

---

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ НАУЧНОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ИНФОРМАЦИИ (ВИНИТИ)

---

**Серия. КРИТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

# МЕМБРАНЫ



**информационно - аналитический журнал**

**№1 (33)**

Москва 2007

РОССИЙСКАЯ  
АКАДЕМИЯ НАУК

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ НАУЧНОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ  
(ВИНИТИ)

---

*Серия.* Критические технологии

# МЕМБРАНЫ

информационно-аналитический журнал

Издается с 1998 г.

№ 1 (33)

Выходит 4 раза в год



Москва, 2007

## **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. Мчедлишвили,  
А.М. Олферьев, А.Г. Первов,  
А.В. Путилов, В.В. Тепляков

## **Программно-технологическое обеспечение**

В.А. Иванченко, Е.В. Колтунова,  
Н.В. Анисимова, 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.



## **ЮБИЛЕЙ ИГОРЯ БОРИСОВИЧА БЕСФАМИЛЬНОГО**

10 января 2007 года исполнилось 70 лет Игорю Борисовичу Бесфамильному — видному организатору и специалисту в области химической науки и технологии.

Окончив в 1960 году МИТХТ им. М.В. Ломоносова, он 18 лет проработал в НИИПМ, накопив солидный багаж знаний и практического опыта по вопросам синтеза и переработки пластмасс, принимал непосредственное участие в создании первого в стране производства поликарбоната в г. Дзержинске.

С 1978 г. Игорь Борисович связал свою судьбу с работой в государственной системе управления химическим комплексом. Более 10 лет он занимал ведущие должности в Управлении по науке и технике Минхимпрома СССР, затем многие годы был ведущим экспертом в Государственном Комитете по науке и технике. Им был создан химико-технологический научный Центр, в состав которого на некоммерческой основе

входит более 10 крупных предприятий нефтехимической отрасли.

И.Б. Бесфамильному принадлежит большая заслуга в разработке и внедрении отечественной технологии и оборудования для мембранных процессов различного назначения, за что ему в составе коллектива авторов присуждена Премия Правительства РФ. Им постоянно оказывалась действенная помощь отраслевым и академическим институтам в постановке новых исследований и проведении опытно-промышленных испытаний по широкому кругу проблем современной химии.

Игорь Борисович наделен самобытным мышлением, умением всегда находить оптимальные и быстрые решения. Высокопрофессиональный инженер-химик, обладающий неиссякаемой энергией и недюжинным талантом, он остается принципиальным и отзывчивым к окружающим, на редкость контактным человеком, сумевшим на протяжении многолетней деятельности в ведомственных учреждениях собрать вокруг себя большой коллектив коллег-единомышленников и просто друзей.

Его эрудиция не ограничивается многообразием и сущностью повседневных теоретических и практических вопросов химической технологии. Он прекрасно знает состояние смежных отраслей, умело ориентируется в сложных лабиринтах нынешней экономики, является прекрасным ученым — организатором науки. Ему присущ врожденный интеллект, характеризуемый любовью к книгам, владением литературным русским языком, увлечением историей, биологией, фотографией.

Общение с ним не только всегда приносит пользу и удовлетворение, но и запоминается надолго как интересно проведенное время. Поэтому друзья, коллеги и соратники — все, близко знающие Игоря Борисовича, хотят и дальше быть рядом с ним, видеть его бодрым и здоровым, заряженным новыми идеями и творческими планами, счастливым дома и востребованным на работе, активным и преуспевающим в жизни.

---

## МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИЕ МЕМБРАННЫЕ РЕАКТОРЫ

*Г.Ф. Терещенко, Н.В. Орехова, М.М. Ермилова*

Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, Москва, *ermilova@ips.ac.ru*

В обзоре рассмотрены результаты экспериментальных и теоретических исследований по катализу в мембранных реакторах, начиная с 60-х годов XX века по настоящее время. Основное внимание уделено становлению и развитию методов приготовления металлосодержащих мембранных катализаторов и созданию конструкций каталитических мембранных реакторов. Перечислены теоретические преимущества проведения реакций в реакторах с мембранными катализаторами и приведены примеры их лабораторного и промышленного применения в процессах с участием водорода или кислорода. Рассмотрены также проблемы и перспективы дальнейшего развития катализа в мембранных реакторах.

*Ключевые слова:* мембранный реактор, сплавы палладия, водород, дегидрирование, гидрирование, кислород, окисление, микрореакторы

The paper views the results of theoretical and experimental studies on catalysis in membrane reactors from sixties of XX century up to present time. The general attention is focused on the coming-to-be and development of the methods of preparing of metal-containing membrane catalysts and elaboration of membrane reactors design. The theoretical advantages are listened of carrying out the reactions on the membrane catalysts. There are shown the practical examples of the processes of hydrogenation, dehydrogenation and oxidation in laboratory and pilot membrane reactors. The problems and prospects of future development of catalytic membrane reactors are discussed too.

*Key words:* membrane reactor, palladium alloys, hydrogen, dehydrogenation, hydrogenation, oxygen, oxidation, microreactor

1. Введение. Краткая история развития науки о мембранных реакторах
  2. Преимущества проведения каталитических реакций в мембранных реакторах
  3. Типы мембранных катализаторов
    - 3.1. Монолитные мембранные катализаторы
      - 3.1.1. Металлические мембраны
      - 3.1.2. Оксидные мембраны. Ион-проницаемые мембраны
    - 3.2. Пористые мембранные катализаторы. Целолитные мембраны
    - 3.3. Композитные мембранные катализаторы
    - 3.4. Системы катализатор – мембрана
  4. Реакции с использованием мембранных катализаторов
    - 4.1. Гидрирование и дегидрирование
    - 4.2. Сопряжение реакций на мембранных катализаторах
    - 4.3. Парциальное окисление
  5. Мембранно-каталитические реакторы
    - 5.1. Реакторы с металлическими мембранами
    - 5.2. Реакторы с металлосодержащими мембранными катализаторами на различных носителях
    - 5.3. Мембранные микрореакторы
  6. Перспективы применения каталитических металлосодержащих мембранных реакторов в промышленности
  7. Выводы
- 1. Введение. Краткая история развития науки о мембранных реакторах**
- Мембранный катализ — относительно новая отрасль науки. Со времени формулирования основных ее постулатов прошло чуть более сорока лет. Однако сейчас она переживает пору бурного развития: международные издания публикуют сотни статей и патентов, посвященных мембранным реакторам и процессам в них (см., например, обзоры [1–8]), ежегодно проводятся международные конференции и симпозиумы по мембранному катализу и мембранным реакторам. Некоторые из представляемых работ близки к внедрению в промышленность.
- В 2005 году вышел из печати коллективный труд «Структурированные катализаторы и реакторы» [9], пять глав которого посвящены до-

стижениям в разработке и оптимизации работы мембранных реакторов разных типов и назначений. Соавтором главы о металлосодержащих каталитических мембранных реакторах [10] был академик В.М. Грязнов, признанный мировым научным сообществом одним из основателей мембранного катализа. Предлагаемый читателю обзор основан на материалах этого сборника, мало доступного российским химикам, и дополнен анализом более поздних публикаций.

Первые мембранные реакторы использовали уникальное свойство палладия и его сплавов поглощать большие количества водорода, обнаруженное еще в 1861 году Т. Грэмом [11]. Спустя почти сто лет советские физико-химики применили трубчатую палладиевую мембрану при изучении механизма гидрирования этилена [12]. Однако концепция мембранного катализа была сформулирована только в 60-е годы XX века [13]. В 1964 г. В.М. Грязнов с сотрудниками открыл явление сопряжения реакций с выделением и поглощением водорода на палладиевой мембране. Экспериментально было показано, что если внутрь палладиевой пробирки подавать вещество, способное дегидрироваться, например, циклогексан, а снаружи пробирки продувать вещество, способное поглощать водород, например, о-ксилол, то без дополнительной подачи газообразного водорода можно получить внутри пробирки бензол, а снаружи — продукт гидродеалкилирования ксилола, толуол [14]. При этом обе реакции протекают быстрее, чем при раздельном осуществлении при прочих равных условиях. Несколько позднее в США был запатентован способ дегидрирования этана в этилен на мембранах из палладия [15] при окислении отводимого через мембраны водорода кислородом воздуха с выходами этилена, превышающими равновесный.

Обнаружение сопряжения на палладиевых мембранах стало началом исследований реакций с поглощением и выделением водорода на палладиевых мембранных катализаторах, а позднее и реакций окисления на мембранах из серебра. Основные этапы развития мембранного катализа в России и за рубежом приведены в *таблице 1* (см. стр. 6). Данные этой таблицы охватывают период до середины 90-х годов XX века, когда интерес к мембранному катализу резко возрос, а количество посвященных ему публикаций

стало расти лавинообразно. Это было связано с появлением новых материалов — композитных, асимметричных, полимерных и керамических мембран, существенно расширивших пределы производительности и термостойкости мембранных катализаторов и, соответственно, области их возможного применения.

## 2. Преимущества проведения каталитических реакций в мембранных реакторах

Мембранно-каталитические системы позволяют повысить скорость реакций и их селективность благодаря направленному переносу реагента и энергии.

1) Если на мембранном катализаторе протекает реакция  $A \rightarrow B + C$ , то избирательное удаление одного из продуктов реакции, например, В, через мембранный катализатор позволяет повысить конверсию вещества А, ограниченную термодинамическим равновесием, что дает мощный инструмент повышения скорости реакции [24]. Перенос водорода из зоны его образования повышает не только равновесный выход этой реакции, но и ее селективность. Например, если одновременно с дегидрированием происходит крекинг исходного углеводорода, то удаление образовавшегося водорода через мембранный катализатор облегчает дегидрирование, а продукты побочных реакций (крекинга) остаются в том же реакционном пространстве и скорость этих реакций не возрастает.

2) В свою очередь, если на мембранном катализаторе проводится реакция  $D + B \rightarrow E$ , а реагент В подается в зону реакции диффузией через мембрану, появляется возможность независимого управления поверхностной концентрацией двух исходных веществ D и B и подавления их конкурентной адсорбции, которая неизбежна на обычном катализаторе и уменьшает скорость реакции.

3) Дополнительное преимущество использования мембранных катализаторов — возможность поддержания желательной концентрации одного реагента, например, водорода, по всей длине катализатора. Небольшая поверхностная концентрация водорода, как правило, благоприятна для получения продуктов неполного гидрирования без превращения исходного вещества в менее ценные насыщенные соединения. Одним из способов регулирования поверхностной кон-

**Табл. 1.** *Этапы развития мембранного катализа*

Дата	Явление	Страна	Ссылки
1861 г.	Обнаружение Т.Грэмом избирательной проницаемости палладия для водорода и активности растворенного в палладии водорода в гидрировании	Великобритания	11
1957–58 г.	Применение М.И.Темкиным и Л.О. Аппельбаумом палладиевой мембраны для изучения механизма гидрирования этилена	СССР	12
1964 г.	Обнаружение В.М. Грязновым, В.С. Смирновым, А.П. Мищенко и Л.К. Ивановой явления сопряжения реакций на мембранных катализаторах	СССР	13
1969 г.	Окисление этилена на серебряной мембране В.М. Грязновым и С.Г. Гульяновой	СССР	16
1970-е годы	Исследование школой В.М. Грязнова различных реакций гидрирования и дегидрирования на сплавах палладия	СССР	См. Табл.2
1974 г.	Пуск пилотной установки гидродеметилирования толуола в мембранном реакторе с 196 трубками из сплава Pd-Ni	СССР	17
1979 г.	Создание первого В.М. Грязновым, В.М. Вдовиным и сотр. композитного мембранного катализатора гидрирования в виде пленки палладиевого сплава на носителе из полидиметилсилоксана	ИНХС, СССР	18
1981 г.	Пуск пилотной установки жидкофазного гидрирования дегидролиналоола в мембранном реакторе с плоскими спиралями из сплава Pd-Ru	СССР	17
1985 г.	К. Отцука и др. димеризовали метан на серебре, нанесенном на оксид циркония, стабилизированный оксидом иттрия	Япония	18
1986 г.	Х. Сузуки провел ряд реакций дегидрирования и гидрирования на цеолитном мембранном катализаторе	Япония	19
1991 г.	А. Бургграф и Дж. Росс с сотр. провели риформинг метанола на каталитически активной керамической мембране из оксида алюминия, приготовленной по золь-гель технологии	Нидерланды	20
1994 г.	Пуск фирмой Tokyo Gas Co. Ltd. первой пилотной установки парового риформинга метана с керамическим композитным мембранным реактором	Япония	21
1997 г.	Пуск фирмой Eltron Research Inc. пилотной установки для получения синтез-газа по технологии ион-проводящих мембран	США	22
1998 г.	Пуск пилотной установки с мембранным катализатором для гидрирования подсолнечного масла в твердые жиры	Россия	23

центрации реагента по длине реактора может быть изменение взаимного направления потоков веществ вдоль противоположных поверхностей мембраны. В ряде экспериментальных исследований было показано [24–26], что противоточный режим подачи в мембранный реактор, например, водорода и гидрируемого вещества с разных сторон мембраны позволяет повысить выход промежуточных продуктов гидрирования. А в процессах с выделением водорода, напри-

мер, в ходе конверсии водяного газа с удалением водорода инертным газом [27] в проточном режиме удается извлечь из зоны конверсии больше водорода, чем при прямоточном.

4) Если вещество, проникающее через мембрану, образуется на одной поверхности мембраны и используется у другой ее поверхности на втором катализаторе, происходит сопряжение реакций. В этом случае мембранный катализатор позволяет проводить два процесса в одном реак-

торе без смешения их реагентов и продуктов [14, 28]. Другие преимущества сопряжения реакций в мембранных реакторах рассмотрим ниже.

### 3. Типы мембранных катализаторов

Мембранные катализаторы часто делят на монолитные, пористые и композитные или на нанесенные (асимметричные) и симметричные. В.М. Грязнов предложил [29] изложенную ниже классификацию мембранных катализаторов, основанную на структуре катализаторов.

#### 3.1. Монолитные мембранные катализаторы

К монолитным мембранным катализаторам относятся фольги или тонкостенные трубки из металлов и сплавов, а также непористые оксидные мембраны.

##### 3.1.1. Металлические мембраны

В качестве металлических мембранных катализаторов используют избирательно проницаемый для водорода палладий и его сплавы и избирательно проницаемое для кислорода серебро. Гладкие фольги и тонкостенные трубки обычно имеют малую удельную поверхность. Поверхность может быть увеличена путем введения химически активного металла, например, меди, с последующим удалением кислотой. При этом на поверхности фольги образуется пористый слой, подобный катализатору Ренея, но отличающийся прочностью связи с массивной частью фольги. Для повышения активности или селективности такого катализатора в образовавшиеся поры можно внести дисперсные частицы любого металла или оксида.

Основными преимуществами металлических мембранных катализаторов является их практически абсолютная избирательность и высокая каталитическая активность в реакциях с участием водорода (палладий и его сплавы) и окисления (серебро), а недостатком — дефицитность и высокая стоимость палладия и серебра.

##### 3.1.2. Оксидные мембраны. Ион-проницаемые мембраны

Избирательную проницаемость в отношении молекул газов по механизму «растворение–диффузия» проявляют и некоторые монолитные керамические материалы. К ним относится, например, оксид кремния, обла-

дающий высокой избирательностью по водороду. Правда, коэффициент его проницаемости на 3 десятичных порядка ниже, чем у палладия.

Другой интересный тип монолитных мембран — твердые электролиты. Это весьма избирательные по проницаемости и термостойкие материалы, однако, перенос вещества в них с приемлемой скоростью начинается при температурах выше 600°C [30]. Типичными твердыми электролитами являются стабилизированные  $ZrO_2$ ,  $ThO_2$  или  $CeO_2$ , твердые растворы  $Bi_2O_3$  в щелочи,  $SrCeO_3$  и т.п. Эти материалы могут избирательно пропускать водород или кислород. Сравнительно недавно обнаружена гораздо более высокая проницаемость для кислорода некоторых перовскитов, представляющих собой смешанные оксиды La, Sr, Mn [31]. Перенос кислорода в них происходит по механизму диффузии вакансий со скоростью, тысячекратно превышающей скорость переноса кислорода в оксиде циркония, стабилизированном оксидом иттрия.

Таким образом, преимуществам монолитных мембранных катализаторов является высокая избирательность переноса вещества, термическая, химическая и механическая стойкость. Основной недостаток этих мембран — невысокая проницаемость при низких температурах.

#### 3.2. Пористые мембранные катализаторы. Цеолитные мембраны

Скорость переноса вещества в пористых мембранных катализаторах, как правило, гораздо выше, чем в монолитных. Селективность этих мембран обычно определяется законом Кнудсена и, соответственно, гораздо ниже, чем у монолитных. Для повышения селективности пористых мембран разработаны методы придания им асимметричности путем нанесения на поверхность макропористой мембраны тонкого селективного слоя с микро- или нанопорами. Наиболее распространенными материалами таких мембран являются оксиды алюминия или кремния. Основным способом приготовления асимметричных пористых мембран является золь-гель метод. Поры при этом формируются пространством между частицами, поэтому их размеры и однородность зависят от характеристик текстуры.

К пористым мембранным катализаторам можно отнести и цеолитные мембраны, поры в которых имеют структурное происхождение,



совершенно одинаковы и обеспечивают молекулярно-ситовую селективность диффузионного переноса [32]. Иной характер селективности имеют синтезированные относительно недавно [33] мембранные материалы на основе сложных фосфатов натрия и циркония (NZP). В их структуре содержатся два типа пустот, частично занятых ионами натрия или аналогичных катионов. Наличие каналов между пустотами создает возможность миграции катионов в объеме NZP, поэтому их еще называют сверхпроводниками ионов Na (NaSiCon). При наложении разности потенциалов миграция катионов становится направленной. Строение сложных фосфатов типа NZP создает возможность варьировать их ионный и катионный состав в довольно широких пределах, что важно для оптимизации их свойств, например, проводимости, теплопроводности, а также адсорбционных и каталитических. Мембраны на основе NZP используют в сенсорах [34]. Недавно появились публикации о попытках приготовления мембранных катализаторов на основе NZP [35, 36].

### 3.3. Композитные мембранные катализаторы

Существует два типа композитных мембранных катализаторов — пористые и сплошные. Композитный катализатор состоит из двух или более слоев, отличающихся структурой или химическим составом. Один из слоев является механически прочной и газопроницаемой подложкой, которая, например, может представлять собой пористую пластину или трубку из металла или термо- и коррозионностойкого оксида. При этом макропористый материал не является катализатором, но покрыт тонкой пленкой катализатора, например, сплава палладия или серебра. Чтобы получить бездефектную пленку каталитически активного металла и подавить взаимную диффузию элементов подложки и катализатора, между носителем и активным слоем обычно помещают очень тонкий промежуточный слой жаростойкого материала.

Поскольку именно бездефектность и малая толщина активного слоя являются ключевым условием высокой селективности и производительности композитных мембран, способы их приготовления служат предметом многих исследований и постоянно совершенствуются (см., например, обзор [6]). Предложены методы вакуумного напыления, электро- и химического осаждения, магнетронного и плазменного распыления.

