы проанализировать взаимодействие между Hg^{2+} и различными функциональными группами. Определено, что Hg^{2+} , связанный с слабыми активными центрами (дисульфид, карбоновая кислота), м. б. количественно извлечена промывкой МБ водой при рН 3, делая возможным определение количества, связанного с

активными центрами (тиол). Функционализованные политиолом МБ показали высокие сорбц. емкости, высокую доступность активных центров и высокие скорости сорбции.

31.МБ.72. Гетерогенные ионитовые мембраны на основе сульфированного поли-1,4-фениленсульфида и полиэтилена: получение, свойства и проницаемость по метанолу. Heterogeneous ion-exchange membranes based on sulfonated poly(1,4-phenylene sulfide) and linear polyethylene: preparation, oxidation stability, methanol permeability and electrochemical properties. *Schauer Jan, Brocova Libuse. J. Membr. Sci.* 2005. 250, № 1–2, с. 151–157. Англ.

Описано получение мембран (МБ) путем сульфирования поли-1,4-фениленсульфида хлорсульфоновой кислотой в дихлорэтаноле с образованием ионита емкостью 2,38 мэкв/г с послед. совмещением полученных в результате дробления продукта частиц ионита диам. 63 мкм с ПЭ при 150°. Показано, что устойчивость полученных гетерог. МБ в 3%-ном растворе H₂O₂ при 70° меньше, чем у МБ типа Нафион и выше обычных МБ на основе СПЛ стирола с дивинилбензолом. Обсуждена возможность использования полученных МБ в составе топливных элементов на метаноле.

31.МБ.73. Новые протонпроводящие мембраны на основе тройного СПЛ этилена, пропилена и диенового сомономера и гидрированного блоксополимера бутадиена и стирола. New proton conducting polymer membranes based on EPDM and branched HPBS. *Bashir H., Acosta J. L., Linares A. J. Membr. Sci.* 2005. 253, № 1–2, с. 33–42. Англ.

Предпринято исследование по получению новых протонпроводящих полимерных смесей на основе гидрированного блок-СПЛ бутадиена и стирола (НББС) и КЭЭПТ, чтобы использовать их в топливных элементах в качестве полиэлектrolитной мембраны (МБ). Смеси становятся проводящими благодаря реакции сульфирования в гетерог. фазе, которая внедряет SO₃H-группы в макромолек. цепь. Как известно, имеет место прямая зависимость между уровнем сульфирования и протонпроводимостью. Сульфирование, однако, приводит к одновременной и прямой потере стабильности МБ; этот факт несет в себе очень важное ограничение. Получены МБ на основе обоих полимеров, в которые вводят дополнит. компонент, напр., ПП, с высокими мех. свойствами и перерабатываемостью. Все МБ характеризовали с структурной точки зрения через такие методы, как: ИК-спектроскопия с фурье-преобразованием, ДСК, динамич. мех. анализ, динамич. кристаллизация и комплексный импедансный анализ. Выбрана одна МБ из всех исследованных смесей с целью определения ее свойств в качестве МБ в топливном элементе прямого действия. С этой целью проанализированы поляризац. кривые и водн. и метанольный кроссовер. Полученные МБ представляют хорошие перспективы, особенно в отношении проницаемости и физ. стабильности, хотя величины проводимости и плотности мощности подлежат улучшению.

31.МБ.74. Обработка воды на пивоваренном заводе. Energieoptimierter Betrieb. Wasserentgasung mittels hydrophober Membranen. *Daebel Uwe, Koukol Robert, Brauner Bernhard. Brauindustrie.* 2005. 90, № 9, с. 82–86, 4 ил. Нем.

Сообщается об использовании волоконистых материалов, которые используются для удаления газов из воды при производстве пива. Модули из мембран устанавливаются на пути воды и отбирают O₂ и другие газы и очищают ее.

31.МБ.75. Фотохимическое изучение пористой мембраны из Al₂O₃, функционализированной частицами TiO₂. *Hao Yan-Zhong, Cai Sheng-Min.* Nuaxue xuebao=Acta chim. sin.. 2005. 63, № 13, с. 1201–1204. Кит.; рез. англ.

Проведено получение пористой мембраны из Al₂O₃, анодированием Al в 0,4 М растворе H₃PO₄. Частицы TiO₂-анатаза получены гидролизом изопропилата титана водяным паром в порах мембраны. Полученный композит был изучен с помощью сканирующей электронной микроскопии и рентгеновской дифракции. Выявлено, что композитная мембрана Al₂O₃/TiO₂ обладает фотокаталитич. свойствами.

31.МБ.76. Протон-проводящие мембраны из кремнийвольфрамовой кислоты и модифицированного органическими веществами силана. Silicotungstic acid/organically modified silane proton-conducting membranes. *Lavren Stangar U., Orel B., Vince J., Jovanovski V., Spreizer H., Surca Vuk A., Ho Cevcar S. J. Solid State Electrochem.* 2005. 9, № 2, с. 106–113. Англ.

Проведен синтез протон-проводящих мембран и гелей из модифицированного органич. веществами силана и гетерополикислоты. После связывания триэтоксисилана мостиками мочевины в длинную цепь полипропиленгликоля или полидиметилсилоксана добавляют кремнийвольфрамовую кислоту, вызывающую гидролиз и конденсацию золь-гель композита. Полученные мембраны были исследованы с помощью ИК-Фурье-спектроскопии и термогравиметрии, а также дифференциальной сканирующей калориметрии. Изучено влияние различных добавок на формирующуюся сетку и ее проводящие и механ. свойства. Показано, что наилучшими добавками являются перфтороктилтриэтоксисилан и фенилтриэтоксисилан.

31.МБ.77. Композитная мембрана для топливного элемента. Meeting briefs: composite membrane for fuel cell. *Chem. and Eng. News.* 2005. 83, № 14, с. 64. Англ.

Протонообменная мембрана (ПОМБ) топливного элемента (ТЭ) отравляется следами CO, присутствующего в H₂-содержащем топливе для ТЭ. Считают, что работа ПОМБ при 120–150°C может помочь решить эту проблему. Однако, протонопроводящая полимерная мембрана при этой температуре с трудом удерживает воду, а удержание воды оказывает существенное влияние на характеристики ТЭ. Предложено использовать модифицир. мембрану, содержащую частицы оксида металла, напр., TiO₂, что способствует удерживанию воды. С такой композитной мембраной ТЭ работает при 130°C лучше, чем при 80°C, даже в случае содержания в водородном топливе >500 ppm CO.

31.МБ.78. Транспортные свойства ионообменных и нанофильтрационных поливинилхлоридных мембран. *Михалева Н. М., Кулатина Е. Г., Барагузина В. В.* Крит. технол. Мембраны. 2005, № 4, с. 26–29. Рус.; рез. англ.

Установлены зависимости проницаемости и потока ионов поверхностно-активных веществ, антибиотиков от концентрации электродно-активных соединений, природы и концентрации контактирующих растворов, толщины МБ; в условиях диффузионного массопереноса количественные характеристики мембранного транспорта на порядок ниже, чем при постоянном токе. Для нанофильтрационных МБ проницаемости и потоки ионов зависят от природы порообразователя, что позволяет проводить разделение гомологов анионных поверхностно-активных веществ.

31.МБ.79. Применение вращения устраняет загрязнение мембранных фильтров. Take membrane filtration for a spin to eliminate fouling. *Chem. Eng.(USA).* 2005. 112, № 7, с. 241/8. Англ.

Фирма GTI FIB Industriële Bedrijven B. V. Leenwarden, Нидерланды сообщает о трубчатом вращающемся фильтре (TRF), представляющем собой запатентованную мембранную самоочищающуюся фильтрационную систему. Мембраны имеют размеры пор от 0,01 до 0,2 мкм.

31.МБ.80. Ультрафильтрационная очистка бензиножирсодержащих сточных вод в оборотной системе МЭЗа. *Мачигин В. С., Щербаклова Л. Н.* Вестн. ВНИИ жиров. 2005, № 2, с. 37–41. Рус.

Опытнo-промышленная проверка очистки бензиножирсодержащих сточных вод методом ультрафильтрации на базе установки М8-УУФ для осветления соков Кишиневского завода "Пищемаш" с блоком трубчатых устройств БТУ-0,5/2 (фторопластовые мембраны) дала положительные результаты. Длительные (в течении многих месяцев) испытания доказали принципиальную возможность создания бессточного цикла экстракционного производства с вовлечением в оборотное водоснабжение очищенных

ультрафильтрацией бензионожирсодержащих сточных вод вместо свежей воды. Этим предотвращаются взрывы и пожары в системах канализации. Опытно-промышленная проверка нового метода очистки бензионожирсодержащих сточных вод показала необходимость продолжения исследований в части разработки специализированной ультрафильтрационной установки во взрывобезопасном исполнении для ее размещения во взрывоопасных помещениях МЭЦа.

31.МБ.81. Расширение очистных сооружений с использованием мембранных технологий. Erweiterung der Klaranlage Xanten-Vynen mit Membrantechnik. Galvanotechnik. 2005. 96, № 8, с. 1914. Нем.

Рекламная публикация, рекламируются техника и технологии, предназначенные преимущественно для сооружений, имеющих относительно небольшую производительность (в приводимом примере около 2000 чел. экв. после реконструкции). Особенностью является то, что при реконструкции применяется контейнерно-модульный метод, в соответствии с которым мембранные биореакторы, насосное и др. оборудование размещаются в двухэтажных контейнерах. Они имеют заводскую готовность и монтируются на месте практически без проведения земляных работ, что обеспечивает возможность оперативного расширения сооружений при экономии земельных территорий.

31.МБ.82. Технология мембранного разделения, примененная для улучшения экстракции линкомицина. Li Jiemei, Zhou Peiyan, Wang Yaqing, Zhao Renxing. Huagong xuebao=J. Chem. Ind. and Eng. (China). 2005. 56, № 4, с. 738–743. Кит.; рез. англ.

Изучены и найдены оптим. технол. условия ультра- и нанофильтрации для предварительной очистки и концентрирования щел. культуральных растворов линкомицина (I) перед экстракцией (50–60°, рН 10,5–11,0) ВuOH или смесью высших спиртов и повышения выхода однократной экстракции на 4,3% и общего выхода I на 3,4%.

31.МБ.83. Мембраны на основе полифениленоксида, модифицированного фуллереном, для разделения водно-органических смесей. Полоцкая Г. А., Гладченко С. В., Пенькова А. В., Кузнецов В. М., Тойкка А. М. Ж. прикл. химии. 2005. 78, № 9, с. 1493–1498. Библ. 22. Рус.

На основе композиций фуллерен-полифениленоксид, содержащих до 2 мас.% C₆₀, приготовлены гомогенные МБ и определены их плотность, диэлектрич. сопротивление и контактные углы смачивания водой и этанолом. Изучено влияние добавок фуллерена на транспортные свойства МБ при перапарации водноорганических смесей с этанолом и этилацетатом.

31.МБ.84. Исследования пермеации фенола через жидкие мембраны на подложке, содержащие функционализированные полиорганосилоксаны. Studies on phenol permeation through supported liquid membranes containing functionalized polyorganosiloxanes. Jaber A. M. Y., Ali S. A., Yahaya G. O. J. Membr. Sci.. 2005. 250, № 1–2, с. 85–94. Англ.

Функционализированные, линейные, гидрофобные жидк. органосилоксановые полимеры, а именно, СПЛ метилгидроксилосилана и диметилсилосилана, нанесенные на микропористую плоскостовую ПП-мембрану (МБ) (Celgard 2502 и 2402), испытаны в качестве жидк. МБ на подложках для регенерации фенола из водн. фаз в 0,1 М NaOH-фазе. Функционализированные полимеры включают Me₃SiO[MeSi(OR)]_x[Me₂SiO]_ySiMe₃, где x=15–18 или 25–35 и y - 50–55 мол.%, где R - оргофункциональные группы - (CH₂)_nNMe₂ (n=3 или 4 или 6) или (CH₂)₂OEt. Испытанные функциональности, R, получены из пром. 3-диметиламино-1-пропанола и 2-этоксиэтанола, а также из специально синтезированных 4-диметиламино-1-бутанола и 6-диметиламино-1-гексанола. Показано, что пермеация фенола, выраженная как производительность по пермеату через МБ, тем больше, чем больше число углеродных промежут. групп в алкильной цепи аминспиртовой боковой группы; чем больше

пористость ПП-пленки-подложки; чем выше мол. процент функционализованной метилгидроксилосановой порции; и чем выше расходы питающей смеси и получаемых фаз. Пермеация фенола значительно увеличивалась, когда мол. процент метилгидроксилосановой порции был 50–55 или 25–35 с диметиламино-1-гексанольной функциональностью на подложке типа Celgard 2502.

31.МБ.85. Получение и свойства наноструктурированных монолитов анатаза TiO₂ с использованием ионных жидкостей при комнатной температуре, тетрафторборатов 1-бутил-3-метилимидазолия, в качестве растворителей для темплатов. Preparation and properties of nanostructure anatase TiO₂ monoliths using 1-butyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborate room-temperature ionic liquids as template solvents. Liu Yang, Li Jun, Wang Meijia, Li Zhiying, Liu Hongtao, He Ping, Yang Xiurong, Li Jinghong. Cryst. Growth and Des.. 2005. 5, № 4, с. 1643–1649. Англ.

Получены наноструктурир. монолиты анатаза TiO₂ с использованием ионных жидкостей при комн. т-ре, тетрафторборатов 1-бутил-3-метилимидазолия (BMIM⁺BF₄⁻), в качестве р-рителей для темплатов и простого "золь-гель"-метода синтеза с процессом пептизации при т-ре окружающей среды. Полученный продукт обладал червеобразной пористой структурой и большой площадью поверхности, которая лежала в диапазоне от 118 до 498 м²/г при добавлении различного кол-ва BMIM⁺BF₄⁻. Мезопористые структуры продукта с площадью пов-ности около 260 м²/г сохраняются после прокаливания при 450°C, проявляя прекрасную термич. устойчивость. По сравнению с кристаллами рутила TiO₂ с микропористой структурой, полученных без использования ионных жидкостей при комн. т-ре, использованные в данном методе BMIM⁺BF₄⁻ действуют как структурообразующий агент и повышают скорость поликонденсации и кристаллизации, приводящих к формированию кристаллов анатаза. Наноструктурированный TiO₂ перспективен для применения в мезопористых мембранах, сенсорах, фотокатализаторах, преобразователях солнечной энергии и т. п..

31.МБ.86. Дрожжи и кислород. Yeast and oxygen. Bible Chris(США, J. M. Huber Corporation). Zymurgy. 2005. 28, № 5, с. 71–73. Библ. 6. Англ.

Дрожжи используют O₂ для образования клеточной мембраны. При недостаточном количестве O₂ дрожжи не могут правильно использовать блоки стенок клеток (ненасыщенные жирные кислоты и стерины), которые попадают в сусло, и брожение идет ненормально или медленно. Это обстоятельство должно быть учтено при приготовлении пива в домашних условиях. Вода, используемая для приготовления пива, должна содержать до 10 ч/мин растворенного O₂. Представлены эмпирич. уравнения для определения количества O₂, растворенного в воде, в зависимости от упругости паров, температуры, барометрич. давления. Отмечено, что скорость попадания O₂ в воду, а затем в дрожжевые клетки, зависит от концентрации O₂ в газовой фазе количества O₂, уже растворенного в сусле, легкости прохождения воды через поверхности раздела между газом и жидкостью. Приведены график зависимости растворенного O₂ от температуры воды и схема перехода O₂ из газовой фазы в сусло и дрожжевые клетки.

31.МБ.87. Усовершенствованное моделирование влияния рН и вязкости на массоперенос в гидрофобных половолоконных мембранных контакторах. Modified modeling of the effect of pH and viscosity on the mass transfer in hydrophobic hollow fiber membrane contactors. Zhu Zhenzhong, Hao Zhuoli, Shen Zhisong, Chen Jian. J. Membr. Sci.. 2005. 250, № 1–2, с. 269–276. Англ.

Показано, что исх. рН оказывает значит. влияние на скорость массопереноса, проток и эффективность удаления легкоионизированных летучих соединений (напр., NH₃). Для расчета влияния рН предложена модель, хорошо согласующаяся с экспер. данными для двух контакторов и

описывающая соотношения между вязкостью и коэф. массопереноса. Показано экспериментально, что изменение вязкости при концентрациях NH_3/SO - 10000 мг/л вызывает изменение коэф. массопереноса в пределах 3–4%. Высказываются соображения о целесообразности использования равновесных концентраций (вместо общих) летучих компонентов (VCs) для оценки коэф. массопереноса, эффективности удаления и протока. Выбор $\text{pH}_{\text{нec}}$ м. б. одним из наиболее крит. факторов удаления VCs из воды и сточных вод.

31.МБ.88. Теоретический анализ концентрационной поляризации в мембранных модулях при газоотделении из исходных растворов внутри полых волокон. Theoretical analysis of concentration polarization in membrane modules for gas separation with feed inside the hollow-fibers. *Mourgues A., Sanchez J.* J. Membr. Sci.. 2005. 252, № 1–2, с. 133–144. Англ. Разработана мат. модель для исследования влияния концентрац. поляризации в газосепарац. полуволоконных модулях при образовании газа внутри волокон в условиях прямо- и противотока. Модель анализирует эффекты поляризации в граничных слоях и пористой подложке Мб в терминах пермеации, селективности, раб. давл. и скорости исходного потока. Моделирование разделения бинарных газовых смесей (A+B) основывается на величинах рабочих параметров и свойствах Мб. Результаты указывают на важность концентрац. поляризации от анализа процесса и конструирования. Для изученной системы эффекты концентрац. поляризации оказались значительными, проникание А и селективность А/В, выше 1000 GPU и 100 соответственно ($1\text{GPU}=3,346 \times 10^{-13}$ кмоль/м²×с×Па).

31.МБ.89. Дегидрогенизация пропана на каталитической мембране. Propane dehydrogenation using catalytic membrane. *Bobrov Vadim S., Digurov Nikolij G., Skudin Valery V.* J. Membr. Sci.. 2005. 253, № 1–2, с. 233–242. Англ.

Описан процесс дегидрогенизации пропана на газосепарац. неорг. Мб с селективным слоем из Мо, полученным методом хим. осаждения паров. Такие Мб могут быть ценной заменой Мб с нанесенным покрытием из благородных металлов для процесса дегидрогенизации, т. к. они каталитически активны и в то же время, обладают газосепарац. свойствами. Мб, покрытые Мо, помогут избежать использования гранулиров. каталитич. слоев в мембранном реакторе. Макс. селективность к пропилену для Мб Мо-С (Мо нанесен на подложку из углерода) была 84% (T=853 К, конверсия по пропану 28%). Максим. селективность к пропилену для Мо=керамич. Мб (Мо нанесен на керамич. подложку) составляла 63% (T=853 К, конверсия по пропану 17%).

31.МБ.90. Анализ возможности регулирования процессов движения рабочей среды через углеродные мембраны. Tailored transport through vertically aligned carbon nanofibre membranes; controlled synthesis, modelling, and passive diffusion experiments. *Fowlkes J. D., Fletcher B. L., Hullander E. D., Klein K. L., Mesley D. K., Melechko A. V., Sampson M. L., Doktycz M. J.* Nanotechnology. 2005. 16, № 12, с. 3101–3109. Англ.

Выполнено теоретическое и экспериментальное исследование и предложена методика математического моделирования процессов движения рабочей среды через Мб с упорядоченным вертикальным расположением углеродных волокон нанометрового размера. Отмечено, что интенсивность протекания процессов рассматриваемого класса достигается путем изменения размеров пор и морфологии углеродных нановолокон. Указанные параметры определяются толщиной слоя SiO_2 на поверхности углеродных волокон. Сообщены, обсуждены и проанализированы полученные при выполненных исследованиях результаты и рассмотрена методика моделирования этих процессов с использованием метода Монте-Карло. Даны рекомендации по использованию предложенной методики математического моделирования для определения проницаемости углеродных Мб с элементами нанометрового размера в их структуре.

31.МБ.91. Концентрирование водно-солевых

радиоактивных растворов методами первапорации и вакуумной мембранной дистилляции. *Крысинская Н. В., Варезкин А. В.* Успехи в химии и хим. технол.. 2005. 19, № 8, с. 110–114. Рус.; рез. англ.

Сравниваются возможности экспериментальных мембран в процессе концентрирования водных радиоактивных отходов методами первапорации и вакуумной мембранной дистилляции. Испытано три вида мембран: керамические пористые трубчатые, пористые и непористые полимерные мембраны в виде полых волокон. Измеренный коэффициент очистки по солям - 105 для непористых и 104 для пористых мембран, проницаемость по воде при 323 К - 300–6000 г/л. Показано, что степень влияния на проницаемость поляризационных эффектов существенно выше в процессе вакуумной мембранной дистилляции.

31.МБ.92. Моделирование отделения примесей бензола от разбавленных водных растворов диффузионным испарением через полидиметилсилоксановые мембраны. Modeling of pervaporation separation benzene from dilute aqueous solutions through polydimethylsiloxane membranes. *Peng Fubing, Jiang Zhongyi.* Chin. J. Chem. Eng.. 2005. 13, № 3, с. 343–349. Библ. 17. Англ.

Модифицированную модель диффузионного испарения, полученную с использованием термодинамич. теории Флори-Хаггинса и теории свободных объемов Фужита, использовали для характеристики массопереноса остаточного бензола из разбавленных водных растворов через полидиметилсилоксановые мембраны. Исследовано влияние концентрации компонентов раствора на параметры взаимодействия между ними и температуры на величины проницаемости и сепарации. Получаемые расчетные результаты хорошо соответствуют экспериментальным.

31.МБ.93. Получение и характеристика используемых для обработки воды полуволокнистых мембран из ацетата целлюлозы, содержащего серебро. The preparation and characterization of silver-loading cellulose acetate hollow fiber membrane for water treatment. *Chou Wen-Li, Yu Da-Guang, Yang Ming-Chien.* Polym. Adv. Technol.. 2005. 16, № 8, с. 600–607. Англ.

Полуволокнистые мембраны формируют с сочетанием техники сухого и мокрого прядения волокон из раствора ацетата целлюлозы в диметилформамиде. Раствор готовят растворением нитрата серебра и затем его восстановлением с получением наночастиц серебра. Морфологию получаемых полых волокон исследовали методом сканирующей электронной микроскопии; содержание атомов серебра в волокнах определяли методом индуктивной плазменной атомной эмиссионной спектроскопии. Также оценена антибактериальная активность мембран. Сделан вывод, что полые волокна имеют губчатую структуру со сплошной внутренней и внешней ПВ.

31.МБ.94. Получение ультратонких мембран отложением слой-на-слоем слоистого двойного гидроксида и полистиролсульфоната. Preparation of ultrathin membranes by layer-by-layer deposition of layered double hydroxide (LDH) and polystyrene sulfonate (PSS). *Hornok V., Erdohelyi A., Dekany I.* Colloid and Polym. Sci.. 2005. 283, № 10, с. 1050–1055. Библ. 2. Англ.

Нанопленки получены последоват. чередующейся адсорбцией слоистого двойного гидроксида (СДГ) типа Mg-Al (2:1) и поли-4-стиролсульфоната натрия (ПСС). Плотность заряда противоположно заряженных материалов сильно влияет на свойства ПЛ, такие как толщина и упорядочение. Специфич. заряд колл. частиц СДГ и макромолекул определен детектором заряда частиц. Последоват. наращивание тонких ПЛ отслежено спектрофотометрией и рентгеновской дифракцией. Поверхн. морфологию мультислойево характеризовали атомносиловой микроскопией. Исследовано влияние плотности заряда применяемых материалов и массового отношения СДГ-ПСС на толщину пленок.

31.МБ.95. Фрактальное явление во время изготовления

сверхтонкой кремниевой мембраны с использованием травления. *Yang Daohong, Xu Chen, Dong Dianhong, Zhang Jianming, Yang Qiming, Jin Wenxian, Shen Guangdi.* *Bandaoti xuebao=Chin. J. Semicond..* 2005. 26, № 1, с. 67–71, 6 ил. Библ. 7. Кит.; рез. англ.

Описано появление фрактальной структуры во время изготовления сверхтонкой кремниевой мембраны с помощью травления. Образцы после травления содержат фрактальную структуру и фрактальная размерность фигуры равна 1,667. Условия травления влияют на формирование такой структуры.

31.МБ.96. Изготовление и характеристика смешанных мембран типа полиэфиримидсульфированный полиэфирэфиркетон. *Manufacture and characterisation of polyetherimide/sulfonated poly(ether ether ketone) blend membranes.* *Bowen Richard M., Cheng Shu Ying, Doneva Teodora A., Oatley Darren L.. J. Membr. Sci..* 2005. 250, № 1–2, с. 1–10. Англ.

Заряженные ультрафильтрац. (нанофильтрац. мембраны (МБ) разработаны путем фазовой инверсии. МБ получены на основе полиэфиримида (ПЭИ) и сульфированного полиэфирэфиркетона (СПЭЭК). СПЭЭК использован, чтобы улучшить гидрофильные свойства и проницаемость ПЭИ-МБ, а также создать поверхн. заряды. Свойства МБ были воспроизводимыми, когда содержание СПЭЭК было 3 и 6% в смеси полимеров. При увеличении содержания СПЭЭК от 3 до 6% в формовочном растворе проницаемость МБ по воде увеличивалась от $(24 \pm 2,1) \times 10^{-11}$ до $(36,6 \pm 3) \times 10^{-11}$ м³/с×Н, задерживание хлорида натрия и полиэтиленгликоля ПЭГ1500 увеличивалось от 0,399 до 0,599 и от 0,6 до 0,931, соотв. (измерено при 100 кН/м²). Изображения поперечных сечений, полученные сканирующей электронной микроскопией, показали верхний слой с губчатой структурой и слой подложки со структурой пальчикового типа. При добавлении ТГФ и 1,4-диоксана к формовочному раствору проницаемость МБ по воде понижалась, задерживание ПЭГ1500 понижалось, а задерживание NaCl обычно изменялось незначительно.

31.МБ.97. Получение и характеристики тонкопленочных композитных мембран полиамид-уретан. *Preparation and characterization of polyamide-urethane thin-film composite membranes.* *Zhou Yong, Yu Sanchuan, Liu Meihong, Gao Congjie.* *Desalination.* 2005. 180, № 1–3, с. 189–196. Англ.

Проведена попытка получения мембран для обр. осмоса с помощью межфазной полимеризации 5-хлороформоксизофталали хлорида (I) и м-фенилендиамина (II) на полисульфоновой пленке. Полученные мембраны испытаны в соленой воде. С помощью ИК-спектроскопии ослабленного полного отражения, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии выявлено, что полученная мембрана имеет амидные, уретановые и гидроксильные функциональные группы. Выявлено, что данная композитная мембрана обладает лучшими свойствами и структурой по сравнению с композитной мембраной на основе I и II.

31.МБ.98. Синтез хиральных спиральных полигидроксифенилацетиленовых мембран путем in-situ депинанилсилилирования и их энантиоселективные проницаемости. *Synthesis of chiral helical poly(hydroxyl-containing phenylacetylene) membranes by in-situ depinanylsilylation and their enantioselective permeabilities.* *Teraguchi Masahiro, Mottate Kazuomi, Kim Sun-Young, Aoki Toshiki, Kaneko Takashi, Hadano Shingo, Masuda Toshio.* *Macromolecules.* 2005. 38, № 15, с. 6367–6373, 4 ил. Библ. 6. Англ.

Две новые хиральные спиральные мембраны (МБ) на основе полигидроксифенилацетилена без сосуществования каких-либо др. хиральных остатков получены след. способом: синтез и гомо- или сополимеризация двух новых хиральных пинанилсилоксисодержащих фенилацетиленов, получение самонесущих МБ из (со)полипинанилсилоксифенилацетиленов по методике отливки из раствора и депинанилсилилирование

предварительно отформированных полимерных МБ in-situ. Полное депинанилсилилирование успешно достигнуто обработкой трифторуксусной кислотой. Получение МБ обнаружили циркулярный дихроизм, несмотря на отсутствие хиральных заместителей, факт, указывающий, что основные цепи полимеров сохранили свою хиральную спиральность. Это первый способ синтеза таких хиральных полифенилацетиленовых МБ. Т. к. МБ сохранили свои самонесущие свойства, их использовали в качестве энантиоселективных разделит. МБ при пермеации водн. раствора рацемата. Впервые прямо подтверждена важность вклада хиральной основной цепи в энантиоселективную пермеацию. Кроме того, т. к. некоторые из депинанилсилилированных МБ были нерастворимы в орг. растворителях, их использовали в качестве разделит. МБ для толуольного раствора рацемата.

31.МБ.99. Свойства хитозан-полиуретановых композитных мембран. *Peng Zhi-ping, Liu Peng-sheng, Liang Bao-xia, Chen Shao-jun.* *Gaofenzi cailliao kexue yu gongcheng=Polym Mater. Sci. Technol..* 2005. 21, № 3, с. 152–155, 7 ил. Библ. 8. Кит.; рез. англ.

Для получения ПУ-хитозан композитных МБ использовали 4 различных типа ПУ, синтезированных на основе 4,4-дифенилметандиизоцианата, толуендиизоцианата, этиленгликоля, гликоля с полибутадиеном, содержащим 55 концевые ОН-группы (соотношение полиол/полибутадием изменяли от 0 до 15%). В зависимости от хим. состава ПУ определены мех. свойства композитов и сформованных МБ. Установлено, что мех. свойства МБ от хим. строения ПУ и межмолекулярного взаимодействия между ПУ и хитозаном.

31.МБ.100. Форма градиента pH через нанокапиллярные сетчатые мембраны, соединяющие каналы для микропотоков. *Profiling pH gradients across nanocapillary array membranes connecting microfluidic channels.* *Fa Keqing, Tulock Joseph J., Sweedler Jonathan V., Bohn Paul W.. J. Amer. Chem. Soc..* 2005. 127, № 40, с. 13928–13933. Англ.

Нанокапиллярные (НК) сетчатые мембраны (СМБ), включающие тонкие (d=5-10 мкм) листы поликарбоната с треками, полученными ядерным травлением, содержащие ~10⁸ на см² параллельных капилляров диаметром с нанометр, могут действовать как затворы при протекании жидкости между каналами для микропотоков (КМП), что приводит, например, к улавливанию пробы. Представляет интерес перенос иона [H⁺] через НКСМБ, поскольку возможно проникновение пробы в соседние слои интегральной цепи КМП при различных условиях по pH. Для оценки способности НКСМБ поддерживать градиент pH, исследованы их транспортные свойства с использованием лазерного сканирования в конфокальной флуоресцентной микроскопии. Пространственно-временная карта распределения [H⁺] в КМП, свойственная НКСМБ, представляет информацию относительно диффузии и электрокинетич. переноса протонов. Исследованные НКСМБ характеризуются положительным дзета-потенциалом, ζ>0. При малых диаметрах НК, перекрытие электрических двойных слоев от противоположных стенок НК приводит к энергетическому барьеру, либо для диффузии, либо для электрокинетич. транспорта катионов через НК вследствие находящегося на их поверхности положительного заряда. Перенос протона через НКСМБ в микро-НК уменьшается для пор диаметром d≤50 нм и для ионной силы I≤50 мМ. В случае большего размера пор, или ионной силы, неполное перекрытие электр. двойного слоя позволяет облегчить перенос иона через МБ. Эти результаты позволяют определить рабочие условия многоуровневых интегрированных нано/микро КМП, которые обеспечивают проведение многомерного химич. анализа при ограниченном количестве пробы, требующейся для последовательных операций, осуществляемых при различных значениях pH.

31.МБ.101. Математическое моделирование процесса дегидрирования пропана в каталитическом мембранном

реакторе. Кириченко М. А., Мочалова А. А., Скудин В. В., Кольцова Э. М. Успехи в химии и хим. технол. 2005. 19, № 1, с. 32–35, 1 ил. Рус.; рез. англ.

Описана построенная математическая модель процесса дегидрирования пропана в каталитическом мембранном реакторе с молибден-углеродной мембраной, а также оптимизация режима проведения процесса дегидрирования пропана на основе разработанной модели. В рамках работы построена модель мембранного реактора с молибден-углеродной мембраной.