Одним из наиболее популярных и эффективных способов получения мембран с тонким слоем водородопроницаемых сплавов является метод химического осаждения, вследствие его простоты и возможности получать однородное покрытие на пористых носителях различной природы. В последнее десятилетие в этом направлении достигнуты значительные успехи. Так, многообещающим представляется использование явления осмоса при химическом осаждении [37, 38]. Методика включает химическое нанесение металла на одну из поверхностей мембраны при одновременной циркуляции раствора высокого осмотического давления вдоль ее другой поверхности. Осмотическое давление вызывает проникновение воды из осаждаемого раствора в раствор с высоким осмотическим давлением. При этом концентрация палладиевого комплекса в порах субстрата возрастает, давая более плотную пленку палладия. Фактор селективности  $H_2/N_2$  композитной мембраны, полученной таким способом, может достигать 10000.

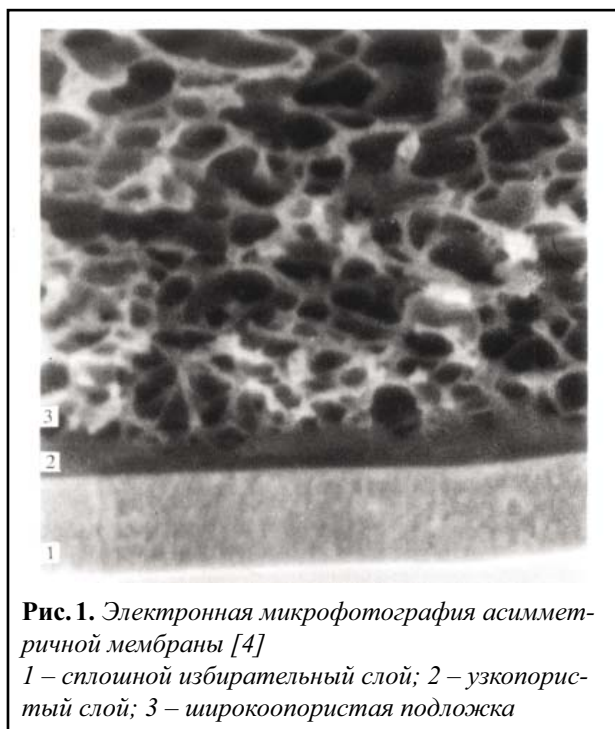
Интересная версия композитной мембраны с пористой керамической трубкой в качестве носителя палладий-серебряного сплава описана в [39]. Керамическую трубку вводили внутрь тонкостенной трубки (50–70 мкм) из сплава Pd-Ag с просветом между ними не более 20–40 мкм. Такой просвет необходим для легкого введения и удаления керамической трубки, а также для исключения каких бы то ни было напряжений, возникающих при непосредственном контакте трубок. Композиция показала абсолютную селективность по водороду, высокую химическую стойкость и механическую устойчивость в течение длительной непрерывной эксплуатации. Металлокерамические композитные мембраны, полученные методами химического осаждения или напыления, оказались гораздо менее устойчивыми.

Композитная мембрана с непористым слоем катализатора – палладиевого сплава, имеет все преимущества монолитного мембранного катализатора, но поток водорода через единицу ее поверхности во много раз выше, а количество драгоценного металла на единицу поверхности значительно меньше, чем для мембранного катализатора в форме фольги или трубки.

Композитные мембранные катализаторы могут также содержать полимерные, поддерживающие или промежуточные слои (рис.1). Такие мембраны были испытаны как мембранные ката-

лизаторы неполной гидрогенизации некоторых диеновых углеводородов, и оказалось, что они могут быть столь же избирательными, как монокристаллические мембраны из палладиевых сплавов [18].

Композитные мембраны могут состоять из двух или более слоев монокристаллических металлов. Толстый слой недорогих и высокопроницаемых для водорода металлов (например, ванадия, ниобия,



тантала или титана) покрывают тонкими слоями химически устойчивого и водородопроницаемого металла (например, палладия) после покрытия обеих поверхностей толстого слоя барьерными слоями, исключая взаимную диффузию металлов разных слоев. Самый высокий поток водорода был получен у мембраны с покрытием слоем палладия, диоксидом кремния как барьером и ванадием как подложкой (Pd/SiO<sub>2</sub>/V) [40–42]. Через 48 часов пребывания в потоке водорода при температурах от 350 до 900°C и давлении водорода от 0,1 до 2,6 МПа целостность поверхностного слоя всех образцов нарушилась.

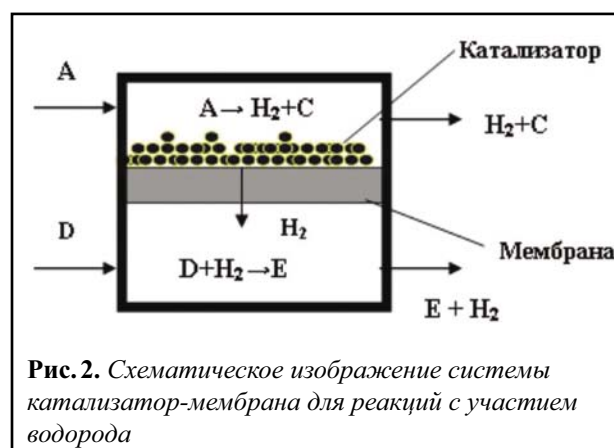
Другой тип селективных для водорода металлических композитных мембран — системы V-Ni. Ванадий — один из наиболее проницаемых для водорода металлов, не использовался в качестве материала для мембран из-за водородного охрупчивания и быстрого окисления поверхности. Преодолеть этот недостаток позволяет добавление к ванадию никеля, кобальта или молибдена. Показано [43], что в интервале температур от 200° до 400°C мембрана из сплава V-15% Ni толщиной 40 мкм, покрытая слоем палладия толщиной 0,2 мкм, более эффективна, чем мембрана из палладия. Слой палладия наносили для предотвращения окисления поверхности мембраны. Длительные испытания мембраны показали, что при температуре 300°C водородопроницаемость снижается на 5 % через две недели пребывания в водороде, а при 200°C — на 30% через 1 неделю. Однако снижение температуры ниже 200°C приводит к значительному необратимому поглощению водорода. Для предотвращения нарушений в слое палладия под влиянием водорода в палладиевый слой добавляли от 8 до 45% серебра. Оказалось, что добавление серебра мало влияет на проницаемость при 300°C, а проницаемость мембраны при 200°C возрастает при добавлении 30% серебра на 27%. Возрастает и стойкость покрытия к разрушению под действием водорода.

К недостаткам композитных мембранных катализаторов по сравнению с монокристаллическими следует отнести сложность их приготовления и относительную недолговечность, связанную с различием термомеханических и химических свойств составляющих их компонентов.

К недостаткам композитных мембранных катализаторов по сравнению с монокристаллическими следует отнести сложность их приготовления и относительную недолговечность, связанную с различием термомеханических и химических свойств составляющих их компонентов.

### 3.4. Системы катализатор – мембрана

Избирательная проницаемость и каталитическая активность редко сочетаются в одном материале. Наиболее простой способ осуществить катализ — разделить функции мембраны и катализатора, помещая в реактор с каталитически инертной мембраной обычный насыпной катализатор (рис. 2). При этом практически бесконечно расширяются возможности выбора подходящих мембран и



активных катализаторов с большой удельной поверхностью по сравнению с гладкими мембранами, но теряются некоторые преимущества монолитных мембранных катализаторов. В частности, износоустойчивость системы в этом случае определяется свойствами насыпного катализатора. Возрастает число элементарных стадий реакции, так как атомизированные перед диффузией молекулы водорода или кислорода рекомбинируют на поверхности мембраны прежде, чем адсорбируются на поверхности катализатора. Термодинамические же и энергетические преимущества мембранного катализа сохраняются.

#### 4. Реакции с использованием мембранных катализаторов

##### 4.1. Гидрирование и дегидрирование

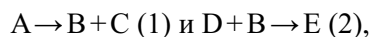
За 40 лет исследований мембранных катализаторов на них было изучено множество реакций с участием водорода и кислорода. Преимущества мембранного катализа наиболее ярко проявляются при проведении реакций, скорость которых ограничена термодинамическим равновесием, в частности, дегидрирования углеводородов.

Многие реакции гидрирования и дегидрирования на мембранных катализаторах позволяют эффективно получать ценные продукты. Некоторые наиболее интересные примеры приводятся ниже.

Реакции гидрирования и дегидрирования были первыми процессами, осуществленными в реакторах с мембранными катализаторами. Первоначально целью их проведения было изучение механизма самих реакций с помощью такого физико-химического инструмента, как избирательно проницаемая мембрана. Позднее, когда были осознаны практическая полезность и преимущества мембранных катализаторов, начался поиск промышленно важных реакций с их использованием. Интересные для промышленного применения процессы перечислены в *таблице 2*.

##### 4.2. Сопряжение реакций на мембранных катализаторах

Сопряжение реакций, как уже говорилось выше, позволяет проводить в одном реакторе, разделенном мембранным катализатором, два разных процесса, исключая не только стадию разделения продуктов разных реакций



но и выделения продуктов каждой из них. Кроме того, как правило, диффузия через мембрану продукта реакции (1) – В, доставляет его к поверхности катализатора реакции (2) в наиболее активной – атомарной форме, что повышает скорость этой реакции. При сопряжении реакций проявляются указанные выше кинетический и термодинамический эффекты использования мембранного катализатора. Кроме того, появляется возможность их энергетического сопряжения, т.е. использования тепла одной из реакций (экзотермической) в другой (эндотермической).

Примеры сопряжения реакций в мембранных реакторах с более высокой производительностью связаны в основном с системами катализатор–мембрана. В этом случае поверхность катализатора дегидрирования не ограничена поверхностью гладкой мембраны. Так, сопряжение дегидрирования бутана на промышленном алюмохромовом катализаторе с окислением водорода на мембранах из бинарных сплавов палладия повышало конверсию бутана и селективность дегидрирования по бутадиену [69]. Одновременное получение стирола и циклогексана в интегрированном мембранном реакторе повысило выход стирола до 87%, что превышает равновесное значение для использованных условий реакции [71].

Дополнительную возможность управления процессами при сопряжении реакций в мембранном реакторе дает изменение взаимных направлений ввода исходных веществ в разные камеры реактора, о котором говорилось в разделе 1. Например, при сопряжении реакций дегидрирования терпенового спирта, борнеола в камфору на медном катализаторе с гидрированием циклопентадиена на мембранном катализаторе из палладий-рутениевой фольги противоточный режим введения паров циклопентадиена и камфоры оказался гораздо эффективнее прямоточного [25]. Особенно существенно возростала селективность образования продукта неполного гидрирования – циклопентена. Подобные результаты были получены и при сопряжении реакций дегидрирования циклогексана и гидрирования пентадиена-1,3 [26].

Еще более впечатляющий результат был получен при моделировании прямоточного и противоточного режимов в ходе сопряжения

дегидрирования этилбензола и гидрирования бензола [72]. Максимальный выход стирола достигался при сопряжении реакций в противоточном режиме, причем скорость потока в камере гидрирования была более, чем на два порядка ниже, чем та, которую нужно было

бы создавать без сопряжения для достижения такой же степени извлечения водорода из зоны дегидрирования. Некоторые примеры сопряжения реакций на мембранных катализаторах приведены в *таблице 3 (стр.12)*.

**Табл. 2.** Реакции дегидрирования и гидрирования, проведенные на монолитных мембранных катализаторах из сплавов палладия

Реакция	Катализатор	T, К	Ссылка
Дегидрирование циклогексана в циклогексен	Pd-23Ag	398	45
Дегидрирование изопентана и изопентенов в изопрен*	Pd-5,5Ni, Pd-10Rh, Pd-10Ru	743-870	46
Дегидрирование н-бутана в бутен-1 и изобутана в изобутилен	Pd-25Ag	603	47
Дегидрирование циклогексана в бензол	Pd-Ru (4.5-7)	623	48
Гидрирование циклопентадиена в циклопентен	Pd-Ru (4.4;9.8), Pd-Rh (2;5),	300-510	49
Паровой риформинг метанола	Pd-23Ag, трубка	500-600	50
Гидрирование 2-метил-1,4-нафтохинона в растворе уксусного ангидрида с этерификацией 2-метил-1,4-нафтогидрохинона в витамин К4*	Pd-5.5Ni, фольга	405-408	51
Дегидрирование 1,2-циклогександиола в пирокатехин	Pd-Rh (7;15); Pd-Cu (37;39;42), фольга	503-773	52
Гидрирование нитробензола в анилин	Pd-Ru(6), трубка	303-473	53
Гидрирование нафталина в тетралин	Pd-15Rh	353-423	54
Разложение гидроиодной кислоты	Pd-23Ag	<873	55
Гидрирование 2,4-динитрофенола в 2,4-диаминофенол	Pd-5.5Ru	390	56
Гидрирование диоксида углерода	Pd-Ru, фольга	563-663	57
Гидрирование 2-бутин-1,4-диола в цис, транс-бутендиол	Pd-Ru, фольга	333	58
Гидрирование дегидролиналоола в линалоол*	Pd-5.9Ni, Pd-Ru(4;6;8;10)	323-473	58
Ароматизация пропана	Pd	823	59
Фотолиз воды	Pd, покрытый TiO <sub>2</sub>	800	60
Гидрообессеривание тиофена	Pd	650	61
Дегидрирование циклогексанола в циклогексанон	Pd-Ru	623-723	62
Дегидрирование циклогексана	Аморфный Pd-Si (15;17.5;20)	423-498	63

\* Реакции в пилотных установках

**Табл. 3.** *Примеры сопряжения реакций на мембранных катализаторах*

Реакция	Катализатор	Т-ра, К	Ссылка
Сопряжение дегидрирования этана и окисления водорода кислородом	Pd-25Ag	725	15
Сопряжение дегидрирования циклогексана и гидродеметилирования	Pd, трубка	703	14
Сопряжение дегидрирования транс-бутена-2 и гидродеметилирования толуола	Pd, Pd-20Ag, трубки	653-713	64
Сопряжение дегидроциклизации ундекана и гидродеметилирования диметилнафталина	Pd-5.9Ni, трубка	860	65
Сопряжение дегидрирования изоамиленов и гидродеметилирования толуола или окисления водорода воздухом	Pd-5.9Ni, трубка	723	66
Сопряжение дегидрирования изопропанола и гидрирования циклопентадиена	Pd-10Ru, фольга	493	67
Сопряжение дегидрирования борнеола и гидрирования циклопентадиена	Pd-5.9Ni; Pd-10Ru; Pd-15Rh, фольги	473-543	68
Сопряжение дегидрирования бутана и окисления водорода воздухом	Pd-9.8Ru; Pd-5.5Sn; Pd-23Ag, фольги	753-823	69
Сопряжение дегидрирования циклогексанола в циклогексанон и гидрирования фенола	Pd-9.8Ru, фольга	500-550	70
Сопряжение дегидрирования циклогексана и гидрирования пентадиена-1,3	Pd-6Ru, фольга	490	26

### 4.3. Парциальное окисление

Мембранным катализатором может быть и металлическое серебро, избирательно проницаемое для кислорода. Кислородопроницаемость тонкостенных трубок из серебра была изучена в [73]. Линейная зависимость проницаемости кислорода от квадратного корня из его парциального давления означает участие атома ион-атома кислорода в лимитирующей стадии переноса кислорода. При электрохимическом нанесении на поверхность трубки слоя серебра проницаемость кислорода возросла более чем на порядок.

На бесшовных серебряных трубках были изучены некоторые реакции окисления. Например, парциальное окисление углеводородов C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub> – этилена и пропилена, на серебряном мембранном катализаторе исследовали в [74]. Парциальное окисление на серебряной мембране спиртов в альдегиды показало [75], что введение кислорода через серебряный мембранный катализатор позволяет повысить степень превращения метанола в формальдегид до 85%. В обычном реакторе при подаче на катализатор смеси паров

метанола и воздуха при прочих равных условиях образуется только 23% формальдегида.

Проницаемость серебра для кислорода возросла при взаимодействии аммиака с кислородом, диффундирующим через мембрану [76]. При окислении аммиака, кислородом, поступающим через мембранный катализатор, образовались азот и закись азота, а взаимодействие смеси аммиака и кислорода с поверхностью серебра давало преимущественно азот. Скорость образования азота в последнем случае была выше, чем при диффузии кислорода через серебро, из-за изменения соотношения между концентрациями различных форм адсорбции аммиака, вследствие снижения количества прочно адсорбированного кислорода.

Интерес к мембранным катализаторам, содержащим серебро, не так давно возрос в связи с созданием твердых электролитов — ион-проводящих оксидов [77]. В последнее десятилетие появились сотни публикаций по получению синтез-газа парциальным окислением метана при диффузии кислорода воздуха в реакционную

камеру через ион-проводящие мембраны. Для более подробного знакомства с этими системами см., например, обзор [78].

В связи с возрастанием потребности комплексно использовать природный газ особое значение приобрели каталитические реакции парциального окисления метана. Кислородопроницаемость твердых электролитов из оксида церия с добавками оксида лантана при 600–1000°C оказалась достаточной для получения из воздуха кислорода особой чистоты и окисления метана. При этом процессы токообразования и конверсии метана совмещаются. При подаче кислорода через оксид циркония, стабилизированный оксидом иттрия, при 700°C проводили окислительную димеризацию метана на серебре, модифицированном оксидом висмута.

В последнее десятилетие число исследований в области окислительных превращений метана с участием твердых электролитов резко возросло в связи с задачей создания портативных топливных элементов для использования в экологически чистых двигателях.

## 5. Мембранно-каталитические реакторы

В большинстве мембранно-каталитических реакторов используются неорганические мембраны благодаря их термостойкости и высокой механической прочности. Различные виды таких реакторов рассмотрены в обзорах [10, 79]. Приведем здесь только некоторые примеры.

### 5.1. Реакторы с металлическими мембранами

Первые конструкции мембранно-каталитических реакторов с мембранами из сплавов палладия были созданы В.М.Грязновым и его сотрудниками на основе конструкций диффузионных аппаратов [80–84]. Мембраны представляли собой плоские и гофрированные фольги или трубки из палладиевых сплавов, расположенные параллельно в корпусах из нержавеющей стали [80,83] (рис. 3а). Позднее были предложены реакторы с мембранами в виде фольг или трубок в форме спиралей [81,82] (рис. 3б, 3в). Совершенствование дизайна реакторов было направлено на максимально полное использование объема мембранного реактора, т.е. на достижение максимально возможного соотношения площади мембраны к объему реактора [81]. На рис.4 показан мембранный реактор блочного типа, разработанный

в Институте нефтехимического синтеза РАН и применявшийся в пилотной установке для получения пищевых жиров жидкофазным гидрированием подсолнечного масла [84]. Этот реактор может использоваться и как высокоэффективный очиститель водорода, обеспечивающий производительность по водороду до 10 м<sup>3</sup>/час при чистоте 99,99995%.