31.МБ.102. Предотвращение блокировки микрочастиц на фильтрационной мембране из активированного угля с нитевидными кристаллами (волокном, нитями). Prevention of microparticle blocking in activated carbon membrane filtration with carbon whisker. Bae Sang-Dae, Sagehashi Masaki, Sakoda Akiyoshi. J. Membr. Sci.. 2005. 252, № 1–2, с. 155–163. Англ.

Разработана Мб из активиров. угля (АСМ), позволяющая удалять не только частицы, но и растворенные орг. соединения благодаря наличию на ее поверхности структуры типа нитевидных кристаллов (НК). Предполагается, что НК предотвращают проток из нижнего слоя за счет блокировки частицы на поверхности Мб. Проведено сравнение фильтрующих свойств и блокирующих характеристик АСМ и W-АСМ с помощью искусств. микросфер РММА с диам. частиц 0,8; 5 и 10 мкм для оценки влияния НК на фильтрацию частиц. Найдено, что НК препятствуют задержке частиц всех размеров, хотя механизм задержки зависит от размера частиц. Для выяснения механизма выполнен анализ численной модели с привлечением микрофильтрац. модели.

31.МБ.103. [Очистка сточных вод с использованием мембран]. Different fouling modes of submerged hollow-fiber and flat-sheet membranes induced by high strength wastewater with concurrent biofouling. Ibney Hai Faisal, Yamamoto Kazuo, Fukushi Kensuke. Desalination. 2005. 180, № 1–3, с. 89–97. Англ. Исследовалась возможность очистки СВ от окраски текстиля, эти СВ содержали красители, обладавшие высокой устойчивостью. Селектирована культура СВ грибов, обладавшая способностью деструктировать эти красители, в экспериментах использовался реактор с раствором, содержащим грибы, внешним источником углерода являлся крахмал, для разделения раствора биомассы применялись половолоконные мембраны (1) и плоские мембраны (2). Установлено, что при обрастании пленка содержала как грибы, так и крахмал, при исключении из модельных СВ красителя или крахмала степень обрастания резко снижалась. Скорость фильтрования для (1) и (2) составляла 0,288 и 1,3 м/сут соответственно, степень удаления окраски при применении (1) и (2) 99 и 97%.

31.МБ.104. Полномасштабные очистные сооружения с использованием мембранных биореакторов. Varsseveld MBR, first Dutch full-scale experience. Petri Coert, Schyns Philip, Van Bentemant Andre, Durieux Frans. Int. Desal. and Water Reuse Quart.. 2005. 15, № 2, с. 33–36, 38–39. Англ.

Сообщается, что в Дании построены первые полномасштабные очистные сооружения со средней производительностью 755 м³/ч. Схема очистки СВ многоступенчатая, в том числе она включает окситенки, за которыми установлен мембранный биореактор с разделением иловой смеси на мембранах половолоконного типа, кассеты с мембранами объединены в 4 блока, общая поверхность мембран 20160 м². Показатели вход/выход по отдельным параметрам следующие: ХПК 950/26 мг/л, NH₄-N 29/0,5 мг/л, азот общий 63/3,0 мг/л, фосфор общий 17/3,3 мг/л. Содержание биомассы после адаптации 10 г/л, общая стоимость проекта 11 млн. Евро, из них 2,4 млн. приходится на мембраны.

31.МБ.105. Уникальная система для придания железобетонным конструкциям водонепроницаемости. Unique system for structural waterproofing. Austral. Concr. Constr.. 2005. 18, № 6, с. 21. Англ.

Сообщается о разработке водонепроницаемой мембраны

RAWMAT® НДВ, предназначенной для предотвращения протечек жидкостей и фильтрации газов в почву. Мембрана включает в себя центральное ядро из предварительно гидратированного раствором полимера природного бентонита натрия. Мембрана не разрушается под действием загрязняющих веществ, имеющихся в жидкостях и почвах.

31.МБ.106. Селективное извлечение растворенного карбоната урана из морской воды фильтрацией с перекрестными потоками. Selective rejection of dissolved uranium carbonate from seawater using cross-flow filtration technology. Favre-Reguillon Alain, Lebizit Gerard, Foos Jacques, Guy Alain, Sorin Antoine, Lemaire Marc (Франция, Lab. de Chimie Organique & des Sciences Nucleaires CNRS ESA 7084, Conservatoire National des Arts et Metiers, Paris). Separ. Sci. and Technol.. 2005. 40, № 1–3, с. 623–631, 3 ил. Библ. 14. Англ.

Оборудование с различными плоскими листовыми мембранами для фильтрации с перекрестными потоками использовано для оценки селективности извлечения карбоната U из морской воды. Мембраны разлагались по способности к извлечению U, Ca и Na в геохимич. условиях, имитирующих U в морской воде. Рабочие параметры процесса извлечения U оптимизованы. Селективность извлечения растворенного U проверена на предварительно отфильтрованной морской воде. Для Na и U⁶⁺ получены коэффициенты фильтрации составляющие соответственно 1,1 и 8,5 для объемного отношения при нанофильтрации, равного 0,96. Приведена схема лабораторной фильтрационной установки.

31.МБ.107. Применение мембран из сульфированного полиимида в топливных элементах прямого действия. Application of sulfonated polyimide membranes to direct methanol fuel cells. Song Jung Min, Asano Naoli, Miyatake Kenji, Uchida Hiroyuki, Watanabe Masahiro. Chem. Lett.. 2005. 34, № 7, с. 996–997, 2 ил. Библ. 14. Англ.

Мембрана (МБ) из сульфированного полиимида (СПИ) оценена в качестве электролитной МБ для топливных элементов прямого действия в сравнении с Nasion® 112. Сборки типа МБ-электролит изготовлены с помощью гор. прессования каждой МБ, анода из Pt-Ru, диспергированного в углеродной саже (Pt-Ru/УС), и катода из Pt/УС с Nasion®-иономером. Топливный элемент, полученный с использованием СПИ-МБ, продемонстрировал кроссовер метанола, пониженный наполовину по сравнению с кроссовером у Nafion® 112, что позволило улучшить тех. характеристики топливного элемента.

31.МБ.108. Extraction of gold(III) ions from aqueous solutions using emulsion liquid membrane technique. International Solvent Extraction Conference (ISEC'05), Beijing, 19-23 Sept., 2005. Kargari Ali, Kaghazchi Tahereh, Soleimani Mansooreh. Beijing. Chin. Acad. J. Electron. Publ. House. 2005, с. 440–445. Библ. 25. Англ.

При 25°C изучена экстракция ионов AuCl₄⁻ из водных растворов эмульсионной жидкой мембраной, содержащей во внутренней фазе водные щелочные растворы сульфата натрия. Эмульсии получали на основе биоразлагаемой жидкости LK-80 (сложная смесь эфиров и полиэфиров 33 высокомолекулярных спиртов и 36 жирных кислот). В качестве носителя использован метилизобутилкетон (МИБК). Исследовано влияние на скорость извлечения золота концентрации ионов золота и pH водной фазы, концентрации МИБК в фазе мембраны и сульфата натрия во внутренней фазе, а также режима перемешивания. Показана возможность практического полного извлечения золота за 25 мин.

31.МБ.109. Совершенствование мембранной технологии очистки нефтесодержащих сточных вод. Нефтегазопереработка и нефтехимия - 2005: Материалы Международной научно-практической конференции, Уфа, 25 мая, 2005, являющейся секцией Д 6 Конгресса нефтегазопромышленников России "Нефтегазовый комплекс - реальность и перспективы", посвященного 60-летию Победы, Уфа, 24–27 мая, 2005. Хангильдин Р. И., Шарафутдинова Г. М. Уфа. Изд-во ИНХП РБ. 2005, с. 322–323. Рус.

Мембранные технологии находят все более широкое применение для тонко доочистки воды от нефтепродуктов. Для решения проблемы, связанной с концентрационной поляризацией и отложением осадка на мембранах, был разработан способ жидкофазного мембранного разделения, включающий введение в обрабатываемый раствор инертного по отношению к разделяемым компонентам и материалам мембранного аппарата газа. При данном способе обрабатываемый раствор насыщается инертным газом, затем подвергается фильтрованию через ультрафильтрационную мембрану. В процессе мембранного разделения на поверхности мембраны со стороны ретентата образуется слой с повышенной концентрацией задерживаемых мембраной веществ, который создает значительное гидравлическое сопротивление для растворителя. Вследствие этого гидростатическое давление в слое сконцентрированных задерживаемых веществ уменьшается и из растворителя начинают выделяться пузырьки растворенного в нем газа, которые разрыхляют образовавшийся слой и нарушают его сплошность, что способствует полному разрушению слоя движущимся вдоль мембраны потоком ретентата.

31.МБ.110. Установка для получения ЭХА-воды, используемой в пищевой промышленности.

Общероссийская конференция молодых ученых "Пищевые технологии, Казань, 14 апр., 2005: Сборник тезисов докладов. *Михалкин А. С., Бреднев В. М., Герасимов М. К.* Казань. Изд-во Казан. гос. технол. ун-та. 2005, с. 136–137. Рус.

Электрохимически активированную (ЭХА) воду получали на электроактиваторе АК-6 непрерывного действия. В котором анодная и катодная камера разделены полупроницаемой мембраной с размерами пор 0,2-0,5 мкм. Она позволяет реализовать основные условия электрохимической униполярной обработки воды, также с целью увеличения эффективности активации в каждой из камер осуществляется рециркуляция. Диапазон колебаний pH ЭХА-воды практически совпадает с размахом колебаний этого параметра у неактивированных растворов кислот и щелочей. Проводятся подбор устойчивых режимов работы электроактиватора, а также оптимальных значений напряжения, силы тока необходимых для получения ЭХА-воды с требуемыми параметрами по кислотности и окислительно-восстановительному потенциалу.

31.МБ.111. Formation of asymmetric polyamide membranes modified by fullerene C₆₀. 7 Biennial International Workshop in Russia "Fullerenes and Atomic Clusters" (IWFAC'2005), St. Petersburg, June 27-July 1, 2005: Book of Abstracts. *Polotskaya G. A., Kostereva T. A., Penkova A. V., Toikka A. M.* St. Petersburg. Ioffe Phys.-Techn. Inst.. 2005, с. 190. Англ.

Композиция из фуллерена C₆₀ и ПА, содержащая до 10% C₆₀, получена взаимодействием в т. фазе. Имеет место высокая совместимость C₆₀ и ПА-молекул с эффективным взаимодействием. Поливиночные растворы приготовлены растворением полимера в диметилацетамиде; в этом случае вязкость фуллерен-содержащих растворов была больше, чем вязкость чистого ПА. Эти растворы использовали для формирования асимм. МБ по фазоинверсионной методике. Поливиночный раствор распределяли на стеклянной подложке и погружали в коагуляц. ванну с нерастворителем - водой. Мембранная структура образовывалась как результат 2 связанных между собой процессов, которые протекают в коагуляц. ванне: диффузии растворителя и нерастворителя и фазового разделения. Морфологию МБ оценивали сканирующей электронной микроскопией. Асимм. МБ состоят из пористой подложки и плотного верхнего слоя, который, кроме того, содержит поры. В целях динамич. характеристики МБ подвергали испытанию на проницаемость с использованием смеси протеинов с различной молек. массой в водн. растворе, чтобы определить величины отсечки, селективности и производительности. Установлено, что фуллерен в качестве компонента композиции из C₆₀ и ПА благоприятно влияет на реологич. свойства формовочных

растворов и улучшает селективные свойства мембран.

31.МБ.112. Etching of latent tracks and formation pores in polyethyleneterephthalate tracks membranes. Physical-Chemical Foundations of High Technologies of the XXIst Century: International Conference Dedicated to 60th Anniversary of the Institute of Physical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, May 30-June 4, 2005: Abstracts. Vol. 2. *Vilensky A. I.* Moscow. Frumkin Inst. Electrochem. Russ. Acad. Sci.. 2005, с. 63. Англ.

Показано, что облучение полимеров (П) ионами высокой энергии приводит к образованию треков (Т), осуществляющих поперечные связи различных областей П. Ионы Хе с энергией 1-2 МэВ/а.е.м. образуют Т диаметром 50-60 нм. УФ- и γ -облучение разрушают поперечные связи в структуре П, что является основной причиной ускорения процесса травления скрытых Т. Различные методы исследований (хр-фия, электронная и атомная спектроскопия) показали, что образование Т начинается с местного разрастания бугорка в щелочном р-ре вокруг траектории движения иона. Такие Т образуют наноструктуру П. Минимальный размер пор, 8-10 нм, получен с ионами Хе. Последующее увеличение размеров этих пор, до 50-60 нм, осуществляют за счет травления и удаления геля в р-р. Дальнейший рост размеров пор происходит за счет классического механизма щелочного гидролиза. Поверхность пор трековых мембран покрывают полимерным слоем геля, содержащего карбоксильные группы. Диапазон образующихся пор, от 10 до 60 нм, зависит от типа возникающих связей (ковалентные или межмолекулярные взаимодействия). Эти связи определяют физико-химические (адсорбционные) свойства мембран.

31.МБ.113. The track membranes made from poly(ethylene terephthalate) surface properties investigation with streaming potential, ESR and adsorption methods. Physical-Chemical Foundations of High Technologies of the XXIst Century: International Conference Dedicated to 60th Anniversary of the Institute of Physical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, May 30-June 4, 2005: Abstracts. Vol. 2. *Berezkin V. V., Volkov V. I., Kiseleva O. A., Sobolev V. D., Khokhlova T. D., Mchedlishvili B. V.* Moscow. Frumkin Inst. Electrochem. Russ. Acad. Sci.. 2005, с. 64. Англ.

Представлено исследование электроповерхностных и АД-свойств трековых мембран (ТМБ), изготовленных из полиэтилентерефталата (ПЭТФ). Диаметр пор изменялся в диапазоне 20-200 нм. Ранее отмечалось, что величины электропроводности р-ров электролита, измеренные в порах ПЭТФ-ТМБ, были значительно выше, чем в объеме того же р-ра при той же концентрации. Явление объясняется образованием слоя геля на ПВ пор. Цель работы - сопоставить значения плотности заряда (ПЗ) на ПВ пор ПЭТФ-ТМБ, полученные в результате измерения методами электрохимического потенциала истечения (ЭХПИ) и ЭПР, а также изучить АД модельных белков на ПВ пор. Обнаружена значительная разница ПЗ, полученная методами ЭХПИ ($\sigma_{\text{ЭХПИ}}$) и ЭПР ($\sigma_{\text{ЭПР}}$). Выполняется соотношение $\sigma_{\text{ЭПР}} > \sigma_{\text{ЭХПИ}}$, и эта разница уменьшается с увеличением диаметра пор ТМБ. Величина АД лизоцима и гемоглобина, а также $\sigma_{\text{ЭХПИ}}$ зависят от диаметра пор одинаково. Результаты подтверждают ранее высказанную гипотезу о механизме процесса.

31.МБ.114. Electrosurface properties of track membranes.

Physical-Chemical Foundations of High Technologies of the XXIst Century: International Conference Dedicated to 60th Anniversary of the Institute of Physical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, May 30-June 4, 2005: Abstracts. Vol. 2. *Berezkin V. V., Kiseleva O. A., Sobolev V. D.* Moscow. Frumkin Inst. Electrochem. Russ. Acad. Sci.. 2005, с. 132. Англ.

Трековые мембраны (МБ) являются удобной моделью для исследования свойств жидкостей в условиях малого пространства. Эти МБ характеризуются простотой геометрии пористого пространства, узким распределением пор по диаметру и хорошо определяемым числом пор на единицу ПВ. Исследованы электроповерхностные свойства трековых МБ

электрокинетическим методом, а также электропроводность р-ров KCl (при $C=10^{-4}$ - 10^{-1} М) в порах МБ методом движущегося электрода. Полученные результаты объясняются образованием слоя геля на ПВ пор. Показан, что губчатый полимерный слой, покрывающий поры МБ, сильно влияет на измеряемые величины электропроводности.

31.МБ.115. Surface properties of cellulose acetate and polysulfonamide "Vladipore" membranes. Physical-Chemical Foundations of High Technologies of the XXIst Century: International Conference Dedicated to 60th Anniversary of the Institute of Physical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, May 30-June 4, 2005: Abstracts. Vol. 2. *Khokhlova T. D., Dzubenko V. G., Berezkin V. V., Bon A. I., Pervov N. V., Shishova I. I., Dubyaga V. P., Mchedlishvili B. V.* Moscow. Frumkin Inst. Electrochem. Russ. Acad. Sci., 2005, с. 158. Англ. Исследовали АД кислых и щелочных белков на двух различных сериях полимерных ячеистых мембран (МБ) марки "Владипор". Сравнивали поверхностные свойства МБ из ацетата целлюлозы (UAM) и полисульфонамида (UPM) с диаметром пор в диапазоне 15-100 нм. Удельная ПВ МБ UPM составляла 130 и 150 $\text{см}^2/\text{см}^2$, а UAM менялась от 80 до 360 $\text{см}^2/\text{см}^2$. АД на МБ сравнивали с другими свойствами ПВ МБ, чтобы раскрыть природу АД-сил: удельной ПВ, краевым углом смачивания по воде, ζ -потенциалом и плотностью заряда на ПВ. Плотность заряда на ПВ составляла 4×10^{10} Кл и 20×10^{10} Кл на 1 см^2 удельной ПВ МБ UAM и UPM, соответственно. Исследована АД на МБ кислых и щелочных веществ (белки - яичный альбумин, цитохром С; красители - родамин 6G, оранжевый кислый). Гидрофобное взаимодействие в случае UPM МБ было более интенсивным, чем в случае МБ UAM. АД щелочных веществ была значительно большей по сравнению с кислыми веществами из-за кислотных свойств ПВ МБ. Константы распределения при АД оранжевого кислого и цитохрома С на МБ UPM (с диаметром пор 100 нм) были в 50-100 раз выше по сравнению с МБ UAM (при тех же диаметре пор и удельной ПВ).

31.МБ.116. Change of superficial properties track membranes. Physical-Chemical Foundations of High Technologies of the XXIst Century: International Conference Dedicated to 60th Anniversary of the Institute of Physical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, May 30-June 4, 2005: Abstracts. Vol. 2. *Kitaeva N. K., Minyailo L. V., Popova I. V.* Moscow. Frumkin Inst. Electrochem. Russ. Acad. Sci., 2005, с. 284. Англ. При использовании мембран (МБ) в медицине и биотехнологии необходимо уменьшить (или исключить) АД веществ на ПВ МБ. Это достигается модифицированием ПВ МБ. Ряд гидрофобных полимерных модификаторов имеют ограниченное использование, т. к. фторполимеры обладают низкими адгезионными свойствами на различных ПВ. Одним из перспективных способов гидрофобизации является использование органосилоксанов, которые применяли для трековых МБ. Оптимизированы условия нанесения модифицир. покрытия. Исследованы изменения проницаемости по воздуху и воде, АД- и электроповерхностные свойства МБ с различными размерами пор. Показано, что структурные и рабочие характеристики модифицир. трековых МБ сохраняются в нейтральных и не сильно подкисленных р-рах. Результаты измерения углов смачивания по воде и глицерину позволили прояснить природу модифицир. свойств органосилоксановых веществ.

31.МБ.117. The influence of anodic polarization on the hydrogen diffusion flux through the steel membrane in the aqueous - alcohol HCl solutions containing HAsO_4^{2-} . Physical-Chemical Foundations of High Technologies of the XXIst Century: International Conference Dedicated to 60th Anniversary of the Institute of Physical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, May 30-June 4, 2005: Abstracts. Vol. 2. *Vigdorovich V. I., Tsygankova L. E., Alyohina O. V.* Moscow. Frumkin Inst. Electrochem. Russ. Acad. Sci., 2005, с. 408. Англ. Исследовано влияние анодной поляризации (ΔE_a до 0.2 В от $E_{\text{кор}}$) на диффузионный поток водорода, i_n , через стальную

мембрану в р-рах: относит. безводных (ОБВ) с этиленгликолем и содержащих 10% (вес) H_2O в смеси $\text{XMHCl}-(1-X)\text{MLiCl}$ в присутствии 1 мМ Na_2AsO_4 . Использовали ячейку деванатановского типа с вертикальной мембраной. В отсутствии мышьяк-содержащего образца (МСО) в ОБВ р-рах с 0.9 М $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2\text{H}^+$ зависимость i_n от ΔE_a имеет максимум (при $\Delta E_a=0.02$ В). При $E_{\text{кор}}$ и $\Delta E_a=0.08$ В величина i_n почти равна нулю. С уменьшением C_{H^+} до 0.5 М картина почти полностью сохраняется, но $i_n=0$ при $\Delta E_a=0.06$ В. При увеличении концентрации воды до 10% (вес) увеличивается i_n , и достигает максимума при $\Delta E_a=0.06$ В. В 1 мМ $\text{As}(5+)$, присутствующем в ОБВ среде (0.1-0.99 М HCl), когда МСО основан на H_3AsO_4 , величина i_n становится существенно большей, чем в отсутствии МСО ($\Delta E_a \leq 0.04$ В). Величина i_n практически не зависит от C_{H^+} и увеличивается с ростом ΔE_a . Полученные данные интерпретируют с учетом возникновения двух форм АД-водорода - на ПВ и несколько выше данной ПВ, которые находятся в равновесии.

31.МБ.118. A new depetroleum acids process using the membrane dispersion extraction. International Solvent Extraction Conference (ISEC'05), Beijing, 19-23 Sept., 2005. *Luo Lai-Long, Luo Guang-Sheng, Niu Chun-Ge, Zheng Zhi, Xu Jian-Hong, Ma Zhong-Ting.* Beijing. Chin. Acad. J. Electron. J. Publ. House. 2005, с. 775. Англ.

Рассмотрен способ удаления нефтяных кислот из тяжелой нефти месторождения Карамай (Китай). В качестве модели для экспериментального исследования таких систем использовали раствор нефтяных кислот в парафине. Исследовали влияние условий экстракции и температуры на скорость разделения фаз. Введение добавок со скоростью 30 л/ч повышает эффективность удаления нефтяных кислот до $\geq 95\%$.

31.МБ.119. Новые полиимиды для разделения водородсодержащих смесей. Структура и динамика молекулярных систем: Сборник статей 12 Всероссийской конференции "Яльчик - 2005", [Яльчик, 27 июня-2 июля, 2005]. Вып. 12. Ч. 2. *Лазарева Ю. Н., Видякин М. Н., Алентьев А. Ю., Ямольский Ю. П., Яблокова М. Ю., Семенова Г. К., Кузнецов А. А., Йошкар-Ола и др.* Изд-во МарГТУ и др., 2005, с. 3-6. Рус.

Синтезированы ПИ мембранного назначения для разделения водородсодержащих смесей. Также изучены транспортные характеристики полученных ПИ. Были определены коэф. проницаемости, диффузии, растворимости и селективности газоразделения.

31.МБ.120. Conducting properties of the membrane MA-41 in water solutions NaOH+Gly. Physical-Chemical Foundations of High Technologies of the XXIst Century: International Conference Dedicated to 60th Anniversary of the Institute of Physical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, May 30-June 4, 2005: Abstracts. Vol. 2. *Dyachkova N. G., Zagorodnyh L. A., Bobreshova O. V.* Moscow. Frumkin Inst. Electrochem. Russ. Acad. Sci., 2005, с. 490. Англ.

Определяли электропроводность (Σ) анионообменной мембраны (МБ) MA-41, которую приводили в равновесие с водными р-рами 10^3 М $\text{NaOH}+\text{Gly}$. Концентрация аминокислоты (АК) в р-ре менялась от 10^3 до 0.1 моль/л. Содержание ионов рассчитывали методом потенциометрии. Эксперим. определяли зависимость Σ от содержания АК. Наблюдали два участка кривой. Первый участок хорошо согласуется с расчетами. При росте концентрации глицина до 0.01 М уменьшение величины Σ связано с количеством ионов OH^- в фазах МБ и р-ра. Во второй части кривой величина Σ увеличивается, что не соответствует теоретически предсказанному плато. Высокая Σ м. б. вызвана появлением дополнительных носителей тока в обменной фазе. Вероятно, они являются анионами АК и находятся в анионообменной МБ, которая предварительно приводилась в равновесие с водным р-ром $\text{NaOH}+\text{Gly}$. Эти анионы образованы в фазе МБ в результате реакции депротонирования цветтериона глицина.

31.МБ.121Д. Формирование пор трековых мембран в полимерах, облученных высокоэнергетичными частицами. докт. хим. наук. *Виленский А. И.* (Институт кристаллографии им. А. В. Шубникова РАН, 117333, г. Москва, Ленинский просп., 59). Моск. гос. акад. тонк. хим. технол., Москва, 2005, 40 с., илл. Библ. 41. Рус.

Патенты

31.МБ.122П. Катионанионные кристаллические мембраны, стабилизированные полимерами, их получение и применение. Membranes cationiques cristallisees stabilisees par des polymeres, leur procede de preparation et applications: Заявка 2866246 Франция, МПК⁷ В 01 J 13/10, В 01 J 13/20. Commissariat a l'energie atomique. *Dubois Monique, Zemb Thomas.* №0401579; Заявл. 17.02.2004; Оpubл. 19.08.2005. Фр. Катионанионные кристаллич. мембраны содержат два сокристаллизованных слоя с анионным и катионным поверхностно-активными веществами (ПАВ) при мольном соотношении анионные:катионные группы >1, стабилизированные нейтральным и частично гидрофобным полимером с адсорбированным на ПВ отрицательным зарядом. Катионные ПАВ - цетилтриметиламмония гидроксид, додецилтриметиламмония гидроксид; анионные ПАВ - миристиновая, лауриновая и пальмитиновая кислоты. Стабилизирующие полимеры - полисахариды, полиэтиленгликоль, поливинилпирролидон.

31.МБ.123П. Полиамидная композитная нанофильтрационная мембрана, обладающая стойкостью к органическим растворителям и имеющая покрытие из кремнийорганического соединения, и способ ее получения. Silicone-coated organic solvent resistant polyamide composite nanofiltration membrane, and method for preparing the same: Пат. 6887380 США, МПК⁷ В 01 D 39/00. Korea Research Inst. of Chemical Technology, Lee Kew-Ho, Kim In-Chul, Yun Hyung-Gu. №10/147071; Заявл. 17.05.2002; Оpubл. 03.05.2005; НПК 210/500. Англ.

Нанофильтрац. композитная ПА-мембрана (МБ), стойкая к орг. растворителям, состоит из пористой подложки и тонкого плотного поверхн. слоя, содержащего ПА и кремнийорг. соединение (КОС). МБ предназначена для выделения соединения, имеющего низкий молек. вес 100-1000, растворенного в орг. растворителе. Процесс получения стойкой к орг. растворителям нанофильтрац. композитной ПА-МБ включает покрытие КОС в течение стадии межфазной полимеризации диаминового мономера и мономерной дикарбоновой кислоты на ПВ пористой подложки, чтобы сформировать тонкий плотный поверхн. слой. В этом процессе каждая концентрация диаминового мономера, мономера типа дикарбоновой кислоты и полимера с КОС-покрытием составляет 0,1-10%, 0,005-5% и 0,1-3%. Пористая подложка представляет собой ультрафильтрац. ПАН-МБ. КОС представляет собой полидиметилсилоксан.

31.МБ.124П. Способ и устройство для фильтрации воды. Water filtering device: Пат. 6899809 США, МПК⁷ С 02 F 9/00. Prime Water Systems GmbH, Scharstuhl Johan Jan, Scharstuhl Eric. №10/315276; Заявл. 06.12.2002; Оpubл. 31.05.2005; НПК 210/257.2. Англ.

Способ предназначен для удаления из воды патогенных микроорганизмов в виде паразитарных форм простейших, которые устойчивы к воздействию хлора, их присутствие в питьевой воде приводит к тяжелым поражениям. В соответствии со способом устройство имеет цилиндрический корпус, в котором установлена воронка, ее нижняя часть соединена с цилиндром, в котором находится капиллярный мембранный фильтр. Над воронкой размещается двухслойный фильтр в виде диска для отделения взвешенных веществ; корпус устройства закрывается крышкой, что делает возможным фильтрование под давлением, фильтр задерживает частицы крупнее 10 мкм.

31.МБ.125П. Формованное изделие из SiO₂, способ его изготовления и применение. SiO₂-Formkorper, Verfahren zu ihrer Herstellung und Verwendung: Заявка 10339676 Германия, МПК⁷ С 03 В 20/00, В 28 В 1/26, С 01 В 33/12. Wacker-Chemie GmbH. *Schwertfeger Fritz.* №10339676.4; Заявл. 28.08.2003; Оpubл. 24.03.2005. Нем.

Предлагается способ изготовления формованных изделий из SiO₂, например, тиглей для вытягивания монокристаллов кремния, теплоизоляционных и других изделий, состоящих из двух слоев одинакового состава, сходящихся в середине изделия, образуя границу, препятствующую распространению трещин, и поэтому обладающих повышенной трещиностойкостью. Изделия изготавливаются из 65-75%-ной дисперсии аморфных частиц SiO₂ в спирте или воде, которая закачивается под давлением в пространство между двумя пористыми мембранами с открытой пористостью 10-30% и размером пор 10 нм - 100 мкм. Отсасывание спирта или воды производится через внешнюю и внутреннюю мембраны с образованием двух слоев, сходящихся в центре изделия. Изделия подвергаются вакуумной сушке или сушке горячим воздухом. Предлагаемый способ позволяет получать изделия с плотностью 1,4-1,8 г/см³ и толщиной черепка 1-50 мм.

31.МБ.126П. Фильтрация воды с использованием погружных мембран. Water filtration using immersed membranes: Пат. 6899812 США, МПК⁷ В 01 D 61/00. Zenon Environmental Inc., Cote Pierre, Janson Arnold, Husain Hadi, Singh Manwinder, Adams Nicholas. №10/098365; Заявл. 18.03.2002; Оpubл. 31.05.2005; НПК 210/636. Англ.

Способ предназначен для подготовки воды в процессе микро- или ультрафильтрации. Представлен ряд вариантов реализации, в основном варианте модуль для фильтрации имеет 2 плоских полых диска, верхний и нижний, которые по периферии снабжены гнездами, в них фиксируются концы жгутов из полволоконных мембран. Этот узел размещается в емкости с исходной водой, отбор фильтрата производится вакуумированием полостей дисков, трансмембранное давление 10-70 кПа. При промывке направление потока меняется, промывная вода под давлением подается в диски и сбрасывается из емкости, в процессе фильтрования включаются дисковые азраторы, установленные под фильтровальными модулями, приводятся варианты.

31.МБ.127П. Гидрофобная и гидрофильная мембраны для отвода газов в ячейке для нанесения покрытий. Hydrophobic and hydrophilic membranes to vent trapped gases in a plating cell: Пат. 6846392 США, МПК⁷ С 25 В 9/00. Mykrolis Corp., Stockbower David W.. №10/009744; Заявл. 31.05.2000; Оpubл. 25.01.2005; НПК 204/266. Англ.

Образование пузырьков газа в ячейке для нанесения гальванич. покрытий (напр., Cu-покрытий) на Si-заготовки приводит к ухудшению качества готовых изделий микроэлектроники. Предложен способ отвода газа из электролита с помощью набора из гидрофобной и гидрофильной мембран (МБ), расположенных непосредственно над раствором. Между обращенной к раствору гидрофобной МБ, проницаемой для газов, но непроницаемой для жидкости, и гидрофильной МБ, непроницаемой для газов, расположена камера, из которой производится непрерывная откачка попадающих в нее газов. Возможно также использование одной МБ, имеющей гидрофильную центральную часть и гидрофобную периферич. зону.

31.МБ.128П. Адсорбционные мембраны, получение и применение. Adsorptionsmembranen, Verfahren zur Herstellung derselben und Vorrichtungen, welche die Adsorptionsmembranen umfassen: Заявка 10344819 Германия, МПК⁷ С 08 J 5/22. Sartorius AG, VIVASCIENCE AG. *Demmer Wolfgang, Fischer-Fruhholz Stefan, Kocourek Andreas, NuSSbaumer Dietmar, Wunn Eberhard.* №10344819.5; Заявл. 26.09.2003; Оpubл. 14.04.2005. Нем.

Для изготовления адсорбц. микропористых (диам. пор 0,1-10 мкм) мембран толщ. 50-500 мкм используют полимерную

основу (полисульфон, на основе целлюлозы, поливинилденфторид, ПС, его СПЛ, ПО, ПА и др.), на которую наносят SiO₂, содержащий на поверхности углеводородные группы C₂₋₂₄. Материал используют для очистки растворителей, в мед. целях. Пример (%). Смесь, содержащую 81,8 2-пирролидона, 11,5 полиэфирсульфона E6020, 4,7 воды и 2 глицерина гомогенизируют 8 ч при 50°. 90 полученного раствора смешивают с 10 SiO₂, модифицированного алкильными группами C₁₈ и перемешивают (600 об/мин) 30 мин при 30°, затем вакуумируют 24 ч при 150 мбар и наносят на микропористую мембрану (толщ. 150 мкм), затем используют для разделения биоактивных пептидов.

31.МБ.129П. Слоистый цеолитовый композит и цеолитовый мембранный реактор с его использованием. Zeolite laminated composite and zeolite membrane reactor using the same: Пат. 6936560 США, МПК⁷ В 01 J 29/06. NGK Insulators, Ltd, Mori Nobuhiko, Tomita Toshihiro, Sakai Hitoshi. №10/792500; Заявл. 03.03.2004; Оpubл. 30.08.2005: Приор. 19.09.2001, №2001-285740(Япония); НПК 502/4. Англ.

Запатентован слоистый цеолитовый композит и разделительная мембрана из пористой подложки и цеолитового покрытия, обладающая каталитич. свойствами. Показано, что композит обладает высокой прочностью и малой потерей давления, что позволяет использовать мембрану при высоких температурах.

31.МБ.130П. Высоко асимметричные гидрофильные микрофильтрационные мембраны с порами большого диаметра. Highly asymmetric, hydrophilic, microfiltration membranes having large pore diameters: Пат. 6939468 США, МПК⁷ В 01 D 39/14. Pall Corp., Wang I-Fan, Morris Richard A., Zepf Robert F.. №10/427752; Заявл. 29.04.2003; Оpubл. 06.09.2005; НПК 210/641. Англ.

Высоко асимметричные гидрофильные микрофильтрац. мембраны с пористостью ≥80% содержат поверхностный слой с порами диаметром 0,1-10 мкм при содержании пор >15 на 1000 мкм² площади. При этом диаметр пор на ПВ в до 1000 раз больше диаметра пор в поверхностном слое. Мембраны, содержащие пористую основу и два поверхностных слоя, изготовляют из полисульфонов (полиарилсульфоны, простые полиэфирсульфоны) в сочетании с гидрофильными полимерами (поливинилпирролидон).

31.МБ.131П. Способ изготовления целлюлозных пленок, содержащих твердые нерастворимые компоненты. Method for manufacture of films containing insoluble solids embedded in cellulose-based films: Пат. 6929884 США, МПК⁷ Н 01 М 2/16. Zinc Matrix Power, Inc., Cheiky Michael, Hago Wilson. №10/246515; Заявл. 18.09.2002; Оpubл. 16.08.2005; НПК 429/255. Англ.

Предложен способ изготовления целлюлозных пленок (мембран), из которых контролируемо медленно могут выщелачиваться содержащиеся в пленках твердые компоненты. Растворимость последних <1 мг/л, а их содержание в целлюлозных пленках может достигать 50%. При изготовлении целлюлозных пленок целлюлозу растворяют в растворителе, содержащем соль щелочного металла (LiCl) и органический полярный растворитель. К полученному раствору добавляют не растворимое в нем твердое соединение (фосфаты, сульфиды, оксиды) с образованием однородной дисперсии, которую выливают на поверхность. Образующуюся гелеобразную матрицу сушат, получая целлюлозную пленку.

31.МБ.132П. Мембраны, содержащие сульфированный полиэфиркетон, получение и использование. Membranes containing sulfonated polyetherketone and another polymer, method for the production and use thereof: Пат. 6914084 США, МПК⁷ С 08 J 5/20. Celanese Ventures GmbH, Soczka-Guth Thomas, Padberg Christoph, Frank Georg. №09/807304; Заявл. 18.09.1999; Оpubл. 05.07.2005. Англ.

Мембрану (МБ), используемую в топливных батареях, изготавливают из композиции, содержащей (%) 30-99,5 сульфированного полиэфиркетона и 0,5-70 фторированного

полимера. Компоненты растворяют в органич. растворителе в соотношении 0,5:0,01, соотв., раствор наносят на основу и сушат при 25-140°. МБ имеет толщ. ≤30 мкм, модуль упругости 600-3000 МПа и удлинение 30-200%.

31.МБ.133П. Способ изготовления мембран для гидравлических регулирующих устройств. Process for making a membrane for fluid-control apparatuses, and membrane made thereby: Заявка 1518656 ЕПВ, МПК⁷ В 29 С 45/14, В 29 С 45/16. Giardini Edo, Panzeri Luca. Lunati, Vittoriano LUNATI & MAZZONI S. a. s. Via Carlo Pisacane, 36 20129 Milano IT. №03425624.8; Заявл. 26.09.2003; Оpubл. 30.03.2005. Англ.

Предлагается способ изготовления двухслойной мембраны для гидравлических регулирующих устройств. Первый слой мембраны, контактирующий с рабочей жидкостью, выполняется из полиолефинов, полиамидов или полиэфиров. Второй слой, обеспечивающий механическую прочность мембраны, выполняется из термопластичного эластомера. Технология изготовления мембраны с использованием литья под давлением обеспечивает надежное соединение слоев друг с другом. Ил. 10.

31.МБ.134П. Пьезоэлектрическая мембранная осевая колебательная система. Piezoelektrisches Membran-Axial-Schwingungssystem (PMAV): Заявка 102004019267 Германия, МПК⁷ G 01 N 3/32, G 01 N 11/00. Pechhold Wolfgang. Pechhold Wolfgang, Futterknecht Gunther, Dammann Hubert. №102004019267.7; Заявл. 21.04.2004; Оpubл. 17.11.2005. Нем. Предложено пьезоэлектрическое измерительное устройство для определения вязкости различных жидкостей (масел, красок, клеев, биологических жидкостей и др.).

31.МБ.135П. Способ и устройство для подготовки пресной воды. Method of converting feedwater to fresh water: Пат. 6905604 США, МПК⁷ В 01 D 61/00. New Mexico Tchnical Research Foundation, Taber Joseph J.. №10/353871; Заявл. 29.01.2003; Оpubл. 14.06.2005; НПК 210/652. Англ.

Способ предназначен для обессоливания морской воды методом обратного осмоса. Особенностью в данном случае является то, что блок мембранного фильтрования не имеет собственного насоса для подачи исходной воды на мембраны, а врезается в технологическую магистраль, в которой скорость потока морской воды не является постоянной, а определяется потребностями в этой воде. В связи с этим в схему включается байпасная петля, соединенная с магистралью на входе и выходе мембранного блока, в этой петле устанавливаются автоматические клапаны переменного сечения, величина которого устанавливается в зависимости от скорости потока в магистрали.

31.МБ.136П. Высокопроницаемая композитная обратноосмотическая мембрана и способ ее получения. Highly permeable composite reverse osmosis membrane and method of producing the same: Пат. 6837381 США, МПК⁷ В 01 D 71/56. Nitto Denko Corp., Hirose Masahiko. №10/002549; Заявл. 02.11.2001; Оpubл. 04.01.2005; НПК 210/490. Англ.

Высокопроницаемая композитная обратноосмотич. мембрана (МБ) состоит из тонкой пленки (ПЛ), содержащей амидогруппу, непосредственно соединенную с ароматич. циклом, и микропористой подложки, несущей тонкую ПЛ; причем тонкую ПЛ получают через межфазную полимеризацию по реакции соединения ароматич. амина, имеющего ≥2 аминогруппы, с ≥1 мономерным соединением, имеющим ≥2 группы, которые реагируют с аминогруппами. МБ имеет задерживание соли ≥34% и ≤80%, а производительность по пермеату ≥1 м³/м²×сутки, как определено при рН 6,5 с водн. раствором, содержащим 500 мг/л NaCl при рабочем давл. 5 кг/см² и температуре 25°. Мономерное соединение представляет собой хлорангидрид кислоты, выбираемый из группы ароматич., алифатич. и алициклич. хлорангидридов кислоты. МБ может удалять орг. примеси при низком давл., обеспечивая экономичный способ удаления примесей.

31.МБ.137П. Способ получения водки. Verfahren zur

Herstellung von Branntwein: Заявка 10354571 Германия, МПК ⁷ C 12 G 3/00. Sartorius AG. *Worner Martin, Gohs Michael*. №10354571.9; Заявл. 21.11.2003; Оpubл. 07.07.2005. Нем.

Предложен способ получения водки с высокой эффективностью благодаря ультрафильтрации ее купажа. При этом в качестве фильтрата получается прозрачная и стабилизированная водка. Способ ультрафильтрации осуществляется с помощью мембраны, работающей в диапазоне 10 000-100 000 дальтонов, причем он не требует низких температур.

31.МБ.138П. Фильтрационный модуль: Пат. 2253505 Россия, МПК ⁷ В 01 D 63/10. ЗАО "Науч.-Произв. Компания "Медиана-фильтр". *Пантелеев А. А., Углов С. А., Громов С. Л., Приходько А. Е.*. №2003132125/15; Заявл. 04.11.2003; Оpubл. 10.06.2005. Рус.

Изобретение относится к области очистки воды и используется в установках обратного осмоса. Предлагаемый фильтрационный модуль состоит из корпуса со штуцерами, в котором размещена перфорированная трубка-сборник с намотанным на нее мембранным полотном. В трубке установлены конструктивные элементы, обеспечивающие повышение линейной скорости потока вдоль трубки до величины не менее 0,5 м/сек. Данное изобретение позволяет минимизировать в фильтрационном устройстве застойные зоны, способствующие росту микроорганизмов.

31.МБ.139П. Способ и устройство для приготовления воды, содержащей растворенный водород. Hydrogen-dissolved water production apparatus: Пат. 6884344 США, МПК ⁷ C 02 F 1/68. Organo Corp., Yamashita Yukinari, Futatsuki Takashi. №10/329899; Заявл. 26.12.2002; Оpubл. 26.04.2005; Приор. 15.01.2002, №2002-005879(Япония); НПК 210/195.2. Англ.

Данные предложения связаны с тем, что при производстве полупроводников на ряде операций необходимо применение особо чистой воды, содержащей растворенный водород. В соответствии со способом исходная вода через входной фильтр поступает в контур рециркуляции, в котором находятся узел облучения воды УФ-радиацией, колонка с ионообменной смолой и мембранный фильтр. Выход контура соединен с мембранным дегазатором, далее находится также мембранный узел растворения водорода, водород подается в зону фильтра с фильтратом, содержание H₂ в выходящей воде контролируется. Окисление посторонних включений производится на катализаторе из палладия, далее следуют выходной мембранный фильтр и узел коррекции pH.

31.МБ.140П. Отформованная из расплава полисульфоновая полупроницаемая мембрана и способы ее изготовления. Melt-spun polysulfone semipermeable membranes and methods for making the same: Пат. 6881337 США, МПК ⁷ В 01 D 39/16. Baxter International Inc., Meluch Timothy B., Chiang Chung-Yuan, Jaanine Hamid, Nguyen Thanh, Radovich John M., Ruziun Kees, Silva Lalith K., Washington George. №09/767558; Заявл. 22.06.2001; Оpubл. 19.04.2005; НПК 210/500.41. Англ.

Отформованная из расплава полисульфона (ПСФ) полупроницаемая мембрана (МБ), имеет практически равномерную пористую структуру по толщине. Растворитель для ПСФ выбирают из тетраметилсульфона, антипирина, δ-валеролактама, диэтилфталата и их смесей. Полупроницаемую ПСФ-МБ получают из композиции, состоящей из смеси ПСФ, растворителя для ПСФ и нерастворителя для ПСФ. ПСФ выбирают из полиарилсульфонового соединения, ПСФ на основе бисфенола А, полиэфирсульфона, полифенилсульфона и их смесей. Полупроницаемая ПСФ-МБ содержит 8-80% ПСФ, предпочтительно 25%. Растворитель, кроме указанных выше выбирают также из 3-метилсульфола, бензофенона, N,N-диметилацетамида, 2-пирролидона, 3-метилсульфола, пиридина, тиофена, о-дихлорбензола и пр. Нерастворитель выбирают из 1,1-диэтилмочевины, 1,3-диэтилмочевины, динитротолуола, 1,2-этандиамина и пр. Растворитель и нерастворитель присутствуют в отношении 2-10:1.

31.МБ.141П. Метод определения метилтербутилового эфира (МТБЕ) в почвах и воздухе. Process for the determination of MTBE in the ground and air: Пат. 6927066 США, МПК ⁷ G 01 N 33/24. Enitecnologie S. p. A., De Angelis L.. №09/581264; Заявл. 18.02.1999; Оpubл. 09.08.2005; НПК 436/128. Англ.

Предложен метод определения загрязнителя - паров МТБЕ в почвах и воздухе. Он основан на использовании специализированного полупроводникового сенсора металлоксидного типа, содержащего Pt с резистивным откликом. Сенсор имеет нагревательные элемент и защитную мембрану из фторопласта.

31.МБ.142П. Способ и устройство для фильтрации воды с погружными мембранами. Immersed membrane filtration system and overflow process: Пат. 6893568 США, МПК ⁷ В 01 D 61/00. ZENON Environmental Inc., Janson Arnold, Adams Nicholas, Cadera Jason, Cote Pierre, Pedersen Steven. №09/565032; Заявл. 05.05.2000; Оpubл. 17.05.2005; НПК 210/650. Англ.

Способ предназначен для получения питьевой воды в процессах микро- или ультрафильтрации, размер пор мембран от 0,01 до 1 мкм. В соответствии со способом устройство имеет прямоугольный корпус, в котором с целью увеличения производительности используются 3 параллельно включенных мембранных блока, у них имеются боковые стенки, дно и крышка отсутствуют, в корпусе устанавливаются друг над другом без зазоров с боковыми уплотнителями. Каждый блок содержит 10 фильтровальных элементов из полволоконных мембран, мембраны располагаются горизонтально. В нижней части корпуса под мембранами установлен пневмоаэратор с целью регенерации их поверхностей, исходная вода подается в объем корпуса, фильтрат отводится с выхода фильтровальных элементов вакуумированием.

31.МБ.143П. Импрегнирование ионообменных мембран с целью улучшения электрохимических характеристик топливного элемента. Impregnation of ion-exchange membranes to improve electrochemical fuel cell performance: Пат. 6841285 США, МПК ⁷ H 01 M 8/10, C 08 J 5/22. Ballard Power Systems Inc., Wilkinson David P., Roberts Joy A., Jia Nengyou, Yuh Eagranie, Knights Shanna D., St-Pierre Jean. №10/230953; Заявл. 28.08.2002; Оpubл. 11.01.2005; НПК 429/33. Англ.

Возможность использования перфторсульфоновых протонпроводящих мембран типа "Нафийон" в качестве тв. полимерного электролита для топливных элементов ограничена верхней температурной границей ~100°C и необходимостью поддержания необходимого влажосодержания. С целью расширения рабочего температурного диапазона таких мембран и снижению требований к их влажосодержанию предлагается их импрегнировать первичным, вторичным или третичным перфторамином в количестве ~9 мас%. Обсуждается возможный механизм влияния такой модификации на эксплуатационные характеристики мембраны.

31.МБ.144П. Оборудование для измерения локального потенциала в потоке, предназначенное для мониторинга эффектов загрязнения полых волокон при проведении фильтрации нанокolloидных суспензий. Equipment of local streaming potential measurement for monitoring the fouling process in hollow-fiber filtrations of nano-hollow-fiber filtrations of nano-colloidal suspension: Пат. 6939719 США, МПК ⁷ G 01 N 27/416. Korea Inst. of Science and Technology, Chun M.-S., Kim J.-J., Lee S. Y.. №10/821856; Заявл. 12.04.2004; Оpubл. 06.09.2005; НПК 436/151. Англ.

Предложен прибор для мониторинга процесса засорения мембран из полых волокон, используемых для фильтрации нанокolloидных суспензий. Он основан на измерении изменений во времени локального зета-потенциала мембраны. Прибор позволяет также локализовать место засорения мембраны.

31.МБ.145ДЕП. Математическая модель статика двухмембранного диффузионного анализатора

молекулярной массы. Комарова М. А., Илясов Л. В.; Твер. гос. техн. ун-т. Тверь. 2005, 9 с., ил. Библ. 1. Рус.. Деп.в ВИНТИ 07.09.2005, №1213-B2005.

Разработана математическая модель статики двухмембранного анализатора молекулярной массы жидких сред, основанного на явлении кнудсеновской диффузии последовательно через две пористые Мб. Для создания модели использовались

уравнения стационарной кнудсеновской диффузии, модели сигналов термокондуктометрических детекторов и уравнение Джоуля-Ленца. Модель связывает основные конструктивные, характеризующие свойства Мб и детекторов, и режимные параметры. Данная модель позволяет по отношению площадей сигналов получить информацию о значении молекулярной массы.

Предметный указатель

аденин*флавин-

фитиновая кислота; пиромеллитовая кислота
31.МБ.14

адсорбция

мембраны, трековые; полиэтилентерефталат

31.МБ.113

алюминий

растворенный, влияние; мембраны, процессы, зарастание 31.МБ.22

алюминий оксид

функционализированный TiO[2], получение; мембраны 31.МБ.75

анализаторы

диффузионные; молекулярная масса, определение 31.МБ.145

анатаз

титан диоксид; наноструктуры, получение, свойства 31.МБ.85

ароматические соединения

профиль; вина, "Каберне Савиньон" 31.МБ.49

арсенаты

гидро-, присутствие; соляная кислота, растворы водно-спиртовые 31.МБ.117

бензин

удаление; сточные воды очистка 31.МБ.80

биологические жидкости

измерительные приборы, пьезоэлектрический эффект; жидкости 31.МБ.134

биореакторы

био; очистные сооружения, полномасштабные, в Дании 31.МБ.104

борат*имидазолитетрафтор-

1-бутил-3-метил-, растворители для темплатов; жидкости, полые, использование 31.МБ.85

бромирование

мембраны полимерные; полифениленоксиды 31.МБ.54

вина

"Каберне Савиньон"; ароматические соединения, профиль 31.МБ.49

вода

высокоочищенные вещества; водород, растворенный, присутствие 31.МБ.139

пресная, получение; вода технология 31.МБ.135

регенерация, в условиях замкнутого объема; вода технология 31.МБ.3

течение; гексан 31.МБ.32

удержание; топливные элементы 31.МБ.77

ЭХА-, получение, использование; пивоварение 31.МБ.110

вода очистка

воды природные; сточные воды очистка био 31.МБ.41

мембраны, использование 31.МБ.20

фильтрация; мембраны, погружение, использование 31.МБ.126

-- погружные 31.МБ.142

- микроорганизмы, патогенные, удаление, способ, устройство 31.МБ.124

вода питьевая

вода технология; мембраны, использование 31.МБ.33

вода технология

в доменных условиях; мембраны, использование 31.МБ.5

вода очистка; воды природные 31.МБ.41

вода питьевая; мембраны, использование 31.МБ.33

вода, регенерация, в условиях замкнутого

объема; мембраны, полволоконные, использование 31.МБ.3

добавочная; испарение, установки 31.МБ.6

обессоливание; воды морские 31.МБ.135

пивоварение, з-д 31.МБ.74

ультрафильтрация 31.МБ.51

водонепроницаемость придание

железобетон конструкции; мембраны, полимер-минеральные, применение 31.МБ.105

водород

диффузия, потоки; поляризация, анодная, влияние 31.МБ.117

изотопы; проницаемость, сверх- 31.МБ.52

разделение; мембраны, композитные 31.МБ.30

растворенный, присутствие; вода 31.МБ.139

водоснабжение

промышленных объектов и населенных мест; ультрафильтрация 31.МБ.50

воды морские

вода технология; обессоливание 31.МБ.135

мембраны, системы, с высокой

производительностью; обессоливание 31.МБ.4

фильтрация, перекрестнопоточная; селективность 31.МБ.106

воды природные

вода очистка; сточные воды очистка био 31.МБ.41

воздух

воздействие, влияние; пленки, тонкие 31.МБ.16

воздух анализ

эфирные сложные определение, метилтербутиловый; почвы анализ 31.МБ.141

волокна

полые; поляризация, концентрационная 31.МБ.88

волокна углеродные

уголь активированный; микрочастицы, блокировка, предотвращение 31.МБ.102

волокна целлюлозные

полые; мембраны, ассиметричные, свойства 31.МБ.29

вращение

использование; фильтры 31.МБ.79

высокоочищенные вещества

вода; водород, растворенный, присутствие 31.МБ.139

вязкость

влияние; массоперенос 31.МБ.87

определение; жидкости 31.МБ.134

газы

выделение; из исходных растворов 31.МБ.88

мембраны полимерные; поливинилиденфторид 31.МБ.37

отвод; электрохимические ячейки 31.МБ.127

разделение; мембраны полимерные 31.МБ.67

газы нефтяные

нефтяные газы; углеводороды, тяжелые фракции, выделение 31.МБ.39

гексан

гексан

- течение; вода 31.МБ.32
- гетерополикислоты**
кремнийвольфрамовая кислота; мембраны, протон-проводящие 31.МБ.76
- гидросульфаты*цезий**
мембраны, нанокompозитная протонпроводящая электролитная, CsHSO[4]-SiO[2]; микроструктура 31.МБ.23
- глины**
использование; сточные воды очистка 31.МБ.7
- глицин**
натрий гидроксид, растворы водные; мембраны, МА-41 31.МБ.120
- дегидрирование**
пропан; мембраны, каталитические 31.МБ.89
- реакторы, мембранный каталитический 31.МБ.101
- дистилляция**
мембранная, вакуумная; концентрирование 31.МБ.91
- диффузия**
жидкости, молекулярные, полярные; мембраны 31.МБ.19
потоки; водород 31.МБ.117
сточные воды, радиоактивные, сброс, в Ирландское море; технеций 31.МБ.40
- дрожжи**
кислород, потребление; пиво, приготовление в домашних условиях 31.МБ.86
- железобетон конструкции**
водонепроницаемость придание; мембраны, полимер-минеральные, применение 31.МБ.105
- железо-кобальт-оксиды*стронций-**
SrFe[0, 2]Co[0, 8]O[x]; мембраны 31.МБ.35
- жидкости**
вязкость, определение; измерительные приборы, пьезоэлектрический эффект 31.МБ.134
молекулярные, полярные; диффузия 31.МБ.19
очистка, технологические; сточные воды очистка 31.МБ.61
полюе, использование; имидазолийтетрафтор-борат, 1-бутил-3-метил-, растворители для темплатов 31.МБ.85
- жиры**
удаление; сточные воды очистка 31.МБ.80
- сточные воды 31.МБ.31
- золото**
трехзарядные катионы; из водных растворов 31.МБ.108
- измерительные приборы**
пьезоэлектрический эффект; жидкости 31.МБ.134
- изотопы**
{99}Tc, определение; технеций 31.МБ.40
- имидазолийтетрафтор-борат**
1-бутил-3-метил-, растворители для темплатов; жидкости, полюе, использование 31.МБ.85
- ионный перенос**
мембраны ионообменные, керамическая; ионы 31.МБ.64
- ионы**
мембраны ионообменные, керамическая; ионный перенос 31.МБ.64
мембраны полимерные; поливиниловый спирт 31.МБ.46
цинк; транспортный процесс 31.МБ.36
- испарение**
установки; вода технология, добавочная 31.МБ.6
- иттрий оксиды Y[2]O[3]**
стабилизация; пленки, электролитные плотные 31.МБ.24
- каолины**
мембраны, процессы, зарастание; кремний диоксид, химия 31.МБ.22
- каталитические свойства**
фото-; мембраны 31.МБ.75
- каучук силоксановый**
мембраны полимерные, применение; сточные воды очистка 31.МБ.38
- керамика**
использование; мембраны 31.МБ.61
модифицированные; мембраны 31.МБ.7
- керамические изделия**
мембраны; стронций-железо-кобальт-оксиды, SrFe[0, 2]Co[0, 8]O[x] 31.МБ.35
- керамические материалы**
производство, свойства, применение; пористые материалы 31.МБ.62
- кислород**
потребление; дрожжи 31.МБ.86
- кислоты**
нефтяные, способ удаление; нефть, тяжелая 31.МБ.118
- клеи**
измерительные приборы, пьезоэлектрический эффект; жидкости 31.МБ.134
- кобальт**
мембраны полимерные; поливиниловый спирт 31.МБ.46
- кобальт-оксиды*стронций-железо-**
SrFe[0, 2]Co[0, 8]O[x]; мембраны 31.МБ.35
- коллоиды**
природные; мембраны, потоки, снижение 31.МБ.1
- компрессоры**
холодильные, винтовые, герметичные 31.МБ.78
- концентрирование**
радиоактивные элементы, растворы, водно-солевые; первапорация 31.МБ.91
- красители**
удаление; сточные воды очистка 31.МБ.7
- краски**
измерительные приборы, пьезоэлектрический эффект; жидкости 31.МБ.134
- краун-эфир**
влияние; мембраны, синтетические, с коническими порами 31.МБ.48
- кремний**
мембраны, сверхтонкие, изготовление; травление, использование, фрактальные явления 31.МБ.95
- кремний диоксид**
мембраны полимерные, гибридные; полиимиды 31.МБ.69
микроструктура; электропроводность 31.МБ.23
химия; мембраны, процессы, зарастание 31.МБ.22
частицы; формование 31.МБ.125
- кремнийвольфрамовая кислота**
гетерополикислоты; мембраны, протон-проводящие 31.МБ.76
- кристаллическая структура**
РСТА; медь комплексы, Cu(2+), бис(2-пиридилметил)аминопропионовая кислота или бис(2-пиридилметил)амино масляная кислота, синтез, свойства 31.МБ.115
- линкомицин**
экстракция; мембраны 31.МБ.82
- масла**
измерительные приборы, пьезоэлектрический эффект; жидкости 31.МБ.134
удаление; ультрафильтрация 31.МБ.21
- масложировая промышленность**
очистка; сточные воды 31.МБ.31
- массоперенос**
мембраны, волоконные, гидрофобные; pH влияние 31.МБ.87
- медь**
пленки, тонкие; палладий 31.МБ.16
- медь комплексы**
Cu(2+), бис(2-пиридилметил)аминопропионовая кислота или бис(2-пиридилметил)амино масляная кислота, синтез, свойства; кристаллическая структура, РСТА 31.МБ.115
- мембранная технология**
уран, извлечение; воды морские 31.МБ.106
- мембраны**
5DL, G-10, G-20, сравнение; уран, извлечение 31.МБ.106

- алюминий оксид, функционализированный TiO_2 , получение; каталитические свойства, фото- **31.МБ.75**
ассиметричные, свойства; волокна целлюлозные, полые **31.МБ.29**
био, использование; вода очистка **31.МБ.41**
влияние; фильтрация **31.МБ.49**
гидрофобная и гидрофильная; газы, отвод, электрохимические ячейки **31.МБ.127**
две, использование; анализаторы, диффузионные **31.МБ.145**
движение рабочей среды, регулирование; углерод **31.МБ.90**
жидкие эмульсионные, использование; экстракция **31.МБ.108**
жидкие; цинк **31.МБ.36**
- экстракция, перенос **31.МБ.65**
загрязнение, устранение; фильтры **31.МБ.79**
из полых волокон, засорение; приборы, разработки **31.МБ.144**
использование; вода очистка **31.МБ.20**
- вода технология, в доменных условиях **31.МБ.5, 31.МБ.135, 31.МБ.33**
- водоснабжение, промышленных объектов и населенных мест **31.МБ.50**
- очистные сооружения, полномасштабные, в Дании **31.МБ.104**
- радиоактивные отходы, жидкие, обработка **31.МБ.34**
- реакторы, био **31.МБ.8**
- сточные воды очистка **31.МБ.103, 31.МБ.109**
каталитические; дегидрирование **31.МБ.89**
керамика, использование; сточные воды очистка **31.МБ.61**
- модифицированные; сточные воды очистка **31.МБ.7**
композитная протонообменная; топливные элементы **31.МБ.77**
композитные, получение, свойства; хитозаны **31.МБ.99**
- водород **31.МБ.30**
композиционные; пленки, тонкие **31.МБ.16**
МА-41; электропроводность **31.МБ.120**
модули; поляризация, концентрационная **31.МБ.88**
молекулярные сита; углеродистые материалы **31.МБ.17**
молибден-углеродная; дегидрирование **31.МБ.101**
нано, многослойные, с новыми свойствами **31.МБ.47**
нанокompозитная протонпроводящая электролитная; цезий гидросульфаты **31.МБ.23**
нефть, тяжелая; кислоты, нефтяные, способ удаление **31.МБ.118**
новые, протонообменные самоувлажняющиеся композитные; топливные элементы **31.МБ.63**
очистка, химическая; ультрафильтрация **31.МБ.59**
погружение, использование; фильтрование **31.МБ.126**
погружные; фильтрование **31.МБ.142**
полимер-минеральные, применение; железобетон конструкции **31.МБ.105**
полиолы, получение, выделение фенола **31.МБ.42**
половолоконные, гидрофобные; массоперенос **31.МБ.87**
- использование; вода, регенерация, в условиях замкнутого объема **31.МБ.3**
пористые материалы; диффузия **31.МБ.19**
потоки, снижение; коллоиды, природные **31.МБ.1**
протон-проводящие; гетерополиокислоты **31.МБ.76**
процессы, зарастание; кремний диоксид, химия **31.МБ.22**
разделительные; слоистые материалы, цеолитовые композиты, свойства, применение **31.МБ.129**
с регулируемой пористостью, изготовление; частицы **31.МБ.15**
сверхтонкие, изготовление; кремний **31.МБ.95**
сетчатые, капиллярные; pH, градиент, форма **31.МБ.100**
синтетические, с коническими порами; электрический ток, ионный **31.МБ.48**
системы, с высокой производительностью; обессоливание **31.МБ.4**
стальные; водород **31.МБ.117**
сточные воды, радиоактивные, сброс, в Ирландское море; технеций **31.МБ.40**
стронций-железо-кобальт-оксиды, $SrFe[0, 2]Co[0, 8]O[x]$; керамические изделия **31.МБ.35**
технология, использование; очистные сооружения, расширение **31.МБ.81**
- мембранные установки; фильтрация, микро-, ультра-и нанофильтрация **31.МБ.9**
течение; вода **31.МБ.32**
титан диоксид; фитат **31.МБ.14**
тонкие, нанопористые; проницаемость, селективная **31.МБ.18**
трековые, про травливание скрытых треков; полиэтилентерефталат **31.МБ.112**
- поверхностные свойства, элементы **31.МБ.114, 31.МБ.116**
- полиэтилентерефталат **31.МБ.113**
ультрафильтрация; напитки алкогольные, водка, получение, способ **31.МБ.137**
усовершенствование; ультрафильтрация **31.МБ.21**
фильтрация; микрочастицы, блокировка, предотвращение **31.МБ.102**
экстракция; линкомицин **31.МБ.82**
мембраны ионообменные
керамическая; ионный перенос **31.МБ.64**
полистиролсульфокислота, получение **31.МБ.94**
полисульфоны; полибензимидазолы **31.МБ.13**
пропитка; топливные элементы **31.МБ.143**
мембраны керамические
использование; сточные воды **31.МБ.31**
мембраны полимерные
газоразделительные; пористость, микро **31.МБ.56**
гибридные; полиимиды **31.МБ.69**
композиции; полиэфиркетоны **31.МБ.132**
композиционные; полиимидоэфир **31.МБ.55**
модифицирование поверхности; полисиланы **31.МБ.26**
модифицирование; поливиниловый спирт **31.МБ.66**
нанофильтрационные; получение **31.МБ.57**
нефтяные газы; газы нефтяные **31.МБ.39**
пленки полимерные, получение и свойства **31.МБ.70**
пленки, получение **31.МБ.136**
полиакрилонитрил, полволоконные; морфология **31.МБ.10**
полиамиды; покрытия **31.МБ.123**
- полиуретаны **31.МБ.97**
полиацетилены, гидроксифенил, получение **31.МБ.98**
поливинилиденфторид, свойства **31.МБ.53**
- микрофильтрация **31.МБ.12**
- покрытия **31.МБ.11**
- полианилины **31.МБ.37**
поливиниловый спирт; кобальт **31.МБ.46**
- полиакриламид, получение **31.МБ.43**
- слюды **31.МБ.28**
полиимиды, ионный слой; плазма, свойства **31.МБ.45**
- сульфированные **31.МБ.107**
- поливинилпирролидон **31.МБ.68**
- разделение **31.МБ.119, 31.МБ.44**
полимерные материалы; поливиниловый спирт **31.МБ.58**
полисахариды, катионанионные, получение **31.МБ.122**
полисилоксаны, регенерация **31.МБ.84**
- разделение **31.МБ.92**