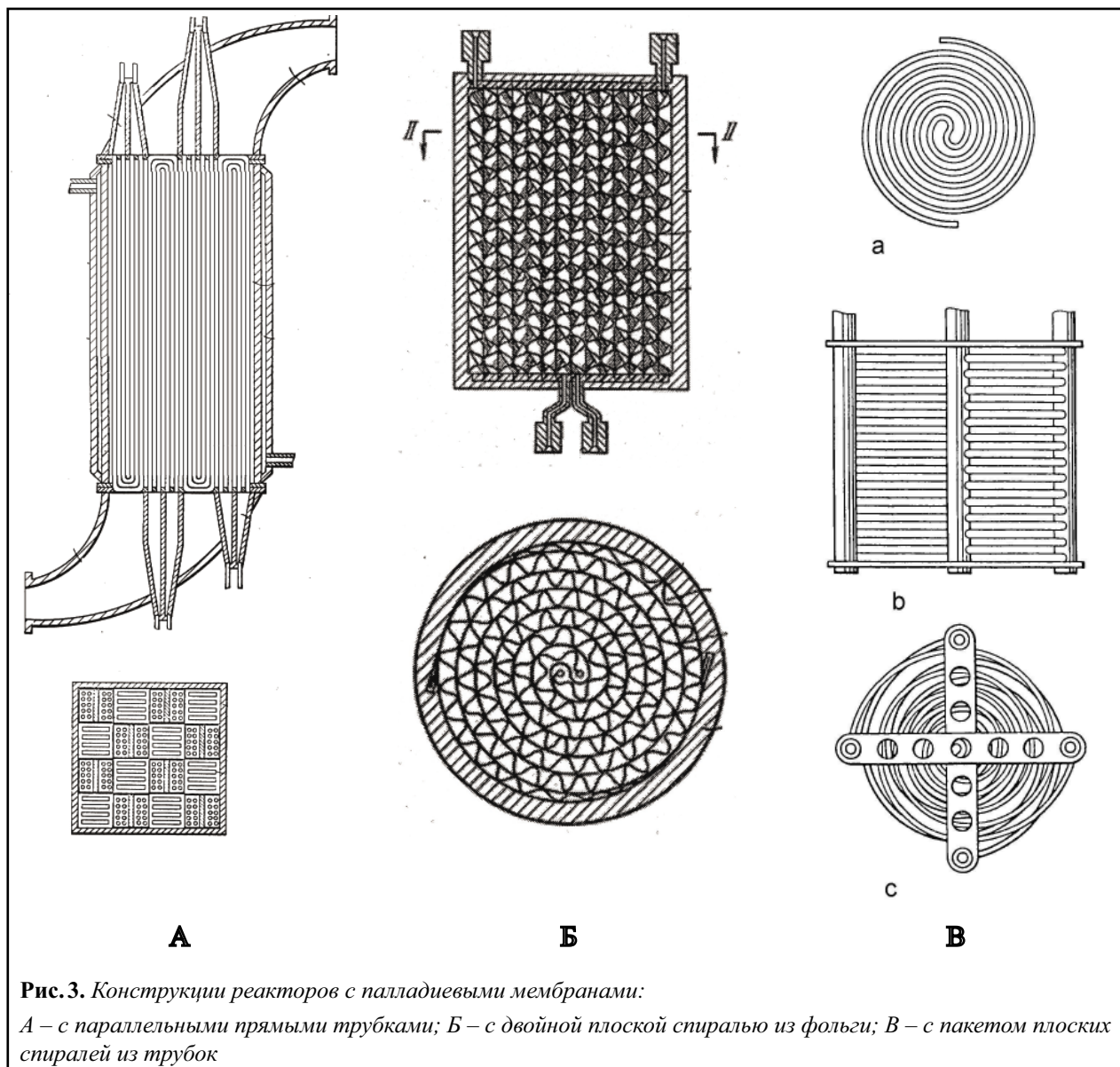
### 5.2. Реакторы с металлосодержащими мембранными катализаторами на различных носителях

Необходимость повышения производительности и снижения стоимости мембран стимулировала переход от реакторов с массивными мембранными катализаторами в виде палладия и его сплавов к реакторам с композитными мембранами, состоящими из пористого носителя с тонким слоем палладиевого сплава. В качестве носителя чаще всего используют асимметрические оксиды алюминия, титана или церия, трубки, из которых выпускаются теперь промышленностью. Все конструкции мембранных реакторов, разработанные для фольг из палладиевых сплавов, могут использоваться для композиций в виде тонкой пленки палладиевого сплава на пористой металлической пластине. Конструкции реакторов с трубками из палладиевых сплавов могут быть модифицированы для пористых металлических трубок с тонким слоем палладиевого сплава.

Конструкции реакторов с композитными мембранами на полимерной подложке могут быть такими же, как для диффузионных аппаратов с полимерными мембранами, т.е. рулонными или половолоконными. Очень перспективным носителем для композитных мембранных катализаторов может стать полое углеродное волокно после нахождения соответствующего герметизирующего термостойкого клея.

Соединение композитных мембранных катализаторов на керамической основе со стальным корпусом реактора представляет большую проблему с точки зрения герметичности и долговечности по сравнению с реакторами с фольгой или трубками из палладиевых сплавов. Керамические пластины со слоем палладиевого сплава могут быть соединены с оболочкой реактора из нержавеющей стали специальной сваркой. Трубчатый керамический носитель может быть соединен с модулями реактора с помощью разных методик





**Рис. 3.** Конструкции реакторов с палладиевыми мембранами:

*А – с параллельными прямыми трубками; Б – с двойной плоской спиралью из фольги; В – с пакетом плоских спиралей из трубок*

припаивания. В последнее время в зарубежных лабораторных мембранных реакторах с керамическими пористыми трубками используется герметизация с помощью графитовых прокладок. Для этой цели оказался пригодным и графитовый материал Графлекс, выпускаемый в России фирмой Унихимтек [85]. Однако, область использования таких реакторов ограничена температурами не более 500°C и реагентами, не содержащими окислителей.

### 5.3. Мембранные микрореакторы

В последние годы активно разрабатывается новое направление в конструировании химических реакторов — микрохимические системы. Этот тип реакторов, названный «лабораторией в чипе», уже успешно используется для решения некоторых проблем биохимии, биомедицины,

микроаналитических приборов и катализа. Термин «микрореактор» в этом случае означает не традиционный для катализа небольшой трубчатый реактор для тестирования катализаторов, а реактор, изготовленный методами, используемыми при производстве кремниевых электронных микроустройств. Реагенты вводятся в такой реактор через микроканалы в кремниевых платах, подобных микрочипам в электронике. Внутренняя поверхность этих каналов покрывается каталитически активным материалом, а микротеплообменники встраиваются в микрореактор методами литографии, электрохимического нанесения и литья (более подробно об этом можно прочитать, например, в [86]). Микрореакторы имеют размеры порядка миллиметров и очень высокое отношение поверхности к объему.



**Рис. 4.** Полупромышленный мембранный реактор для жидкофазного гидрирования и элементы его конструкции

Высокие скорости тепло- и массопереноса обеспечивают протекание реакций в более однородных условиях и с более высокими выходами, чем в обычных реакторах. Для проведения реакций в микрореакторах используются значительно меньшие количества катализаторов и реагентов, они выдерживают более жесткие условия реакции без риска резких подъемов температуры или взрывов. Такое разнообразие преимуществ микрореакторов привлекает к ним большое внимание ученых всего мира. В последние годы появилось много публикаций, посвященных результатам исследования каталитических реакций в таких реакторах. Наиболее важные из них цитируются в обзорах [87–90]. Далее мы сосредоточимся на работах, связанных с мембранными микрореакторами.

Типичный мембранный микрореактор обычно состоит из трех частей: реакционной камеры, разделительной мембраны и крышки реактора. Эти три чипа соединяются друг с другом, образуя систему микрореактора, общий дизайн которого может модифицироваться в зависимости от типа реакции и природы катализатора.

Так, в микрореакторе для дегидрирования циклогексана в бензол [91] 12 чипов-реакторов были размещены на одной кремниевой плате. Полный размер реактора составлял 20 мм в длину, 14 мм в ширину и 3 мм в высоту. В реакционной

камере были вытравлены 80 микроканалов шириной 50 мкм, глубиной 400 мкм и длиной 8 мм. Катализатором служил слой меди толщиной 20 нм, напыленный на подложку из оксида титана. В качестве мембраны была использована гофрированная палладиевая фольга толщиной 4 мкм и площадью 6x8 мм. Корпус реактора с входной и выходной трубками был изготовлен из полидиметилсилоксана. Все три части реактора герметично соединяли, используя Полиимид. Эксперименты в этом микрореакторе показали, что конверсия циклогексана в бензол составляет 18,9%, что близко к равновесному значению.

Микромембранный реактор для проведения конверсии водяного газа с удалением образующегося водорода был изготовлен авторами [92]. Мембрана состояла из четырех слоев: меди, алюминия, стеклянной «щетки» и палладия. Для создания структурного носителя для палладиевой пленки-мембраны, в слоях меди, алюминия и стекла были протравлены отверстия определенного рисунка. Медь можно было использовать и как катализатор окисления CO, образовавшегося в предыдущем микрореакторе при риформинге метанола. Водород в свою очередь удаляли через мембрану. Такой микрореактор представлял собой гибридную систему из реактора конверсии водяного газа и сепаратора водорода. Другой микромембранный реактор [93], использовавшийся для окисления монооксида углерода в CO<sub>2</sub> на палладиевом катализаторе, представлял собой композицию из протравленного кремния и палладиевого слоя толщиной 700 нм, служившего мембранным катализатором.

Перспективная версия структурированного мембранного псевдо-микрореактора была предложена в [94,95]. Палладий-серебряная мембрана разделяла обычный трубчатый реактор на две концентрические зоны. Каждая зона структурирована тонкими (диаметром 7 мкм) филаментами из оксида кремния, покрытыми пористым оксидом алюминия, содержащим катализатор – 0,5%Pt–1%Sn. В микроканалах, образовавшихся между филаментами, формировался ламинарный поток реагентов. В одной зоне происходило дегидрирование пропана с удалением водорода через мембрану. Одновременно в другой зоне диффундирующий водород окислялся воздухом, давая тепло, необходимое для протекания эндотермической реакции дегид-



рирования в первой зоне. При этом происходила регенерация дезактивированного катализатора за счет выгорания углеродных отложений на его поверхности. Потoki пропана и воздуха периодически переключались с одной зоны в другую, обеспечивая непрерывное получение пропана. При таком сопряжении реакций конверсия пропана при температуре 550°C составила около 34%, при равновесном значении – 24%.

### 6. Перспективы применения каталитических металлосодержащих мембранных реакторов в промышленности

В настоящее время металлические и металлосодержащие мембраны используются главным образом в производстве сверхчистого водорода. Однако уже имеется ряд примеров успешного использования каталитических мембранных реакторов в масштабе экспериментальных и полупромышленных установок [6].

Первой такой установкой является мембранный реформер для производства водорода, запущенный компанией Tokyo Gas Ltd. в Токио (Япония) [96]. Мембранный реактор представляет собой цилиндр внешним диаметром 60 см и длиной 1 м (рис. 5). В центре цилиндра находится печь диаметром 180 мм. Слой катализатора высотой 735 и толщиной 38 мм, размещенный на периферии у стенки реформера, пронизан 24 трубчатыми мембранами высотой 600 мм. Композитные мембраны представляют собой пористые металлические трубки, на внешнюю поверхность которых нанесен сплошной слой палладия толщиной 20 мкм. Производительность установки составляет 4 м<sup>3</sup>/час водорода чистотой 99,999%. Исходным сырьем паровой конверсии низших парафинов является бытовой газ, содержащий 88,5% метана, 4,6% этана, 5,4% пропана и 1,5% бутана и водяной пар в соотношении пар/метан=3/1. Температура реакции составляет от 500 до 550°C. При 550°C конверсия метана достигает 70%. Реформер может обеспечивать сверхчистым водородом установки, требующие водород, не содержащий CO.

Еще одна установка с мембранным реактором в настоящее время внедряется в концерне, являющемся альянсом компаний AMOCO, BP Chemical, PRAXAIR, SASOL и STATOIL [97]. Технология носит название OTM Сингаз (Oxygen Transport Membrane Synthesis Gas) и использует ион-проводящие мембраны, обеспечивающие значительный

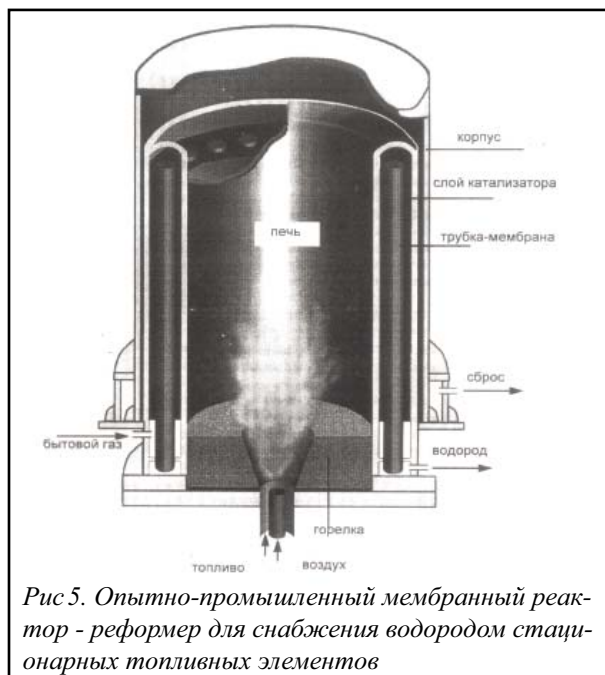


Рис 5. Опытно-промышленный мембранный реактор - реформер для снабжения водородом стационарных топливных элементов

поток кислорода, извлекаемого из воздуха, при температурах риформинга природного газа. В одном процессе, исключая необходимость отдельной кислородной установки, интегрируются выделение кислорода из воздуха, паровой риформинг и окисление природного газа.

В Институте нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева РАН и в компании TNO (Голландия) разработан процесс мембранно-каталитического удаления кислорода, растворенного в воде [98]. Испытана пилотная установка с реактором модульного типа, в котором покрытие палладием полых волокон из полипропилена проводилось непосредственно в модулях (рис. 6). Показана высокая эффективность установки, позволяющей

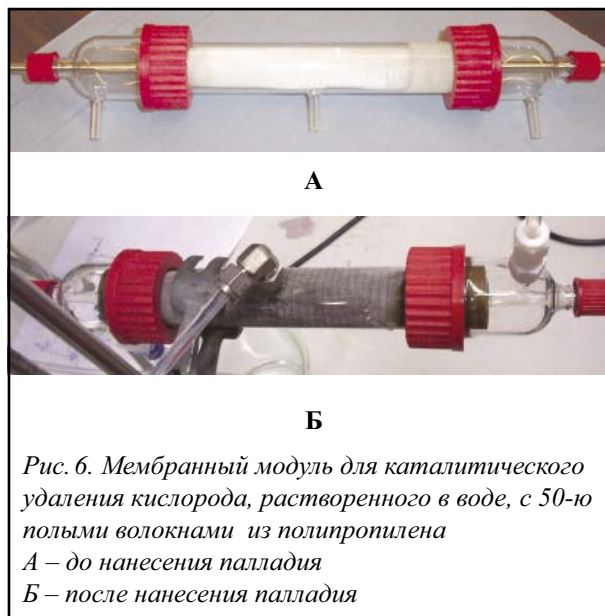


Рис. 6. Мембранный модуль для каталитического удаления кислорода, растворенного в воде, с 50-ю полыми волокнами из полипропилена  
А – до нанесения палладия  
Б – после нанесения палладия

доводить содержание растворенного в воде кислорода до значений менее 2 частей на миллиард.

## 7. Выводы

Каталитические мембранные реакторы привлекают в последние годы все большее внимание благодаря возможности сочетания в одной стадии каталитического превращения и молекулярного разделения продуктов реакции. Многие исследования направлены на создание мембранных реакторов и модулей для промышленного применения. Основными требованиями к таким реакторам являются высокая селективность мембран при достаточной производительности, а также сохранение этих свойств в течение длительного времени в присутствии сложных и агрессивных реакционных сред. Кроме того, мембранно-каталитические модули должны быть конкурентоспособны с уже существующими экономически эффективными процессами или превосходить их. Согласно выводам, сделанным в аналитической статье [99], крупномасштабному использованию каталитических мембранных реакторов должно предшествовать широкое промышленное внедрение газоразделительных мембранных процессов с композитными керамическими мембранами. Ключевой задачей является совершенствование методов приготовления этих мембран, а также снижение их себестоимости. Кроме того, следует ожидать использования мембранных реакторов для интенсификации процессов малой производительности, в которые можно встраивать мембраны без значительного увеличения размеров установок.

## Литература

1. Uemiyi S. State-of-art of supported metal membranes for gas separation. Separation and Purification Methods 1999, 28(1), 51–85.
2. Gryaznov V.M. Metal containing membranes for the production of ultra-pure hydrogen and the recovery of hydrogen isotopes. Separation and Purification Rev. 2000, 29(2), 171–187.
3. Hughes R. Composite palladium membranes for catalytic membrane reactors. Membrane Technology 2001, № 131, 9–13.
4. Liu Sh., Tan X., Li K., Hughes R. Methane coupling using catalytic membrane reactors. Catalysis. Rev. 2001, 43(1–2), 147–198.
5. Paturzo L., Basile A.; Drioli E. High temperature membrane reactors and integrated membrane operations. Rev. Chem. Eng. 2002, 18(6), 511–551.
6. Pagliery S.N., Way J.D. Innovation in palladium membrane research. Separation and Purification Rev. 2002, 31(1), 1–169.
7. Bako K.B. Membranreaktorok. Magy. Kem. Lap. 2002, 57(11), 420–427.
8. Dixon A.G. Recent research in catalytic inorganic membrane reactors. Int. J. Chem. Reactor Eng. 2003, 1, R.6.
9. Structured catalysts and reactors, Sec. Ed., edited by A.Cybulski and J.A. Moulijn, Taylor&Francis, London, NY, 2005.
10. Gryaznov V.M., Ermilova M.M., Orekhova N.V., Tereschenko G.F. Reactors with Metal and Metal-Containing Membranes. Structured catalysts and reactors, Sec. Ed., edited by A.Cybulski and J.A. Moulijn, Taylor&Francis, London, NY, 2005, С.17, 579–614.
11. Graham T. On the absorption and dialytic separation of gases by colloid septa, Phyl. Trans. Roy. Soc. 1866, 156, 399–412.
12. Темкин М.И., Анельбаум Л.О. О цепном характере поверхностных реакций. Проблемы физической химии, Москва, Госхимиздат, 1958. Т.1, с. 94–100.
13. Грязнов В.М. Катализ избирательно проницаемыми мембранами, Докл. АН СССР. 1969, 189, 794–796.
14. Gryaznov V.M. A method for simultaneous carrying out catalytic reactions involving hydrogen evolution and consumption. USSR Patent 274,092, August 27, 1964.
15. Pfefferle W.C. Hydrocarbons dehydrogenation. US Patent 3,290,406, June 2, 1966.
16. Грязнов В.М., Гульянова С.Г., Канизиус С.Г. Исследование диффузии кислорода через серебряную мембрану. Журн. Физ. Химии, 1973, 47, 2694–2699.
17. Gryaznov V.M. Hydrogen permeable palladium membrane catalysts. Plat. Met. Rev. 1986, 30, 68–79.
18. Gryaznov V.M., Smirnov V.S., Vdovin V.M. et al. Br. Pat. 1,528,710 (1978).
19. Otsuka K. et al. Synthesis of Ethylene by Partial Oxidation of Methane over the Oxides of Transition Elements with LiCl, Japan Chem. Lett., 1986, 903–906.
20. Suzuki H. Composite membrane having a surface layer of an ultrathin film of cage-shaped zeolite and process for production thereof. UA Pat. 4,699,892, (1986).
21. Чистов Е.М., Мищенко А.П., Рошан Н.Р., Грязнов В.М., Бурханов Г.С. Новый каталитический реактор с мембраной, проницаемой только для водорода, Тезисы докладов Всероссийской научной конференции Мембраны-98, 5–10 октября 1998, М., с. 220.
22. <http://www.mhi.co.jp/mcec/product/membrane.htm>
23. Schwartz M., White J. H., Myers M. M., Deych S., Krutinger R. K., Sammells A. F. The Use of Ceramic Membrane Reactors for the Partial Oxidation of Methane to Synthesis Gas. 213th ACS National Meeting, San Francisco, CA, April 13–17, 1997.