- полисульфоны; поливинилпирролидон **31.МБ.130**
- полиэлектролиты **31.МБ.27**
- разделение **31.МБ.128**
- формование **31.МБ.140**
политиолы, улавливание ртути **31.МБ.71**
полифениленоксиды; бромирование **31.МБ.54**
- модифицирование **31.МБ.83**
полифениленсульфиды; сульфирование **31.МБ.72**
полиэфир простые; газы, разделение **31.МБ.67**
полиэфирэфиркетоны; полиимиды **31.МБ.96**
получение, двухслойные; эластомеры **31.МБ.133**
применение; каучук силоксановый **31.МБ.38**
сополимеры; полиэтилен **31.МБ.73**
трековые; облучение **31.МБ.121**
формование; полиамиды **31.МБ.111**
целлюлоза ацетаты; серебро **31.МБ.93**
- металлургия**
сточные воды очистка, промышленные **31.МБ.60**
- металлы**
V группы; из плазмы, применение **31.МБ.52**
- микроорганизмы**
патогенные, удаление; способ, устройство **31.МБ.124**
- микроструктура**
электропроводность; мембраны, нанокompозитная протонпроводящая электролитная, CsHSO[4]-SiO[2] **31.МБ.23**
- микрофильтрация**
фильрование; вода очистка **31.МБ.126, 31.МБ.142**
- микрофильрование**
мембраны полимерные; поливинилиденфторид **31.МБ.12**
- микрочастицы**
блокировка, предотвращение; фильтрация **31.МБ.102**
- моделирование**
мембраны полимерные; полисилоксаны **31.МБ.92**
цинк; ионы **31.МБ.36**
- моделирование математическое**
дегидрирование; пропан **31.МБ.101**
- модифицирование**
мембраны полимерные; поливиниловый спирт **31.МБ.66**
- полифениленоксиды **31.МБ.83**
пленки, электролитные плотные; цирконий диоксид **31.МБ.24**
поверхности; мембраны, потоки, снижение **31.МБ.1**
топливные элементы; мембраны, композитная протонообменная **31.МБ.77**
- модифицирование поверхности**
мембраны полимерные; полисиланы **31.МБ.26**
- молекулярная масса**
определение; анализаторы, диффузионные **31.МБ.145**
- молекулярные сита**
мембраны; углеродистые материалы **31.МБ.17**
- мониторинг**
приборы, разработки; мембраны, из полых волокон, засорение **31.МБ.144**
- морфология**
волокна целлюлозные, полые; мембраны, ассиметричные, свойства **31.МБ.29**
мембраны полимерные; полиакрилонитрил, половолоконные **31.МБ.10**
- поливиниловый спирт **31.МБ.46**
- мышьяк**
удаление; мембраны, системы, с высокой производительностью **31.МБ.4**
- наноструктуры**
получение, свойства; титан диоксид **31.МБ.85**
- нанофильрование**
вода, регенерация, в условиях замкнутого объема; вода технология **31.МБ.3**
- наночастицы**
получение; мембраны полимерные **31.МБ.93**
- напитки алкогольные**
водка, получение, способ; ультрафильрование **31.МБ.137**
натрий
Na(+); мембраны ионообменные, керамическая **31.МБ.64**
натрий гидроксид
растворы водные; глицин **31.МБ.120**
неодим
системы, колебательная; экстракция **31.МБ.2**
- неорганические соединения**
удаление; мембраны, системы, с высокой производительностью **31.МБ.4**
- нефть**
тяжелая; кислоты, нефтяные, способ удаление **31.МБ.118**
удаление; сточные воды очистка **31.МБ.109**
- нефтяные газы**
газы нефтяные; углеводороды, тяжелые фракции, выделение **31.МБ.39**
- нитраты**
удаление; мембраны, системы, с высокой производительностью **31.МБ.4**
- обессоливание**
вода технология; воды морские **31.МБ.135**
мембраны, системы, с высокой производительностью; воды морские **31.МБ.4**
- облучение**
мембраны полимерные, трековые **31.МБ.121**
- окислительно-восстановительная реакция**
мембраны; титан диоксид **31.МБ.14**
- оксиды Y[2]O[3]*иттрий**
стабилизация; пленки, электролитные плотные **31.МБ.24**
- оксиды*стронций-железо-кобальт-**
SrFe[0, 2]Co[0, 8]O[x]; мембраны **31.МБ.35**
- опал**
химически модифицированный; мембраны, тонкие, нанопористые, проницаемость, селективная **31.МБ.18**
- оптимизация**
уран, извлечение; воды морские **31.МБ.106**
- органические соединения**
удаление; мембраны, системы, с высокой производительностью **31.МБ.4**
- осмос**
обработка; вода, регенерация, в условиях замкнутого объема **31.МБ.3**
- осмос обратный**
вода технология; обессоливание **31.МБ.135**
мембраны, процессы, зарастание; кремний диоксид, химия **31.МБ.22**
- очистные сооружения**
полномасштабные, в Дании; биореакторы, био **31.МБ.104**
расширение; мембраны, технология, использование **31.МБ.81**
- палладий**
медь; пленки, тонкие **31.МБ.16**
- палладий сплавы**
с диффузионным барьером; водород **31.МБ.30**
- парамагнетики**
использование, использование, темплаты, отталкивающиеся; частицы **31.МБ.15**
- первапарация**
концентрирование; радиоактивные элементы, растворы, водно-солевые **31.МБ.91**
радиоактивные отходы, жидкие, обработка; мембраны, использование **31.МБ.34**
- пиво**
приготовление в домашних условиях; дрожжи **31.МБ.86**
- пивоварение**
вода, ЭХА-, получение, использование **31.МБ.110**
э-д; вода технология **31.МБ.74**
- пиромеллитовая кислота**
мембраны; титан диоксид **31.МБ.14**
- плазма**

- свойства; мембраны полимерные 31.МБ.45
- пленки**
мембраны полимерные; поливинилиденфторид 31.МБ.37
получение; мембраны полимерные 31.МБ.136
тонкие; палладий 31.МБ.16
целлюлозные с твердыми компонентами, способ изготовления; целлюлоза 31.МБ.131
электролитные плотные; цирконий диоксид 31.МБ.24
- пленки полимерные**
получение и свойства; мембраны полимерные 31.МБ.70
- поверхности**
модифицирование; мембраны, потоки, снижение 31.МБ.1
обработка, влияние; мембраны 31.МБ.17
- поверхностные свойства**
мембраны, трековые 31.МБ.116
-- полиэтилентерефталат 31.МБ.113
элементы; мембраны, трековые 31.МБ.114
- покрытия**
мембраны полимерные; полиамиды 31.МБ.123
- поливинилиденфторид 31.МБ.11
- полиакриламид**
получение; мембраны полимерные 31.МБ.43
- полиакрилонитрил**
половолоконные; мембраны полимерные 31.МБ.10
- полиамиды**
мембраны полимерные, получение, двухслойные; эластомеры 31.МБ.133
- покрытия 31.МБ.123
- полиамиды 31.МБ.123
- полиуретаны 31.МБ.97
- формование 31.МБ.111
- полианилины**
мембраны полимерные; поливинилиденфторид 31.МБ.37
- полиацетилены**
гидроксифенил; получение 31.МБ.98
- полибензимидазолы**
мембраны ионообменные; полисульфоны 31.МБ.13
- поливинилиденфторид**
мембраны полимерные; микрофильтрация 31.МБ.12
- покрытия 31.МБ.11
- полианилины 31.МБ.37
свойства; мембраны полимерные 31.МБ.53
- поливиниловый спирт**
мембраны полимерные; кобальт 31.МБ.46
- модифицирование 31.МБ.66
- полиакриламид, получение 31.МБ.43
- слюды 31.МБ.28
- полимерные материалы; мембраны полимерные 31.МБ.58
- поливинилпирролидон**
мембраны полимерные; полиимиды 31.МБ.68
- полисульфоны 31.МБ.130
- полидиены**
мембраны полимерные; сополимеры 31.МБ.73
- полиимидоэфир**
мембраны полимерные, композиционные 31.МБ.55
- полиимиды**
ионный слой; мембраны полимерные 31.МБ.45
мембраны полимерные, гибридные; кремний диоксид 31.МБ.69
- поливинилпирролидон 31.МБ.68
- полиэфирэфиркетоны 31.МБ.96
- разделение 31.МБ.119, 31.МБ.44
сульфированные; мембраны полимерные 31.МБ.107
- полимеризация**
мембраны полимерные; полиамиды 31.МБ.97
- полимерные материалы**
мембраны полимерные; поливиниловый спирт 31.МБ.58
- полиолефины**
мембраны полимерные, получение, двухслойные; эластомеры 31.МБ.133
- полиолы**
получение, выделение фенола; мембраны 31.МБ.42
- полипиридины**
получение; мембраны ионообменные 31.МБ.13
- полипропилен**
мембраны полимерные; сополимеры 31.МБ.73
- полисахариды**
катионанионные, получение; мембраны полимерные 31.МБ.122
- полисиланы**
мембраны полимерные; модифицирование поверхности 31.МБ.26
- полисилоксаны**
мембраны полимерные; полиамиды 31.МБ.123
- поливинилиденфторид 31.МБ.11
- разделение 31.МБ.92
регенерация; мембраны полимерные 31.МБ.84
- полистиролсульфокислота**
получение; мембраны ионообменные 31.МБ.94
- полисульфоны**
мембраны ионообменные; полибензимидазолы 31.МБ.13
мембраны полимерные; поливинилпирролидон 31.МБ.130
- полиэлектролиты 31.МБ.27
- разделение 31.МБ.128
- формование 31.МБ.140
получение; мембраны полимерные 31.МБ.97
- полиуретаны**
мембраны полимерные; полиамиды 31.МБ.97
хитозаны; мембраны, композитные, получение, свойства 31.МБ.99
- полифениленоксиды**
мембраны полимерные; бромирование 31.МБ.54
- модифицирование 31.МБ.83
- полифениленсульфиды**
мембраны полимерные; сульфирование 31.МБ.72
- полиэлектролиты**
мембраны полимерные; полисульфоны 31.МБ.27
- полиэтилен**
мембраны полимерные; сополимеры 31.МБ.73
- полиэтилентерефталат**
мембраны, трековые, протравливание скрытых треков; поры, образование 31.МБ.112
-- поверхностные свойства 31.МБ.113
- полиэфиркетоны**
мембраны полимерные, композиции 31.МБ.132
- полиэфирсульфоны**
течение; вода 31.МБ.32
- полиэфир**
простые
мембраны полимерные; газы, разделение 31.МБ.67
- полиэфирэфиркетоны**
мембраны полимерные; полиимиды 31.МБ.96
- полупроводники**
производство; способ, устройство 31.МБ.139
- поляризация**
анодная, влияние; водород 31.МБ.117
концентрационная; мембраны, модули 31.МБ.88
- пористость**
микро; мембраны полимерные, газоразделительные 31.МБ.56
- пористые материалы**
керамические материалы, производство, свойства, применение 31.МБ.62
мембраны; диффузия 31.МБ.19
- порошки**
пленки, электролитные плотные; цирконий диоксид 31.МБ.24
- поры**
образование; мембраны, трековые, протравливание скрытых треков 31.МБ.112
- почвы анализ**
эфир сложные определение, метилтербутиловый; воздух анализ 31.МБ.141
- праеодим**
экстракция; разделение 31.МБ.2
- приборы**

разработки; мембраны, из полых волокон, засорение **31.МБ.144**
проницаемость
кислородо-; керамические изделия **31.МБ.35**
мембраны полимерные; поливиниловый спирт **31.МБ.28**
сверх-; водород, изотопы **31.МБ.52**
пропан
дегидрирование; мембраны, каталитические **31.МБ.89**
- реакторы, мембранный каталитический **31.МБ.101**
пропитка
мембраны ионообменные; топливные элементы **31.МБ.143**
радиоактивные отходы
жидкие, обработка; перапорация **31.МБ.34**
радиоактивные элементы
растворы, водно-солевые; концентрирование **31.МБ.91**
удаление; мембраны, системы, с высокой производительностью **31.МБ.4**
разделение
водород; мембраны, композитные **31.МБ.30**
мембраны полимерные; поливинилиденфторид **31.МБ.11, 31.МБ.37**
- полиимиды **31.МБ.119, 31.МБ.44**
- полисилоксаны **31.МБ.92**
- полисульфоны **31.МБ.128**
- полифениленоксиды **31.МБ.83**
экстракция; праезодим **31.МБ.2**
реакторы
био; мембраны, использование **31.МБ.8**
мембранный каталитический; дегидрирование **31.МБ.101**
сенсоры
полупроводниковые; эфиры сложные определение, метилтербутиловый **31.МБ.141**
серебро
мембраны полимерные; целлюлоза ацетаты **31.МБ.93**
силаны
модифицированные органическими веществами; синтез **31.МБ.76**
слоистые материалы
цеолитовые композиты, свойства, применение; мембраны, разделительные **31.МБ.129**
слюды
мембраны полимерные; поливиниловый спирт **31.МБ.28**
соляная кислота
растворы водно-спиртовые; арсенаты, гидро-, присутствие **31.МБ.117**
сополимеры
мембраны полимерные; полиэтилен **31.МБ.73**
стабилизация
иттрий оксиды Y[2]O[3]; пленки, электролитные плотные **31.МБ.24**
сточные воды
масложировая промышленность, очистка; жиры, удаление **31.МБ.31**
радиоактивные, сброс, в Ирландское море; технеций **31.МБ.40**
сточные воды очистка
бензин, удаление; жиры, удаление **31.МБ.80**
жидкости, очистка, технологические; мембраны **31.МБ.61**
каучук силоксановый; мембраны полимерные, применение **31.МБ.38**
концентрированные; реакторы, био **31.МБ.8**
красители, удаление; мембраны **31.МБ.7**
мембраны, использование **31.МБ.103**
нефть, удаление; мембраны, использование **31.МБ.109**
промышленные; металлургия **31.МБ.60**
ультрафильтрация; мембраны, усовершенствование **31.МБ.21**
сточные воды очистка био
вода очистка; воды природные **31.МБ.41**

стронций-железо-кобальт-оксиды
SrFe[0, 2]Co[0, 8]O[x]; мембраны **31.МБ.35**
сульфирование
мембраны полимерные; полифениленсульфиды **31.МБ.72**
суспензии
наноколлоидные; приборы, разработки **31.МБ.144**
сушка
влияние; волокна целлюлозные, полые **31.МБ.29**
технеций
изотопы, {99}Tc, определение; сточные воды, радиоактивные, сброс, в Ирландское море **31.МБ.40**
технология
вода технология; вода питьевая **31.МБ.33**
мембранные установки; мембраны **31.МБ.9**
совершенствование; сточные воды очистка **31.МБ.109**
течение
вода; гексан **31.МБ.32**
титан диоксид
анатаз; наноструктуры, получение, свойства **31.МБ.85**
фитат; флавин-аденин **31.МБ.14**
топливные элементы
мембраны, композитная протонообменная; модифицирование **31.МБ.77**
- новые, протонообменные самоувлажняющиеся композитные **31.МБ.63**
полимерные электролитные мембраны, энергетические установки, экономические модели, локальные объекты, генетические алгоритмы **31.МБ.25**
пропитка; мембраны ионообменные **31.МБ.143**
травление
использование; фрактальные явления **31.МБ.95**
транспортивный процесс
цинк; ионы **31.МБ.36**
углеводороды
тяжелые фракции, выделение; нефтяные газы **31.МБ.39**
углерод
мембраны, движение рабочей среды, регулирование **31.МБ.90**
углеродистые материалы
мембраны; молекулярные сита **31.МБ.17**
уголь активированный
волокна углеродные; микрочастицы, блокировка, предотвращение **31.МБ.102**
использование; вода технология, в доменных условиях **31.МБ.5**
ультрафильтрация
в оборотной системе МЭЗа; сточные воды очистка **31.МБ.80**
вода технология **31.МБ.51**
вода, регенерация, в условиях замкнутого объема; вода технология **31.МБ.3**
водоснабжение, промышленных объектов и населенных мест; мембраны, использование **31.МБ.50**
мембраны, очистка, химическая **31.МБ.59**
- усовершенствование; сточные воды очистка **31.МБ.21**
- напитки алкогольные, водка, получение, способ **31.МБ.137**
фильтрация; вода очистка **31.МБ.126, 31.МБ.142**
умягчение
испарение, установки; вода технология, добавочная **31.МБ.6**
уран
извлечение; воды морские **31.МБ.106**
фенол
экстракция, перенос; мембраны, жидкие **31.МБ.65**
фенолы
содержание; вина, "Каберне Савиньон" **31.МБ.49**
фильтрация
мембраны полимерные; полиамиды **31.МБ.123**

- полисульфоны **31.МБ.130**
 - полиэфирэфиркетоны **31.МБ.96**
 мембраны, влияние; вина, "Каберне Савиньон" **31.МБ.49**
 - микрочастицы, блокировка, предотвращение **31.МБ.102**
 микро-, ультра-и нанофильтрация; мембраны **31.МБ.9**
 модуль **31.МБ.138**
 перекрестнопоточная; воды морские **31.МБ.106**
фильтрация
 вода очистка; мембраны, погружение, использование **31.МБ.126**
 -- погружные **31.МБ.142**
 - микроорганизмы, патогенные, удаление, способ, устройство **31.МБ.124**
 вода технология; обессоливание **31.МБ.135**
 приборы, разработки; мембраны, из полых волокон, засорение **31.МБ.144**
фильтры
 мембраны, загрязнение, устранение; вращение, использование **31.МБ.79**
фитат
 флавино-аденин; фитиновая кислота **31.МБ.14**
фитиновая кислота
 пиромеллитовая кислота; мембраны **31.МБ.14**
флавино-аденин
 фитиновая кислота; пиромеллитовая кислота **31.МБ.14**
формование
 кремний диоксид; частицы **31.МБ.125**
 мембраны полимерные; полиамиды **31.МБ.111**
 - полисульфоны **31.МБ.140**
фуллерены
 мембраны полимерные; полифениленоксиды **31.МБ.83**
хитозаны
 полиуретаны; мембраны, композитные, получение, свойства **31.МБ.99**
хроматы
 CrO_4^{2-} ; мембраны ионообменные, керамическая **31.МБ.64**
цезий гидросульфаты
 мембраны, нанокompозитная протонпроводящая электролитная, $\text{CsHSO}_4\text{-SiO}_2$; микроструктура **31.МБ.23**
целлюлоза
 пленки, целлюлозные с твердыми компонентами, способ изготовления **31.МБ.131**
целлюлоза ацетаты
 мембраны полимерные; серебро **31.МБ.93**
цинк
 ионы; транспортный процесс **31.МБ.36**
цирконий диоксид
 пленки, электролитные плотные; стабилизация **31.МБ.24**
 течение; вода **31.МБ.32**
частицы
 кремний диоксид; формование **31.МБ.125**
 парамагнетики, использование, использование, темплаты, отталкивающиеся; мембраны, с регулируемой пористостью, изготовление **31.МБ.15**
экстракторы
 соединенные жидкой МБ; экстракция **31.МБ.2**
экстракция
 золото, трехзарядные катионы, из водных растворов; мембраны, жидкие эмульсионные, использование **31.МБ.108**
 линкомицин; мембраны **31.МБ.82**
 нефть, тяжелая; кислоты, нефтяные, способ удаление **31.МБ.118**
 перенос; фенол **31.МБ.65**
 разделение; празеодим **31.МБ.2**
эластомеры
 мембраны полимерные, получение, двухслойные; полиолефины **31.МБ.133**
электрический ток
 ионный; мембраны, синтетические, с коническими порами **31.МБ.48**
электролиты
 мембраны, гидрофобная и гидрофильная; газы, отвод, электрохимические ячейки **31.МБ.127**
 полимерный; пропитка **31.МБ.143**
электроосаждение
 пленки, электролитные плотные; цирконий диоксид **31.МБ.24**
электропроводность
 мембраны, МА-41; глицин **31.МБ.120**
 микроструктура; мембраны, нанокompозитная протонпроводящая электролитная, $\text{CsHSO}_4\text{-SiO}_2$ **31.МБ.23**
электростанции
 тепловые, Владивостокская ТЭЦ-2; испарение, установки **31.МБ.6**
электрохимические свойства
 улучшение; пропитка **31.МБ.143**
электрохимия
 ЭПР; мембраны, трековые **31.МБ.113**
эфирь сложные определение
 метилтербутиловый; почвы анализ **31.МБ.141**
ядерные реакторы
 термоядерные; проницаемость, сверх- **31.МБ.52**
pH
 градиент, форма; мембраны, сетчатые, капиллярные **31.МБ.100**
pH влияние
 массоперенос; мембраны, волоконные, гидрофобные **31.МБ.87**
 Y_2O_3 *иттрий оксиды
 стабилизация; пленки, электролитные плотные **31.МБ.24**

Авторский указатель

- | | | | |
|---|---|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Acosta J. L. 31.МБ.73 | Asano Naoli 31.МБ.107 | Bible Chris 31.МБ.86 | Butterfield D. A. 31.МБ.71 |
| Al Malack Hasan 31.МБ.42 | Ata Osman Nuri 31.МБ.36 | Bindal R. C. 31.МБ.5 | Cai Sheng-Min 31.МБ.75 |
| Alam M. S. 31.МБ.25 | Bae Sang-Dae 31.МБ.102 | Bobreshova O. V. 31.МБ.120 | Cao Yiming 31.МБ.29 |
| Ali S. A. 31.МБ.84 | Baker Lane A. 31.МБ.48 | Bobrov Vadim S. 31.МБ.89 | Chen H. L. 31.МБ.46 |
| Alvarez Ricardo 31.МБ.32 | Bashir H. 31.МБ.73 | Bohaty Andrew K. 31.МБ.18 | Chen Jian 31.МБ.87 |
| Alvarez Silvia 31.МБ.32 | Bauer Jan 31.МБ.3 | Bohn Paul W. 31.МБ.100 | Chen Shao-jun 31.МБ.99 |
| Alyohina O. V. 31.МБ.117 | Belfer Sophia 31.МБ.59 | Bon A. I. 31.МБ.115 | Chen Wei R. 31.МБ.22 |
| Aoki Toshiki 31.МБ.98 | Belfort Georges 31.МБ.1 | Bordeu E. 31.МБ.49 | Cheng Shu Ying 31.МБ.96 |
| Arkhangelsky Elizabeth 31.МБ.59 | Bencherif Sidi 31.МБ.67 | Bowen Richard M. 31.МБ.96 | Chou Wen-Li 31.МБ.93 |
| Arriagada-Carrazana J. P. 31.МБ.49 | Berezkin V. V. 31.МБ.113, 31.МБ.114, 31.МБ.115 | Brauner Bernhard 31.МБ.74 | Cichy W. 31.МБ.65 |
| | Bhattacharyya D. 31.МБ.71 | Brocova Libuse 31.МБ.72 | Ciou Y. S. 31.МБ.10 |
| | | Budd Peter M. 31.МБ.56 | Coca Jose 31.МБ.32 |

- Coffey Bradley M. 31.МБ.22
 Colak Sabri 31.МБ.36
 Crawshaw Jane 31.МБ.47
 Cussler E. L. 31.МБ.28
 Daebel Uwe 31.МБ.74
 Daletou Maria K. 31.МБ.13
 Daletou Maria K. 31.МБ.27
 Dammann Hubert 31.МБ.134
 Dekany I. 31.МБ.94
 Demmer Wolfgang 31.МБ.128
 DeRocher Jonathan P. 31.МБ.28
 Dewez J.-L. 31.МБ.53
 Digurov Nikoliy G. 31.МБ.89
 Doktycz M. J. 31.МБ.90
 Doneva Teodora A. 31.МБ.96
 Dong Dianhong 31.МБ.95
 Down Steve 31.МБ.40
 Dubois Monique 31.МБ.122
 Dubyaga V. P. 31.МБ.115
 Durieux Frans 31.МБ.104
 Dyachkova N. G. 31.МБ.120
 Dzubenko V. G. 31.МБ.115
 El-Sharkh M. Y. 31.МБ.25
 Erdohelyi A. 31.МБ.94
 Espinoza-Gomez Heriberto 31.МБ.21
 Fa Keqing 31.МБ.100
 Favre-Reguillon Alain 31.МБ.106
 Fengbao Zhang 31.МБ.12
 Fischer-Fruhholz Stefan 31.МБ.128
 Fletcher B. L. 31.МБ.90
 Foos Jacques 31.МБ.106
 Fowlkes J. D. 31.МБ.90
 Freger Viatcheslav 31.МБ.59
 Fritsch Detlev 31.МБ.56
 Fukushi Kensuke 31.МБ.103
 Futterknecht Gunther 31.МБ.134
 Gabelich Christopher J. 31.МБ.22
 Gao C. J. 31.МБ.46
 Gao Congjie 31.МБ.97
 Garcia Ana 31.МБ.32
 Garland Jay 31.МБ.3
 Ge K. Y. 31.МБ.63
 Geormezi Maria 31.МБ.27
 Gettelfinger Brian T. 31.МБ.28
 Ghanem Bader S. 31.МБ.56
 Gitis Vitaly 31.МБ.59
 Goedel Werner A. 31.МБ.15
 Gohs Michael 31.МБ.137
 Gourdoupi N. 31.МБ.13
 Gourdoupi Nora 31.МБ.27
 Gu Zhan-chang 31.МБ.60
 Guangyan Zhu 31.МБ.24
 Guangyao Meng 31.МБ.24
 Guoliang Zhang 31.МБ.12
 Guy Alain 31.МБ.106
 Hadano Shingo 31.МБ.98
 Hamad F. 31.МБ.54
 Hao Yan-Zhong 31.МБ.75
 Hao Zhuoli 31.МБ.87
 He Ping 31.МБ.85
 Heins Elizabeth A. 31.МБ.48
 Hellgardt K. 31.МБ.37
 Hensley D. K. 31.МБ.90
 Higa Mitsuru 31.МБ.43
 Hilal Nidal 31.МБ.57
 Ho Cevar S. 31.МБ.76
 Hong Franklin Chau-Nan 31.МБ.17
 Hornok V. 31.МБ.94
 Hu C. C. 31.МБ.10
 Hullander E. D. 31.МБ.90
 Hummerick Mary 31.МБ.3
 Hunt Marcus A. 31.МБ.67
 Ibney Hai Faisal 31.МБ.103
 Illing G. 31.МБ.37
 Ishida Shinya 31.МБ.43
 Iwaki Masaya 31.МБ.45
 Jaber A. M. Y. 31.МБ.84
 Jianfeng Gao 31.МБ.24
 Jiang Zhongyi 31.МБ.92
 Jie Xingming 31.МБ.29
 Jin Wenxian 31.МБ.95
 Jovanovski V. 31.МБ.76
 Jungbauer A. 31.МБ.37
 Kaghazchi Tahereh 31.МБ.108
 Kallitsis J. K. 31.МБ.13, 31.МБ.27
 Kaneko Takashi 31.МБ.98
 Kargari Ali 31.МБ.108
 Kawakami Hiroyoshi 31.МБ.45
 Khayet M. 31.МБ.55
 Khokhlova T. D. 31.МБ.113, 31.МБ.115
 Kilduff James E. 31.МБ.1
 Kim Sun-Young 31.МБ.98
 Kim Youn Kook 31.МБ.68
 Kiseleva O. A. 31.МБ.113, 31.МБ.114
 Kitaeva N. K. 31.МБ.116
 Klein K. L. 31.МБ.90
 Kocourek Andreas 31.МБ.128
 Kostereva T. A. 31.МБ.111
 Koukol Robert 31.МБ.74
 Kuzmenko Denis 31.МБ.59
 Lai J. Y. 31.МБ.10
 Lavren Stangar U. 31.МБ.76
 Lebizit Gerard 31.МБ.106
 Lee K. R. 31.МБ.10
 Lee Kew-Ho 31.МБ.30
 Lee Young Moo 31.МБ.68
 Lemaire Marc 31.МБ.106
 Levine Lanfang 31.МБ.3
 Li Jiemei 31.МБ.82
 Li Jinghong 31.МБ.85
 Li Jun 31.МБ.85
 Li Yan 31.МБ.60
 Li Yaping 31.МБ.35
 Li Zhiying 31.МБ.85
 Liang Bao-xia 31.МБ.99
 Lin C. W. 31.МБ.58
 Lin Shui Wai 31.МБ.21
 Linares A. 31.МБ.73
 Lin-Gibson Sheng 31.МБ.67
 Liu Fuan 31.МБ.70
 Liu Hongtao 31.МБ.85
 Liu Jianhui 31.МБ.29
 Liu Meihong 31.МБ.97
 Liu Peng-sheng 31.МБ.99
 Liu Yang 31.МБ.85
 Liu Z. X. 31.МБ.63
 Luo Guang-Sheng 31.МБ.118
 Luo Lai-Long 31.МБ.118
 Ma Zhong-Ting 31.МБ.118
 Mao Z. Q. 31.МБ.63
 Marchand-Brynaert J. 31.МБ.53
 Marken Frank 31.МБ.14
 Martin Charles R. 31.МБ.48
 Masuda Toshio 31.МБ.98
 Matsuura T. 31.МБ.54, 31.МБ.55
 Mattaraj Supatpong 31.МБ.1
 Maxey Evan R. 31.МБ.35
 Mchedlishvili B. V. 31.МБ.113, 31.МБ.115
 McKeown Neil B. 31.МБ.56
 Melechko A. V. 31.МБ.90
 Meng Bo 31.МБ.11
 Mengual J. I. 31.МБ.55
 Milsom Elizabeth V. 31.МБ.14
 Minyailo L. V. 31.МБ.116
 Miyatake Kenji 31.МБ.107
 Mohammad A. Wahab. 31.МБ.57
 Mohammad Ashraf Waqar 31.МБ.42
 Momtaz M. 31.МБ.53
 Mota Miguel O. 31.МБ.48
 Mottate Kazuomi 31.МБ.98
 Mourgues A. 31.МБ.88
 Msayib Kadhum J. 31.МБ.56
 Nagamoto Hidetoshi 31.МБ.23
 Nagaoka Shoji 31.МБ.45
 Nam Seung-Eun 31.МБ.30
 Neophytides Stylianos 31.МБ.27
 Newton Michael R. 31.МБ.18
 Niu Chun-Ge 31.МБ.118
 NiUSsbaumer Dietmar 31.МБ.128
 Nuxoll Eric E. 31.МБ.28
 Oatley Darren L. 31.МБ.96
 Ogura Masaru 31.МБ.23
 Orel B. 31.МБ.76
 Otomo Junichiro 31.МБ.23
 Park Ho Bum 31.МБ.68
 Patel Nikunj P. 31.МБ.67
 Pechhold Wolfgang 31.МБ.134
 Peng Fubing 31.МБ.92
 Peng Zhi-ping 31.МБ.99
 Penkova A. V. 31.МБ.111
 Perrott Hugh R. 31.МБ.14
 Pervov N. V. 31.МБ.115
 Peter Laurence M. 31.МБ.14
 Petri Coert 31.МБ.104
 Polotskaya G. A. 31.МБ.111
 Popova I. V. 31.МБ.116
 Qin Jian-Jun 31.МБ.29
 Qiu Yun-ren 31.МБ.66
 Rahman A. 31.МБ.25
 Rector Tony 31.МБ.3
 Reynolds Kevin J. 31.МБ.56
 Richardson James W. (Jr) 31.МБ.35
 Riera Francisco 31.МБ.32
 Roa Fernando 31.МБ.16
 Roberts Michael 31.МБ.3
 Saez-Navarrete C. 31.МБ.49
 Sagehashi Masaki 31.МБ.102
 Sager John 31.МБ.3
 Sakoda Akiyoshi 31.МБ.102
 Sampson M. L. 31.МБ.90
 Sanchez J. 31.МБ.88
 Sasaki Takafumi 31.МБ.45
 Schauer Jan 31.МБ.72
 Schlosser S. 31.МБ.65
 Schonert M. 31.МБ.37
 Schwertfeger Fritz 31.МБ.125
 Schyns Philip 31.МБ.104
 Seman M. Nizam Abu 31.МБ.57
 Shen Guangdi 31.МБ.95
 Shen J. N. 31.МБ.46
 Shen Zhisong 31.МБ.87
 Shishova I. I. 31.МБ.115
 Shuang Li 31.МБ.12
 Sikdar S. K. 31.МБ.71
 Siwy Zuzanna S. 31.МБ.48
 Skudin Valery V. 31.МБ.89
 Smuleac V. 31.МБ.71
 Sobolev V. D. 31.МБ.113, 31.МБ.114
 Soleimani Mansooreh 31.МБ.108
 Song Jung Min 31.МБ.107
 Song Yujun 31.МБ.70
 Sorin Antoine 31.МБ.106
 Spontak Richard J. 31.МБ.67
 Spreizer H. 31.МБ.76
 Strayer Richard F. 31.МБ.3
 Suffet I. H. 31.МБ.22
 Sun Benhui 31.МБ.70
 Surca Vuk A. 31.МБ.76
 Suzuki Tomoyuki 31.МБ.69
 Suzuki Yoshiaki 31.МБ.45
 Sweedler Jonathan V. 31.МБ.100
 Szymanski J. 31.МБ.65
 Takahashi Hiroshi 31.МБ.23
 Tan Xiao-yao 31.МБ.11
 Tansel Berrin 31.МБ.3
 Tattershall Carin E. 31.МБ.56
 Teraguchi Masahiro 31.МБ.98
 Tewari P. K. 31.МБ.5
 Tezuka Teppei 31.МБ.45
 Thangamuthu R. 31.МБ.58
 Thonke Klaus 31.МБ.15
 Tierno Pietro 31.МБ.15
 Toikka A. M. 31.МБ.111
 Tsai H. A. 31.МБ.10
 Tsygankova L. E. 31.МБ.117
 Tulock Joseph J. 31.МБ.100
 Uchida Hiroyuki 31.МБ.107
 Van Bentemand Andre 31.МБ.104
 Varma R. S. 31.МБ.71
 Vigdorovich V. I. 31.МБ.117
 Vilensky A. I. 31.МБ.112
 Vince J. 31.МБ.76
 Volkov V. I. 31.МБ.113
 Wakeman R. J. 31.МБ.37
 Wang C. 31.МБ.63
 Wang Junshan 31.МБ.28
 Wang Liang-Jun 31.МБ.17
 Wang Meijia 31.МБ.85
 Wang Shuai 31.МБ.66
 Wang Shuqiang 31.МБ.23
 Wang Yaqing 31.МБ.82
 Watanabe Masahiro 31.МБ.107
 Way Douglas J. 31.МБ.16
 Wei zhu 31.МБ.24
 Weitao Bao 31.МБ.24
 Wen Ching-ju 31.МБ.23
 Wen Zhi-xin 31.МБ.60
 Werner J. 31.МБ.62
 White Henry S. 31.МБ.18
 Worner Martin 31.МБ.137
 Wu L. G. 31.МБ.46
 Wunn Eberhard 31.МБ.128
 Xu Chen 31.МБ.95