24. Михаленко Н.Н., Храпова Е.В., Грязнов В.М., Влияние направления потоков водорода и циклопентадиена вдоль противоположных поверхностей мембранного катализатора на его водородопроницаемость и глубину гидрирования. Журн. Физ. Химии, 1986, 60, 511–513.
25. Gryaznov V.M., Ermilova M.M., Morozova L.S. et al. Palladium alloys as hydrogen permeable catalysts in hydrogenation and dehydrogenation reactions, J. Less-Comm. Met. 1983, 89, 529–535.
26. Орехова Н.В., Ермилова М.М., Грязнов В.М. Сопряжение реакций дегидрирования циклогексана и гидрирования пентадиена-1,3 на системе из гранулированного и монолитного мембранного катализаторов. Докл. АН СССР, 1991, 321(1–3), 789–792.
27. Basile A., Paturzo L., Gallucci F. Co-current and counter-current modes for water gas shift membrane reactor. J. Membrane Sci. 2003, 82, 275–281.
28. Gryaznov V.M. Reactions coupling by membrane catalysts, Kinetika i Kataliz. 1971, 12, 640–645.13.
30. Specchia S., Fino D., Saracco G., Specchia V. Inorganic membrane reactors, in Structured catalysts and reactors, Sec. Ed., edited by A.Cybulski and J.A. Moulijn, Taylor&Francis, London, NY, 2005, Ch.18, 615–661.
31. Gur T.M., Belzner A., Huggins R.A. A new class of oxygen selective chemically driven nonporous ceramic membranes: I. A-site doped perovskites, J. Membrane Sci., 1992, 75, 151.
32. Kaptein F., Zhu W., Moulijn J., Gardner T.Q. Zeolite membranes: modeling and application, in Structured catalysts and reactors, Sec. Ed., edited by A.Cybulski and J.A. Moulijn, Taylor&Francis, London, NY, 2005, Ch.20, 701–747.
33. Hong H. Y-P. Crystal structures and crystal chemistry in the system. Mat. Res. Bull. 1976, 11, 173–182.
34. Pasciak G., Prociowk K., Mielcarek W., Gornicka B., Mazurek B. Solid electrolytes for gas sensors and fuel cells applications, J. Eur. Ceram. Soc. 2001, 21, 1867–1870.
35. Mouazer R., Persin M., Cretin M., Larbot A. Preparation and characterization of NASICON-ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-based ultrafiltration membranes. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 2004, 244, 95–104.
36. Tereshchenko G.F., Orekhova N.V., Ermilova M.M., Malygin A.A., Orlova A.I. Nanostructured phosphorus-oxide-containing composite membrane catalysts, Catalysis Today, 2006, 116, 238–242.
37. Li A., Liang W., Hughes R. Fabrication of defect-free Pd/ $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composite membranes for hydrogen separation. Thin Solid Films. 1999, 350, 106–112.
38. Hou K., Hughes R. Preparation of thin and highly stable Pd/Ad composite membranes and simulative analysis of transfer resistance for hydrogen separation. J. Membrane Sci. 2003, 214, 43–55.
39. Tosti S., Bettinali L., Castelli S., Sarto F., Scaglione S., Violante V. Sputtered, electroless, and rolled palladium-ceramic membranes. J. Membrane Sci. 2002, 196, 241–249.
40. Edlund D.J., Pledger W.A. Thermolysis of hydrogen sulfide in a metal-membrane reactor, J. Membr. Sci. 1993, 77, 255–264.
41. Edlund D. J., Friesen D., Johnson B. Pledger W.A. Hydrogen-permeable membranes for high-temperature gas separation, Gas Sep. Purif. 1994, 8, 131–140.
42. Rothenberger K.S., Howard B.H., Killmayer R.P., Cugini A.V., Enick R.M., Bustamante F., Ciocco M.V., Morreale B.D., Buxbaum R.E. Evaluation of tantalum-based materials for hydrogen separation at elevated temperature and pressure. J. Membrane Sci. 2003, 218, 19–37.
43. Nishimura C., Komaki M., Hwang S., Amano M. V-Ni alloy membranes for hydrogen purification. J. Less-Common Met. 2002, 330–332, 902–906.
44. Zhang, Y., Ozaki T., Komaki M., Nishimura C. Hydrogen permeation of Pd-Ag alloy coated V-15Ni composite membrane: effect of overlayer composition. J. Membrane Sci. 2003, 224, 81–91.
45. Wood B. J. Dehydrogenation of cyclohexane on a hydrogen-porous membrane, J. Catal. 1968, 11, 30–34.
46. Орехова Н.В., Ермилова М.М., Грязнов В.М., Интенсификация дегидрирования бутана на гранулированном катализаторе путем удаления водорода через мембраны из палладиевых сплавов. Журн. Физ. Химии, 1997, 71(9), 1549–1553.
47. Wood B.J. Catalytic conversion of alkanes and olefins to a preselected olefin isomer. US Patent 3,702,876, November 11, 1972
48. Грязнов В.М., Мищенко А.П., Полякова В.П. и др. Палладий-рутениевые сплавы как мембранные катализаторы, Докл. АН СССР, 1973, 211, 624–628.
49. Смирнов В.С., Ермилова М.М., Кокорева Н.В., Грязнов В.М. Селективное гидрирование циклопентадиена на мембранных катализаторах, Докл. АН СССР. 1975, 220, 647–650.
50. Philpott J. E. The on-site production of hydrogen, A mobile generator for meteorological and industrial purposes. Plat. Met. Rev. 1975, 20, 110.
51. Маганюк А.П., Грязнов В.М., Особенности жидкофазного гидрирования на мембранном катализаторе, проницаемом только для водорода, Анализ современных задач в точных науках. Университет дружбы народов, Москва, 1973, 176–180.
52. Сарылова М.Е., Мищенко А.П., Грязнов В.М., Смирнов В.С., Влияние бинарных сплавов палладия

на направление превращений циклогександиола-1,2, Изв. АН СССР. Сер. Хим. 1977, 430–432.

53. *Mischenko, A.P.; Gryaznov, V.M.; Smirnov, V.S. et al.* Method of preparation of aniline. USSR Patent 685,661, September 15, 1979.

54. *Gryaznov, V.M.; Smirnov, V.S.; Dyumaev, K.M.; Ermilova, M.M.; Fedorova, N.V.* Method of preparing tetralin. USSR Patent 704,936, December 25.

55. *Yehekel J., Leger D., Courvoisier P.* Thermal decomposition of hydroiodic acid and hydrogen separation, Adv. Hydrogen Energy 1979, 1, 569–570.

56. *Mischenko A.P. and Gryaznov V.M.* Ger. Pat. 3,013,799 (1981).

57. *Грязнов В.М., Гульянова С.Г., Серов Ю.М., Ягодовский В.Д.* Особенности гидрирования диоксида углерода на палладий-рутениевом мембранном катализаторе с никелевым покрытием, Журн. Физ. Хим.. 1981, 55, 815–821.

58. *Караванов А.Н., Грязнов В.М.* Жидкофазное гидрирование ацетиленовых и этиленовых спиртов на мембранных катализаторах из палладий-никелевых и палладий-рутениевых бинарных сплавов, Кинетика и катализ, 1984, 25, 69–73.

59. *Uemiya S., Matsuda T., Kikuchi E.* Aromatization of propane assisted by palladium membrane reactor, Chem. Lett. 1990, 1335–1337.

60. *Arai M., Yamada K., Nishiyama Y.* Evolution and separation of hydrogen in the photolysis of water using titania-coated catalytic palladium membrane reactor, J. Chem. Eng. Jap. 1992, 25, 761.

61. *Arai M., Wada Y., Nishiyama Y.* Thiophene hydrodesulfurization by catalytic palladium membrane systems, Sekiyu Gakkaishi 1993, 36, 44–49.

62. *Басов Н.Л., Грязнов В.М., Ермилова М.М.* Дегидрирование циклогексанола с удалением водорода через мембранный катализатор, Журн. Физ. Хим. 1993, 67, 2185–2191.

63. *Itoh N., Machida T., Xu W.-C., Kimura H.* Amorphous Pd-Si alloys for hydrogen-permeable and catalytically active membranes, Catal. Today, 1995, 25(3–4), 241–247.

64. *Грязнов В.М., Смирнов В.С., Иванова Л.К., Миценко А.П.* Сопряжение реакций с переносом водорода через катализатор, Докл. АН СССР 1970, 190, 144–148.

65. *Gryaznov V.M., Smirnov V.S., Slin'ko M.G.* Heterogeneous catalysis with reagent transfer through the selectively permeable catalyst, Proceedings V Intern. Congr. Catal. (Ed. J.W.Hightower). Amsterdam: North Holland, 1973. V.2, p.1139.

66. *Смирнов В.С., Грязнов В.М., Ермилова М.М., Орехова Н.В.*, Исследование сопряжения дегидрирования

изоамиленов с реакциями поглощения водорода на палладий-никелевом мембранном катализаторе, Докл. АН СССР 1975, 224, 391–396.

67. *Михаленко Н.Н., Храпова Е.В., Грязнов В.М.* Влияние переноса водорода через мембранный катализатор из сплава Pd-Ru на скорости дегидрирования изопропанола и гидрирования циклопентадиена. Нефтехимия, 1978, 354.

68. *Smirnov V.S.; Gryaznov V.M.; Ermilova M.M.; Orekhova N.V.; Roschan N.R.; Poljakova V.P.; Savicky E.M.* The simultaneous preparation of cyclopentene and camphor. German Patent 3,003,993, August 6, 1981.

69. *Орехова Н.В., Махота Н.А.* Дегидрирование алканов и алкенов в присутствии мембран из сплавов палладия, Металлы и сплавы как мембранные катализаторы. Москва, Наука, 1981, с.168.

70. *Басов Н.Л., Грязнов В.М.* Дегидрирование циклогексанола и гидрирование фенола в циклогексанон на мембранном катализаторе из палладий-рутениевого сплава, там же, с.117.

71. *Moustafa T.M., Elnashaie S.S.E.H.* Simultaneous production of styrene and cyclohexane in an integrated membrane reactor. J.Membrane Sci. 2000, 178(1), 171–184.

72. *Wolfrath O., Renken A.* Membrane reactor microstructured by filamentous catalyst, Chem. Eng. Sci. 2002, 57, 4947–4953.

73. *Гульянова С.Г., Ведерников В.И., Грязнов В.М.* Проницаемость кислорода через серебряную мембрану, покрытую слоем серебра. Журн. Физ.хим. 1977, 51, 179–182.

74. *Грязнов В.М., Ведерников В.И., Гульянова С.Г.* Роль кислорода, диффундирующего через серебряный мембранный катализатор в гетерогенном окислении, Кинетика и катализ, 1986, 27, 142–146.

75. *Anshits A.G., Shigapov A.N., Vereshchagin S.N., Shevlin V.N.* C2-hydrocarbons formation from methane on silver membrane, Catal. Today 1990, 6, 593–600.

76. *Паллегедара А.Б., Гульянова С.Г., Ведерников В.И., Грязнов В.М., Старковский Н.И.* Кислородопроницаемость тонких серебряных мембран: III. Окисление аммиака на серебряной мембране. Журн. Физ. хим. 1994, 68(5), 722–724.

77. *Hamakawa S., Koisumi M., Sato K., Nakamura J., Uchijima T., Murata K., Hayakawa T., Tekehira K.* Synthesis gas production in methane conversion using the Pd/vertytria-stabilized zirconia\ vertAg electrochemical membrane system. Catal. Lett. 1998, 52(3–4), 191–197.

78. *Dyer P.N., Richards R.E., Russek S.L., Taylor D.M.* Ion transport membrane technology for oxygen separation and syngas production. Solid State Ionics. 2000, 134(1), 21–33.

79. Грязнов В.М., Орехова Н.В. Катализ благородными металлами. Динамические особенности. Москва, Наука, 1989. 224 p.
80. Gryaznov V.M., Mischenko A.P., Smirnov V.S., Aladyshev S.I. Catalytic reactor designed for carrying out conjugate chemical reactions. US Patent 3,779,711, December 18, 1973.
81. Gryaznov V.M., Mischenko A.P., Maganjuk A.P., Fomin N.D., Polyakova V.P., Roshan N.R., Savitsky E.M., Saxonov J.V., Popov V.M., Pavlov A.A., Golovanov P.V., Kuranov A.A. Heat and mass transfer apparatus. UK Patent 2,056,043A, March 11, 1981.
82. Gryaznov V.M., Smirnov V.S., Mischenko A.P., Aladyshev S.I. Catalytic reactor for carrying out conjugate chemical reactions. US Patent 3,849,076, November 19, 1974.
83. Gryaznov V.M., Smirnov V.S., Mischenko A.P., Aladyshev S.I. Catalytic reactor for carrying out conjugate chemical reactions. US Patent 4,014,657, March 29, 1977.
84. Chistov E.M., Mischenko A.P., Roshan N.R., Gryaznov V.M. Pilot plant catalytic reactor for liquid phase hydrogenation, Abstract of the Second Conference on Catalysis in Membrane Reactors, Moscow, September 24–26, 1996, p.44.
85. <http://www.unichimtek.ru/1/products.shtml>
86. Ajmera S.K., Delattre C., Schmidt M.A., Jensen K.F. Microfabricated differential reactor for heterogeneous gas phase catalyst testing. *J. Catal.* 2002, 209, 401–412.
87. Worz O., Jackel K.P., Richter Th., Wolf A. Microreactors, a new efficient tool for optimum reactor design. *Chem. Eng. Sci.* 2001, 56, 1029–1033.
88. Ehlfred W., Hessel V., Lowe H. *Microreactors: New Technology for Modern Chemistry*. John Wiley & Sons, Ltd., 2000. 412 p.
89. De Mello A., Wootton R. But what is it good for? Applications of microreactor technology for the fine chemical industry. *Lab. Chip.* 2002, 2, 7N–13N.
90. Jensen K.F. Microreaction engineering – is small better? *Chem. Eng. Sci.* 2001, 56, 293–303.
91. Cui T.H., Fang J., Zheng A.P., Jones F., Reppond A. Fabrication a microreactors for dehydrogenation of cyclohexane to benzene. *Sensors Actuator B. Chem.* 2000, 71(3), 228–231.
92. Karnik S.V., Hatalis M.K., Kothare M.V. Towards a palladium micro-membrane for water gas shift reaction: Microfabrication approach and hydrogen purification results, *J. Micromechanical Systems*, 2003, 12 (1), 93–100.
93. Slinger A., Sturmman J., Bartles O., Benecke W. Micro membrane reactor: a flow-through membrane for gas pre-combustion. *Sensors Actuators. B.* 2002, 83, 169–174.
94. Wolfrath O., Kiwi-Minsker L., Renken A. Novel membrane reactor with filamentous catalytic bed for propane dehydrogenation. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2001, 40, 5234–5239.
95. Kiwi-Minsker L., Wolfrath O., Renken A. Membrane reactor microstructured by filamentous catalyst. *Chem. Eng. Sci.* 2002, 57, 4949–4953.
96. Uemiya S. Brief review of steam reforming using a metal membrane reactor. *Topics in Catalysis.* 2004, 29, 79–84.
97. Wieland S., Melin T., Lamm A. Membrane reactors for hydrogen production. *Chem. Eng. Sci.* 2002, 57, 1571–1576.
98. Van der Vaart R., Petrova I., Lebedeva V., Volkov V., Kochubey D., Tereshchenko G. In-situ application of catalytic phase to commercial membrane contactor for removal of dissolved oxygen from water. *Desalination* 2006, 199, 424–425.
99. Sjardin M., Damen K.J., Faaij A.P.C. Techno-economic prospects of small-scale membrane reactors in a future hydrogen-fuelled transportation sector. *Energy* 2006, 31, 2523–2555.

---

## ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МЕМБРАННЫЕ БЕЛКИ: ПОДХОД К СОЗДАНИЮ РЕАЛИСТИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ IN SILICO

*А.О. Чугунов<sup>ab</sup>, В.Н. Новоселецкий<sup>ac</sup>, А.С. Арсеньев<sup>a</sup>, Р.Г. Ефремов<sup>a</sup>*

<sup>a</sup>Институт биоорганической химии им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, 117997, Москва, В-437, ул. Миклухо-Маклая, 16/10, *batch2k@yandex.ru*

<sup>b</sup>Кафедра биоинженерии Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва.

<sup>c</sup>Московский физико-технический институт, Москва.

Интегральные мембранные белки (МБ)—объекты исключительной биомедицинской важности. Знание их пространственных структур является ключевым фактором для направленного конструирования новых лекарственных препаратов, однако структуру интересующего МБ не всегда можно получить с помощью экспериментальных методов. Молекулярное моделирование может помочь в преодолении этих трудностей, но основным его ограничением является низкое качество получаемых теоретических моделей. Мы представляем новый метод оценки качества упаковки  $\alpha$ -спиральных сегментов в трансмембранных (ТМ) доменах МБ, основанный на анализе экспериментальных структур МБ высокого разрешения. Предложенная концепция классов белок-мембранного окружения позволяет численно оценить параметры упаковки спиралей в модели белка, основываясь на характеристиках отдельных аминокислотных остатков, описанных в терминах доступности мембране и полярности ближайшего белкового окружения. Показано, что метод даёт возможность идентифицировать в больших наборах теоретических моделей конформацию, наиболее близкую к нативной структуре. Разработанный метод «оценивающей функции для МБ» может быть полезен при оптимизации ТМ упаковки теоретических моделей МБ, в частности, моделей G-белок сопряжённых рецепторов.

*Ключевые слова:* Интегральные мембранные белки, Предсказание пространственной структуры, Белковое окружение, GPCR, зрительный родопсин

Integral membrane proteins (MPs) are pharmaceutical targets of exceptional importance. Modern methods of three-dimensional protein structure determination often fail to supply the fast growing field of structure-based drug design with the requested MPs' structures, and computational modeling techniques gain special importance for these objects. Among the principal difficulties limiting application of these methods is the low quality of the MP models built in silico. Here we present a novel method for assessment of packing quality for transmembrane (TM) domains of  $\alpha$ -helical MPs, based upon analysis of available high-resolution experimental structures of MPs. The presented concept of protein-membrane environment classes permits quantitative description of packing characteristics in terms of membrane accessibility and polarity of the closest protein groups. We demonstrate that the presented method allows identification of native-like conformations among the large set of theoretical models of MP. The developed “membrane scoring function” will be of use for optimization of TM domain packing in theoretical models of MPs, in the first place G-protein coupled receptors.

*Keywords:* Integral membrane proteins, Spatial structure prediction, Protein Environment, GPCR, Visual rhodopsin

### ВВЕДЕНИЕ

Мембранные белки (МБ)—объекты исключительной биологической и биомедицинской важности. Среди их функций можно назвать трансмембранную (ТМ) передачу сигнала, реакцию на свет, генерацию ТМ потен-

циалов и др. Важнейший класс МБ—G-белок сопряженные рецепторы—являются мишенями для >50% выпускаемых в настоящее время лекарств [1], так как с их дисфункцией связан широкий спектр заболеваний [2]. Все функ-

циональное разнообразие МБ обусловлено, в первую очередь, структурой их ТМ доменов, так как именно там происходят конформационные перестройки, определяющие механизм действия белка. Информация о структуре и функциях этих рецепторов чрезвычайно востребована в таких фармацевтических приложениях, как дизайн новых лекарственных препаратов, однако современные методы экспериментального определения пространственной структуры (рентгеноструктурный анализ (РСА) и спектроскопия ЯМР) часто неспособны решить эту задачу из-за сложностей в экспрессии, выделении, очистке, рефолдинге и подборе условий кристаллизации МБ [3]. К настоящему времени определено всего несколько десятков структур уникальных МБ, что составляет менее 1% всех известных структур в базе PDB [4], в то время как доля МБ в геномах всех изученных организмов — по меньшей мере, 15–30% [5].

Молекулярное моделирование служит независимым методом предсказания пространственной структуры МБ в условиях недоступности экспериментальных структур. Моделирование структуры  $\alpha$ -спирального МБ (именно этот класс МБ представляет наибольший интерес с фармакологической точки зрения) обычно сводится к следующим стадиям: (1) Идентификация ТМ сегментов в последовательности белка и определение его топологии; (2) Оптимизация взаимной ориентации ТМ  $\alpha$ -спиральных сегментов; (3) Предсказание таких важных структурных особенностей, как спиральные изломы и другие отклонения от «идеальной» спиральности; (4) Реконструкция «петлевых» участков в модели. В этой схеме наиболее сложным этапом даже в случае простейших спиральных систем является пункт (2)—в силу необходимости исчерпывающего конформационного поиска с учётом сложного мембранного окружения, в котором находится белок [6].

Методы предсказания пространственной структуры белков традиционно делятся на исходящие из «первых принципов» (так называемые *ab initio* методы) и на использующие информацию о структуре родственных белков. Первая группа основывается только на априорном знании топологии МБ и предсказывает их структуру с учетом физико-химической природы мембраны и разнообразных эмпирических потенциа-

лов, ее описывающих [7–10]. Предсказания второй группы методов основываются на гомологии с белком-шаблоном с известной пространственной структурой [11], предполагая, что мотив пространственной укладки белка существенно более консервативен, чем его последовательность [12]. В случае рецепторов семейства GPCR, однако, моделирование по гомологии ограничено структурой единственного доступного на настоящий день белка-шаблона—бычьего зрительного родопсина [13], гомология которого с другими рецепторами семейства сравнительно невысока. В связи с различием функций, выполняемых моделируемым белком и структурным шаблоном, получаемые модели необходимо оптимизировать с учетом их биологической специфики. При оптимизации теоретических моделей (в частности, «подстраивании» взаимной ориентации ТМ  $\alpha$ -спиралей) необходимо учитывать все возможные экспериментальные данные—такие, как информацию о функционально важных остатках или расстоянии между отдельными группами белка [14], а также общие принципы упаковки МБ, наблюдаемые в известных структурах [15, 16].

Для уже построенной модели необходимо иметь возможность оценить качество ее упаковки, согласие с закономерностями строения МБ с известной структурой. Такое знание можно использовать для дополнительной оптимизации моделей и устранения присутствующих в них ошибок. В литературе описаны примеры использования для оптимизации теоретических моделей таких характерных особенностей строения МБ как распределение гидрофобных [17–19] и переменных [17, 20–22] свойств ТМ сегментов, а также склонностей тех или иных остатков находиться в области контакта с мембраной [23] или образовывать плотный интерфейс с другими спиральями белка [24–28]. Эти закономерности, безусловно, важны для понимания принципов устройства ТМ доменов, однако наличие трехмерных (3D) структур МБ атомного разрешения позволяет исследовать и более тонкие параметры организации, учитывающие микроскопическое окружение индивидуальных остатков. Отдельные попытки изучения этой организации уже были описаны [29–31], однако до сих пор не предложено функций оценки качества упаковки МБ (аналогичных уже созданным для глобулярных белков [32, 33]), основанных на анализе



микроокружений отдельных остатков в структурах высокого разрешения. Необходимость создания методов оценки, оптимизированных специально для МБ, диктуется существенными физико-химическими различиями сред, в которых существуют водорастворимые и мембранные белки и, следовательно, серьезными отличиями в их пространственной организации [17, 34, 35].

В этой работе мы представляем новый метод оценки качества упаковки ТМ доменов  $\alpha$ -спиральных мембранных белков, основанный на анализе характеристик упаковки аминокислотных остатков в невырожденном наборе 26 структур МБ высокого разрешения. Этот анализ позволил определить предпочтения отдельных типов остатков к пяти классам белок-мембранного окружения, характеризующим степень их взаимодействия с мембраной и полярность ближайших белковых групп. Мы показали линейную зависимость «оценивающей функции для МБ» (ОФМБ) от длины ТМ домена, что позволяет сравнивать качество теоретических моделей с качеством экспериментальных структур того же размера. Кроме того, метод даёт возможность идентифицировать структуры, наиболее близкие к нативной, среди обширного набора моделей, в т.ч. содержащих ошибки. Предлагаемый метод будет использоваться для оптимизации моделей ТМ доменов мембранных белков, в первую очередь — G-белок сопряженных рецепторов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Разработка метода с использованием структурных данных

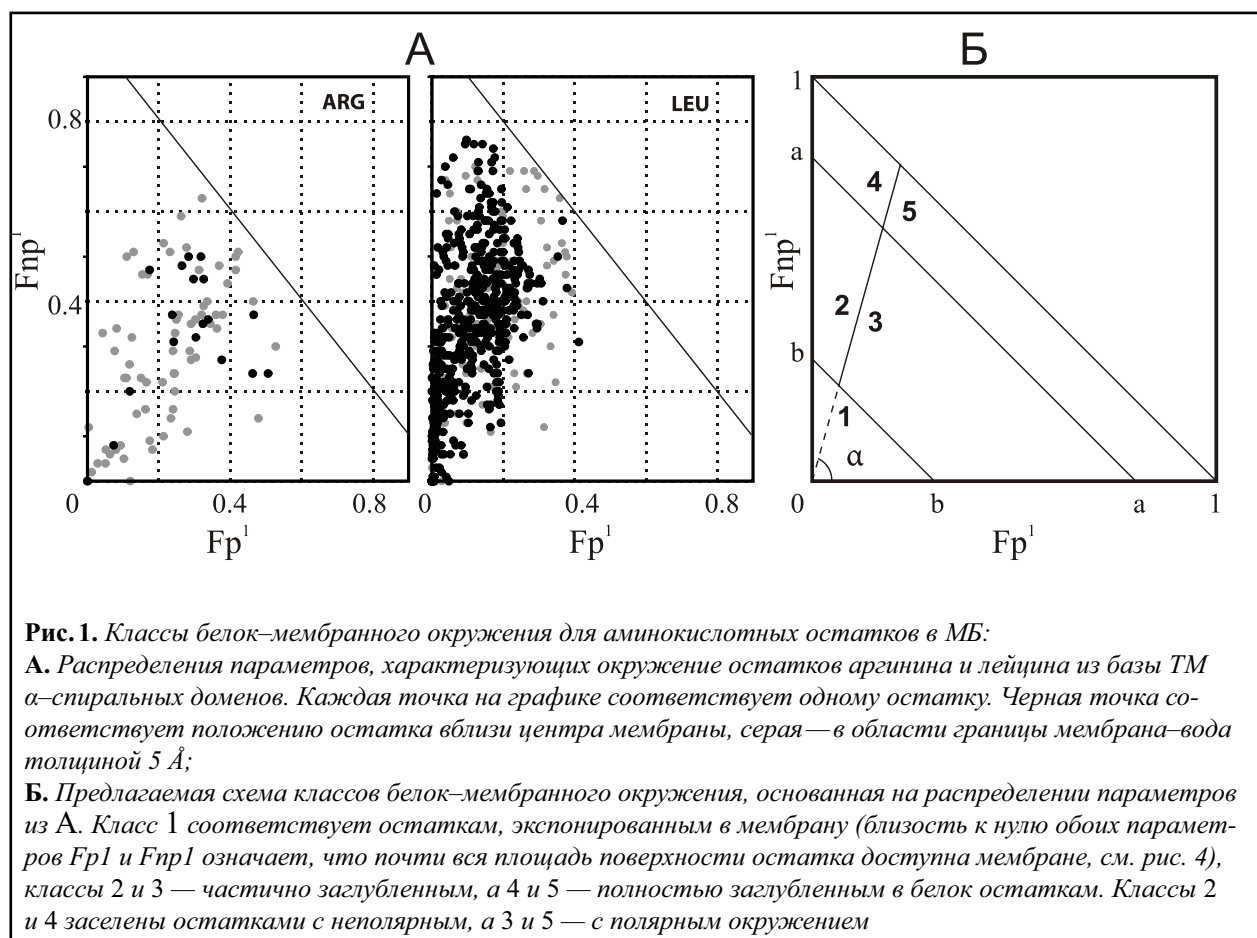
На настоящий день известно более 200 структур МБ, определенных с помощью экспериментальных методов. Однако этот набор сильно вырожден, и после удаления из него всех структур низкого разрешения, моделей, полученных с помощью метода спектроскопии ЯМР,  $\beta$ -структурных белков и близких гомологов, мы получили список из 26 неродственных  $\alpha$ -спиральных МБ, который использовали для параметризации метода. Отдельный набор составили 6 фотосинтетических белков (см. Экспериментальную часть). Разработка метода для ТМ доменов требует аккуратного определения границ ТМ спиралей в структуре. Эти границы вычисляли путем «сканирования» модели пространственной структуры белка, ориентирован-

ной вдоль нормали к мембране, «виртуальным гидрофобным слоем» переменной толщины, имитирующим гидрофобное окружение, характерное для МБ (см. Экспериментальную часть). В случае каждого белка был идентифицирован единственный минимум «сольватационной энергии», соответствующий оптимальному положению белка относительно центра мембраны и оптимальной толщине мембраны. В базу данных, использованную нами при параметризации метода, вошли остатки  $\alpha$ -спиралей, расположенные в области «гидрофобного слоя» (4991 остаток в 217 ТМ спиралях). Пространственные распределения типов остатков вдоль нормали к мембране, параметры гидрофобных свойств их микроокружений, а также взаимосвязи между заглубленными и экспонированными в мембрану позициями оказались в очень хорошем согласии с известными закономерностями [29, 30, 36] (данные не приведены).

Для характеристики окружений остатков и формулировки критериев, определяющих классы окружения, выбрали параметры  $Fp1$  и  $Fnp1$ , которые равны долям площади поверхности остатка, находящейся в контакте с полярными или неполярными атомами других остатков, расположенных в смежных ТМ  $\alpha$ -спиралях, соответственно (см. Экспериментальную часть). Примеры распределения  $Fp1 \times Fnp1$  для остатков лейцина и аргинина из базы данных, а также графическое определение классов белок-мембранного окружения, основанное на значениях  $Fp1$  и  $Fnp1$ , приведены на *рис.1 (стр.24)*.

Диаграммы на *рис.1А* позволяют заметить, что остатки аргинина реже встречаются в ТМ доменах, чем остатки лейцина, а если и встречаются, то в основном на границе с водой. Остатки лейцина, напротив, тяготеют к центральной области мембраны и предпочитают либо экспонированные позиции (класс 1; см. подпись к *рис.1Б*), либо частично заглубленные, неполярные позиции (класс 2). Остатки аргинина, если все же оказываются в центральной области мембраны, находятся в полярном окружении заглубленных классов (3 и 5), свидетельствуя о невыгодности взаимодействия полярного заряженного остатка с неполярным окружением. Чтобы численно охарактеризовать эти предпочтения, мы ввели «оценивающую функцию для мембранных белков» (ОФМБ), описывающую





частоту встречаемости того или иного типа остатка в определенном окружении в базе данных, использованной для параметризации (см. Экспериментальную часть). Положительные значения ОФМБ говорят о склонности данного остатка занимать этот класс в экспериментальных структурах, а отрицательные — о том, что данный остаток встречается в этом классе крайне редко, реже других типов остатков (см. табл. 1).

Предложенный нами метод концептуально схож с известным методом профилей трехмерного окружения Айзенберга (3D–1D Score [32]), однако между ними есть важные отличия. Во-первых, в отличие от метода 3D профилей, параметризованного с использованием 16 структур глобулярных белков, алгоритм оценки качества упаковки МБ разработан специально для ТМ  $\alpha$ -спиральных белков и учитывает их структурные особенности. Во-вторых, он рассматривает остатки только в одном типе вторичной структуры —  $\alpha$ -спирали, т.к. мы сконцентрировались именно на этом подклассе МБ, а неупорядоченная структура крайне невыгодна в неполярном мембранном окружении. И, наконец, предложенная нами схема классов окружения сущес-

твенно отличается от таковой в методе Боуи и Айзенберга [32].

### Тестирование метода

Исходя из предположения, что в белках практически все остатки находятся в выгодных для себя окружениях, можно сделать заключение, что значение суммарной ОФМБ для всего белка (равное сумме значений для всех остатков) будет находиться в прямой зависимости от длины последовательности белка. На рисунке 2А (стр.26) приведена эта зависимость для белков из обучающего набора, шести структур фотосинтетических белков (не использовавшихся при получении значений, приведенных в табл. 1) и набора теоретических моделей родопсина, построенных до выхода его кристаллографической структуры (здесь они используются для проверки способности метода отличать «правильные» структуры от ошибочных). Из рисунка видно, что точки, соответствующие белкам обучающего набора, хорошо ложатся на одну прямую, подтверждая сделанное предположение. При параметризации метода с использованием только части белков из обучающего набора, применяя другую часть в

**Табл. 1.** Предпочтения остатков к классам белок-мембранного окружения (для определения классов см. рис. 1Б)

Остатки:	Классы окружения:				
	1	2	3	4	5
ALA	0,09	-0,33	-0,10	0,29	0,64
ARG	-0,04	-0,94	0,51	-1,20	0,82
ASN	0,21	-1,05	0,56	-1,13	0,60
ASP	-0,04	-1,12	0,86	-1,67	-0,09
CYS	-0,42	-0,23	0,25	0,71	-0,41
GLN	-0,22	-1,02	0,66	-0,18	0,38
GLU	-0,56	-0,77	0,57	-0,34	0,63
GLY	-0,16	-0,32	-0,15	0,36	0,79
HIS	-0,72	-0,55	0,90	-0,97	-1,87
ILE	0,27	0,40	-0,65	-0,19	-2,29
LEU	0,10	0,34	-0,53	0,01	-0,97
LYS	0,48	-0,78	0,64	-2,02	-0,15
MET	-0,21	0,44	-0,74	0,19	-1,27
PHE	-0,20	0,25	-0,28	0,26	-0,64
PRO	-0,36	-0,38	0,50	-0,87	0,35
SER	-0,25	-0,51	0,54	-0,37	0,23
THR	-0,19	-0,19	0,22	-0,11	0,30
TRP	-0,31	0,11	0,10	-0,11	-0,32
TYR	-0,58	-0,40	0,44	-0,21	0,46
VAL	0,28	0,10	-0,12	0,03	-0,81

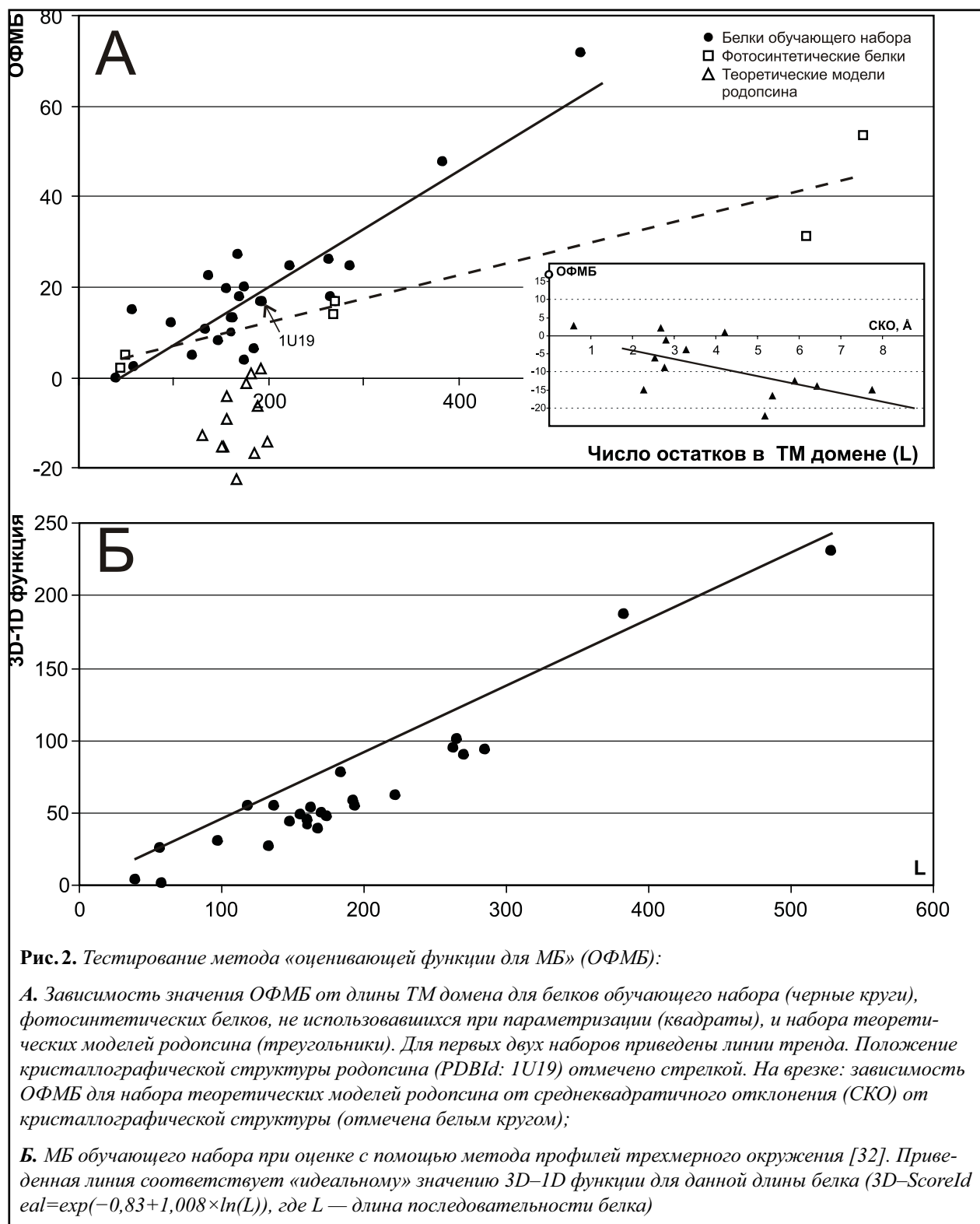
качестве тестового набора, мы получали очень схожий закон зависимости ОФМБ от длины, значения ОФМБ для остатков и границы классов (рис. 1Б). Точки, отвечающие белкам тестового набора, хорошо ложились на регрессионную прямую (данные не приведены). Все вышесказанное подтверждает, что предложенный метод является весьма устойчивым и надежным, а используемый набор данных — представительным и не приводит к переопределению метода.

В то же время, как видно из рисунка 2А, для фотосинтетических белков (ФБ) характерна другая зависимость ОФМБ от длины ТМ домена. Причем это явление не следует из того, что они не были использованы при параметризации метода

— в том случае, если параметризация включала и их, и текущий обучающий набор, ситуация повторялась (данные не приведены). Видимо, это свидетельствует об отличиях в упаковке ФБ по сравнению с другими МБ, использовавшимися в обучающем наборе. Наиболее простое объяснение этого факта заключается в том, что ТМ домен ФБ изобилует молекулами пигментов, поглощающих свет. Вероятно, эти молекулы изменяют характерные для остальных МБ межспиральные взаимодействия внутри белка и/или частично заменяют их взаимодействиями белок-пигмент. Возможно, для оценки качества ФБ требуется отдельная параметризация метода с использованием доступных структур в качестве обучающего набора.