- Xu J. M. **31.МБ.63**
 Xu Jian-Hong **31.МБ.118**
 Yahaya G. O. **31.МБ.84**
 Yamada Yasuharu **31.МБ.69**
 Yamakawa Tomoko **31.МБ.43**
 Yamamoto Kazuo **31.МБ.103**
 Yan Wang **31.МБ.12**
 Yang C. J. **31.МБ.58**
- Алентьев А. Ю. **31.МБ.119**
 Алимов В. Н. **31.МБ.52**
 Андрианов А. **31.МБ.50, 31.МБ.51**
 Афонин М. А. **31.МБ.2**
 Бакаль М. **31.МБ.52**
 Барагузина В. В. **31.МБ.78**
 Баулин А. А. **31.МБ.2**
 Беляков В. Н. **31.МБ.64**
 Богатырев А. А. **31.МБ.31**
 Бреднев В. М. **31.МБ.110**
 Буснюк А. О. **31.МБ.52**
 Варезкин А. В. **31.МБ.34, 31.МБ.38, 31.МБ.91**
 Вдовин П. Л. **31.МБ.39**
 Видякин М. Н. **31.МБ.119**
 Виленский А. И. **31.МБ.121, 31.МБ.26**
 Воробьев А. В. **31.МБ.44**
 Герасимов М. К. **31.МБ.110**
 Гервиц Л. Л. **31.МБ.26**
 Гладченко С. В. **31.МБ.83**
 Григориади И. П. **31.МБ.52**
 Гришечкин С. К. **31.МБ.52**
- Yang Daohong **31.МБ.95**
 Yang Ming-Chien **31.МБ.93**
 Yang Nai-tao **31.МБ.11**
 Yang Qiming **31.МБ.95**
 Yang Xiurong **31.МБ.85**
 Yu D. G. **31.МБ.10**
 Yu Da-Guang **31.МБ.93**
 Yu Sanchuan **31.МБ.97**
- Громов С. Л. **31.МБ.138**
 Дерягина Е. Э. **31.МБ.39**
 Дзязько Ю. С. **31.МБ.64**
 Дутьнева Т. Ю. **31.МБ.7**
 Илясов Л. В. **31.МБ.145**
 Киристаев А. В. **31.МБ.41**
 Кириченко М. А. **31.МБ.101**
 Кисунько В. З. **31.МБ.19**
 Кольцова Э. М. **31.МБ.101**
 Комарова М. А. **31.МБ.145**
 Коптев В. **31.МБ.33**
 Копырин А. А. **31.МБ.2**
 Крысинская Н. В. **31.МБ.34, 31.МБ.91**
 Кузнецов А. А. **31.МБ.119**
 Кузнецов В. М. **31.МБ.83**
 Кулапина Е. Г. **31.МБ.78**
 Кучерук Д. Д. **31.МБ.7**
 Лазарева Ю. Н. **31.МБ.119**
 Лапик Ф. **31.МБ.64**
 Лившиц А. И. **31.МБ.52**
 Лопатюк Ю. Ю. **31.МБ.61**
 Масленин С. Б. **31.МБ.39**
 Махмуд А. **31.МБ.64**
- Yuan Quan **31.МБ.29**
 Yun Tae I. **31.МБ.22**
 Zagorodnyh L. A. **31.МБ.120**
 Zemb Thomas **31.МБ.122**
 Zhang Bao-yan **31.МБ.11**
 Zhang Jianming **31.МБ.95**
 Zhang Qi-xiu **31.МБ.66**
 Zhao Renxing **31.МБ.82**
- Мачигин В. С. **31.МБ.31, 31.МБ.80**
 Милованов С. **31.МБ.33**
 Михалева Н. М. **31.МБ.78**
 Михалкин А. С. **31.МБ.110**
 Морозова К. М. **31.МБ.41**
 Мочалова А. А. **31.МБ.101**
 Мусьяев Р. К. **31.МБ.52**
 Мынин В. Н. **31.МБ.61**
 Николина Е. С. **31.МБ.44**
 Новохатский И. А. **31.МБ.19**
 Ноткин М. Е. **31.МБ.52**
 Оябу Н. **31.МБ.52**
 Павлова М. А. **31.МБ.39**
 Пантелеев А. А. **31.МБ.138**
 Пенькова А. В. **31.МБ.83**
 Первов А. **31.МБ.33, 31.МБ.51**
 Первов А. Г. **31.МБ.20**
 Подольская О. А. **31.МБ.44**
 Полоцкая Г. А. **31.МБ.83**
 Приходько А. Е. **31.МБ.138**
 Пушников М. Ю. **31.МБ.41**
 Резцов Ю. **31.МБ.33**
 Самарцев А. А. **31.МБ.52**
- Zharov Ilya **31.МБ.18**
 Zheng Zhi **31.МБ.118**
 Zhou Mingyan **31.МБ.1**
 Zhou Peiyan **31.МБ.82**
 Zhou Yong **31.МБ.97**
 Zhu Zhenzhong **31.МБ.87**
- Семенов М. Ю. **31.МБ.41**
 Семенова Г. К. **31.МБ.119**
 Семенова С. И. **31.МБ.39**
 Скороход О. П. **31.МБ.38**
 Скудин В. В. **31.МБ.101**
 Слесаренко В. В. **31.МБ.6**
 Смирнов А. Д. **31.МБ.61**
 Стефаняк Н. В. **31.МБ.64**
 Талалаев С. А. **31.МБ.61**
 Тарасов А. В. **31.МБ.39**
 Терпугов Г. В. **31.МБ.61**
 Тойка А. М. **31.МБ.83**
 Углов С. А. **31.МБ.138**
 Хангильдин Р. И. **31.МБ.109**
 Шарафутдинова Г. М. **31.МБ.109**
 Швецов В. Н. **31.МБ.41**
 Щербаклова Л. Н. **31.МБ.31, 31.МБ.80**
 Юхимчук А. А. **31.МБ.52**
 Яблокова М. Ю. **31.МБ.119**
 Ямаваки М. **31.МБ.52**
 Ямпольский Ю. П. **31.МБ.119**
 Ярошенко И. В. **31.МБ.19**

Указатель источников

- 7 Biennial International Workshop in Russia "Fullerenes and Atomic Clusters" (IWFAC'2005), St. Petersburg, June 27-July 1, 2005: Book of Abstracts. 2005 **31.МБ.111**
 Appl. Surface Sci.. 2005. 240, № 1–4 **31.МБ.16**
 Appl. Surface Sci.. 2005. 240, № 1–4 **31.МБ.17**
 Austral. Concr. Constr.. 2005. 18, № 6 **31.МБ.105**
 Bandaoti xuebao=Chin. J. Semicond.. 2005. 26, № 1 **31.МБ.95**
 Brauindustrie. 2005. 90, № 9 **31.МБ.74**
 Chem. and Eng. News. 2005. 83, № 14 **31.МБ.77**
 Chem. Eng. J.. 2005. 112, № 1–3 **31.МБ.63**
 Chem. Eng.. 2005. 112, № 7 **31.МБ.79**
 Chem. Ind. and Chem. Eng. Quart.. 2005. 11, № 3 **31.МБ.27**
 Chem. Lett.. 2005. 34, № 7 **31.МБ.107**
 Chem. World. 2005. 2, № 1 **31.МБ.40**
 Chem. World. 2005. 2, № 11 **31.МБ.47**
 Chin. J. Chem. Eng.. 2005. 13, № 2 **31.МБ.12**
 Chin. J. Chem. Eng.. 2005. 13, № 3 **31.МБ.92**
 Chin. J. Polym. Sci.. 2005. 23, № 1 **31.МБ.11**
 Colloid and Polym. Sci.. 2005. 283, № 10 **31.МБ.94**
 Cryst. Growth and Des.. 2005. 5, № 4 **31.МБ.85**
 Desalination. 2005. 174, № 2 **31.МБ.21**
 Desalination. 2005. 179, № 1–3 **31.МБ.59**
 Desalination. 2005. 180, № 1–3 **31.МБ.103**
 Desalination. 2005. 180, № 1–3 **31.МБ.22**
 Desalination. 2005. 180, № 1–3 **31.МБ.97**
 Galvanotechnik. 2005. 96, № 8 **31.МБ.81**
 Galvanotechnik. 2005. 96, № 9 **31.МБ.9**
 Gaofenzi cailiao kexue yu gongcheng=Polym Mater. Sci. Technol.. 2005. 21, № 3 **31.МБ.99**
- Huagong xuebao=J. Chem. Ind. and Eng. (China). 2005. 56, № 4 **31.МБ.82**
 Huaxue xuebao=Acta chim. sin.. 2005. 63, № 13 **31.МБ.75**
 Hydrometallurgy. 2005. 80, № 3 **31.МБ.36**
 Ind. and Eng. Chem. Res.. 2005. 44, № 1 **31.МБ.30**
 Int. Desal. and Water Reuse Quart.. 2005. 15, № 2 **31.МБ.104**
 International Solvent Extraction Conference (ISEC'05), Beijing, 19-23 Sept., 2005. 2005 **31.МБ.108**
 J. Amer. Ceram. Soc.. 2005. 88, № 5 **31.МБ.35**
 J. Amer. Chem. Soc.. 2005. 127, № 20 **31.МБ.18**
 J. Amer. Chem. Soc.. 2005. 127, № 40 **31.МБ.100**
 J. Appl. Polym. Sci.. 2005. 95, № 5 **31.МБ.70**
 J. Appl. Polym. Sci.. 2005. 96, № 3 **31.МБ.57**
 J. Cent. S. Univ. Technol.. 2005. 12, № 4 **31.МБ.66**
 J. Chem. Technol. and Biotechnol.. 2005. 80, № 2 **31.МБ.65**
 J. Food Eng.. 2005. 68, № 3 **31.МБ.49**
 J. Membr. Sci.. 2005. 246, № 2 **31.МБ.29**
 J. Membr. Sci.. 2005. 250, № 1–2 **31.МБ.43**
 J. Membr. Sci.. 2005. 250, № 1–2 **31.МБ.53**
 J. Membr. Sci.. 2005. 250, № 1–2 **31.МБ.72**
 J. Membr. Sci.. 2005. 250, № 1–2 **31.МБ.84**
 J. Membr. Sci.. 2005. 250, № 1–2 **31.МБ.87**
 J. Membr. Sci.. 2005. 250, № 1–2 **31.МБ.96**
 J. Membr. Sci.. 2005. 251, № 1–2 **31.МБ.56**
 J. Membr. Sci.. 2005. 251, № 1–2 **31.МБ.67**
 J. Membr. Sci.. 2005. 251, № 1–2 **31.МБ.68**
 J. Membr. Sci.. 2005. 251, № 1–2 **31.МБ.71**
 J. Membr. Sci.. 2005. 252, № 1–2 **31.МБ.102**
 J. Membr. Sci.. 2005. 252, № 1–2 **31.МБ.13**
 J. Membr. Sci.. 2005. 252, № 1–2 **31.МБ.55**

- J. Membr. Sci.. 2005. 252, № 1–2 **31.МБ.88**
 J. Membr. Sci.. 2005. 253, № 1–2 **31.МБ.32**
 J. Membr. Sci.. 2005. 253, № 1–2 **31.МБ.37**
 J. Membr. Sci.. 2005. 253, № 1–2 **31.МБ.54**
 J. Membr. Sci.. 2005. 253, № 1–2 **31.МБ.58**
 J. Membr. Sci.. 2005. 253, № 1–2 **31.МБ.73**
 J. Membr. Sci.. 2005. 253, № 1–2 **31.МБ.89**
 J. Membr. Sci.. 2005. 254, № 1–2 **31.МБ.28**
 J. Membr. Sci.. 2005. 255, № 1–2 **31.МБ.10**
 J. Membr. Sci.. 2005. 255, № 1–2 **31.МБ.3**
 J. Nanopart. Res.. 2005. 7, № 4–5 **31.МБ.1**
 J. Phys. Chem. B. 2005. 109, № 39 **31.МБ.48**
 J. Power Sources. 2005. 139, № 1–2 **31.МБ.25**
 J. Solid State Electrochem.. 2005. 9, № 2 **31.МБ.76**
 Keram. Z.. 2005. 57, № 6 **31.МБ.62**
 Langmuir. 2005. 21, № 21 **31.МБ.14**
 Langmuir. 2005. 21, № 21 **31.МБ.15**
 Macromolecules. 2005. 38, № 15 **31.МБ.98**
 Nanotechnology. 2005. 16, № 12 **31.МБ.90**
 Polym. Adv. Technol.. 2005. 16, № 8 **31.МБ.93**
 Polym. Adv. Technol.. 2005. 16, № 9 **31.МБ.45**
 Polym. Bull.. 2005. 53, № 2 **31.МБ.69**
 Physical-Chemical Foundations of High Technologies of the XXIst Century: International Conference Dedicated to 60th Anniversary of the Institute of Physical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, May 30-June 4, 2005: Abstracts. 2005. Vol. 2 **31.МБ.112**
 Physical-Chemical Foundations of High Technologies of the XXIst Century: International Conference Dedicated to 60th Anniversary of the Institute of Physical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, May 30-June 4, 2005: Abstracts. 2005. Vol. 2 **31.МБ.113**
 Physical-Chemical Foundations of High Technologies of the XXIst Century: International Conference Dedicated to 60th Anniversary of the Institute of Physical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, May 30-June 4, 2005: Abstracts. 2005. Vol. 2 **31.МБ.114**
 Physical-Chemical Foundations of High Technologies of the XXIst Century: International Conference Dedicated to 60th Anniversary of the Institute of Physical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, May 30-June 4, 2005: Abstracts. 2005. Vol. 2 **31.МБ.115**
 Physical-Chemical Foundations of High Technologies of the XXIst Century: International Conference Dedicated to 60th Anniversary of the Institute of Physical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, May 30-June 4, 2005: Abstracts. 2005. Vol. 2 **31.МБ.116**
 Physical-Chemical Foundations of High Technologies of the XXIst Century: International Conference Dedicated to 60th Anniversary of the Institute of Physical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, May 30-June 4, 2005: Abstracts. 2005. Vol. 2 **31.МБ.117**
 International Solvent Extraction Conference (ISEC'05), Beijing, 19-23 Sept., 2005. 2005 **31.МБ.118**
 Physical-Chemical Foundations of High Technologies of the XXIst Century: International Conference Dedicated to 60th Anniversary of the Institute of Physical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, May 30-June 4, 2005: Abstracts. 2005. Vol. 2 **31.МБ.120**
 Separ. and Purif. Technol.. 2005. 45, № 2 **31.МБ.46**
 Separ. Sci. and Technol.. 2005. 40, № 1–3 **31.МБ.106**
 Solid State Ionics. 2005. 176, № 7–8 **31.МБ.23**
 Solid State Ionics. 2005. 176, № 7–8 **31.МБ.24**
 Transp. Porous Media. 2005. 61, № 3 **31.МБ.42**
 Word Water and Environ. Eng.. 2005. 28, № 3 **31.МБ.4**
 Word Water and Environ. Eng.. 2005. 28, № 3 **31.МБ.5**
 WWT: Wasserwirt. Wassertechn.. 2005, № 9 **31.МБ.8**
 Zhongguo jishui paishui=China Water and Wastewater. 2005. 21, № 6 **31.МБ.60**
 Zymurgy. 2005. 28, № 5 **31.МБ.86**
- Вестн. ВНИИ жиров. 2005, № 1 **31.МБ.31**
 Вестн. ВНИИ жиров. 2005, № 2 **31.МБ.80**
 Вестн. МГУ. Сер. 2. 2005. 46, № 4 **31.МБ.44**
 Вода и экол.: пробл. и решения. 2005, № 4 **31.МБ.61**
 Водоочистка. 2005, № 3 **31.МБ.33**
 Водоочистка. 2005, № 3 **31.МБ.50**
 Водоочистка. 2005, № 3 **31.МБ.51**
 ВСТ: Водоснабж. и сан. техн.. 2005, № 12, ч. 2 **31.МБ.41**
 Высокомолекул. соед.. 2005. 47, № 10 **31.МБ.26**
 Ж. прикл. химии. 2005. 78, № 9 **31.МБ.83**
 Крит. технол. Мембраны. 2005, № 4 **31.МБ.34**
 Крит. технол. Мембраны. 2005, № 4 **31.МБ.64**
 Крит. технол. Мембраны. 2005, № 4 **31.МБ.78**
 Материаловедение. 2005, № 8 **31.МБ.52**
 Нефтегазопереработка и нефтехимия - 2005: Материалы Международной научно-практической конференции, Уфа, 25 мая, 2005, являющейся секцией Д 6 Конгресса нефтегазопромышленников России "Нефтегазовый комплекс - реальность и перспективы", посвященного 60-летию Победы, Уфа, 24-27 мая, 2005. 2005 **31.МБ.109**
- Заявка:2866246:Франция, МПК⁷ В 01 J 13/10, В 01 J 13/20. Commissariat a l'energie atomique, Dubois Monique, Zemb Thomas. №0401579; Заявл. 17.02.2004; Оpubл. 19.08.2005. Фр. **31.МБ.122**
 Пат.:6887380:США, МПК⁷ В 01 D 39/00. Korea Research Inst. of Chemical Technology, Lee Kew-Ho, Kim In-Chul, Yun Hyung-Gu. №10/147071; Заявл. 17.05.2002; Оpubл. 03.05.2005; НПК 210/500. Англ. **31.МБ.123**
 Пат.:6899809:США, МПК⁷ С 02 F 9/00. Prime Water Systems GmbH, Scharstuhl Johan Jan, Scharstuhl Eric. №10/315276; Заявл. 06.12.2002; Оpubл. 31.05.2005; НПК 210/257.2. Англ. **31.МБ.124**
- Общероссийская конференция молодых ученых "Пищевые технологии, Казань, 14 апр., 2005: Сборник тезисов докладов. 2005 **31.МБ.110**
 Структура и динамика молекулярных систем: Сборник статей 12 Всероссийской конференции "Яльчик - 2005", [Яльчик, 27 июня-2 июля, 2005]. 2005. Вып. 12 **31.МБ.119**
 Институт кристаллографии им. А. В. Шубникова РАН, 117333, г. Москва, Ленинский просп., 59. Моск. гос. акад. тонк. хим. технол., Москва, 2005, 40 с., ил. Библ. 41. Рус. **31.МБ.121**
 Радиохимия. 2005. 47, № 4 **31.МБ.2**
 С. О. К.: Сантехника, отопление, кондиционирование. 2005, № 3 **31.МБ.20**
 Тр. Одес. политехн. ун-та. 2005, № 1 **31.МБ.19**
 Успехи в химии и хим. технол.. 2005. 19, № 1 **31.МБ.101**
 Успехи в химии и хим. технол.. 2005. 19, № 8 **31.МБ.38**
 Успехи в химии и хим. технол.. 2005. 19, № 8 **31.МБ.91**
 Хим. пром-сть сегодня. 2005, № 2 **31.МБ.39**
 Химия и технол. воды. 2005. 27, № 5 **31.МБ.7**
 Энергосбережение и водоподгот.. 2005, № 1 **31.МБ.6**
- Заявка:10339676:Германия, МПК⁷ С 03 В 20/00, В 28 В 1/26, С 01 В 33/12. Wacker-Chemie GmbH, Schwertfeger Fritz. №10339676.4; Заявл. 28.08.2003; Оpubл. 24.03.2005. Нем. **31.МБ.125**
 Пат.:6899812:США, МПК⁷ В 01 D 61/00. Zenon Environmental Inc., Cote Pierre, Janson Arnold, Husain Hadi, Singh Manwinder, Adams Nicholas. №10/098365; Заявл. 18.03.2002; Оpubл. 31.05.2005; НПК 210/636. Англ. **31.МБ.126**
 Пат.:6846392:США, МПК⁷ С 25 В 9/00. Mykrolis Corp., Stockbower David W.. №10/009744; Заявл. 31.05.2000; Оpubл. 25.01.2005; НПК 204/266. Англ. **31.МБ.127**

Заявка:10344819:Германия, МПК⁷ С 08 J 5/22. Sartorius AG, VIVASCIENCE AG, Demmer Wolfgang, Fischer-Fruhholz Stefan, Kocourek Andreas, NuSSbaumer Dietmar, Wunn Eberhard. №10344819.5; Заявл. 26.09.2003; Оpubл. 14.04.2005. Нем. **31.МБ.128**
 Пат.:6936560:США, МПК⁷ В 01 J 29/06. NGK Insulators, Ltd, Mori Nobuhiko, Tomita Toshihiro, Sakai Hitoshi. №10/792500; Заявл. 03.03.2004; Оpubл. 30.08.2005: Приор. 19.09.2001, №2001-285740(Япония); НПК 502/4. Англ. **31.МБ.129**
 Пат.:6939468:США, МПК⁷ В 01 D 39/14. Pall Corp., Wang I-Fan, Morris Richard A., Zepf Robert F.. №10/427752; Заявл. 29.04.2003; Оpubл. 06.09.2005; НПК 210/641. Англ. **31.МБ.130**
 Пат.:6929884:США, МПК⁷ Н 01 М 2/16. Zinc Matrix Power, Inc., Cheiky Michael, Hago Wilson. №10/246515; Заявл. 18.09.2002; Оpubл. 16.08.2005; НПК 429/255. Англ. **31.МБ.131**
 Пат.:6914084:США, МПК⁷ С 08 J 5/20. Celanese Ventures GmbH, Soczka-Guth Thomas, Padberg Christoph, Frank Georg. №09/807304; Заявл. 18.09.1999; Оpubл. 05.07.2005. Англ. **31.МБ.132**
 Заявка:1518656:ЕПВ, МПК⁷ В 29 С 45/14, В 29 С 45/16. Giardini Edo, Panzeri LucaLunati, Vittoriano LUNATI & MAZZONI S. a. s. Via Carlo Pisacane, 36 20129 Milano IT. №03425624.8; Заявл. 26.09.2003; Оpubл. 30.03.2005. Англ. **31.МБ.133**
 Заявка:102004019267:Германия, МПК⁷ G 01 N 3/32, G 01 N 11/00. Pechhold Wolfgang, Pechhold Wolfgang, Futterknecht Gunther, Dammann Hubert. №102004019267.7; Заявл. 21.04.2004; Оpubл. 17.11.2005. Нем. **31.МБ.134**
 Пат.:6905604:США, МПК⁷ В 01 D 61/00. New Mexico Technical Research Foundation, Taber Joseph J.. №10/353871; Заявл. 29.01.2003; Оpubл. 14.06.2005; НПК 210/652. Англ. **31.МБ.135**
 Пат.:6837381:США, МПК⁷ В 01 D 71/56. Nitto Denko Corp., Hirose Masahiko. №10/002549; Заявл. 02.11.2001; Оpubл. 04.01.2005; НПК 210/490. Англ. **31.МБ.136**

Заявка:10354571:Германия, МПК⁷ С 12 G 3/00. Sartorius AG, Worner Martin, Gohs Michael. №10354571.9; Заявл. 21.11.2003; Оpubл. 07.07.2005. Нем. **31.МБ.137**
 Пат.:2253505:Россия, МПК⁷ В 01 D 63/10. ЗАО "Науч.-Прозв. Компания "Медиана-фильтр", Пантелеев А. А., Углов С. А., Громов С. Л., Приходько А. Е.. №2003132125/15; Заявл. 04.11.2003; Оpubл. 10.06.2005. Рус. **31.МБ.138**
 Пат.:6841285:США, МПК⁷ Н 01 М 8/10, С 08 J 5/22. Ballard Power Systems Inc., Wilkinson David P., Roberts Joy A., Jia Nengyou, Yuh Eagranie, Knights Shanna D., St-Pierre Jean. №10/230953; Заявл. 28.08.2002; Оpubл. 11.01.2005; НПК 429/33. Англ. **31.МБ.143**
 Пат.:6881337:США, МПК⁷ В 01 D 39/16. Baxter International Inc., Meluch Timothy B., Chiang Chung-Yuan, Jaanine Hamid, Nguyen Thanh, Radovich John M., Ruzius Kees, Silva Lalith K., Washington George. №09/767558; Заявл. 22.06.2001; Оpubл. 19.04.2005; НПК 210/500.41. Англ. **31.МБ.140**
 Пат.:6884344:США, МПК⁷ С 02 F 1/68. Organo Corp., Yamashita Yukinari, Futatsuki Takashi. №10/329899; Заявл. 26.12.2002; Оpubл. 26.04.2005: Приор. 15.01.2002, №2002-005879(Япония); НПК 210/195.2. Англ. **31.МБ.139**
 Пат.:6893568:США, МПК⁷ В 01 D 61/00. ZENON Environmental Inc., Janson Arnold, Adams Nicholas, Cadera Jason, Cote Pierre, Pedersen Steven. №09/565032; Заявл. 05.05.2000; Оpubл. 17.05.2005; НПК 210/650. Англ. **31.МБ.142**
 Пат.:6927066:США, МПК⁷ G 01 N 33/24. Enitecnologie S. p. A., De Angelis L.. №09/581264; Заявл. 18.02.1999; Оpubл. 09.08.2005; НПК 436/128. Англ. **31.МБ.141**
 Пат.:6939719:США, МПК⁷ G 01 N 27/416. Korea Inst. of Science and Technology, Chun M.-S., Kim J.-J., Lee S. Y.. №10/821856; Заявл. 12.04.2004; Оpubл. 06.09.2005; НПК 436/151. Англ. **31.МБ.144**

Патентный указатель

Германия	Россия	6936560 – 31.МБ.129	6927066 – 31.МБ.141
10339676 – 31.МБ.125	2253505 – 31.МБ.138	6939468 – 31.МБ.130	6893568 – 31.МБ.142
10344819 – 31.МБ.128		6929884 – 31.МБ.131	6841285 – 31.МБ.143
10354571 – 31.МБ.137	США	6914084 – 31.МБ.132	6939719 – 31.МБ.144
102004019267 – 31.МБ.134	6887380 – 31.МБ.123	6905604 – 31.МБ.135	
	6899809 – 31.МБ.124	6837381 – 31.МБ.136	Франция
ЕПВ	6899812 – 31.МБ.126	6884344 – 31.МБ.139	2866246 – 31.МБ.122
1518656 – 31.МБ.133	6846392 – 31.МБ.127	6881337 – 31.МБ.140	

Список сокращений

ААС – атомно-адсорбционная спектроскопия
 АД – адсорбция
 АРУ – ароматические углеводороды
 БПК – биологическое потребление кислорода
 ВА – вольтамперометрия
 ВЧ – высокая частота
 ГГ – градуировочный график
 ГК – гексан
 ГХ – газовая хроматография
 ДДС – додецилсульфат

ДИП – детектор с ионизацией в пламени
 ДМФА – диметилформамид
 ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота
 ДС – десорбция
 ДСК – дифференциальная сканирующая калориметрия
 ДТА – дифференциальный термический анализ
 ЖК – жидкий кристалл
 ЖХ – жидкостная хроматография
 ИК – инфракрасный
 ИКС – инфракрасная спектроскопия

ИО – ионный обмен	ПФ – подвижная фаза
ИОХ – ионообменная хроматография	ПФО – полифениленоксид
ИСЭ – ионоселективный электрод	ПЭ – полиэтилен
ИХ – ионная хроматография	ПЭГ – полиэтиленгликоль
ККМ – критическая концентрация мицеллообразования	ПЭО – полиэтиленоксид
КЛ – колонка	ПЭТФ – полиэтилентерефталат
КМЦ – карбоксиметилцеллюлоза	ПЭФ – полиэфиры
КТ – катализатор	ПЭФС – полиэфиры сложные
ЛМ – люминесценция	РЗЭ – редкоземельный элемент
ЛОС – летучее органическое соединение	РК – реактор
МБ – мембрана	РНК – рибонуклеиновая кислота
МДФ – мелко-дисперсные фракции	РСТА – рентгеноструктурный анализ
МКП – молярный коэффициент погашения	РФЛА – рентгеновский флуоресцентный анализ
ММ – молекулярная масса	РЭС – рентгеновская электронная спектроскопия
ММА – метилметакрилат	СВ – сточные воды
МНК – метод наименьших квадратов	СГ – силикагель
МС – масс-спектрометрия	СК – синтетический каучук
МСВИ – масс-спектрометрия вторичных ионов	СП – степень полимеризации
НПАВ – неионогенное поверхностно-активное вещество	СПЛ – сополимер
НФ – неподвижная фаза	СТ – сталь
НЧ – низкая частота	СФМ – спектрофотометрия
ОП – оптическая плотность	СЭ – селективный электрод
ПА – полиамиды	СЭМ – сканирующая электронная микроскопия
ПАВ – поверхностно-активное вещество	ТБФ – трибутилфосфат
ПАК – полиакриловая кислота	ТГА – термогравиметрический анализ
ПАН – полиакрилонитрил	ТГФ – тетрагидрофуран
ПВ – поверхность	ТСХ – тонкослойная хроматография
ПВДФ – поливинилиденфторид	ТТ – титрование
ПВС – поливиниловый спирт	ТЭ – топливный элемент
ПВХ – поливинилхлорид	ТЭС – теплоэлектростанция
ПДК – предельно допустимая концентрация	УВ – углеводород
ПДМС – полидиметилсилоксан	УЗ – ультразвук
ПИ – полиимиды	УФ – ультрафиолетовый
ПИА – проточно-инжекционный анализ	ФЛ – флуоресценция
ПК – покрытие	ФЭС – фотоэлектронная спектроскопия
ПЛ – пленка	ХГ – хроматография
ПММА – полиметилметакрилат	ХМС – хроматомасс-спектрометрия
ПП – полипропилен	ХПК – химическое потребление кислорода
ПР – проводимость	Ц – целлюлоза
ПРО – предел обнаружения	ЦВА – циклическая вольтамперометрия
ПС – полистирол	ЦТ – цеолит
ПТ – потенциал	Э – электрод
ПТФЭ – политетрафторэтилен	Вз – бензоил
ПУ – полиуретан	Et – этил