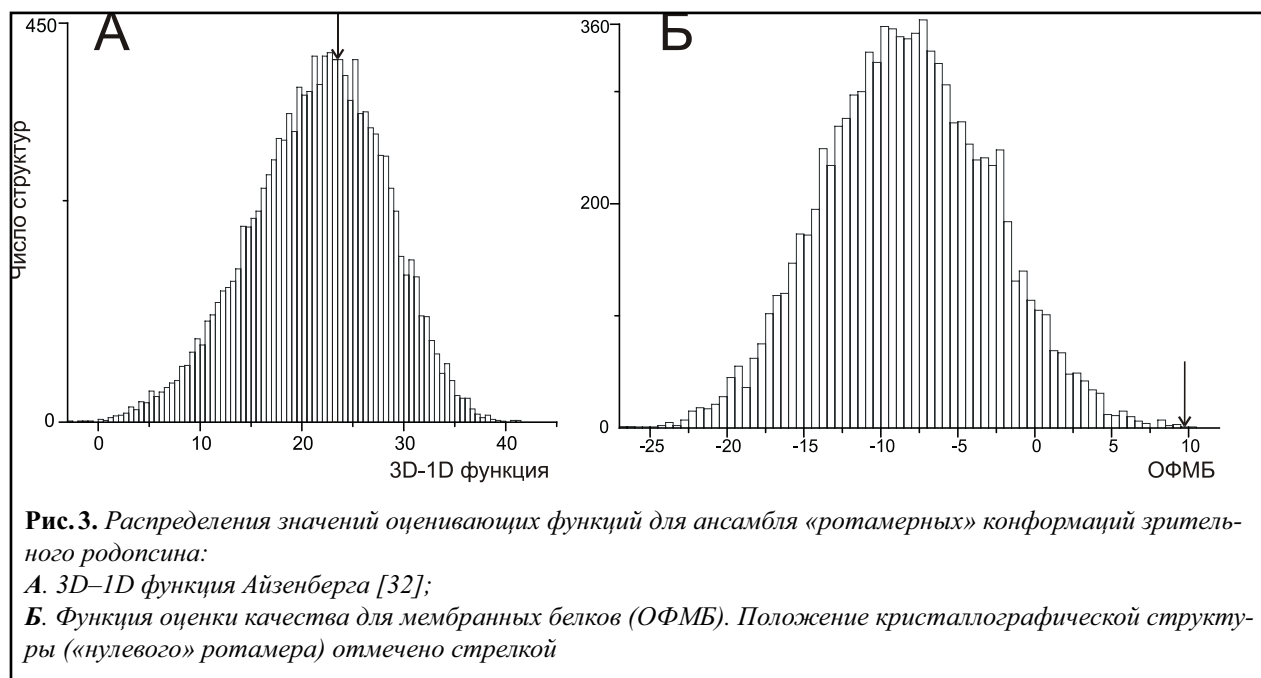
На рисунке 2А также приведены данные о собранных из открытых источников теоретических моделях родопсина, предложенных до выхода его кристаллографической структуры, а также построенных с помощью общедоступных средств моделирования специально для целей тестирования метода ОФМБ. Метод оценки качества упаковки МБ позволяет однозначно идентифицировать кристаллическую («корректную») структуру родопсина — для нее значение оценивающей функции значительно больше, чем для остальных моделей. Кроме того, имеется четкая связь между близостью модели к нативной структуре (в терминах величины СКО, см. врезку на рис. 2А) и значением ОФМБ. Как правило, лучше оцениваются те модели, которые при построении были тщательно оптимизированы авторами и уже *post factum* (после публикации кристаллографической структуры родопсина) демонстрируют меньшее значение СКО, чем те, которые были построены в полностью автоматическом режиме на общедоступных web-серверах (таких как Swiss-Model [37], ModBase [38] или GPCRDB [39]) и часто содержат грубые ошибки, допущенные при выравнивании последовательностей или на других стадиях моделирования.

Задача идентификации правильной (или близких к правильной) структуры среди сколь угодно большого набора теоретических моделей является одной из ключевых в молекулярном моделировании. Фактически, имея решение этой задачи и возможность эффективно исследовать конформационное пространство интересующего белка, мы могли бы решить и проблему предска-



зания структуры белка в целом. Метод 3D профиля хуже справляется с этой задачей в случае МБ, чем предлагаемый нами метод оценки качества упаковки МБ. Например, не позволяет отличить кристаллическую структуру от компьютерных моделей — значение 3D-ID ОФ в первом случае либо не самое высокое, либо разрыв со следующей по порядку моделью крайне невелик.

Что еще более важно, при использовании этого метода, не предназначенного для работы с МБ, теряется корреляция между значениями оценочной функции и СКО от нативной структуры. Из рисунка 2Б, на котором приведена зависимость значения 3D-ID функции [32] для набора исследуемых МБ от длины последовательности ТМ домена, видно, что МБ систематически по-



**Рис. 3.** Распределения значений оценивающих функций для ансамбля «ротамерных» конформаций зрительного родопсина:  
 А. 3D–1D функция Айзенберга [32];  
 Б. Функция оценки качества для мембранных белков (ОФМБ). Положение кристаллографической структуры («нулевого» ротамера) отмечено стрелкой

лучают более низкое значение ОФ, чем глобулярные белки той же длины. И хотя они в основном не попадают в зону «некорректных моделей» (в которой значение 3D–1D функции падает ниже  $0,45 \times 3D\text{-Score}_{\text{ideal}}$  [40], см. подпись к рис. 2Б), эта разница явственно свидетельствует об отличиях в организации мембранных и глобулярных белков.

Это систематическое уменьшение значения 3D–1D функции не является самым серьезным последствием применения её для оценки качества упаковки МБ. Как уже было сказано, главным ограничением в данном случае является ослабление способности дифференцировать «корректные» и ошибочные структуры. Чтобы более подробно сравнить возможности «классического» метода оценки качества (метода 3D профиля [32]) и разработанного нами специально для МБ метода оценки, был предложен следующий тест. В кристаллическую структуру родопсина вносили изменения, которые, учитывая тонкую организацию МБ, должны почти наверняка соответствовать нестабильным конформациям белка. Эти изменения заключались в систематическом повороте всех ТМ  $\alpha$ -спиралей вокруг своих осей как твердых тел и оптимизации получаемых моделей-«ротамеров» для устранения грубых атомных наталкиваний. С учетом независимого вращения всех семи спиралей и выборе шага вращения  $90^\circ$ , мы получили более 16000 конформаций, среди которых только одна («нулевой» ротамер) соответствует кристаллической струк-

туре (подробности процедуры изложены в Экспериментальной части). Результаты применения обоих методов оценки к этому набору конформаций приведены на рис. 3.

Метод трехмерных профилей оказался неспособным идентифицировать «корректную» структуру среди сгенерированного ансамбля ошибочных моделей, поместив ее вблизи математического ожидания распределения, приведенного на рис. 3А. Метод оценки качества упаковки МБ оказался значительно более чувствительным (рис. 3Б), поместив «нулевой» ротамер в самый верх списка, за пределы  $3\sigma$  диапазона от математического ожидания распределения значений ОФМБ. Более того, лишь ~4% структур получили положительное значение ОФМБ, фактически, исключая необходимость рассмотрения большей части предложенных конформаций.

Реальная оптимизация моделей ТМ белков вряд ли может потребовать столь полного исследования «ротационного пространства»  $\alpha$ -спирального пучка, поскольку даже повороты спирали на  $90^\circ$  (не говоря уже о  $180^\circ$  повороте) будут противоречить известным закономерностям в ориентации спиралей наиболее гидрофобной [17] и наиболее вариабельной [17, 20–22] стороной в мембрану. Однако при оптимизации положения спиралей в пределах, например, одного  $90^\circ$  сектора, метод ОФМБ может оказаться очень полезным и гармонично дополнить существующие методы оптимизации моделей МБ.

**Выводы**

Предлагаемый нами метод оценки качества упаковки ТМ сегментов мембранных белков позволяет определить совместимость аминокислотного остатка с его положением в структуре, исходя из анализа окружений остатков в наборе структур МБ высокого разрешения. Продемонстрировано применение метода для оценки качества теоретических моделей МБ, а также его возможность идентифицировать модель, наиболее близкую к нативной структуре. Эти достоинства могут быть использованы для оптимизации упаковки ТМ  $\alpha$ -спиральных доменов, особенно в сочетании с эффективными способами перебора близких к нативной конформаций (например, при варьировании положений и углов наклона  $\alpha$ -спиралей, а также поворота их как целого вокруг своих осей). Среди недостатков метода можно отметить то, что оценивающая функция для МБ значительно более чувствительна к конформациям боковых цепей, чем к глобальной укладке белкового остова. Однако, в совокупности с эффективным методом моделирования подвижности боковых цепей, этот недостаток может превратиться в достоинство и открыть возможность оптимизации теоретических моделей МБ «низкого разрешения», т.е. содержащих координаты только  $C\alpha$  атомов или только основной цепи белка. Одним из наиболее практически важных приложений метода ОФМБ является оптимизация моделей рецепторов семейства GPCR, построенных как на основании гомологии со структурой зрительного родопсина, так и из «первых принципов».

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ****Используемые структуры МБ и теоретические модели родопсина**

Исходный список МБ с известной структурой был получен с сайта «Мембранные белки с известной структурой» ([http://blanco.biomol.uci.edu/Membrane\\_Proteins\\_xtal.html](http://blanco.biomol.uci.edu/Membrane_Proteins_xtal.html)), из которого были исключены все структуры низкого разрешения ( $>3,5 \text{ \AA}$ ), ЯМР-структуры,  $\beta$ -структурные и близкородственные белки. Из каждого семейства родственных белков оставляли только структуру, определенную с максимальным разрешением. В итоге мы получили список из 26 неродственных  $\alpha$ -спиральных МБ, кристаллографические структуры высокого разрешения которых были

взяты из базы PDB [41]. Отдельный набор составили 6 фотосинтетических белков — по две структуры светособирающих комплексов (коды PDB: NKZ и 1LGH), фотореакционных центров (коды PDB: 1PRC и 1OGV) и фотосистем (коды PDB: 1JBO и 2AXT).

Все белки были ориентированы таким образом, что главный момент инерции ТМ домена был сонаправлен с осью Z (соответствующей нормали к плоскости мембраны), и отрицательные значения Z соответствовали цитоплазматической стороне мембраны клетки или матриксной стороне внутренней митохондриальной мембраны. Далее структуры были просканированы вдоль оси Z виртуальным «гидрофобным слоем», соответствующим мембране, и на каждом шаге сканирования вычисляли энергию взаимодействий белок-мембрана ( $E_{\text{solv}}$ ). «Гидрофобный слой» представляет собой две плоскости XY, разделенные расстоянием D (варьирующимся в пределах  $20 \div 40 \text{ \AA}$ ), соответствующим толщине мембраны. Гидрофобные свойства мембраны описывали эмпирической функцией  $E_{\text{solv}}$ , основанной на подходе атомных параметров сольватации (АПС):

$$E_{\text{solv}} = \sum_{i=1}^N \Delta\sigma_i \text{ПДР}_i \quad (1),$$

где  $\text{ПДР}_i$  и  $\Delta\sigma_i$  — площадь, доступная растворителю, и АПС  $i$ -го атома, соответственно, а N — число атомов. В зависимости от расстояния до центра «мембраны», значения АПС брали равными значениям, полученным в циклогексане (внутри «мембраны»,  $|Z| \leq D/2$ ) и в воде (вне «мембраны») [42, 43]. Значения Z и D, соответствующие минимуму  $E_{\text{solv}}$ , принимали за оптимальные положение и толщину мембраны, соответственно, и переносили начало координат PDB файла в точку, соответствующую середине «мембраны». Базу для параметризации метода ОФМБ составляли из остатков, находящихся в  $\alpha$ -спиральных доменах (по данным программы DSSP [44]) в пределах «оптимального гидрофобного слоя», суженного на  $5 \text{ \AA}$  с каждой стороны «мембраны» для предотвращения появления краевых эффектов ( $|Z| \leq D/2 - 5 \text{ \AA}$ ). Итоговая база, представляющая обучающий набор структурных данных, составила 4067 остатков в 175 ТМ  $\alpha$ -спиральных сегментах.

Теоретические модели родопсина, использованные для тестирования метода ОФМБ, были



получены из открытых источников (с сервера GPCRDB [39] и других сайтов) или сконструированы с помощью общедоступных средств моделирования специально для этой цели. Все теоретические модели были построены до опубликования кристаллографической структуры родопсина [13], и содержат ряд неточностей и ошибок. В случае специально построенных моделей ошибки (такие, как неточности в выравнивании) были внесены или не исправлены намеренно.

### Характеристики окружения и вычисление ОФМБ

Окружение каждого остатка в сформированной базе было охарактеризовано двумя параметрами —  $F_p^1$  и  $F_{np}^1$ , соответствующими долям площади поверхности остатка, находящимся в контакте с полярными и неполярными атомами других остатков в смежных  $\alpha$ -спиралях, соответственно:

$$F_p^1 = \frac{S_p - S_p^0}{S^0}, \quad (2)$$

$$F_{np}^1 = \frac{S_{np} - S_{np}^0}{S^0},$$

где величины  $S_p$  и  $S_{np}$ ,  $S_p^0$  и  $S_{np}^0$ , а также  $S^0$  соответствуют суммарным площадям полярных и неполярных контактов, площадям полярных и неполярных контактов с атомами остатков в той же спирали, что и рассматриваемый остаток, и «собственной» табличной площади остатка в трипептиде Gly-X-Gly [45] (пояснение подразделения площади поверхности остатка дано на рис. 4).

В соответствии со значениями  $F_p^1$  и  $F_{np}^1$  каждый остаток был отнесен к одному из пяти классов белок-мембранного окружения, границы которых определяли тремя параметрами —  $a$ ,  $b$  и  $tg\alpha$  (рис. 1Б). «Совместимость» каждого из двадцати аминокислотных остатков с каждым из пяти классов рассчитывали, исходя из частоты встречаемости остатков в этих классах:

$$S_{ij}^{mem} = \ln(P_{ij} / P_j) \quad (3),$$

где  $P_{ij}$  — вероятность найти остаток типа  $i$  в классе  $j$ , а  $P_j$  — вероятность того, что остаток любого типа попадет в класс  $j$  («заселенность» класса). Параметры классов (рис. 1Б) систематически варьировали с пересчетом  $S_{ij}^{mem}$  на каждом

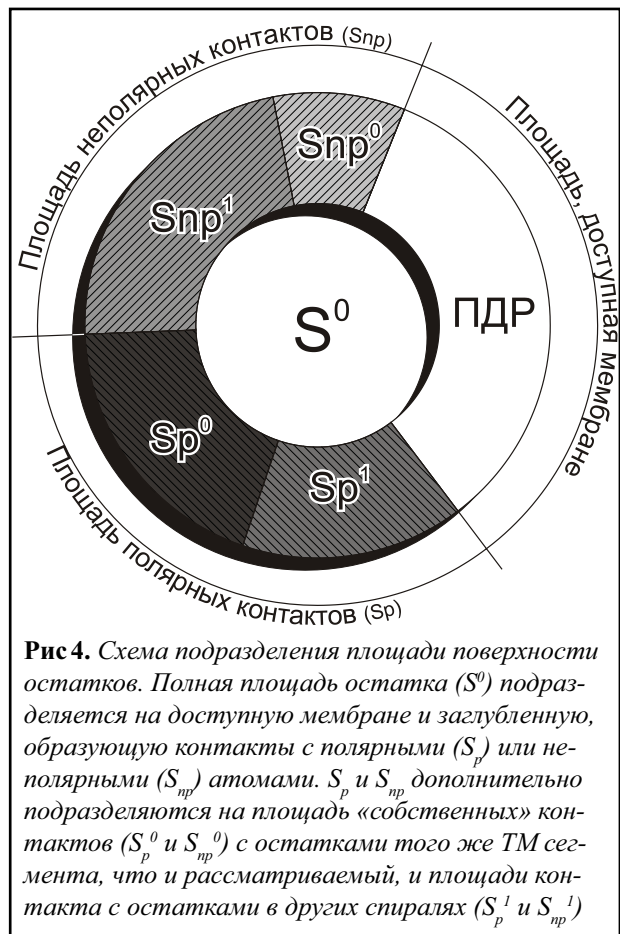
шаге с целью достичь максимума общего значения ОФМБ для всей базы («качество» обучающего набора должно быть максимальным):

$$S_{total}^{mem} = \sum_{ij} N_{ij} S_{ij}^{mem} \quad (4),$$

где  $N_{ij}$  — число остатков типа  $i$  в окружении  $j$ . В случае, если в класс  $j$  не попадало остатков типа  $i$ , значение  $N_{ij}$  в (3) принимали равным единице, чтобы избежать особых точек логарифмической функции, но все слагаемое в (4) не давало вклада в общую сумму. Итоговые значения для «оптимальных» параметров границ  $a=0,7$ ,  $b=0,05$  и  $tg\alpha=2$  приведены в табл. 1.

### «Ротамерный тест»

Модели-«ротамеры» были созданы путем систематического вращения всех семи ТМ  $\alpha$ -спиральных сегментов родопсина вокруг их осей как твердых тел с шагом  $90^\circ$ . В случае возникновения ситуаций, когда химическая связь одного из остатков «протыкала» циклическую структуру другого, варьировали двугранный угол  $\chi_1$  последнего до тех пор, пока эта ошибка



**Рис 4.** Схема подразделения площади поверхности остатков. Полная площадь остатка ( $S^0$ ) подразделяется на доступную мембране и заглубленную, образующую контакты с полярными ( $S_p$ ) или неполярными ( $S_{np}$ ) атомами.  $S_p$  и  $S_{np}$  дополнительно подразделяются на площадь «собственных» контактов ( $S_p^0$  и  $S_{np}^0$ ) с остатками того же ТМ сегмента, что и рассматриваемый, и площади контакта с остатками в других спиралях ( $S_p^1$  и  $S_{np}^1$ )

не исчезала. Затем структуру подвергли минимизации потенциальной энергии в пакете GROMACS 3.14 [46] с целью устранения грубых атом-атомных наталкиваний. Всего было получено  $(360^\circ/90^\circ)^7 = 16384$  ротамерных конформации, из которых только одна («нулевой» ротамер) соответствовала кристаллографической структуре (она наряду с прочими также была подвергнута минимизации энергии).

### Благодарности

Работа проведена при поддержке РФФИ (гранты 04-04-48875-а и 06-04-49194-а), Российской академии наук (программа РАН «физико-химическая биология») и Федерального агентства по науке и инновациям (государственный контракт 02.467.11.3003 от 20.04.2005, грант в поддержку ведущих научных школ НШ 4728.2006.4). Мы выражаем благодарность к.ф.-м.н. П.Е.Волынскому и к.х.н. Д.Е.Нольде (оба — ИБХ РАН) за помощь в применении модели неявно заданной мембраны и в написании программы генерации моделей-«ротамеров», соответственно.

### Литература

1. Klabunde T., Hessler G. Drug Design Strategies for Targeting G-Protein-Coupled Receptors. // *Chembiochem.* — 2002. — V. 10. — P. 928–944.
2. Schöneberg T., Schulza A., Biebermann H., Hermsdorf T., Römler H., Sangkuhl K. Mutant G-protein-Coupled Receptors as a Cause of Human Diseases. // *Pharmacol. Ther.* — 2004. — V. 104. — P. 173–206.
3. Torres J., Stevens T.J., Samsó M. Membrane proteins: the “Wild West” of structural biology. // *Trends Biochem. Sci.* — 2003. — V. 28. — P. 174.
4. Fleishman S.J., Unger V.M., Ben-Tal N. Transmembrane protein structures without X-rays. // *Trends Biochem. Sci.* — 2006. — V. 31. — P. 106–113.
5. Wallin E., von Heijne G. Genome-wide analysis of integral membrane proteins from eubacterial, archaean, and eukaryotic organisms // *Protein Sci.* — 1998. — V. 7. — P. 1029–1038.
6. Vereshaga Y.A., Volynsky P.E., Nolde D.E., Arseniev A.S., Efremov R. G. Helix interactions in membranes: lessons from unrestrained Monte Carlo simulations. // *J. Chem. Theory & Comput.* — 2005. — V. 1. — P. 1252–1264.
7. Schueler-Furman O., Wang C., Bradley P., Misura K., Baker D. Progress in Modeling of Protein Structures and Interactions. // *Science.* — 2005. — V. 310. — P. 638–642.
8. Yarov-Yarovoy V., Schonbrun J., Baker D. Multipass Membrane Protein Structure Prediction Using Rosetta. // *Proteins.* — 2006. — V. 62. — P. 1010–1025.
9. Zhang Y., Devries M.E., Skolnick J. Structure modeling of all identified G protein-coupled receptors in the human genome. // *PLoS Comput. Biol.* — 2006. — V. 2. — P. 13.
10. Becker O.M., Shacham S., Marantz Y., Noiman S. Modeling the 3D structure of GPCRs: advances and application to drug discovery. // *Curr. Opin. Drug. Discov. Devel.* — 2003. — V. 6. — P. 353–361.
11. Hillisch A., Pineda L.F., Hilgenfeld R. Utility of homology models in the drug discovery process. // *Drug Discov. Today.* — 2004. — V. 9. — P. 659–669.
12. Lesk A.M., Chothia C. The Response of Protein Structures to Amino-Acid Sequence Changes. // *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Biol. Sci.* — 1986. — V. 317. — P. 345–356.
13. Palczewski K., Kumasaka T., Hori T., Behnke C.A., Motoshima H., Fox B.A., Le Trong I., Teller D.C., Okada T., Stenkamp R.E., Yamamoto, M., Miyano M. Crystal Structure of Rhodopsin: A G Protein-Coupled Receptor. // *Science.* — 2000. — V. 289. — P. 739–45.
14. Sorgen P.L., Hu Y., Guan L., Kaback H.R., Girvin M.E. An approach to membrane protein structure without crystals. // *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* — 2002. — V. 99. — P. 14037–14040.
15. Bowie J.U. Solving the membrane protein folding problem. // *Nature.* — 2005. — V. 438. — P. 581–589.
16. White S.H., von Heijne G. Transmembrane helices before, during, and after insertion. // *Curr. Opin. Struct. Biol.* — 2005. — V. 15. — P. 378–386.
17. Rees D.C., DeAntonio L., Eisenberg D. Hydrophobic organization of membrane proteins. // *Science.* — 1989. — V. 245. — P. 510–513.
18. Eisenberg D., Weiss R.M., Terwilliger T.C. The helical hydrophobic moment: a measure of the amphiphilicity of a helix. // *Nature.* — 1982. — V. 299. — P. 371–374.
19. Efremov R.G., Vergoten G. Hydrophobic organization of alpha-helix membrane bundle in bacteriorhodopsin. // *J. Prot. Chem.* — 1996. — V. 15. — P. 63–76.
20. Donnelly D., Overington J.P., Ruffle S.V., Nugent J.H., Blundell T.L. Modeling alpha-helical transmembrane domains: the calculation and use of substitution tables for lipid-facing residues. // *Protein Sci.* — 1993. — V. 2. — P. 55–70.
21. Stevens T.J., Arkin I.T. Substitution rates in alpha-helical transmembrane proteins. // *Protein Sci.* — 2001. — V. 10. — P. 2507–2517.

22. *Beuming T., Weinstein H.* A knowledge-based scale for the analysis and prediction of buried and exposed faces of transmembrane domain proteins. // *Bioinformatics*. — 2004. — V. 20. — P. 1822–1835.
23. *Pilpel Y., Ben-Tal N., Lancet D.* // *J. Mol. Biol.* 1999. — V. 294. — P. 921–35.
24. *Eilers M., Shekar S.C., Shieh T., Smith S.O., Fleming P.J.* Internal packing of helical membrane proteins. // *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* — 2000. — V. 97. — P. 5796–5801.
25. *Eilers M., Patel A.B., Liu W., Smith S.O.* Comparison of helix interactions in membrane and soluble alpha-bundle proteins. // *Biophys. J.* — 2002. — V. 5. — P. 2720–2736.
26. *Fleishman S.J., Ben-Tal N.* A novel scoring function for predicting the conformations of tightly packed pairs of transmembrane alpha-helices. // *J. Mol. Biol.* — 2002. — V. 321. — P. 363–378.
27. *Park Y., Elsner M., Staritzbichler R., Helms V.* Novel scoring function for modeling structures of oligomers of transmembrane  $\alpha$ -helices. // *Proteins*. — 2004. — V. 57. — P. 577–585.
28. *Liu W., Eilers M., Patel A.B., Smith S.O.* Helix packing moments reveal diversity and conservation in membrane protein structure. // *J. Mol. Biol.* — 2004. — V. 337. — P. 713–729.
29. *Ulmschneider M.B., Sansom M.S., Di Nola A.* Properties of integral membrane protein structures: derivation of an implicit membrane potential. // *Proteins*. — 2005. — V. 59. — P. 252–265.
30. *Eyre T.A., Partridge L., Thornton J.M.* Computational analysis of alpha-helical membrane protein structure: implications for the prediction of 3D structural models. // *Protein Eng. Des. Sel.* — 2004. — V. 17. — P. 613–624.
31. *Efremov R.G., Vergoten G.* Recognition of transmembrane  $\alpha$ -helical segments with environmental profiles // *Protein Eng.* — 1996. — V. 9. — P. 253–263.
32. *Bowie J.U., Lüthy R., Eisenberg D.* A method to identify protein sequences that fold into a known three-dimensional structure. // *Science*. — 1991. — V. 253. — P. 164–170.
33. *Delarue M., Koehl P.* Atomic environment energies in proteins defined from statistics of accessible and contact surface areas. // *J. Mol. Biol.* — 1995. — V. 249. — P. 675–690.
34. *Stevens T.J., Arkin I.T.* Are membrane proteins “inside-out” proteins? // *Proteins*. — 1999. — V. 36. — P. 135–143.
35. *Chothia C.* The nature of the accessible and buried surfaces in proteins. // *J. Mol. Biol.* — 1976. — V. 105. — P. 1–12.
36. *von Heijne G.* The distribution of positively charged residues in bacterial inner membrane proteins correlates with the trans-membrane topology. // *EMBO J.* — 1986. — V. 5. — P. 3021–3027.
37. *Kopp J., Schwede T.* The SWISS-MODEL Repository: new features and functionalities. // *Nucleic Acids Res.* — 2006. — V. 34. — P. D315–D318.
38. *Pieper U., Eswar N., Davis F.P., Braberg H., Madhusudhan M.S., Rossi A., Marti-Renom M., Karchin R., Webb B.M., Eramian D., Shen M.Y., Kelly L., Melo F., Šali A.* MODBASE: a database of annotated comparative protein structure models and associated resources. // *Nucleic Acids Res.* — 2006 — V. 34. P.D291–295.
39. *Horn F., Weare J., Beukers M.W., Horsch S., Bairoch A., Chen W., Edvardsen O., Campagne F., Vriend, G.* GPCRDB: an information system for G protein-coupled receptors. // *Nucleic Acids Res.* — 1998. — V. 26. — P. 277–281.
40. *Lüthy R., Bowie J.U., Eisenberg, D.* Assessment of protein models with three-dimensional profiles. // *Nature*. — 1992. — V. 356. — P. 83–85.
41. *Berman H.M., Westbrook J., Feng Z., Gilliland G., Bhat T.N., Weissig H., Shindyalov I.N., Bourne P.E.* The Protein Data Bank. // *Nucleic Acids Res.* — 2000. — V. 28. — P. 235–242.
42. *Efremov R.G., Nolde D.E., Vergoten G., Arseniev A.S.* Peptides in membranes: assessment of the effects of environment via simulations with implicit solvation model. // *Theor. Chem. Acc.* — 1999. — V. 101. — P. 170–174.
43. *Efremov R.G., Volynsky P.E., Nolde D.E., Arseniev A.S.* Implicit two-phase solvation model as a tool to assess conformation and energetics of proteins in membrane-mimic media. // *Theor. Chem. Acc.* — 2001. — V. 106. — P. 48–54.
44. *Kabsch W., Sander C.* Dictionary of protein secondary structure: pattern recognition of hydrogen-bonded and geometrical features. // *Biopolymers*. — 1983. — V. 22. — P. 2577–2637.
45. *Eisenberg D., Wesson M., Yamashita M.* Interpretation of protein folding and binding with atomic solvation parameters. // *Chem. Scr.* — 1989. — V. 29A. — P. 217–221.
46. *Lindahl E., Hess B., vand der Spoel D.* GROMACS 3.0: A package for molecular simulation and trajectory analysis. // *J. Mol. Mod.* — 2001. — V. 7. — P. 306–317.



## МЕМБРАННЫЕ БИОРЕАКТОРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ

Л.Г. Гасанова<sup>1</sup>, Э.Р.-К. Садраудинова<sup>2</sup>, А.И. Нетрусов<sup>2</sup>, В.В. Тепляков<sup>1</sup>, В.Б. Зенькевич<sup>3</sup>,  
М. Модигель<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Институт Нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН,  
119991, Москва, Ленинский проспект, 29, [tepl@ips.ac.ru](mailto:tepl@ips.ac.ru)

<sup>2</sup>Московский Государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
Биологический факультет, 119992, Москва, Ленинские горы, 1 стр. 12. [anetrusov@mail.ru](mailto:anetrusov@mail.ru)

<sup>3</sup>«БИОТЕСТ», Россия, г. Кириши, 187119, Дом связи, 158, [biotest@kirishi.ru](mailto:biotest@kirishi.ru)

<sup>4</sup>Institut fuer Verfahrenstechnik, Germany, 52056 Aachen, Turmstrasse, 46.

В статье представлены результаты соединения биологической непрерывной системы из трех ферментеров с блоком газоразделения – активными мембранными системами (мембранными контакторами и селективным мембранным вентилем). Цель работы интегрированной системы состоит в извлечении горючих компонентов ( $H_2$  и  $CH_4$ ) из газовых сред ферментеров наряду с биологической утилизацией сбросного  $CO_2$  из дымовых, промышленных и загрязненных воздушных потоков и органических стоков пищевых и молочных производств. Биосистема включает три последовательно соединенных ферментера: оксигенного фотосинтеза (на основе *Anabaena Varisbilis*), метантенка и фототрофного водородного на основе иммобилизованной культуры *Rhodobacter capsulate*. Полное извлечение углекислого газа из бинарных ( $CO_2/CH_4$  и  $CO_2/O_2$ ) смесей проводилось на мембранных контакторах (на основе непористой мембраны из поливинилтриметилсилана) с водными растворами карбоната калия в роли абсорбента. Непрерывная трехреакторная бескомпрессорная интегрированная система позволяет производить из органических отходов и очищать газы с получением технически чистых  $CH_4$ ,  $H_2$  и  $CO_2$ .

*Ключевые слова:* мембранные контакторы, мембранное газоразделение, полимерные мембраны, биореакторы, биоводород,

This study presents the results of organic wastes bioconversion into methane and hydrogen by using active membrane system of membrane contactors and selective membrane valve integrated with aerobic and anaerobic bioreactors. The combination of the biosystem with allows to realize the continuous mode of energy production ( $H_2$  and  $CH_4$ ) and total removal of  $CO_2$  from microbial gas mixture. The biosystem includes three types of fermenters: aerobic phototrophic reactor for biomass producing (*Anabaena variabilis*) with  $CO_2$  consumption; anaerobic methane bioreactor for biomass conversion into biogas by using the methanogenic community; anaerobic hydrogen fermenter for hydrogen containing gas mixtures production by immobilized *Rhodobacter capsulata* under sunlight. In this case the lactate was used as organic waste. Lab scale active membrane system with moving liquid carrier (without compressor) combining in one block the membrane and absorption methods operating in recirculating mode was integrated with lab scale three block bioreactor. It is shown that  $CO_2$  total removal from binary and ternary gas mixtures can be effectively provided by active membrane system based on non-porous polymeric membranes based on polyvinyltrimethylsilane (PVTMS) and liquid moving carrier. Combination of active membrane systems based on non-porous membranes and bioreactors provide the effective production of  $CH_4$ ,  $H_2$  and recovery of  $CO_2$ .

*Key words:* Membrane contactor, gas separation, polymeric membrane, biohydrogen, bioreactor

### Введение

Современная технология базируется на интеграции химических, физических и биологических наук (технологий, систем) для проведения таких экономически эффективных процессов, которые в границах отдельной науки не могут быть реализованы полностью. Например, одним из способов

производства топлива из вторичного сырья может служить совмещение процесса биологической деструкции органического материала с мембранным газоразделением. При этом главное преимущество технологии состоит в использовании растительной биомассы как сырья, основное достоинство которого заключается в том [1], что для его

переработки возможно применение экологической технологии, т.е. биотехнологии, основанной на природных процессах и механизмах конверсии веществ ферментами и микробными культурами. Отходы и побочные продукты процессов также служат дополнительными источниками сырья – это позволяет создать полностью безотходные технологии.

Киотские соглашения 1997 года [2] по ограничению антропогенной доли эмиссии  $\text{CO}_2$  в атмосферу с целью снижения парникового эффекта ставят задачу полной утилизации сбросного углекислого необходимым условием как для развития существующих, так и внедрения новых технологий. Факторами, сдерживающими широкое внедрение технологий переработки биомассы напрямую, являются высокая стоимость предварительной обработки исходного сырья и извлечения негорючих примесей из получаемых газовых смесей. Многие страны, обладающие большим ресурсом зеленой биомассы (Индия, Бразилия) или упорядоченным механизмом сбора и сортировки бытовых пищевых отходов (Норвегия, Германия, Нидерланды), производят биогаз в промышленных масштабах для получения электроэнергии сжиганием образующейся газовой смеси [3]. Применение классических технологий обработки и газоразделения делает процесс экономически невыгодным даже при наличии дешевой биомассы, поэтому чаще всего биогаз просто сжигается для получения энергии.

Совмещение биологических методов (для получения горючих газов) с активными мембранными системами (газоразделение плюс извлечение  $\text{CO}_2$ ) позволяет решить этот вопрос в сторону получения смесей горючих газов (метана и водорода) без эмиссии углекислого газа в атмосферу. Высокие возможности микробиологического получения газовых смесей открывают перед интегрированными системами широкие перспективы, а малая энергоемкость делает привлекательной для промышленных разработок.

Для этого нами был разработан трехблочный мембранный биореактор, целью работы которого является имитация природного цикла углерода « $\text{CO}_2 + \text{свет} + \text{вода} \rightarrow \text{органические вещества} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{CH}_4 + \text{H}_2$  (энергия)», а результатом – получение горючих газов – метана и, преимущественно, водорода. Водород обладает рядом достоинств, делающих его перспективным энергоносителем: это экологически чистое топливо с высокой теплотой

сгорания (при сгорании 1 кг водорода выделяется около 28 тыс. ккал, 1 кг метана – только 12 тыс. ккал). Это позволяет применять водород как для использования в топливных элементах нового поколения, так и в качестве аналога бензина в двигателях внутреннего сгорания. Кроме того, использование водорода в качестве добавки-активатора к основному углеводородному топливу приводит к экономии последнего и снижению содержания токсичных продуктов в отработанных газах [4, 5].

### Интегрированная схема мембранного биореактора

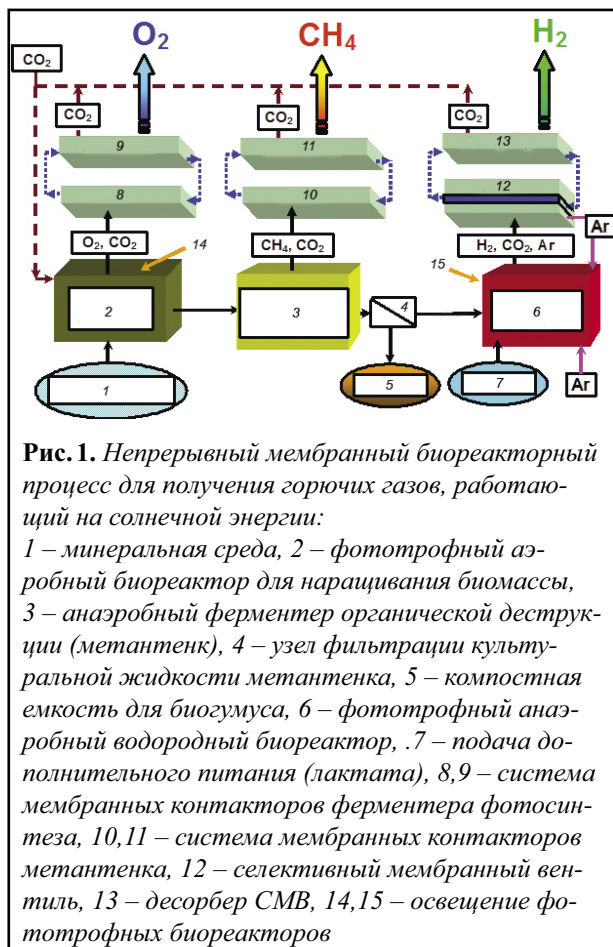
Общая схема мембранного биореактора, состоящего из трех основных блоков, представлена на рис. 1. Принцип работы такой схемы опробован в рамках исследований «Мембранный биореактор для получения горючих газов, работающий на солнечной энергии» (грант НАТО «Science for peace» № 973991).

Комплекс состоит из микробиологической и мембранной частей, интегрированных друг с другом и работающих непрерывно. Биологический блок представляет собой три последовательно соединенных ферментера:

- 1) аэробный фототрофный реактор фотосинтеза («кислородный»),
- 2) анаэробный реактор органической деструкции («метантенк»),
- 3) анаэробный фототрофный «водородный» биореактор.

Все три ферментера соединены между собой в единую систему таким образом, чтобы жидкие стоки каждого из них полностью поглощались в следующем, и по жидкой фазе такая схема полностью безотходна. Ферментеры строго избирательны к условиям работы и специализированы по производству биомассы, метансодержащего биогаза и водородной смеси соответственно. Выходящие из ферментеров газовые продукты представляют собой смеси целевых компонентов (метана и водорода) с кислыми примесями (в основном  $\text{CO}_2$ ), с концентрацией последнего от следовых до 40% об. Процесс извлечения углекислого газа проводится с помощью активных мембранных систем, представленных мембранными контактными и селективным мембранным вентилем (см. ниже).

Рассмотрим работу каждого из биореакторов по отдельности.