Journal of Membrane Science

Volume 278, Issues 1-2, Pages 1-464 (5 July 2006)

The Journal of Membrane Science celebrates its 30th year and looks to the future

Pp. 1-2

Bill Koros

Removal of small viruses (parvovirus) from IgG solution by virus removal filter Planova® 20N

Pp. 3-9

Tomoko Hongo-Hirasaki, Kazuhito Yamaguchi, Kouichirou Yanagida and Kazuo Okuyama

Fabrication of ion-exchange ultrafiltration membranes for water treatment: I. Semi-interpenetrating polymer networks of polysulfone and poly(acrylic acid)

Pp. 10-18

Chamekh Ould M'Bareck, Quang Trong Nguyen, Stephane Alexandre and Irène Zimmerlin

Probing the structural variations of thin film composite RO membranes obtained by coating polyamide over polysulfone membranes of different pore dimensions

Pp. 19-25

Puyam S. Singh, S.V. Joshi, J.J. Trivedi, C.V. Devmurari, A. Prakash Rao and P.K. Ghosh

Sulfonated copoly(phthalazinone ether ketone nitrile)s as proton exchange membrane materials

Pp. 26-34

Yan Gao, Gilles P. Robertson, Michael D. Guiver, Guoqing Wang, Xigao Jian, Serguei D. Mikhailenko, Xiang Li and Serge Kaliaguine

Nafion®/clay-SO₃H membrane for proton exchange membrane fuel cell application

Pp. 35-42

Philippe Bébin, Magaly Caravanier and Hervé Galiano

Time-lags for radial transport with boundary-layer resistance in a v-dimensional membrane

Pp. 43-65

Richard Ash

On the full-scale module design of an air separation unit using mixed ionic electronic conducting membranes

Pp. 66-71

Jaap F. Vente, Wim. G. Haije, Ruud IJpelaan and Frans T. Rusting

Synergistic effects in combined fouling of a loose nanofiltration membrane by colloidal materials and natural organic matter

Pp. 72-82

Qilin Li and Menachem Elimelech

Silica filled poly(1-trimethylsilyl-1-propyne) nanocomposite membranes: Relation between the transport of gases and structural characteristics

Pp. 83-91

Kristien De Sitter, Petra Winberg, Jan D'Haen, Chris Dotremont, Roger Leysen, Johan A. Martens, Steven Mullens, Frans H.J. Maurer and Ivo F.J. Vankelecom

Efficient development of effective hollow fiber membranes for gas separations from novel polymers

Pp. 92-104

David W. Wallace, Claudia Staudt-Bickel and William J. Koros

Structural and electrochemical investigation on re-cast Nafion membranes for polymer electrolyte fuel cells (PEFCs) application

Pp. 105-113

A. Saccà, A. Carbone, R. Pedicini, G. Portale, L. D'Ilario, A. Longo, A. Martorana and E. Passalacqua

Desalination by ammonia-carbon dioxide forward osmosis: Influence of draw and feed solution concentrations on process performance

Pp. 114-123

Jeffrey R. McCutcheon, Robert L. McGinnis and Menachem Elimelech

A parametric study of iontophoretic transdermal drug-delivery systems

Pp. 124-132

Laurent Simon, Alison Nickol Weltner, Yiping Wang and Bozena Michniak

Polyethersulfone membrane biohybrid system using pig hepatocytes: Effect of diclofenac on cell biotransformation and synthetic functions

Pp. 133-143

L. De Bartolo, S. Morelli, L. Giorno, C. Campana, M. Rende, S. Salerno, S. Maida and E. Drioli

Dispersion characteristics of a rotating hollow fiber membrane bioreactor: Effects of module packing density and rotational frequency

Pp. 144-150

Tony J. Rector, Jay L. Garland and Stanley O. Starr

Modelling of membrane fouling in a submerged membrane bioreactor

Pp. 151-161

Xiao-yan Li and Xiao-mao Wang

Processing and characterization of La_{0.5}Sr_{0.5}FeO₃-supported Sr_{1-x}Fe(Al)O₃-SrAl₂O₄ composite membranes

Pp. 162-172

A.V. Kovalevsky, V.V. Kharton, F. Maxim, A.L. Shaula and J.R. Frade

Novel oxygen-enhanced membrane assemblies for biosensors

Pp. 173-180

L. Lin and J.T. Guthrie

An analytical study of laminar co-current flow gas absorption through a parallel-plate gas-liquid membrane contactor

Pp. 181-189

W.P. Wang, H.T. Lin and C.D. Ho

Particle deposition in outside-in hollow fiber filters and its effect on their performance

Pp. 190-198

Yuriy S. Polyakov

Solvent-resistant nanofiltration with filled polydimethylsiloxane (PDMS) membranes

Pp. 199-204

Lieven E.M. Gevers, Ivo F.J. Vankelecom and Pierre A. Jacobs

Momentum balance analysis of permeate flux for ultrafiltration in tubular membranes with gradually increasing incidental angles of a wired-rod insert

Pp. 205-211

H.M. Yeh and Y.F. Chen

Preparation of hybrid membrane reactors and their application for partial oxidation of propane with CO₂ to propylene

Pp. 212-218

S.H. Zhong, H.W. Sun, X.T. Wang, H.Q. Shao and J.B. Guo

Physical cleaning by means of electric field in the ultrafiltration of a biological solution

Pp. 219-224

Carlos C. Tarazaga, Mercedes E. Campderrós and Antonio Pérez Padilla

Anisotropic transport in water swollen flake-filled membranes

Pp. 225-231

J.D. White and E.L. Cussler

Fouling of ultrafiltration membrane by effluent organic matter: A detailed characterization using different organic fractions in wastewater

Pp. 232-238

H.K. Shon, S. Vigneswaran, In S. Kim, J. Cho and H.H. Ngo

Optimization of the membrane and pore design for micro-machined membranes

Pp. 239-250

G. Brans, R.G.M. van der Sman, C.G.P.H. Schroën, A. van der Padt and R.M. Boom

Adsorption of bovine serum albumin on polyether sulfone ultrafiltration membranes: Determination of interfacial interaction energy and effective diffusion coefficient

Pp. 251-260

Sema Salgın, Serpil Takaç and Tunçer H. Özdamar

High performance ultrafiltration composite membranes based on poly(vinyl alcohol) hydrogel coating on crosslinked nanofibrous poly(vinyl alcohol) scaffold

Pp. 261-268

Xuefen Wang, Dufei Fang, Kyunghwan Yoon, Benjamin S. Hsiao and Benjamin Chu

DFT investigation of the polymer electrolyte membrane degradation caused by OH radicals in fuel cells

Pp. 269-278

Alexander Panchenko

Synthesis of highly methanol selective membranes for separation of methyl tertiary butyl ether (MTBE)-methanol mixtures by pervaporation

Pp. 279-289

S. Ray and S.K. Ray

Periodic electric field enhanced transport through membranes

Pp. 290-300

T.R. Mollee, Y.G. Anissimov and M.S. Roberts

Some observations about electrolyte permeation mechanism through reverse osmosis and nanofiltration membranes

Pp. 301-307

Parna Mukherjee and Arup K. SenGupta

Numerical simulation of a UV photografting process for hollow-fiber membranes

Pp. 308-317

T. Goma-Bilongo, A. Akbari, M.J. Clifton and J.-C. Remigy

The influence of polarity on flux and rejection behaviour in solvent resistant nanofiltration—Experimental observations

Pp. 318-327

E.S. Tarleton, J.P. Robinson, C.R. Millington, A. Nijmeijer and M.L. Taylor

Ultrafiltration of oil-in-water emulsions with ceramic membranes: Influence of pH and crossflow velocity

Pp. 328-334

Alberto Lobo, Ángel Cambiella, José Manuel Benito, Carmen Pazos and José Coca

Influence of carbonisation parameters on the transport properties of carbon membranes by statistical analysis

Pp. 335-343

Jincai Su and Aik Chong Lua

Evaluation of microsieve membrane design

Pp. 344-348

G. Brans, J. Kromkamp, N. Pek, J. Gielen, J. Heck, C.J.M. van Rijn, R.G.M van der Sman, C.G.P.H. Schroën and R.M. Boom

Macroporous support coatings for molecular separation membranes having a minimum defect density

Pp. 349-356

Ben C. Bonekamp, Arjan van Horssen, Luci A. Correia, Jaap F. Vente and Wim G. Haije

On Schroeder's paradox

Pp. 357-364

Cécile Vallières, Dirk Winkelmann, Denis Roizard, Eric Favre, Philip Scharfer and Matthias Kind

Synthesis of poly(phenylacetylene)-based polydendrons consisting of a phenyleneethynylene repeating unit, and oxygen/nitrogen permeation behavior of their membranes

Pp. 365-372

Takashi Kaneko, Kazuto Yamamoto, Motohiro Asano, Masahiro Teraguchi and Toshiki Aoki

Recovery of platinum(IV) and palladium(II) by bayberry tannin immobilized collagen fiber membrane from water solution

Pp. 373-380

He-wei Ma, Xue-pin Liao, Xin Liu and Bi Shi

A new approach to backwash initiation in membrane systems

Pp. 381-389

Paul James Smith, Saravanamuth Vigneswaran, Huu Hao Ngo, Roger Ben-Aim and Hung Nguyen

Morphology control of polysulfone hollow fiber membranes via water vapor induced phase separation

Pp. 390-400

H.A. Tsai, C.Y. Kuo, J.H. Lin, D.M. Wang, A. Deratani, C. Pochat-Bohatier, K.R. Lee and J.Y. Lai

Preparation of inner-side tubular zeolite NaA membranes in a semi-continuous synthesis system

Pp. 401-409

Marc Pera-Titus, Reyes Mallada, Joan Llorens, Fidel Cunill and Jesús Santamaría

A comparison of vertical scanning interferometry (VSI) and atomic force microscopy (AFM) for characterizing membrane surface topography

Pp. 410-417

Ismail Koyuncu, Jonathan Brant, Andreas Lüttge and Mark R. Wiesner

Characterization of polymeric nanofiltration membranes for systematic analysis of membrane performance

Pp. 418-427

K. Boussu, Y. Zhang, J. Cocquyt, P. Van der Meeren, A. Volodin, C. Van Haesendonck, J.A. Martens and B. Van der Bruggen

Synthesis and characterization of sulfonated poly(arylene ether sulfone) copolymers containing carboxyl groups for direct methanol fuel cells

Pp. 428-436

Dae Sik Kim, Kwang Ho Shin, Ho Bum Park, Youn Suk Chung, Sang Yong Nam and Young Moo Lee

Preparation and characterization of high selectivity organic-inorganic hybrid-laminated Nafion 115 membranes for DMFC

Pp. 437-446

C.W. Lin, K.C. Fan and R. Thangamuthu

Modulation of the morphologies and performance of polyacrylonitrile-based asymmetric membranes containing reactive groups: Effect of non-solvents in the dope solution

Pp. 447-456

Zhen-Gang Wang, Zhi-Kang Xu and Ling-Shu Wan

Development of charged ion exchange resin-polymer ultrafiltration membranes to reduce organic fouling

Pp. 457-463

N.A. Ochoa, M. Masuelli and J. Marchese

Volume 279, Issues 1-2, Pages 1-674 (1 August 2006)

Polymeric CO₂/N₂ gas separation membranes for the capture of carbon dioxide from power plant flue gases

Pp. 1-49

Clem E. Powell and Greg G. Qiao

Membrane formation via thermally induced phase separation (TIPS): Model development and validation

Pp. 50-60

Dongmei Li, William B. Krantz, Alan R. Greenberg and Robert L. Sani

Hollow fibers as structured packing for olefin/paraffin separations

Pp. 61-69

Dali Yang, Robert S. Barbero, David J. Devlin, E.L. Cussler, Craig W. Colling and Martin E. Carrera

Mixed conductive membrane: Aniline polymerization in an acid SPEEK matrix

Pp. 70-75

Jerusa Roeder, Valtencir Zucolotto, Sergey Shishatskiy, José R. Bertolino, Suzana P. Nunes and Alfredo T.N. Pires

Poly(*N,N*-dimethylaminoethyl methacrylate)/polysulfone composite membranes for gas separations

Pp. 76-85

Runhong Du, Xianshe Feng and Amit Chakma

Recovery of key components from real flavor concentrates by pervaporation

Pp. 86-93

Manjuan She and Sun-Tak Hwang

Towards first principles-based identification of ternary alloys for hydrogen purification membranes

Pp. 94-99

Preeti Kamakoti and David S. Sholl

Three-dimensional pore connectivity in bi-axially stretched microporous composite membranes

Pp. 100-110

D.L. Green, L. McAmish and A.V. McCormick

The unusual change of permeation rate in PDMS membranes filled with crystalline calixarene and its derivative

Pp. 111-119

Liang Liu, Zhongyi Jiang, Fusheng Pan, Fubing Peng and Hong Wu

A Pluronic-coupled metal-chelating ligand for membrane affinity chromatography

Pp. 120-128

S. Govender, W.J. Przybylowicz, E.P. Jacobs, M.W. Bredenkamp, L. van Kralingen and P. Swart

Diffusive tortuosity factor of solid and soft cake layers: A random walk simulation approach

Pp. 129-139

Albert S. Kim and Huaiqun Chen

Evaluation of changes on ion-selective membranes in contact with zinc-cyanide complexes

Pp. 140-147

M.A.S. Rodrigues, C. Korzenowski, E. Gondran, A.M. Bernardes and J.Z. Ferreira

Flux enhancement for polypropylene microporous membrane in a SBR by the immobilization of poly(*N*-vinyl-2-pyrrolidone) on the membrane surface

Pp. 148-155

Hai-Yin Yu, Zhi-Kang Xu, Ya-Jie Xie, Zhen-Mei Liu and Shu-Yuan Wang

Heat supply and reduction of polarization effects in pervaporation by two-phase feed

Pp. 156-164

J. Fontalvo, M.A.G. Vorstman, J.G. Wijers and J.T.F. Keurentjes

Effect of membrane fouling on transport of organic contaminants in NF/RO membrane applications

Pp. 165-175

Pei Xu, Jörg E. Drewes, Tae-Uk Kim, Christopher Bellona and Gary Amy

Influence of steam and carbon dioxide on the hydrogen flux through thin Pd/Ag and Pd membranes

Pp. 176-185

F.C. Giелens, R.J.J. Knibbeler, P.F.J. Duysinx, H.D. Tong, M.A.G. Vorstman and J.T.F. Keurentjes

SPEEK/PPSU-based organic-inorganic membranes: proton conducting electrolytes in anhydrous and wet environments

Pp. 186-191

M. Luisa Di Vona, Alessandra D'Epifanio, Debora Marani, Marcella Trombetta, Enrico Traversa and Silvia Licoccia

A novel of positively charged asymmetry membrane prepared from poly(2,6-dimethyl-1,4-phenylene oxide) by in situ amination: Part III. Effect of benzyl and aryl bromination degrees of polymer on membrane performance and morphologies

Pp. 192-199

Beibei Tang, Tongwen Xu, Peijian Sun and Weihua Yang

Fundamental studies of a new series of anion exchange membranes: Membranes prepared from bromomethylated poly(2,6-dimethyl-1,4-phenylene oxide) (BPPO) and pyridine

Pp. 200-208

Yuan Li, Tongwen Xu and Ming Gong

Organic nanocolloid fouling in UF membranes

Pp. 209-219

Boksoon Kwon, Jaeweon Cho, Noeon Park and John Pellegrino

Preparation of proton-conducting sulfonated poly(ether ether ketone)/boron phosphate composite membranes by an in situ sol-gel process

Pp. 220-229

Palanichamy Krishnan, Jin-Soo Park and Chang-Soo Kim

Rheological and thermodynamic variation in polysulfone solution by PEG introduction and its effect on kinetics of membrane formation via phase-inversion process

Pp. 230-237

Qing-Zhu Zheng, Peng Wang and Ya-Nan Yang

Preparation, characterization and application in wastewater treatment of a novel thermal stable composite membrane

Pp. 238-245

Chunrui Wu, Shouhai Zhang, Daling Yang, Ju Wei, Chun Yan and Xigao Jian

Effects of coagulants on porous structure of membranes prepared from cellulose in NaOH/urea aqueous solution

Pp. 246-255

Yuan Mao, Jinping Zhou, Jie Cai and Lina Zhang

Microstructure development of mesoporous silica thin films with pore channels aligned perpendicularly to electrode surfaces and application to proton conducting composite electrolyte membranes

Pp. 256-265

Junichiro Otomo, Shuqiang Wang, Hiroshi Takahashi and Hidetoshi Nagamoto

Influence of the diamine structure on the nanofiltration performance, surface morphology and surface charge of the composite polyamide membranes

Pp. 266-275

S. Verissimo, K.-V. Peinemann and J. Bordado

Influence of porous substrate on mesopore structure and water permeability of surfactant templated mesoporous silica membranes

Pp. 276-281

Sankhanilay Roy Chowdhury, Alisia M. Peters, Dave H.A. Blank and Johan E. ten Elshof

Fundamental studies on a novel series of bipolar membranes prepared from poly(2,6-dimethyl-1,4-phenylene oxide) (PPO): II. Effect of functional group type of anion-exchange layers on I-V curves of bipolar membranes

Pp. 282-290

Tongwen Xu, Rongqiang Fu, Weihua Yang and Yanhong Xue

Recovery of trypsin inhibitor and soy milk protein concentration by dynamic filtration

Pp. 291-300

O. Akoum, D. Richfield, M.Y. Jaffrin, L.H. Ding and P. Swart

Modeling and experimental study of CO₂ absorption in a hollow fiber membrane contactor

Pp. 301-310

Hong-Yan Zhang, Rong Wang, David Tee Liang and Joo Hwa Tay

Transport mechanisms of dissolved organic compounds in aqueous solution during nanofiltration

Pp. 311-319

L. Braeken, B. Bettens, K. Boussu, P. Van der Meer, J. Cocquyt, J. Vermant and B. Van der Bruggen

Oxygen permeability and stability of Al₂O₃-doped SrCo_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-δ} mixed conducting oxides

Pp. 320-327

Zhentaо Wu, Wanqin Jin and Nanping Xu

Development and characterization of anti-fouling cellulose hollow fiber UF membranes for oil-water separation

Pp. 328-335

Hong-Jian Li, Yi-Ming Cao, Jian-Jun Qin, Xing-Ming Jie, Tong-Hua Wang, Jian-Hui Liu and Quan Yuan

Preparing highly porous chitosan/cellulose acetate blend hollow fibers as adsorptive membranes: Effect of polymer concentrations and coagulant compositions

Pp. 336-346

Chunxiu Liu and Renbi Bai

Sustainable flux enhancement in non-circular ceramic membranes on wastewater using the Fenton process

Pp. 347-353

T.Y. Chiu and A.E. James

Electrospun polylactic acid nanofiber membranes as substrates for biosensor assemblies

Pp. 354-363

Dapeng Li, Margaret W. Frey and Antje J. Baeumner

The effect of coagulation with MF/UF membrane filtration for the removal of virus in drinking water

Pp. 364-371

Liv Fiksdal and TorOve Leiknes

Gas permeation properties of poly(2,6-dimethyl-1,4-phenylene oxide) (PPO) derived carbon membranes prepared on a tubular ceramic support

Pp. 372-379

Hong-Joo Lee, Miki Yoshimune, Hiroyuki Suda and Kenji Haraya

Mathematical modeling of emulsion liquid membrane pertraction of gold (III) from aqueous solutions

Pp. 380-388

Ali Kargari, Tahereh Kaghazchi and Mansoureh Soleimani

Experimental and modeling of selective separation of gold(III) ions from aqueous solutions by emulsion liquid membrane system

Pp. 389-393

Ali Kargari, Tahereh Kaghazchi, Baharak Mardangahi and Mansoureh Soleimani

Evaluation of membranes for the novel vanadium bromine redox flow cell

Pp. 394-402

Helen Vafiadis and Maria Skyllas-Kazacos

Highly selective facilitated transport membranes for isoprene/*n*-pentane separation

Pp. 403-409

Hyun Woo Choi, Dong Bum Kim, Dae Ki Choi, Byeong Sung Ahn, Hong gon Kim, Hoon Sik Kim, Chang Ha Lee and Joon Yong Sung

Characterisation of nanofiltration membranes: Structural analysis by the DSP model and microscopical techniques

Pp. 410-417

J.A. Otero, G. Lena, J.M. Colina, P. Prádanos, F. Tejerina and A. Hernández

Dilute solution behavior of partly hydrolyzed poly(vinyl acetate) in selective solvent mixtures and the pervaporation performance of their membranes in benzene/cyclohexane separation

Pp. 418-423

Y.X. Bai, J.W. Qian, H.B. Sun and Q.F. An

Observations on the permeation performance of solvent resistant nanofiltration membranes

Pp. 424-433

D.F. Stamatialis, N. Stafie, K. Buadu, M. Hempenius and M. Wessling

On maintaining consistency between the film model and the profile of the concentration polarisation layer

Pp. 434-438

S.S. Vasan and Robert W. Field

Development of a new porous metal support of metallic dense membrane for hydrogen separation

Pp. 439-445

Shin-Kun Ryi, Jong-Soo Park, Sung-Hyun Kim, Sung-Ho Cho, Joo-Seok Park and Dong-Won Kim

Polyaminocarboxylic acids rejection by charged nanofiltration membrane

Pp. 446-452

A. Sorin, A. Favre-Réguillon, S. Pellet-Rostaing, G. Bernier and M. Lemaire

A comparison of nanofiltration with aqueous and organic solvents

Pp. 453-458

Yanyan Zhao and Qipeng Yuan

Pervaporation of dichlorinated organic compounds through silicalite-1 zeolite membrane

Pp. 459-465

Hyoseong Ahn and Yongtaek Lee

Modeling of a radial flow hollow fiber module and estimation of model parameters for aqueous multi-component mixture using numerical techniques

Pp. 466-478

S. Senthilmurugan and Sharad K. Gupta

Effect of the casting solvent on the crystal characteristics and pervaporative separation performances of P(VDF-co-HFP) membranes

Pp. 479-486

Xiuzhi Tian, Xue Jiang, Baoku Zhu and Youyi Xu

Gas-sparged ultrafiltration using horizontal and inclined tubular membranes—A CFD study

Pp. 487-494

Taha Taha, W.L. Cheong, R.W. Field and Z.F. Cui

Quantifying the shear at the surface of submerged hollow fiber membranes

Pp. 495-505

P.R. Bérubé, G. Afonso, F. Taghipour and C.C.V. Chan

Metal dioxide supported heteropolyacid/Nafion® composite membranes for elevated temperature/low relative humidity PEFC operation

Pp. 506-512

V. Ramani, H.R. Kunz and J.M. Fenton

The impact of the water background inorganic matrix on the natural organic matter removal by nanofiltration

Pp. 513-520

Margarida Ribau Teixeira and Maria João Rosa

Role of conditioning on water uptake and hydraulic permeability of Nafion® membranes

Pp. 521-528

Christine E. Evans, Richard D. Noble, Sarah Nazeri-Thompson, Brian Nazeri and Carl A. Koval

Nanofiltration membrane performance on fluoride removal from water

Pp. 529-538

Kang Hu and James M. Dickson

Ordered mesoporous membranes: Effects of support and surfactant removal conditions on membrane quality

Pp. 539-547

P. Kumar, J. Ida, S. Kim, V.V. Guliants and J.Y.S. Lin

Novel SPEEK/heteropolyacids loaded MCM-41 composite membranes for fuel cell applications

Pp. 548-557

S.M.J. Zaidi and M.I. Ahmad

A new method for the prediction of pore size distribution and MWCO of ultrafiltration membranes

Pp. 558-569

Jizhong Ren, Zhansheng Li and Fook-Sin Wong

Synthesis and characterization of new sulfonated polyimides as proton-exchange membranes for fuel cells

Pp. 570-577

Xinhuai Ye, He Bai and W.S. Winston Ho

Sludge characteristics and effect of crossflow membrane filtration on membrane fouling in a jet loop membrane bioreactor (JLMBR)

Pp. 578-587

Burhanettin Farizoglu and Bulent Keskinler

Interfacially polymerized hydrophilic microporous thin film composite membranes on porous polypropylene hollow fibers and flat films

Pp. 588-600

A.P. Korikov, P.B. Kosaraju and K.K. Sirkar

Influence of solvent on the structure and performance of cellulose acetate membranes

Pp. 601-607

Zhansheng Li, Jizhong Ren, Anthony G. Fane, Dong Fei Li and Fook-Sin Wong

Direct measurement of nanofluxes and structural relaxations of perfluorinated ionomer membranes by scanning probe microscopy

Pp. 608-614

Joseph H. Wei, Mingyan He and René M. Overney

Deadend outside-in hollow fiber membrane filter: Mathematical model

Pp. 615-624

Yuriy S. Polyakov

The effects of flow rate on membrane capacity: Development and application of adsorptive membrane fouling models

Pp. 625-634

Glen R. Bolton, Austin W. Boesch and Matthew J. Lazzara

Comparative behaviour of hydrophilic membranes in the pervaporative dehydration of cyclohexane

Pp. 635-644

P. Gómez, M.C. Daviou, R. Ibáñez, A.M. Eliceche and I. Ortiz

Propylene separation from nitrogen by poly(ether block amide) composite membranes

Pp. 645-654

Li Liu, Amit Chakma and Xianshe Feng

Diagnostic characterization of gypsum scale formation and control in RO membrane desalination of brackish water

Pp. 655-668

Anditya Rahardianto, Wen-Yi Shih, Ron-Wai Lee and Yoram Cohen

Preparation and characterization of non-ionic block co-polymer templated mesoporous silica membranes

Pp. 669-674

Scott Higgins, Raymond Kennard, Nathan Hill, Joseph DiCarlo and William J. DeSisto

Volume 280, Issues 1-2, Pages 1-992 (1 September 2006)

Separation of amino acid mixtures using multilayer polyelectrolyte nanofiltration membranes

Pp. 1-5

Seong Uk Hong and Merlin L. Bruening

Preparation of P(AN-MMA) microporous membrane for Li-ion batteries by phase inversion

Pp. 6-9

Weihua Pu, Xiangming He, Li Wang, Zheng Tian, Changyin Jiang and Chunrong Wan

Mathematical simulation of capillary filtration process for the preparation of tubular ceramic ultrafiltration membrane

Pp. 10-19

Xingsong Ju and Hongli Zhao

Characterization of the novel ETFE-based membrane

Pp. 20-28

V. Saarinen, M. Karesoja, T. Kallio, M. Paronen and K. Kontturi

Effect of a resistance-free tank on the resistance to gas transport in high vacuum tube

Pp. 29-36

B. Kruczek, F. Shemshaki, S. Lashkari, R. Chapanian and H.L. Frisch

Alginate/gelatin blend films and their properties for drug controlled release

Pp. 37-44

Zhanfeng Dong, Qun Wang and Yumin Du

Novel crosslinked chitosan/poly(vinylpyrrolidone) blend membranes for dehydrating tetrahydrofuran by the pervaporation technique

Pp. 45-53

D. Anjali Devi, B. Smitha, S. Sridhar and T.M. Aminabhavi

Fluorenyl-containing sulfonated poly(aryl ether ether ketone ketone)s (SPFEEKK) for fuel cell applications

Pp. 54-64

Baijun Liu, Dae-Sik Kim, Jeffrey Murphy, Gilles P. Robertson, Michael D. Guiver, Serguei Mikhailenko, Serge Kaliaguine, Yi-Ming Sun, Ying-Ling Liu and Jun-Yih Lai

Theoretical analysis of the performance of composite membrane consisting of the catalytic and nanofiltration layers

Pp. 65-72

Stanisław Koter and Izabela Koter

Quantitative analysis of transport process of cerium(III) ion through polymer inclusion membrane containing *N,N,N',N'*-tetraoctyl-3-oxapentanediamide (TODGA) as carrier

Pp. 73-81

Samuel P. Kusumocahyo, Kimio Sumaru, Takashi Iwatsubo, Toshio Shinbo, Toshiyuki Kanamori, Hideto Matsuyama and Masaaki Teramoto

Productivity enhancement in a cross-flow ultrafiltration membrane system through automated de-clogging operations

Pp. 82-88

Paul James Smith, H.K. Shon, Saravanamuth Vigneswaran, Huu Hao Ngo and Hung Nguyen

Crossflow filtration of washed and unwashed yeast suspensions at constant shear under nominally sub-critical conditions

Pp. 89-98

D. Hughes and R.W. Field

A preliminary study on fabrication of nanoscale fibrous chitosan membranes in situ by biospecific degradation

Pp. 99-107

Dongwen Ren, Hongfu Yi, Huaan Zhang, Weiyang Xie, Wei Wang and Xiaojun Ma

Oxidatively stable and highly proton conductive membrane from poly(arylene ether)s containing biphenyl moiety as pendent groups

Pp. 108-115

L. Wang, Y.Z. Meng, X.H. Li, M. Xiao, S.J. Wang and A.S. Hay

Chiral separation of phenylalanine in ultrafiltration through DNA-immobilized chitosan membranes

Pp. 116-123

Yuki Matsuoka, Naoki Kanda, Young Moo Lee and Akon Higuchi

In situ 3D characterization of membrane fouling by yeast suspensions using two-photon femtosecond near infrared non-linear optical imaging

Pp. 124-133

David Hughes, Uday K. Tirlapur, Robert Field and Zhanfeng Cui

Recovery of organic acids from waste salt solutions derived from the manufacture of cyclohexanone by electro dialysis

Pp. 134-137

Zhixin Wang, Yunbai Luo and Ping Yu

Dehydration of 1,4-dioxane through blend membranes of poly(vinyl alcohol) and chitosan by pervaporation

Pp. 138-147

D. Anjali Devi, B. Smitha, S. Sridhar and T.M. Aminabhavi

Preparation and characterization of sulfated zirconia (SO₄²⁻/ZrO₂)/Nafion composite membranes for PEMFC operation at high temperature/low humidity

Pp. 148-155

Yunfeng Zhai, Huamin Zhang, Jingwei Hu and Baolian Yi

A photocatalytic membrane reactor for VOC decomposition using Pt-modified titanium oxide porous membranes

Pp. 156-162

Toshinori Tsuru, Takehiro Kan-no, Tomohisa Yoshioka and Masashi Asaeda

Using NaCl particles as porogen to prepare a highly adsorbent chitosan membranes

Pp. 163-174

An-Chong Chao, Shu-Huei Yu and Guo-Syong Chuang

Gas permeability in rubbery polyphosphazene membranes

Pp. 175-184

Christopher J. Orme, John R. Klaehn, Mason K. Harrup, Thomas A. Luther, Eric S. Peterson and Frederick F. Stewart

Effect of process parameters on transmembrane flux during direct osmosis

Pp. 185-194

B. Ravindra Babu, N.K. Rastogi and K.S.M.S. Raghavarao

Effect of membrane pretreatment on performance of solvent resistant nanofiltration membranes in methanol solutions

Pp. 195-201

Yanyan Zhao and Qipeng Yuan

Modified poly(phenylene oxide) membranes for the separation of carbon dioxide from methane

Pp. 202-209

S. Sridhar, B. Smitha, M. Ramakrishna and Tejraj M. Aminabhavi

Preparation and characterization of mono-valent ion selective polypyrrole composite ion-exchange membranes

Pp. 210-218

G.S. Gohil, V.V. Binsu and Vinod K. Shahi

Separation of sodium ions from trivalent chromium by electro dialysis using monovalent cation selective membranes

Pp. 219-225

J. Lambert, M. Avila-Rodriguez, G. Durand and M. Rakib

NaCl interaction with interfacially polymerized polyamide films of reverse osmosis membranes: A solid-state ²³Na NMR study

Pp. 226-233

Xiang Xu and R. James Kirkpatrick

Formation and thermal stability of BMI-based interpenetrating polymers for gas separation membranes

Pp. 234-244

Jamal Kurdi and Ashwani Kumar

The use of solvent resistant nanofiltration in the recycling of the Co-Jacobsen catalyst in the hydrolytic kinetic resolution (HKR) of epoxides

Pp. 245-252

S. Aerts, A. Buekenhoudt, H. Weyten, L.E.M. Gevers, I.F.J. Vankelecom and P.A. Jacobs

Polymer evolution of a sulfonated polysulfone membrane as a function of ion beam irradiation fluence

Pp. 253-260

Rama Chennamsetty, Isabel Escobar and Xinglong Xu

Titania membrane preparation with chemical stability for very harsh environments applications

Pp. 261-269

Yong Hong Wang, Ting Fang Tian, Xing Qin Liu and Guang Yao Meng

Effect of selective swelling on protons and methanol transport properties through partially sulfonated block copolymer membranes

Pp. 270-277

Bokyung Kim, Jinhwan Kim, Bong Jun Cha and Bumsuk Jung

Modeling and simulation of butanol separation from aqueous solutions using pervaporation

Pp. 278-283

E. El-Zanati, E. Abdel-Hakim, O. El-Ardi and M. Fahmy

Resistance analysis for enhanced wastewater membrane filtration

Pp. 284-297

C. Psoch and S. Schiewer

Recognition based separation of HIV-Tat protein using avidin–biotin interaction in modified microfiltration membranes

Pp. 298-310

Saurav Datta, Philip D. Ray, A. Nath and D. Bhattacharyya

Effect of pH on hydrophilicity and charge and their effect on the filtration efficiency of NF membranes at different pH

Pp. 311-320

Mika Mänttari, Arto Pihlajamäki and Marianne Nyström

Acid–base polyimide blends for the application as electrolyte membranes for fuel cells

Pp. 321-329

Wonbong Jang, Saimani Sundar, Seunghyuk Choi, Yong-Gun Shul and Haksoo Han

Facilitated transport of CO₂ across a liquid membrane: Comparing enzyme, amine, and alkaline

Pp. 330-334

Lihong Bao and Michael C. Trachtenberg

Determination of parameters in surface limited hydrogen permeation through metal membrane

Pp. 335-342

Bojan Zajec and Vincenc Nemanič

Antifouling ultrafiltration membrane composed of polyethersulfone and sulfobetaine copolymer

Pp. 343-350

Ting Wang, Yan-Qiang Wang, Yan-Lei Su and Zhong-Yi Jiang

Synthesis and characterisation of poly[2,2-(*m*-phenylene)-5,5-bibenzimidazole] as polymer electrolyte membrane for high temperature PEMFCs

Pp. 351-362

J. Lobato, P. Cañizares, M.A. Rodrigo, J.J. Linares and G. Manjavacas

Properties of protein adsorption onto pore surface during microfiltration: Effects of solution environment and membrane hydrophobicity

Pp. 363-374

Kazuho Nakamura and Kanji Matsumoto

Bio-ceramic hollow fiber membranes for immunoisolation and gene delivery: I: Membrane development

Pp. 375-382

Lihong Liu, Shujun Gao, Yuanhong Yu, Rong Wang, David Tee Liang and Shaomin Liu

Immobilization of *endo*-1,4-β-xylanase on polysulfone acrylate membranes: Synthesis and characterization

Pp. 383-388

Àngels Cano, Cristina Minguillón and Cristina Palet

Sulfonated poly(ether ether ketone)/polyaniline composite proton-exchange membrane

Pp. 389-396

R.K. Nagarale, G.S. Gohil and Vinod K. Shahi

Preparation and characterization of silicalite-1 membranes prepared by secondary growth of seeds with different crystal sizes

Pp. 397-405

Y. Hasegawa, T. Ikeda, T. Nagase, Y. Kiyozumi, T. Hanaoka and F. Mizukami

Enzyme capturing and concentration with mixed matrix membrane adsorbers

Pp. 406-417

Saiful, Z. Borneman and M. Wessling

Fractionation of whey-derived peptides using a combination of ultrafiltration and nanofiltration

Pp. 418-426

Svetlana Butylina, Susana Luque and Marianne Nyström

Free volume and water vapor permeability of dense segmented polyurethane membrane

Pp. 427-432

S. Mondal, J.L. Hu and Z. Yong

Sulfonated poly(flourenyl ether ketone) membrane prepared via direct polymerization for PEM fuel cell application

Pp. 433-441

Yulin Chen, Yuezhong Meng, Shuanjin Wang, Shuanghong Tian, Yong Chen and Allan S. Hay

Solvent-induced swelling of membranes — Measurements and influence in nanofiltration

Pp. 442-451

E.S. Tarleton, J.P. Robinson and M. Salman

Analysis of transient permeation as a technique for determination of sorption and diffusion in supported membranes

Pp. 452-460

Mitesh R. Shah, Richard D. Noble and David E. Clough

Proton mobility in hydrated sulfonated polystyrene: NMR and impedance studies

Pp. 461-469

M.J. Cánovas, I. Sobrados, J. Sanz, J.L. Acosta and A. Linares

Selective removal of Cu²⁺ versus Ni²⁺, Zn²⁺ and Mn²⁺ by using a new carrier in a supported liquid membrane

Pp. 470-477

Raffaele Molinari, Teresa Poerio and Pietro Argurio

Preparation and characterization of *N,O*-carboxymethyl chitosan (NOCC)/polysulfone (PS) composite nanofiltration membranes

Pp. 478-484

Jing Miao, Guohua Chen, Congjie Gao, Cunguo Lin, Duo Wang and Mingkun Sun

Time characteristics of electromotive force in single-membrane cell for stable and unstable conditions of reconstructing of concentration boundary layers

Pp. 485-493

Sławomir Grzegorzczyn and Andrzej Ślęzak

A new process for the manufacturing of reproducible mesoporous silicon membranes

Pp. 494-500

Tristan Pichonat and Bernard Gauthier-Manuel

Sulfonated poly(ether ether ketone)/poly(amide imide) polymer blends for proton conducting membrane

Pp. 501-508

Han-Lang Wu, Chen-Chi M. Ma, Chia-Hsun Li, Tzong-Ming Lee, Chih-Yuan Chen, Chin-Lung Chiang and Chen Wu

Formic acid regeneration by electromembrane processes

Pp. 509-516

J.S. Jaime Ferrer, S. Laborie, G. Durand and M. Rakib

A molecular dynamics simulation study of surface effects on gas permeation in free-standing polyimide membranes

Pp. 517-529

Sylvie Neyertz, Anthony Douanne and David Brown

Preparation and characterization of a supported Si₃N₄ membrane via a non-aqueous sol-gel process

Pp. 530-535

Fei Cheng, Stephen M. Kelly, Stephen Clark, John S. Bradley, Marc Baumbach and Andreas Schütze

Effect of porosity on the effective electrical conductivity of different ceramic membranes used as separators in electrochemical reactors

Pp. 536-544

M. García-Gabaldón, V. Pérez-Herranz, E. Sánchez and S. Mestre

Pervaporation separation of alkane/thiophene mixtures with PDMS membrane

Pp. 545-552

Rongbin Qi, Yujun Wang, Jiding Li, Changwei Zhao and Shenlin Zhu

Controlling the orientation of immobilized proteins on an affinity membrane through chelation of a histidine tag to a chitosan-Ni²⁺ surface

Pp. 553-559

Sufi R. Ahmed, Alexander B. Kelly and Timothy A. Barbari

Polysilicate-iron for improved NOM removal and membrane performance

Pp. 560-571

Thuy Tran, Stephen Gray, Rebecca Naughton and Brian Bolto

Mitigated membrane fouling in a vertical submerged membrane bioreactor (VSMBR)

Pp. 572-581

So-Ryong Chae, Yong-Tae Ahn, Seok-Tae Kang and Hang-Sik Shin

Comparative study of the separation of methanol-methyl acetate mixtures by pervaporation and vapor permeation using a commercial membrane

Pp. 582-593

Daniel Gorri, Raquel Ibáñez and Inmaculada Ortiz

Poly(vinyl alcohol)/poly(methyl methacrylate) blend membranes for pervaporation separation of water + isopropanol and water + 1,4-dioxane mixtures

Pp. 594-602

Susheelkumar G. Adoor, Lata S. Manjeshwar, B. Vijay Kumar Naidu, Malladi Sairam and Tejraj M. Aminabhavi

Tertiary amine-mediated synthesis of microporous carbon membranes

Pp. 603-609

Norikazu Nishiyama, Yong-Rong Dong, Tao Zheng, Yasuyuki Egashira and Korekazu Ueyama

Hollow-fiber membrane adsorber: Mathematical model

Pp. 610-623

Yuriy S. Polyakov

Separation of *p*-xylene from multicomponent vapor mixtures using tubular MFI zeolite membranes

Pp. 624-633

Xuehong Gu, Junhang Dong, Tina M. Nenoff and Dickson E. Ozokwelu

Characterization of the transport properties of membranes of uncertain macroscopic structural homogeneity

Pp. 634-642

Polymnia Galiatsou, Nicholas K. Kanellopoulos and John H. Petropoulos

Synthesis of the block sulfonated poly(ether ether ketone)s (S-PEEKs) materials for proton exchange membrane

Pp. 643-650

Chengji Zhao, Xianfeng Li, Zhe Wang, Zhiyu Dou, Shuangling Zhong and Hui Na

Pervaporation performance of crosslinked polyethylene glycol membranes for deep desulfurization of FCC gasoline

Pp. 651-658

Ligang Lin, Gang Wang, Huimin Qu, Jinrong Yang, Yunfang Wang, Deqing Shi and Ying Kong

Effect of substituents on the permeation properties of polyamide membranes

Pp. 659-665

Jorge Espeso, Angel E. Lozano, José G. de la Campa and Javier de Abajo

Chitosan-based solid electrolyte composite membranes: I. Preparation and characterization

Pp. 666-674

Ying Wan, Katherine A.M. Creber, Brant Peppley and V. Tam Bui

Pervaporation separation of aqueous chlorophenols by a novel polyurethane urea–poly (methyl methacrylate) interpenetrating network membrane

Pp. 675-683

Swatilekha Das, A.K. Banthia and Basudam Adhikari

Pervaporative separation of ethanol from an alcohol—ester quaternary mixture

Pp. 684-692

Wouter Robert Berendsen, Pia Radmer and Matthias Reuss

Modeling of dissolution-diffusion controlled drug release from planar polymeric systems with finite dissolution rate and arbitrary drug loading

Pp. 693-704

María I. Cabrera, Julio A. Luna and Ricardo J.A. Grau

An observation of palladium membrane formation on a porous stainless steel substrate by electroless deposition

Pp. 705-711

Zhongliang Shi, Shanqiang Wu, Jerzy A Szpunar and Mustapha Roshd

The effect of uni-axial stretching on the roughness of microfiltration membranes

Pp. 712-719

Jason A. Morehouse, Dana L. Taylor, Douglas R. Lloyd, Desmond F. Lawler, Benny D. Freeman and Leah S. Worrel

Synthesis and properties of halogen- or methyl-containing poly(diphenylacetylene) membranes

Pp. 720-726

Toshikazu Sakaguchi, Masashi Shiotsuki, Fumio Sanda and Toshio Masuda

Preparation of polyelectrolyte multilayer membranes by dynamic layer-by-layer process for pervaporation separation of alcohol/water mixtures

Pp. 727-733

Guojun Zhang, Weiliang Gu, Shulan Ji, Zhongzhou Liu, Yuelian Peng and Zhan Wang

Modeling the separation performance of nanofiltration membranes for the mixed salts solution

Pp. 734-743

Da-Xin Wang, Xiao-Lin Wang, Yasuhiro Tomi, Masaaki Ando and Takuji Shintani

Synthesis and characterization of P₂O₅–SiO₂–X (X = phosphotungstic acid) glasses as electrolyte for low temperature H₂/O₂ fuel cell application

Pp. 744-751

T. Uma and M. Nogami

Defining critical flux in submerged membranes: Influence of length-distributed flux

Pp. 752-761

Jeonghwan Kim and Francis A. DiGiano

Effects of polyether–polyamide block copolymer coating on performance and fouling of reverse osmosis membranes

Pp. 762-770

Jennifer S. Louie, Ingo Pinnau, Isabelle Ciobanu, Kenneth P. Ishida, Alvin Ng and Martin Reinhard

Simultaneous reactive extraction separation of amino acids from water with D2EHPA in hollow fiber contactors

Pp. 771-780

Su-Hsia Lin and Chia-Nan Chen

High resolution protein separations using affinity ultrafiltration with small charged ligands

Pp. 781-789

Suma Rao and Andrew L. Zydney

Effect of concentrate solution pH and mineral composition of a whey protein diluate solution on membrane fouling formation during conventional electrodialysis

Pp. 790-801

Erik Ayala-Bribiesca, Monica Araya-Farias, Gérald Pourcelly and Laurent Bazinet

Alkaline Zn-air and Al-air cells based on novel solid PVA/PAA polymer electrolyte membranes

Pp. 802-808

G.M. Wu, S.J. Lin and C.C. Yang

Thermogravimetric study on perovskite-like oxygen permeation ceramic membranes

Pp. 809-814

Jie Hu, Haoshan Hao, Changping Chen, Delin Yang and Xing Hu

Blended chitosan and polyvinyl alcohol membranes for the pervaporation dehydration of isopropanol

Pp. 815-823

A. Svang-Ariyaskul, R.Y.M. Huang, P.L. Douglas, R. Pal, X. Feng, P. Chen and L. Liu

Plasmid DNA processing for gene therapy and vaccination: Studies on the membrane sterilisation filtration step

Pp. 824-831

Simyee Kong, Nigel Titchener-Hooker and M. Susana Levy

On the simultaneous optimization of pressure and layout for gas permeation membrane systems

Pp. 832-848

Ramagopal V.S. Uppaluri, Robin Smith, Patrick Linke and Antonis C. Kokossis

Oxygen permeation through a $Ce_{0.8}Sm_{0.2}O_{2-\delta}$ - $La_{0.8}Sr_{0.2}CrO_{3-\delta}$ dual-phase composite membrane

Pp. 849-855

Jianxin Yi, Yanbo Zuo, Wei Liu, Louis Winnubst and Chusheng Chen

A three mechanism model to describe fouling of microfiltration membranes

Pp. 856-866

Chase Duclos-Orsello, Weiyi Li and Chia-Chi Ho

Synthesis and characterization of MCM-48 tubular membranes

Pp. 867-875

O. de la Iglesia, M. Pedernera, R. Mallada, Z. Lin, J. Rocha, J. Coronas and J. Santamaría

Volume 281, Issues 1-2, Pages 1-758 (15 September 2006)

Fabrication of sulfonated poly(ether ether ketone) membranes with high proton conductivity

Pp. 1-6

Xianfeng Li, Xiufeng Hao, Dan Xu, Gang Zhang, Shuangling Zhong, Hui Na and Dayang Wang

Extraction and transport of metal ions and small organic compounds using polymer inclusion membranes (PIMs)

Pp. 7-41

Long D. Nghiem, Patrick Mornane, Ian D. Potter, Jilka M. Perera, Robert W. Cattrall and Spas D. Kolev

Critical and sustainable fluxes: Theory, experiments and applications

Pp. 42-69

P. Bacchin, P. Aimar and R.W. Field

Forward osmosis: Principles, applications, and recent developments

Pp. 70-87

Tzahi Y. Cath, Amy E. Childress and Menachem Elimelech

Study on a novel polyamide-urea reverse osmosis composite membrane (ICIC-MPD): I. Preparation and characterization of ICIC-MPD membrane

Pp. 88-94

Li-Fen Liu, San-Chuan Yu, Yong Zhou and Cong-Jie Gao

Novel dense poly(vinyl alcohol)-TiO₂ mixed matrix membranes for pervaporation separation of water-isopropanol mixtures at 30 °C

Pp. 95-102

Malladi Sairam, Mallikarjunagouda B. Patil, Ravindra S. Veerapur, Sangamesh A. Patil and Tejraj M. Aminabhavi

Factors affecting selective rejection of proteins within a binary mixture during cross-flow ultrafiltration

Pp. 103-110

Min-Yu Teng, Su-Hsia Lin, Chung-Yi Wu and Ruey-Shin Juang

Synthesis of highly fluorinated poly(arylene ether)s copolymers for proton exchange membrane materials

Pp. 111-120

Dae Sik Kim, Gilles P. Robertson, Michael D. Guiver and Young Moo Lee

Synthesis and characteristics of sulfonated poly(phthalazinone ether sulfone ketone) (SPPEsk) for direct methanol fuel cell (DMFC)

Pp. 121-129

Shuang Gu, Gaohong He, Xuemei Wu, Chennan Li, Hongjing Liu, Chang Lin and Xiangcun Li

CO₂ permeability, diffusivity and solubility in polyethylene glycol-grafted polyionic membranes and their CO₂ selectivity relative to methane and nitrogen

Pp. 130-138

Xudong Hu, Jianbin Tang, Andre Blasig, Youqing Shen and Maciej Radosz

Modelling of solute transport in non-aqueous nanofiltration

Pp. 139-148

J. Geens, K. Boussu, C. Vandecasteele and B. Van der Bruggen

Sorption and hydration effects on liquid carbon dioxide transport through mesoporous γ -alumina and titania membranes

Pp. 149-155

Geoffrey D. Bothun, Shamsuddin Ilias and Kingsley Nelson

Preparation of ion exchange membranes for fuel cell based on crosslinked poly(vinyl alcohol) with poly(styrene sulfonic acid-co-maleic acid)

Pp. 156-162

Dae Sik Kim, Michael D. Guiver, Sang Yong Nam, Tae Il Yun, Mu Young Seo, Se Jin Kim, Ho Sang Hwang and Ji Won Rhim

Performance prediction of a long crossflow reverse osmosis membrane channel

Pp. 163-169

Lianfa Song and Kwee Guan Tay

Comparison and efficiency of two membranes (modified MF and UF) during enzymatic hydrolysis of haemoglobin in a membrane bioreactor

Pp. 170-176

H. Mokrane, D. Belhocine and N. Mameri

Effect of phosphoric and hydrofluoric acid on the structure and permeation of a nanofiltration membrane

Pp. 177-185

M.P. González, I. Saucedo, R. Navarro, P. Prádanos, L. Palacio, F. Martínez, A. Martín and A. Hernández

Kinetic analysis on reactive extraction of aspartic acid from water in hollow fiber membrane modules

Pp. 186-194

Su-Hsia Lin, Chia-Nan Chen and Ruey-Shin Juang

Preparation of Aliquat 336-impregnated porous membrane

Pp. 195-202

Shiho Asai, Kazuo Watanabe, Kyoichi Saito and Takanobu Sugo

Diffusion and swelling of carbon dioxide in amorphous poly(ether ether ketone)s

Pp. 203-210

Dong Wang, Wei Jiang, Hong Gao and Zhenhua Jiang

Graft coupling of PEO to mixed cellulose esters microfiltration membranes by UV irradiation

Pp. 211-218

Sridhar Rajam and Chia-Chi Ho

Study of the hydrodynamics in a pervaporation module and implications for the design of multi-tubular systems

Pp. 219-227

J. Fontalvo, E. Fourcade, P.C. Cuellar, J.G. Wijers and J.T.F. Keurentjes

Nanocomposite MFI-alumina membranes via pore-plugging synthesis: Preparation and morphological characterisation

Pp. 228-238

S. Miachon, E. Landrison, M. Aouine, Y. Sun, I. Kumakiri, Y. Li, O. Pachtová Prokopová, N. Guilhaume, A. Giroir-Fendler, H. Mozzanega and J.-A. Dalmon

Bi-soft segment polyurethane membranes: Surface studies by X-ray photoelectron spectroscopy

Pp. 239-244

Denise P. Queiroz, A.M. Botelho do Rego and Maria Norberta de Pinho

Novel graphite-filled PVA/CS hybrid membrane for pervaporation of benzene/cyclohexane mixtures

Pp. 245-252

Lianyu Lu, Honglei Sun, Fubing Peng and Zhongyi Jiang

Application of fluoroalkylsilanes (FAS) grafted ceramic membranes in membrane distillation process of NaCl solutions

Pp. 253-259

Sebastian R. Krajewski, Wojciech Kujawski, Malgorzata Bukowska, Céline Picard and André Larbot

Nanofiltration of Bayer process solutions

Pp. 260-267

S. Marciano, N. Mugnier, P. Clerin, B. Cristol and P. Moulin

Modified porous Nafion[®]: Membrane characterization and two-phase separations

Pp. 268-273

Jamie A. Hestekin, Elliot P. Gilbert, Michael P. Henry, Rathin Datta, Edward J. St. Martin and Seth W. Snyder

Critical flux enhancement in gas assisted microfiltration

Pp. 274-280

T.Y. Chiu and A.E. James

Dynamic microfiltration with a vibrating hollow fiber membrane module: Filtration of yeast suspensions

Pp. 281-287

Søren Prip Beier, Maria Guerra, Arvid Garde and Gunnar Jonsson

Degradation of synthetic phenol-containing wastewaters by MBR

Pp. 288-296

A. Barrios-Martinez, E. Barbot, B. Marrot, P. Moulin and N. Roche

The production of high purity water by continuous electrodeionization with bipolar membranes: Influence of the anion-exchange membrane permselectivity

Pp. 297-306

Andrej Grabowski, Guiqing Zhang, Heiner Strathmann and Gerhart Eigenberger

Fabrication of polybenzimidazole (PBI) nanofiltration hollow fiber membranes for removal of chromate

Pp. 307-315

Kai Yu Wang and Tai-Shung Chung

The Membrane Fouling Simulator: A practical tool for fouling prediction and control

Pp. 316-324

J.S. Vrouwenvelder, J. A.M. van Paassen, L.P. Wessels, A.F. van Dam and S.M. Bakker

Dead-end filtration of yeast suspensions: Correlating specific resistance and flux data using artificial neural networks

Pp. 325-333

Jenny Ní Mhurchú and Greg Foley

Effect of PVDF dope rheology on the structure of hollow fiber membranes used for CO₂ capture

Pp. 334-344

Jizhong Ren, Rong Wang, Hong-Yan Zhang, Zhansheng Li, David Tee Liang and Joo Hwa Tay

Poly(vinyl alcohol)-based polymer electrolyte membranes containing polyrotaxane

Pp. 345-350

Ji Hwan Son, Yong Soo Kang and Jongok Won

Poly[1-(trimethylsilyl)-1-propyne] as a solvent resistance nanofiltration membrane material

Pp. 351-357

A.V. Volkov, D.F. Stamatialis, V.S. Khotimsky, V.V. Volkov, M. Wessling and N.A. Platé

Membrane-based solvent extraction of aroma compounds: Choice of configurations of hollow fiber modules based on experiments and simulation

Pp. 358-368

S. Bocquet, F. Gascons Viladomat, C. Muvdi Nova, J. Sanchez, V. Athes and I. Souchon

The structural transitions of π -complexes of poly(styrene-*b*-butadiene-*b*-styrene) block copolymers with silver salts and their relation to facilitated olefin transport

Pp. 369-376

Jong Hak Kim, Dong Hoon Lee, Jongok Won, Hiroshi Jinnai and Yong Soo Kang

Sulfonated PEEK-WC membranes for proton-exchange membrane fuel cell: Effect of the increasing level of sulfonation on electrochemical performances

Pp. 377-385

Angelo Basile, Luca Paturzo, Adolfo Iulianelli, Irene Gatto and Enza Passalacqua

Size control of nanobubbles generated from Shirasu-porous-glass (SPG) membranes

Pp. 386-396

Masato Kukizaki and Masahiro Goto

Gel-filled hollow fiber membranes for water softening

Pp. 397-409

Sriram Suryanarayan, Alicja M. Mika and Ronald F. Childs

***Candida rugosa* lipase immobilized by a specially designed microstructure in the PVA/PTFE composite membrane**

Pp. 410-416

Jian Xu, Yujun Wang, Yu Hu, Guangsheng Luo and Youyuan Dai

Concentration of clavulanic acid broths: Influence of the membrane surface charge density on NF operation

Pp. 417-428

Ana I. Cavaco Morão, Ana M. Brites Alves and Maria Diná Afonso

Preparation and gas separation of nano-sized nickel particle-filled carbon membranes

Pp. 429-434

Lixiong Zhang, Xinhua Chen, Changfeng Zeng and Nanping Xu

Pervaporation-assisted esterification of lactic and succinic acids with downstream ester recovery

Pp. 435-445

Daniel J. Benedict, Satish J. Parulekar and Shih-Perng Tsai

Structure and ionic conductivity of porous polymer electrolytes based on PVDF-HFP copolymer membranes

Pp. 446-453

Jian-Hua Cao, Bao-Ku Zhu and You-Yi Xu

PVA-GPTMS/TEOS hybrid pervaporation membrane for dehydration of ethylene glycol aqueous solution

Pp. 454-462

Ruili Guo, Changlai Hu, Fusheng Pan, Hong Wu and Zhongyi Jiang

Development of microporous ceramic membranes in the system TiO₂/ZrO₂

Pp. 463-471

U. Aust, S. Benfer, M. Dietze, A. Rost and G. Tomandl

Selective adsorption of natural organic foulants by polysulfone colloids: Effect on ultrafiltration fouling

Pp. 472-479

Liang Chee Koh, Won-Young Ahn and Mark M. Clark

Partitioning of organic solutes between water and polyamide layer of RO and NF membranes: Correlation to rejection

Pp. 480-490

Adi Ben-David, Sarit Bason, Juergen Jopp, Yoram Oren and Viatcheslav Freger

Controlled release of ionic drug through the positively charged temperature-responsive membranes

Pp. 491-499

Lei Zhang, Tongwen Xu and Zhan Lin

Infiltrated glassy carbon membranes in γ -Al₂O₃ supports

Pp. 500-507

J. Carretero, J.M. Benito, A. Guerrero-Ruiz, I. Rodríguez-Ramos and M.A. Rodríguez

Proton conductivity and properties of sulfonated polyarylenethioether sulfones as proton exchange membranes in fuel cells

Pp. 508-516

Zongwu Bai, Michael F. Durstock and Thuy D. Dang

Irreversible thermodynamics and overall mass transport in ion-exchange membrane electro dialysis

Pp. 517-531

Yoshinobu Tanaka

Effect of module design on the efficiency of membrane chromatographic separation processes

Pp. 532-540

Raja Ghosh and Tiffany Wong

Interrelationship of photooxidation and microfiltration in drinking water treatment

Pp. 541-547

F. Malek, J.L. Harris and F.A. Roddick

Microstructural investigation of dense membranes in relation to their gas transport properties

Pp. 548-559

Alain Bac, Christine Damas and Christian Guizard

Reclamation of acid dye bath wastewater: Effect of pH on nanofiltration performance

Pp. 560-569

Goksen Capar, Levent Yilmaz and Ulku Yetis

Fullerene composite proton conducting membranes for polymer electrolyte fuel cells operating under low humidity conditions

Pp. 570-580

Ken Tasaki, Ryan DeSousa, Hengbin Wang, Jeffrey Gas, Arun Venkatesan, Perumal Pugazhendhi and Raouf O. Loutfy

Electrospun nanofibrous filtration membrane

Pp. 581-586

Renuga Gopal, Satinderpal Kaur, Zuwei Ma, Casey Chan, Seeram Ramakrishna and Takeshi Matsuura

Stability of silane modifiers on alumina nanoporous membranes

Pp. 587-591

Victor Szczepanski, Ivan Vlasiouk and Sergei Smimov

Fabrication and characterization of low cost tubular mineral-based ceramic membranes for micro-filtration from natural zeolite

Pp. 592-599

Yingchao Dong, Shaofeng Chen, Xuebin Zhang, Jiakui Yang, Xingqin Liu and Guangyao Meng

Analysis of annealing effect on pervaporation properties of PVA-GPTMS hybrid membranes through PALS

Pp. 600-608

Fubing Peng, Lianyu Lu, Honglei Sun and Zhongyi Jiang

Characterizing solute binding to macroporous ion exchange membrane adsorbers using confocal laser scanning microscopy

Pp. 609-618

S.R. Wickramasinghe, J.O. Carlson, C. Teske, J. Hubbuch and M. Ulbricht

Hygroscopic-oxides/Nafion[®] hybrid electrolyte for direct methanol fuel cells

Pp. 619-625

Yusuke Daiko, Lisa C. Klein, Toshihiro Kasuga and Masayuki Nogami

Effect of chemical groups of polystyrene membrane surface on its pervaporation performance

Pp. 626-635

Hao Zhang, HuaGang Ni, XinPing Wang, XiaoBin Wang and Wei Zhang

Kinetic analysis on membrane-based reverse micellar extraction of lysozyme from aqueous solutions

Pp. 636-645

Ruey-Shin Juang, Hsiang-Chien Kao and Chiau-Lin Shiau

Formation mechanism of microwave synthesized LTA zeolite membranes

Pp. 646-657

Yanshuo Li, Jie Liu and Weishen Yang

Improvement of the antifouling characteristics for polypropylene microporous membranes by the sequential photoinduced graft polymerization of acrylic acid

Pp. 658-665

Hai-Yin Yu, Zhi-Kang Xu, Qian Yang, Meng-Xin Hu and Shu-Yuan Wang

Theoretical analysis of particle trajectories and sieving in a two-dimensional cross-flow filtration system

Pp. 666-675

Myung-man Kim and Andrew L. Zydney

The analytical and experimental studies of the parallel-plate concurrent dialysis system coupled with ultrafiltration

Pp. 676-684

Jr-Wei Tu, Chii-Dong Ho and Ho-Ming Yeh

Preparation and characterization of fine silver powder with colloidal emulsion aphrons

Pp. 685-691

Yujie Dai, Tong Deng, Shiru Jia, Long Jin and Fuping Lu

A durable ZSM-5/SS composite tubular membrane for the selective separation of *p*-xylene from its isomers

Pp. 692-699

Ana M. Tarditi, Gabriel I. Horowitz and E.A. Lombardo

Preparation and characterization of EVOH/PVP membranes via thermally induced phase separation

Pp. 700-706

Rui Lv, Jing Zhou, Qianguo Du, Haitao Wang and Wei Zhong

Methanol permeability and proton conductivity of a semi-interpenetrating polymer networks (IPNs) membrane composed of Nafion® and cross-linked DVB

Pp. 707-715

Masanobu Matsuguchi and Heisuke Takahashi

Mechanisms of colloidal natural organic matter fouling in ultrafiltration

Pp. 716-725

Ana Rita Costa, Maria Norberta de Pinho and Menachem Elimelech

The effect of vibration and coagulant addition on the filtration performance of submerged hollow fibre membranes

Pp. 726-734

G. Genkin, T.D. Waite, A.G. Fane and S. Chang

Proton exchange membrane with chemically tolerant organically modified zirconia

Pp. 735-740

Je-Deok Kim, Toshiyuki Mori and Itaru Honma

Optimisation of a lab-scale method for preparation of composite membranes with a filled dense top-layer

Pp. 741-746

Lieven E.M. Gevers, Steliana Aldea, Ivo F.J. Vankelecom and Pierre A. Jacobs

Gas transport properties of segmented poly(ether siloxane urethane urea) membranes

Pp. 747-753

D. Gomes, K.-V. Peinemann, S.P. Nunes, W. Kujawski and J. Kozakiewicz

Permeance should be used to characterize the productivity of a polymeric gas separation membrane • CORRESPONDENCE

Pp. 754-756

Zhaoqi Zhu

Corrigendum to “Determining the ζ -potential of plane membranes from tangential streaming potential measurements: Effect of the membrane body conductance” [J. Membr. Sci. 226 (2003) 227–236]

Page 757

P. Fievet, M. Sbaï, A. Szymczyk and A. Vidonne

Volume 282, Issues 1-2, Pages 1-492 (5 October 2006)

Improved photocatalytic deposition of palladium membranes

Pp. 1-6

Xue Li, Yiqun Fan, Wanqin Jin, Yan Huang and Nanping Xu

Optimum design of reverse osmosis seawater desalination system considering membrane cleaning and replacing

Pp. 7-13

Yan-yue Lu, Yang-dong Hu, Dong-mei Xu and Lian-ying Wu

An attempt to application of continuous recycle membrane reactor for hydrolysis of oxidised derivatives of potato starch

Pp. 14-20

Patrycja Kędziora, Joanna Le Thanh, Grażyna Lewandowicz and Krystyna Prochaska

Effects of CO₂ exposure and physical aging on the gas permeability of thin 6FDA-based polyimide membranes: Part 1. Without crosslinking

Pp. 21-31

J.H. Kim, W.J. Koros and D.R. Paul

Effects of CO₂ exposure and physical aging on the gas permeability of thin 6FDA-based polyimide membranes: Part 2. with crosslinking

Pp. 32-43

J.H. Kim, W.J. Koros and D.R. Paul

Improved permeation performance of Pluronic F127–polyethersulfone blend ultrafiltration membranes

Pp. 44-51

Yanqiang Wang, Yanlei Su, Qiang Sun, Xiaole Ma, Xiaocong Ma and Zhongyi Jiang

Restriction of biofouling in membrane filtration using a brush-like polymer containing oligoethylene glycol side chains

Pp. 52-59

Jinho Hyun, Hawon Jang, Kyungcheol Kim, Kyunga Na and Taemoon Tak

Enhanced permeability of polyaniline based nano-membranes for gas separation

Pp. 60-70

Y. Gupta, K. Hellgardt and R.J. Wakeman

Physico-chemical characterization of NF/RO membrane active layers by Rutherford backscattering spectrometry

Pp. 71-81

Baoxia Mi, Orlando Coronell, Benito J. Mariñas, Fumiya Watanabe, David G. Cahill and Ivan Petrov

Gas permeation properties for the post-oxidized polyphenylene oxide (PPO) derived carbon membranes: Effect of the oxidation temperature

Pp. 82-88

Hong-Joo Lee, Dong-Pyo Kim, Hiroyuki Suda and Kenji Haraya

Electrical double layer at the peritoneal membrane/electrolyte interface

Pp. 89-95

Nurul Islam, Nisar A. Bulla and Shahina Islam

Rate limiting proton hydration in the anode of the polymer electrolyte membrane fuel cell

Pp. 96-108

Anne-Kristine Meland, Signe Kjelstrup and Dick Bedeaux

On experimental parameters characterizing the reverse osmosis and nanofiltration membranes' active layer

Pp. 109-114

K. Košutić, D. Dolar and B. Kunst

Poly(dimethyl siloxane) thin film composite membranes for propylene separation from nitrogen

Pp. 115-123

Yuting Shi, Charles M. Burns and Xianshe Feng

Whey protein fouling of microfiltration ceramic membranes—Pressure effects

Pp. 124-132

S.A. Mourouzidis-Mourouzidis and A.J. Karabelas

Transport of Americium(III) through a supported liquid membrane containing *N,N,N',N'*-tetraoctyl-3-oxapentane diamide (TODGA) in *n*-dodecane as the carrier

Pp. 133-141

S.A. Ansari, P.K. Mohapatra, D.R. Prabhu and V.K. Manchanda

Gas barrier properties of PP/EPDM blend nanocomposites

Pp. 142-148

Masoud Frounchi, Susan Dadbin, Zahra Salehpour and Mohsen Noferesti

Performance, morphology and tensile characterization of activated carbon composite membranes for the synthesis of enzyme membrane reactors

Pp. 149-161

C. Torras, F. Ferrando, J. Paltakari and R. Garcia-Valls

Diffusion and transport through nanocomposites of natural rubber (NR), carboxylated styrene butadiene rubber (XSBR) and their blends

Pp. 162-170

Ranimol Stephen, Siby Varghese, Kuruvilla Joseph, Zachariah Oommen and Sabu Thomas

Separation of silver from photographic wastes by emulsion liquid membrane system

Pp. 171-177

Norasikin Othman, Hanapi Mat and Masahiro Goto

Simulation of binary gas separation in nanometric tubular ceramic membranes by a new combinational approach

Pp. 178-188

A. Razmjoo and A.A. Babaluo

Critical flux and particle deposition of bidisperse suspensions during crossflow microfiltration

Pp. 189-197

Y.P. Zhang, A.G. Fane and A.W.K. Law

Ageing of polysulfone ultrafiltration membranes in contact with bleach solutions

Pp. 198-204

Emmanuelle Gaudichet-Maurin and Francette Thominette

Novel hydrophilic surface modifying macromolecules for polymeric membranes: Polyurethane ends capped by hydroxy group

Pp. 205-216

D. Rana, T. Matsuura and R.M. Narbaitz

Nafion®/poly(vinyl alcohol) blends: Effect of composition and annealing temperature on transport properties

Pp. 217-224

Nicholas W. DeLuca and Yossef A. Elabd

Effect of the hard segment domains on the permeation and separation ability of the polyurethane-based membranes in benzene/cyclohexane separation by pervaporation

Pp. 225-236

A. Wolińska-Grabczyk

Immobilization of Cibacron blue F3GA on electrospun polysulphone ultra-fine fiber surfaces towards developing an affinity membrane for albumin adsorption

Pp. 237-244

Zuwei Ma, Kotaki Masaya and Seeram Ramakrishna

Gas permeability, diffusivity and solubility of nitrogen, helium, methane, carbon dioxide and formaldehyde in dense polymeric membranes using a new on-line permeation apparatus

Pp. 245-256

Patrice Tremblay, Martine M. Savard, Jonathan Vermette and Réal Paquin

Microfluidic systems for *in situ* formation of nylon 6,6 membranes

Pp. 257-265

J. Gargiuli, E. Shapiro, H. Gulhane, G. Nair, D. Drikakis and P. Vadgama

Counter diffusion self-assembly synthesis of nanostructured silica membranes

Pp. 266-275

H.M. Alsyouri, D. Li, Y.S. Lin, Z. Ye and S.P. Zhu

Effects of hydrophobic modification of chitosan and Nafion on transport properties, ion-exchange capacities, and enzyme immobilization

Pp. 276-283

Tamara Klotzbach, Michelle Watt, Yasmin Ansari and Shelley D. Minter

Molecularly imprinted membranes for an improved recognition of biomolecules in aqueous medium

Pp. 284-295

D. Silvestri, N. Barbani, C. Cristallini, P. Giusti and G. Ciardelli

Preparation and characterization of composite palladium membranes on sinter-metal supports with a ceramic barrier against intermetallic diffusion

Pp. 296-310

Yan Huang and Roland Dittmeyer

Specific capture of target proteins by oriented antibodies bound to tyrosinase-immobilized Protein A on a polyallylamine affinity membrane surface

Pp. 311-321

Sufi R. Ahmed, Andrew T. Lutes and Timothy A. Barbari

A supported liquid membrane system for simultaneous separation of silver(I) and mercury(II) from dilute feed solutions

Pp. 322-327

Mojtaba Shamsipur, Omid Reza Hashemi and Vito Lippolis

Solvent recovery from soybean oil/hexane miscella by polymeric membranes

Pp. 328-336

Ana Paula Badan Ribeiro, Juliana M.L.N. de Moura, Lireny A.G. Gonçalves, José Carlos Cunha Petrus and Luiz Antônio Viotto

Effect of overlayer composition on hydrogen permeation of Pd–Cu alloy coated V–15Ni composite membrane

Pp. 337-341

J.Y. Yang, C. Nishimura and M. Komaki

Effects of solution pH and UV irradiation on the streaming potential of the titanium dioxide membranes

Pp. 342-350

Wen Yu Wang and Young Ku

Multi-layer spacer geometries with improved mass transport

Pp. 351-361

J. Balster, I. Pünt, D.F. Stamatialis and M. Wessling

Heat and mass transfer resistance analysis of membrane distillation

Pp. 362-369

A.M. Alklaibi and Noam Lior

Hydrogen permeability study of the thin Pd–Ag alloy membranes in the temperature range across the α – β phase transition

Pp. 370-374

Junya Okazaki, David A. Pacheco Tanaka, Margot A. Llosa Tanco, Yoshito Wakui, Fujio Mizukami and Toshishige M. Suzuki

Investigation of oxidative degradation of polyamide reverse osmosis membranes by monochloramine solutions

Pp. 375-382

Maurício Kipper da Silva, Isabel Cristina Tessaro and Keiko Wada

The investigation of irregular inner skin morphology of hollow fiber membranes at high-speed spinning and the solutions to overcome it

Pp. 383-392

Y.E. Santoso, T.S. Chung, K.Y. Wang and M. Weber

Structure of polycarbonate track-etch membranes: Origin of the “paradoxical” pore shape

Pp. 393-400

P.Yu. Apel, I.V. Blonskaya, S.N. Dmitriev, O.L. Orelovitch and B. Sartowska

Nanofiltration of single and mixture solutions containing anionics and nonionic surfactants below their critical micelle concentrations (CMCs)

Pp. 401-412

Yasemin Kaya, Coskun Aydiner, Hulusi Barlas and Bulent Keskinler

Covalently coupled nanoparticles in capillary pores as enzyme carrier and as turbulence promoter to facilitate enzymatic polymerizations in flow-through enzyme-membrane reactors

Pp. 413-422

Hans-Georg Hicke, Margot Becker, Bernd-Reiner Paulke and Mathias Ulbricht

Synthesis and gas permeation properties of poly(diphenylacetylenes) having bulky alkyl/silyl and hydroxy groups

Pp. 423-429

Yanming Hu, Toshikazu Sakaguchi, Masashi Shiotsuki, Fumio Sanda and Toshio Masuda

A study of mass transfer in hollow-fiber membrane contactors—The effect of fiber packing fraction

Pp. 430-441

A.G. Asimakopoulou and A.J. Karabelas

Separation of F-gases (HFC-134a and SF₆) from gaseous mixtures with nitrogen by surface diffusion through a porous Vycor glass membrane

Pp. 442-449

Kazuhiro Shiojiri, Yukio Yanagisawa, Akihiro Yamasaki and Fumio Kiyono

Organic silica/Nafion[®] composite membrane for direct methanol fuel cells

Pp. 450-455

Suzhen Ren, Gongquan Sun, Chennan Li, Zhenxing Liang, Zhimou Wu, Wei Jin, Xin Qin and Xuefeng Yang

Hypochlorite degradation of crosslinked polyamide membranes: II. Changes in hydrogen bonding behavior and performance

Pp. 456-464

Young-Nam Kwon and James O. Leckie

Treatment of dairy process waters modelled by diluted milk using dynamic nanofiltration with a rotating disk module

Pp. 465-472

Matthieu Frappart, Omar Akoum, Lu Hui Ding and Michel Y. Jaffrin

Microporous alumino-phosphate (AlPO₄-5) molecular sieve-loaded novel sodium alginate composite membranes for pervaporation dehydration of aqueous-organic mixtures near their azeotropic compositions

Pp. 473-483

S.D. Bhat, N.N. Mallikarjuna and T.M. Aminabhavi

Role of membrane-attached biofilm in the biodegradation of phenol and sodium salicylate in microporous membrane bioreactors

Pp. 484-492

Ruey-Shin Juang and Shang-Yuan Tsai

Volume 283, Issues 1-2, Pages 1-456 (20 October 2006)

The passing of Juan I. Mengual

Development of PAMAM dendrimer composite membranes for CO₂ separation

Pp. 2-6

Shuhong Duan, Takayuki Kouketsu, Shingo Kazama and Koichi Yamada

Incubating lead selenide nanoclusters and nanocubes on the eggshell membrane at room temperature

Pp. 7-12

Huilan Su, Na Wang, Qun Dong and Di Zhang

Novel thermo-sensitive membranes prepared by rapid bulk photo-grafting polymerization of N,N-diethylacrylamide onto the microfiltration membranes Nylon

Pp. 13-20

Guanguo Wu, Yuanpei Li, Mei Han and Xiaoxuan Liu

Hypochlorite degradation of crosslinked polyamide membranes: I. Changes in chemical/morphological properties

Pp. 21-26

Young-Nam Kwon and James O. Leckie

Formation and morphology studies of different polysulfones-based membranes made by wet phase inversion process

Pp. 27-37

Jean-François Blanco, Julie Sublet, Quang Trong Nguyen and Pierre Schaetzel

Oxygen permeability and structural stability of $BaCe_{0.15}Fe_{0.85}O_{3-\delta}$ membranes

Pp. 38-44

Xuefeng Zhu, You Cong and Weishen Yang

Hydrolysis of whey protein isolate in a tangential flow filter membrane reactor: I. Characterisation of permeate flux and product recovery by multivariate data analysis

Pp. 45-56

Seronei Chelulei Cheison, Zhang Wang and Shi-Ying Xu

Effect of salt mixture concentration on fractionation with NF membranes

Pp. 57-64

J. Tanninen, M. Mänttari and M. Nyström

Poly(vinyl alcohol)-iron oxide nanocomposite membranes for pervaporation dehydration of isopropanol, 1,4-dioxane and tetrahydrofuran

Pp. 65-73

Malladi Sairam, Boya Vijaya Kumar Naidu, Sanna Kotrappanavar Nataraj, Bojja Sreedhar and Tejraj M. Aminabhavi

Partially fluorinated proton exchange membranes based on PVDF-SEBS blends compatibilized with methylmethacrylate block copolymers

Pp. 74-83

A. Mokrini, M.A. Huneault and P. Gerard

Ion exchanger using electrospun polystyrene nanofibers

Pp. 84-87

H. An, C. Shin and G.G. Chase

General solution for the time lag of a single-tank receiver in the Knudsen flow regime and its implications for the receiver's configuration

Pp. 88-101

S. Lashkari, B. Kruczek and H.L. Frisch

Zirconium hydrogen phosphate/disulfonated poly(arylene ether sulfone) copolymer composite membranes for proton exchange membrane fuel cells

Pp. 102-108

Melinda L. Hill, Yu Seung Kim, Brian R. Einsla and James E. McGrath

Study of membrane morphology by microscopic image analysis and membrane structure parameter model

Pp. 109-115

Lei Wang and Xudong Wang

Resistance in series model for ultrafiltration of mosambi (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) juice in a stirred continuous mode

Pp. 116-122

P. Rai, C. Rai, G.C. Majumdar, S. DasGupta and S. De

Polymeric hydrophobic membranes as a tool to control polymorphism and protein-ligand interactions

Pp. 123-132

Silvia Simone, Efreem Curcio, Gianluca Di Profio, Marta Ferraroni and Enrico Drioli

Study on a novel polyamide-urea reverse osmosis composite membrane (ICIC-MPD): II. Analysis of membrane antifouling performance

Pp. 133-146

Li-Fen Liu, San-Chuan Yu, Li-Guang Wu and Cong-Jie Gao

Predicting flux decline in crossflow membranes using artificial neural networks and genetic algorithms

Pp. 147-157

Goloka Behari Sahoo and Chittaranjan Ray

Effects of synthesis methods on oxygen permeability of $BaCe_{0.15}Fe_{0.85}O_{3-\delta}$ ceramic membranes

Pp. 158-163

Xuefeng Zhu, You Cong and Weishen Yang

Effect of high salinity on activated sludge characteristics and membrane permeability in an immersed membrane bioreactor

Pp. 164-171

E. Reid, Xingrong Liu and S.J. Judd

Preparation of organic-inorganic nanocomposite membrane using a reactive polymeric dispersant and compatibilizer: Proton and methanol transport with respect to nano-phase separated structure

Pp. 172-181

Ju Young Kim, Suresh Mulmi, Chang Hyun Lee, Ho Bum Park, Youn Suk Chung and Young Moo Lee

Triethanolamine-cyclohexanone supported liquid membranes study for extraction and removal of nickel ions from nickel plating wastes

Pp. 182-189

Naheed Bukhari, M. Ashraf Chaudry and M. Mazhar

Fundamental studies of novel inorganic-organic charged zwitterionic hybrids: 4. New hybrid zwitterionic membranes prepared from polyethylene glycol (PEG) and silane coupling agent

Pp. 190-200

Junsheng Liu, Tongwen Xu, Ming Gong, Fei Yu and Yanxun Fu

Synthesis and characterization of bipolar membrane using pyridine functionalized anion exchange layer

Pp. 201-208

T. Jeevananda, Kyeong-Ho Yeon and Seung-Hyeon Moon

Preparation and characterization of nanofibrous filtering media

Pp. 209-218

R.S. Barhate, Chong Kian Loong and Seeram Ramakrishna

Diphenylsilicate-incorporated Nafion® membranes for reduction of methanol crossover in direct methanol fuel cells

Pp. 219-224

Z.X. Liang, T.S. Zhao and J. Prabhuram

Cleaning of particle-fouled membranes during cross-flow filtration using an embedded ultrasonic transducer system

Pp. 225-232

Mikko O. Lamminen, Harold W. Walker and Linda K. Weavers

Bisphenol A retention in the direct ultrafiltration of greywater

Pp. 233-243

Andrea I. Scherfer, Long D. Nghiem and Nadine Oschmann

Solvent power and depressurization rate effects in the formation of polysulfone membranes with CO₂-assisted phase inversion method

Pp. 244-252

Marcio Temtem, Teresa Casimiro and Ana Aguiar-Ricardo

Relation between network structure and gas transport in crosslinked poly(propylene glycol diacrylate)

Pp. 253-265

Roy D. Raharjo, Haiqing Lin, David F. Sanders, Benny D. Freeman, Sumod Kalakkunnath and Douglass S. Kalika

Fouling of microfiltration membranes by natural organic matter after coagulation treatment: A comparison of different initial mixing conditions

Pp. 266-272

Hyun-Chul Kim, Jong-Hyun Hong and Seockheon Lee

Anti-fouling application of air sparging and backflushing for MBR

Pp. 273-280

C. Psoch and S. Schiewer

Correlation of physicochemical characteristics with pervaporation performance of poly(vinyl alcohol) membranes

Pp. 281-290

M.N. Hyder, R.Y.M. Huang and P. Chen

Optimization of membrane unit for removing carbon dioxide from natural gas

Pp. 291-300

Anjan K. Datta and Pradip K. Sen

Ion transport behavior in diffusion layer of new designed ion exchange-mosaic composite polymer membrane

Pp. 301-309

Akira Yamauchi, A. Mounir EL Sayed, Kazuo Mizuguchi, Munemori Kodama and Yoshifumi Sugito

Effect of MPEG on MPEG-grafted EAA membrane formation via thermally induced phase separation

Pp. 310-319

Jing Zhou, Yijian Lin, Qiangguo Du, Wei Zhong and Haitao Wang

The role of the nature of the casting substrate on the properties of membranes prepared via immersion precipitation

Pp. 320-327

P. Aerts, I. Genné, R. Leysen, P.A. Jacobs and I.F.J. Vankelecom

Microstructure evolution in dry cast cellulose acetate membranes by cryo-SEM

Pp. 328-338

Sai S. Prakash, Lorraine F. Francis and L.E. Scriven

Characterization of exponential permeate flux by technical parameters during fouling and membrane cleaning by electric field

Pp. 339-345

Carlos C. Tarazaga, Mercedes E. Campderrós and Antonio Pérez Padilla

Influence of heat-treatment on CO₂ separation performance of novel fixed carrier composite membranes prepared by interfacial polymerization

Pp. 346-356

Juan Zhao, Zhi Wang, Jixiao Wang and Shichang Wang

Poly(dimethylsiloxane-urethane) membranes: Effect of hard segment in urethane on gas transport properties

Pp. 357-365

K. Madhavan and B.S.R. Reddy

Optimization of flux and selectivity in Cl⁻/SO₄²⁻ separations with multilayer polyelectrolyte membranes

Pp. 366-372

Seong Uk Hong, Ramamoorthy Malaisamy and Merlin L. Bruening

Preparation of ETFE-based fuel cell membranes using UV-induced photografting and electron beam-induced crosslinking techniques

Pp. 373-379

Jinhua Chen, Masaharu Asano, Yasunari Maekawa, Takahiro Sakamura, Hitoshi Kubota and Masaru Yoshida

SrCe_{0.95}Yb_{0.05}O_{3-α} (SCYb) hollow fibre membrane: Preparation, characterization and performance

Pp. 380-385

Yutie Liu, Xiaoyao Tan and K. Li

Electrochemical behavior of new designed ion exchange membrane prepared from polymer gel in contact with redox substances: I

Pp. 386-392

Akira Yamauchi, Yu Mishima, A. Mounir EL Sayed and Yoshifumi Sugito

Gas transport properties of new aromatic cardo poly(aryl ether ketone)s

Pp. 393-398

C. Camacho-Zuñiga, F.A. Ruiz-Treviño, M.G. Zolotukhin, L.F. del Castillo, J. Guzman, J. Chavez, G. Torres, N.G. Gileva and E.A. Sedova

Mathematical models of diffusion through membranes from spatially distributed sources

Pp. 399-410

Eugene E. Ley, Christopher E. Goodyer and Annette L. Bunge

Polymeric microsieves produced by phase separation micromolding

Pp. 411-424

M. Gironès, I.J. Akbarsyah, W. Nijdam, C.J.M. van Rijn, H.V. Jansen, R.G.H. Lammertink and M. Wessling

Permeation time lag in polymeric hollow fiber membranes

Pp. 425-429

Xinhao Ye, Lu Lv, X.S. Zhao and Kean Wang

Modeling the stretching of microporous membranes

Pp. 430-439

Jason A. Morehouse, Douglas R. Lloyd, Benny D. Freeman, Desmond F. Lawler, Kenneth M. Liechti and Eric B. Becker

Pluronic polymers and polyethersulfone blend membranes with improved fouling-resistant ability and ultrafiltration performance

Pp. 440-447

Yan-Qiang Wang, Yan-Lei Su, Xiao-Le Ma, Qiang Sun and Zhong-Yi Jiang

Transport kinetics of chromium(VI) ions through a bulk liquid membrane containing p-tert-butyl calix[4]arene 3-morpholino propyl diamide derivative

Pp. 448-455

Ahmet Ö. Saf, Sabri Alpaydin and Abdulkadir Sirit

Конференции

[EUROMEMBRANE 2006](#)

September 24-28, 2006, Giardini Naxos - Taormina (Messina), Italy

Contact:

[Organized by Institute on Membrane Technology, ITM-CNR, Italy, itm.cnr.it](#)

[Filter Testing and ISO Standards](#)

October 3, 2006, Coventry, UK

Contact:

[Richard Wakeman, richard.wakeman@lineone.net](#)

[2nd International Conference on Filtration and Separation](#)

October 12-13, 2006, Compiègne, France

Contact:

[Eugene Voroviev, eugene.voroviev@utc.fr](#)

[Membranes for Water And Wastewater Treatment](#)

November 5-8, 2006, Harrogate, UK

Contact:

[Professor Simon Judd, S.J.Judd@Cranfield.ac.uk](#)

[Israel Desalination Society 8th Annual Conference](#)

December 19-20, 2006, Haifa, Israel

Contacts:

[Sara Marco, Conference Secretary, gwrism@tx.technion.ac.il](#)

[Professor R. Semiat, Poster Session Chair, cesemiat@tx.technion.ac.il](#)

[Professor D. Hasson, Conference Chair, hasson@techunix.technion.ac.il](#)

[FILTECH 2007](#)

February 27 - March 1, 2007, Wiesbaden, Germany

Contact:

[Filtech Exhibitions Germany, Suzanne Abetz, info@Filtech.de or web link](#)

[Membrane Technology Conference and Exposition](#)

March 18-21, 2007, Tampa, FL, USA

Contact:

[Dana Trujillo, dtrujillo@awwa.org](#)

[11th Aachener Membran Kolloquium](#)

March 28-29, 2007, Aachen, Germany

Contact:

[Dipl.-Ing. Clemens Fritzmann, fritzmann@ivt.rwth-aachen.de](#)

[North American Membrane Society](#)

May 12-16, 2007, Orlando, FL, USA

Contacts:

[Isabel Escobar, Conference Chair, isabel.escobar@utoledo.edu](#)

[Glenn Lipscomb, Technical Program Chair, glenn.lipscomb@utoledo.edu](#)

[4th International Zeolite Membrane Meeting](#)

July 22-25, 2007, Zaragoza, Spain

Contact:

[Dr. Joaquin Coronas, coronas@unizar.es](#)

[ICOM 2008](#)

July 12-18, 2008, Honolulu, HI USA

Contact:

[Dr. Benny Freeman, freeman@che.utexas.edu](#)



ВИНИТИ РАН
ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ НАУЧНОЙ
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

продолжает подписку на
 Информационно-аналитический журнал
«Мембраны»

В информационно-аналитическом журнале *«Мембраны»* представлены оригинальные статьи, рефераты публикаций ведущих российских и зарубежных периодических изданий, патентные документы, аннотации на книги по основным направлениям современного состояния и развития мембранных технологий.

Журнал *«Мембраны»* выпускается в полиграфической и электронной формах с программным сопровождением. Объем ~ 19 усл. печ. л. Периодичность – 4 номера в год.

Стоимость подписки на 2007 г. в печатной или электронной (CD) форме	
Организации РАН и государственные ВУЗы России	Другие организации России и стран СНГ
700 руб.	1400 руб.

Подписка на 1999-2006 годы: 700 руб. за год

Телефон для справок (495) 152-54-92, 155-42-42

FAX: (495) 943-00-60 E-mail: MARKET@VINITI.RU

Пожалуйста, заполните отрезную карточку и вышлите вместе с копией документа об оплате (платежное поручение с отметкой банка) или квитанцию о переводе по адресу: **Россия, 125190, Москва, ул. Усиевича, 20, ВИНИТИ, Отдел маркетинга, к. 1232.**

В платежном документе необходимо указать: «За химическую методическую литературу».

**Наши реквизиты: ИНН 7712037317 ООО «НТИ-КОМПАКТ»
 р/с 40702810900000013305 в АКБ «РОСБАНК» г. МОСКВА тел.(495)152-64-41
 контокор. счет № 3010181000000000256 БИК 044525256 КПП 774301001**

Прошу оформить подписку на Информационно-аналитический журнал
«Мембраны»

Ф.И.О. _____
 (полностью)

Организация _____

Должность _____

Адрес _____
 (страна, индекс, населенный пункт)

Телефон (____) _____ Факс (____) _____ 1999-2006 год _____
 номера

- | | | | |
|--------|---------------------------|-----------|-----------------------|
| Форма: | • печатная | Доставка: | • пересылка по почте |
| | • электронная под Windows | | • самовывоз из ВИНИТИ |

Содержание

С.А. Соловьев, А.М. Поляков

Перспективы применения процессов мембранного газоразделения для подготовки и переработки природного и попутного газов (Часть 1).....3

*А.В. Волков, В.В. Паращук, Ю.П. Кузнецов, С.В. Кононова, Д.В. Дмитриев,
Л.И. Трусов, В.В. Волков*

Мембраны на основе поли(дифенилоксидаамидо-N-фенилфтальимид)а для нанофльтрации органических сред 14

В.И. Федоренко

Повышение эффективности многослойного фильтрования воды25

*П.Ю. Апель, В.В. Березкин, А.Б. Васильев, Г.С. Жданов, О.В. Раскач, Т.Д. Хохлова,
Т.В. Цыганова, Б.В. Мchedlishvili*

Асимметричные и химически модифицированные трековые мембраны из полиэтилентерефталата45

М.Н. Вуколова

Синаптонейросомы – биологическая модель для исследования синаптических процессов.....55

Реферативный раздел

Обзоры и общие вопросы58

Статьи58

Патенты76

Указатели

Предметный указатель79

Авторский указатель85

Указатель источников87

Патентный указатель89

Список сокращений89

Journal of Membrane Science, 2006, VV. 278-28391

Конференции114

Информация о журнале «Мембраны»115

Contents

S.A. Solov'ev, A.M. Polyakov.

Future prospects of membrane gas separation processes in natural and associated gases' treatment. Part 1. (Review).....3

*A.V. Volkov, V.V. Parashchuk, Yu.P. Kuznetsov, S.V. Kononova, D.V. Dmitriev,
L.I. Trusov, V.V. Volkov*

Poly(diphenyloxideamide-N-phenylphthalimide) membranes for organic solvents nanofiltration applications14

V.I. Fedorenko

Improvement of efficiency of multimedia water filtration25

*P.Yu. Apel', V.V. Beryozkin, A.B. Vasil'ev, G.S. Zhdanov, O.B. Raskach, T.D. Khokhlova, T.V. Tsyganova,
B.V. Mchedlishvili*

Asymmetrical and chemically modified poly(ethylene terephthalate) track-etched membranes45

M.N. Vukolova

Synaptoneuroosomes - biological model for investigation of synaptic processes55

References

Reviews & Generals58

Articles58

Patents76

Indexes

Subject Index79

Author Index85

Bibliographical Index87

Patent Index89

Abbreviations89

Journal of Membrane Science, 2006, VV. 278-28391

Conferences114

«Membranes» Journal – Information115

Подписано в печать

Формат 60x84 1/8

Тираж 220 экз.

13,75 печ. л.

Заказ №

14 уч.-изд.л.

Печать офсетная

Отпечатано в типографии ФГУП ВТИ

Правила и рекомендации для авторов по оформлению материалов для публикации в журнале «Критические технологии. Мембраны»

1. Форма представления

1.1. Статья

Статья должна включать название, список авторов, место выполнения работы, резюме (реферат), ключевые слова по предметной области (с пометкой "к" - верхний уровень, "н" - нижний уровень), развернутое содержание (оглавление), тексты разделов, список использованной литературы.

1.2. Краткое сообщение

Краткое сообщение должно включать название, список авторов, место выполнения работы, резюме (реферат), ключевые слова по предметной области (с пометкой "к" - верхний уровень, "н" - нижний уровень), текст сообщения, список использованной литературы (по необходимости).

1.3. **Название публикации, резюме (реферат) и ключевые слова** должны быть представлены на русском и английском языках.

2. Оформление материалов

2.1. Текст

Текст набирается в редакторе MS Word с использованием в качестве основного шрифта "Times New Roman" размер 12, с одинарным интервалом, абзацный отступ 0,5 см, формат листа А4, поля стандартные. При необходимости допускается использование других стандартных шрифтов и вставка специальных символов. Форматирование текста осуществлять только программными средствами Word, предусмотренными для этих целей. Запрещается использовать для форматирования пробелы, перевод строки (Enter), ручную расстановку переносов, табуляцию и т.п.

2.2. Таблицы

Таблицы формируются средствами Word. При этом запрещается склеивание двух различных таблиц и перенос таблицы на другой лист без шапки.

2.3. Рисунки

Графики представляются на бумажном носителе и в электронном виде в формате WMF (все шрифты в кривых). При этом желательно представлять таблицы исходных данных для построения графиков.

Полутоновые рисунки (фотографии) представляются на бумажном носителе и в электронном виде в форматах BMP, GIF, JPG, PCX, TIF.

Каждый рисунок желательно представлять в виде отдельного файла с указанием в тексте статьи места для его вставки.

Подписи к рисункам должны содержать подробное описание рисунка. При этом желательно ограничить использование текста на рисунке, оставив на нем только обозначения, а текст с объяснениями и комментариями перенести в подрисуночную подпись. Не рекомендуется оформлять схемы, таблицы и другой насыщенный текст материал в виде рисунка. При отсутствии возможности исключить использование текста на рисунке рекомендуется продублировать его в виде примечания к подрисуночной подписи.

Подписи к рисункам оформляются как дополнение к статье.

2.4. Список использованной литературы

Библиографические описания цитируемых источников должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.1-84 или CAS.

2.5. Все материалы представляются на бумажном носителе и в электронном виде (две копии на разных дисках).

3. Дополнительные рекомендации по оформлению материалов

Математические формулы и выражения желательно набирать символами, а использовать программу Microsoft Equation нужно только в тех случаях, когда этого нельзя избежать (отсутствие подходящего символа). Следует учитывать, что формулы должны укладываться в ширину журнальной колонки ~8 см, иначе возникают дополнительные проблемы при верстке статьи.

Верхние и нижние индексы в химических, математических и других формулах и выражениях желательно создавать с помощью опций "Верхний индекс", "Нижний индекс" команды "Формат"→"Шрифт", а не заданием параметра "Смещение" (вверх или вниз) на вкладке "Интервал" окна "Шрифт".

Желательно использовать кавычки одного образца (").

В числах требуется использовать десятичную запятую (не точку).

Рисунки должны быть четкими и не очень мелкими, надписи и обозначения на них должны быть такого размера, чтобы быть разборчивыми и читаемыми даже при возможном уменьшении рисунка при верстке до ширины журнальной колонки ~8 см. Обозначения в подрисуночных подписях должны строго соответствовать обозначениям на рисунках.