### Аэробный фототрофный реактор фотосинтеза

Основная цель работы аэробного ферментера состоит в наращивании биомассы при полном поглощении углекислого газа из сбросных газов промышленных производств или загрязненного воздуха городов. Здесь происходит непрерывный процесс оксигенного фотосинтеза (наращивание биомассы) с образованием кислорода и поглощением углекислого газа за счет энергии солнца [6]. При отсутствии круглогодичной подачи биомассы сельскохозяйственного сектора и сложности её обработки дополнительным сырьем может служить биомасса микроводорослей или цианобактерий, наращиваемые в фототрофном аэробном реакторе фотосинтеза. Наиболее продуктивными источниками биомассы являются различные виды цианобактерий и микроводорослей, такие как *Anabaena variabilis*, *Spirulina platensis*, *Chlorella sp.*, *Scenedesmus sp.* и другие. Процесс проводится при непрерывном притоке минеральной среды, не содержащей добавочного источника углерода. При этом производится постоянный отвод биомассы из ферментера, что позволяет поддерживать высокую концентрацию биомассы

и обеспечить максимальное потребление газообразного диоксида углерода, подаваемого в биореактор с концентрацией не выше 10% об.

Выходящий из биореактора обогащенный кислородом воздух с остаточным содержанием диоксида углерода направляется на доочистку от  $\text{CO}_2$  в систему мембранных контакторов. После полного извлечения углекислого газа воздух (содержащий до 23%  $\text{O}_2$ ) выпускается обратно в окружающую среду (или, в случае очистки дымовых газов, может направляться на технологические нужды). Выделенный углекислый газ подается обратно в ферментер как дополнительный источник углерода.

Непрерывный поток отбираемой «зеленой» биомассы направляется на деоксигенацию (удаление кислорода), после чего поступает в метантенк, где перерабатывается в анаэробных условиях до биогаза.

Выбор вида микроорганизмов для первого блока интегрированной схемы состоит в оптимальном сочетании наиболее высокой скорости наращивания биомассы в сочетании с высоким уровнем поглощения  $\text{CO}_2$  наравне с легкостью утилизации данной биомассы метаногенным сообществом. Для определения наиболее продуктивного источника биомассы в реакторе фотосинтеза для сравнения экспериментально были использованы следующие виды микроорганизмов: *Anabaena variabilis*, *Spirulina platensis*, *Chlorella sp.* и т.д. В результате проведенных опытов был отобран штамм *Anabaena variabilis*, который обладает сравнительно высокой скоростью роста относительно других микроорганизмов при наилучшей степени утилизации его метаногенным сообществом [7].

Последовательное соединение биореакторов аэробного и анаэробного типов в биотехнологии встречается достаточно редко. Это связано, в первую очередь, с диаметрально противоположными условиями существования данных групп микроорганизмов. В процессе фотосинтеза в массе биокультуры накапливается растворенный кислород, чье присутствие губительно сказывается на метаногенном сообществе. Строгое условие анаэробности и отсутствие света в метантенке требует проведения специального процесса – деоксигенации поступающей из первого реактора биомассы. Как удалось выяснить в результате экспериментов [7], для полного извлечения кислорода из всего объема зеленой

биомассы достаточно выдержать её в условиях полного отсутствия света в течение суток.

### **Анаэробный реактор органической деструкции («метантенк»)**

Наиболее эффективным методом анаэробной биологической переработки органических отходов в топливо является метановая конверсия с получением биогаза – сложной газовой смеси, состоящей в основном из  $\text{CO}_2 \sim 20\text{--}40\%$  об,  $\text{CH}_4 \sim 80\text{--}20\%$ ,  $\text{H}_2 \sim 1\%$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2$  и следовых количеств других примесей (в зависимости от состава исходного субстрата). Метаногенные бактерии в сообществе с другими микроорганизмами способны превращать в метан отходы сельскохозяйственного и пищевого производств (лактат, навоз, солому), производить очистку коммунальных сточных вод, переработку отходов пищевой, хлопковой, льняной, текстильной, деревообрабатывающей промышленности [8]. При полном разложении углеводов смешанными культурами микроорганизмов с образованием метана, в нем сохраняется до 85% энергии, получаемой при сгорании исходного субстрата [9].

Сложный состав метаногенного сообщества (до 60 видов микроорганизмов) диктуется необходимостью сопряженного многоступенчатого разложения биомассы органических отходов [10]. Первичные анаэробные деструкторы способны расщеплять сложные полимерные соединения, такие как белки, жирные кислоты, полисахариды и т.д. Результатом жизнедеятельности этих микроорганизмов являются более простые органические соединения: моносахариды, пептиды и т.д. Все вышеперечисленные продукты жизнедеятельности являются субстратом и источником энергии для другой группы микроорганизмов, которых также относят к анаэробным деструкторам (вторичным), но они в своем метаболизме используют более простые соединения. В результате расщепления обеими группами исходного субстрата образуются легколетучие жирные кислоты, перерабатываемые синтрофной микрофлорой до таких соединений, как  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$  и ацетат.

Последним звеном в пищевой энергетической цепочке данного консорциума являются метаногенные археи. Причем различаются метаногены трех типов (по используемому субстрату): ацетокластические метаногены (в качестве

субстрата используют ацетат); метаногены, использующие одноуглеродные соединения (формат, метанол, метилированные амины) и гидрогенотрофные метаногены (образуют метан из  $\text{CO}_2$  и водорода). Конечным продуктом жизнедеятельности этих групп микроорганизмов является метан [11, 12].

Стабильное производство биогаза в природных условиях захоронений органических отходов происходит в течение нескольких лет, причем в первые месяцы происходит переработка кислорода, содержащегося в толще органической массы и развитие анаэробного метаногенного сообщества. В промышленных условиях этот этап может быть ускорен до двух-трех месяцев, что делает процесс экономически оправданным.

Жидкая среда ферментера после определенного времени пребывания в ферментере отводится и фильтруется, причем жидкая фаза (водный раствор низкомолекулярных веществ) направляется в «водородный» биореактор. Осадок представляет собой смесь не переработанных остатков биомассы, то есть пласт, по составу близкий к гумусу, который успешно применяется для восстановления обедненных почв в сельском хозяйстве.

Для сравнения эффективности различных по происхождению метаногенных сообществ были отобраны пробы из различных природных источников (верховые болота, стоячие заболоченные пруды и т.д.), а также из Курьяновских очистных сооружений (г. Москва). В результате проведенных экспериментов были выявлены несколько анаэробных сообществ, наиболее полно утилизирующих биомассу *Anabaena variabilis* со стабильно высоким образованием биогаза. Проведенные эксперименты [7] показали преимущество биомассы *Anabaena variabilis* по сравнению с другими источниками биогаза (птичий помет, навоз свиной и крупного рогатого скота). При той же производительности по метану цианобактерии нетоксичны, экологически безопасны и не требуют дополнительной биологической обработки.

### **Анаэробный фототрофный «водородный» биореактор**

В природе существует более 100 видов микроорганизмов, способных генерировать водород в качестве продукта биохимических реакций,

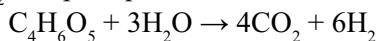
например, *Clostridium butyricum*, *Eubacterium limosum*, *Rhodobacter albus*, *Rhodospirillum rubrum*, *Rhodobacter capsulatus*, *Thermohydrogenium kirischii*, *Thiocapsa roseopersicina* и другие штаммы.

По способу образования молекулярного водорода все водородобразующие микроорганизмы можно разделить на хемо- и фототрофы [13]. Первые получают энергию в результате окисления химических соединений, для вторых источником энергии служит свет; причем некоторые фототрофные микроорганизмы способны переключаться и на хемотрофный образ жизни. Главные продуценты водорода в природных условиях — хемотрофные бактерии, осуществляющие анаэробное разложение органических веществ: углеводов, гетероциклических соединений, спиртов, аминокислот, а также некоторых сложносоставных промышленных, бытовых и сельскохозяйственных отходов. Их промышленное применение тормозится необходимостью поддерживать относительно высокую температуру жизнедеятельности (60–70°C) и высокой стоимостью пищевого субстрата. Для крупнотоннажного производства в районах с длинным периодом светлого времени суток наиболее перспективными являются фототрофные микроорганизмы, поскольку выделение ими водорода связано с использованием энергии солнца (без попутного обогрева). При этом часть энергии клеток тратится на образование избыточных восстановителей, которые и удаляются в виде водорода.

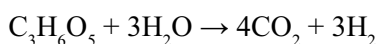
Одним из путей образования водорода микроорганизмами является брожение. Известны следующие прямые реакции, ведущие к образованию молекулярного водорода:

- пируват → ацетат + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>
- формиат → CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>
- ацетальдегид → ацетат + H<sub>2</sub>
- гипоксантин → ксантин + H<sub>2</sub>
- НАДФН + H<sup>+</sup> → НАДФ<sup>+</sup> + H<sub>2</sub>

Некоторые органические соединения могут полностью расщепляться фототрофными микроорганизмами в присутствии света и воды до H<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub>, например, малат:



или лактат:



Для проведения эксперимента были выбраны фототрофные микроорганизмы, как наиболее

производительные по водороду: свободные клетки пурпурной несерной бактерии вида *Rhodobacter capsulata* (штамм В10) окисляют лактат на 98% с выделением водорода с относительно высокой скоростью 130–150 мл/час×г сухой биомассы при постоянном освещении лампой накаливания с максимумом излучения при 750 нм. Питательной средой для данного водородного биореактора использовалась обогащенная отходами молочной промышленности смесь низкомолекулярных органических веществ, которую производил анаэробный биореактор органической деструкции (метантенк).

Наиболее эффективной формой организации микроорганизмов в биореакторе является распределение клеток в специально подобранной матрице, так называемая иммобилизация [14]. Для этого микроорганизмы *Rhodobacter capsulata* В-10 были иммобилизованы в специально приготовленном геле поливинилового спирта. Использование иммобилизованных клеток, обладающих производительностью более чем в 10 раз больше продуктивности исходного штамма, позволило существенно сократить энергетические затраты на обслуживание водородного реактора за счет увеличения выхода по водороду, большей продолжительности жизни клеток, упрощенного обслуживания и компактности ферментера.

Для более полного извлечения водорода из биомассы необходимо непрерывно барботировать её инертными к бактериям метаном или аргоном, что приводит к получению на выходе из биореактора трехкомпонентных газовых смесей (H<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub>+CH<sub>4</sub> или H<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub>+Ar). Отводимая из ферментера избыточная культуральная жидкость представляет собой слабый раствор органических веществ невысокой концентрации, который после доочистки направляется в биореактор фотосинтеза для создания жидкой среды.

Извлеченный из всех трех газовых смесей углекислый газ может быть использован двояко – как для подачи в реактор фотосинтеза (обеспечивая полностью замкнутый контур CO<sub>2</sub>), так и непосредственно для фотосинтеза растений при подаче его в теплицу (в сельской местности).

Таким образом, используя безотходную технологию производства на основе источника газообразного CO<sub>2</sub> и органических отходов пищевой и молочной промышленности, можно

получить смеси ценных газовых компонентов на основе биопроцессов, имитирующих природный цикл углерода.

Производительности биореакторов представлены в *таблице 1*.

### Активные мембранные системы

Выходящие из биореакторов бинарные и тройную газовые смеси необходимо очищать от примесей углекислого газа (остаточных количеств в первом ферментере и до 40% об. в последующих). Извлечение  $\text{CO}_2$  обычными методами химической технологии в этом случае экономически убыточно из-за необходимости предварительной компрессии. Газоразделительные мембранные процессы [15], требующие создания значительного градиента давлений, здесь так же невыгодны, так как газовые смеси микробного происхождения на выходе из биореакторов имеют давление 1,2–1,5 атм при температуре окружающей среды. В то же время активные мембранные системы (мембранные контакторы, объединяющие в себе достоинства абсорбционных и мембранных методов разделения), эффективно работающие в условиях низких градиентов химических потенциалов, могут быть успешно интегрированы в систему

биореакторов, обеспечивая и разделение и ре-циклы по газовой фазе. Достоинствами таких систем, использующих непористые полимерные мембраны, в приложении их к биопроцессам являются: обеспечение стерильности при работе с биологическими средами, малые рабочие давления и температуры, компактность, простота в обслуживании, экономическая эффективность и экологичность процесса и т.д.

Известно два типа активных мембранных систем: селективный мембранный вентилятор и мембранный контактор [16], работающие как в проточном режиме, так и в рецикле.

### Мембранный контактор

Мембранный контактор (пермабсорбер, мембранный абсорбер) представляет собой устройство, разделенное на газовую и жидкостную части пористой или непористой полимерной мембраной, наиболее проницаемой по удаляемому компоненту [17]. Бинарная разделяемая смесь поступает в газовое пространство, наиболее легкопроницающий компонент ( $\text{CO}_2$ ) проникает через мембрану и, поглощаясь хемоили физическим абсорбентом, уносится вместе с ним из абсорбционного модуля. Абсорбент подбирается таким способом, чтобы разница растворимостей разделяемых газов или скорость реакции извлекаемого и поглощающего компонентов была максимальной. Ретентат представляет собой очищенный до требуемой степени второй компонент.

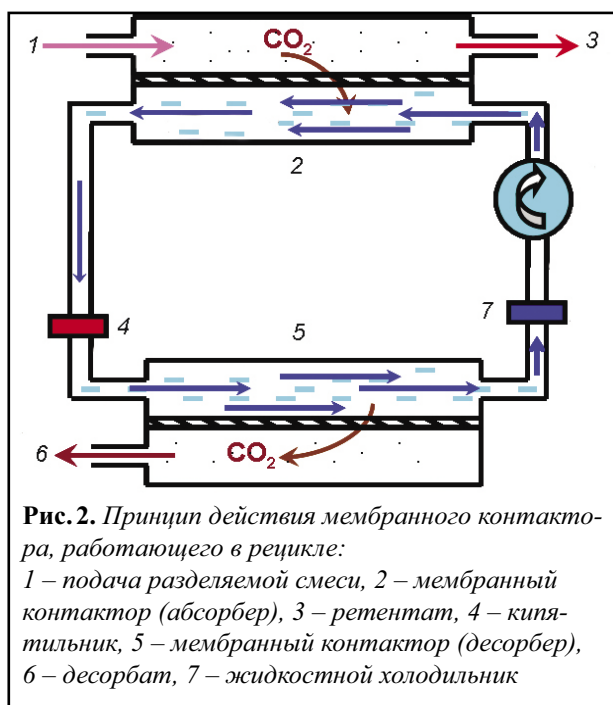
Принцип действия мембранного контактора представлен на *рис. 2 (стр.38)*.

Мембранный контактор может работать как в проточном, так и в циклическом режимах. Во втором случае насыщенный компонентом абсорбент направляется на регенерацию в десорбционный модуль (либо аналогичный абсорбционному, либо используемый в химической технологии), в котором при нагревании (сдвук) происходит дегазация. Газ, проникающий через мембрану, откачивается (сдувается), а регенерированный абсорбент охлаждается и направляется обратно в абсорбер. Выделенный компонент (здесь — углекислый газ) высокой степени чистоты направляется на требуемые цели (при сдвуке воздухом, например, может направляться для создания специальных атмосфер в теплицах).

**Табл. 1.** Продуктивность каждого блока мембранного биореактора

Биореактор	Аэробный фото-синтеза	Анаэробный био-газовый (метантенк)	Аэробный водородный фото-трофный
Микро-организм/ сообщество	<i>Anabaena variabilis</i>	Метаногенное сообщество	<i>Rhodobacter capsulata</i> (иммоб.)
Процесс	Поглощение углекислого газа	Разложение биомассы с образованием био-газа	Выделение смеси водорода и $\text{CO}_2$ при барботировании инертным газом
Продуктивность био-реактора, л газа /грамм биомассы * сутки	2,2 л $\text{CO}_2$	0,5 л биогаза, (0,3 л метана)	70,0 л $\text{H}_2$





Важным моментом при разработке мембранных контакторов является выбор мембраны из всего разнообразия существующих на сегодня газоразделительных мембран. Мембрана в мембранном контакторе должна обладать высокими параметрами переноса по извлекаемому компоненту, так как служит не только газоразделительной, но и фазовой границей. Кроме того, при выборе мембраны следует учитывать так же требование химической, термической и биологической стабильности. При этом пористые мембраны проявляют ряд недостатков, делающих их несовместимыми с микробиологическими средами: они не в состоянии обеспечить стерильность процесса и не обладают достаточной селективностью, и, к тому же, создают возможность проникновения жидкого абсорбента в газовую фазу. Выбор мембраны для экспериментов производился на основе непористых мембран из трех высокопроницаемых полимеров: политриметилсилпропина (ПТМСП), поливинилтриметилсилана (ПВТМС) и полидиметилсилоксана (ПДМС) (таблица 2), которые обладают хорошей проницаемостью по  $\text{CO}_2$ .

В результате для проведения экспериментов была выбрана асимметричная мембрана из ПВТМС с толщиной селективного слоя порядка 0,2 мкм, обеспечивающая высокие газовые потоки и обладающая высокой селективностью  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$ .

**Табл. 2.** Сравнение газоразделительных характеристик полимерных непористых мембран

Полимер	Толщина селективного слоя, мкм	Проницаемость, $Q$ , л/м <sup>2</sup> × ч × бар				
		CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
ПДМС	1,5	230	1000	200	90	170
ПВТМС	0,2	200	1600	1700	120	450
ПТМСП	5,0	1600	3200	1600	800	500

Так как в мембранных контакторах эффект разделения зависит в большей мере от абсорбционных свойств и характера взаимодействия абсорбента с сорбатом, особое внимание уделяется подбору оптимального во всех отношениях жидкого носителя. Спектр требований включает химическую устойчивость и механическую прочность мембраны при контакте с абсорбентом, биологическую (в нашем случае) и температурную устойчивость абсорбента, инертность по отношению к элементам конструкции, легкость процесса регенерации и коммерческую доступность, и т.д. В качестве рабочих жидких носителей в итоге были выбраны водный раствор карбоната калия в качестве хемосорбента и пропиленкарбонат (физический абсорбент). Прочие абсорбенты [22–25], несмотря на высокую способность поглощать  $\text{CO}_2$ , обладают рядом недостатков: либо дороги, либо небезопасны в применении, либо не производятся промышленно, либо взаимодействуют с материалом мембраны и модулей.

Эффективность разделения так же в значительной мере зависит от направления потоков разделяемой газовой смеси и жидкого абсорбента. Можно так организовать направление потоков, что, при условии сохранения противоположного направления потоков газа и жидкости, последовательно подаваемый газовый поток встречает на определенных участках модуля параллельно подаваемый поток чистого абсорбента. Эффективность (разделения) бинарной газовой смеси при этом резко возрастает при одной и той же рабочей площади мембраны и том же количестве абсорбента. Достоинствами подобной гидродинамической схемы является в первую очередь повышение эффективности газоразделения при сохранении исходных пара-

метров, а так же возможность получать требуемую чистоту компонентов наращиванием числа параллельных слоев абсорбента. Недостатком модулей с параллельно-последовательной подачей фаз служит усложнение конструкции мембранных кассет.

Конструкционно мембранные контакторы могут быть решены в виде плоскорамных (кассетных), дисковых (ссылка), трубчатых [18], половолоконных [19,20,21] и рулонных модулей. Рабочим элементом плоскорамных контакторов является мембранная кассета, внешний вид которой представлен на рис. 3. Мембранная кассета представляет собой чередующиеся каналы: исходная газовая смесь – абсорбент – исходная смесь и т.д. Между мембранами расположена полиамидная сетка (дренаж), при этом асимметричная непористая мембрана из ПВТМС обращена селективным слоем к абсорбенту. Конструкция модуля такова, что позволяет варьировать рабочую площадь мембраны от 0,15 до 9 м<sup>2</sup>.

Результаты разделения модельных бинарных газовых смесей на лабораторных мембранных контакторах приведены на рис. 4 (мембрана ПВТМС, абсорбент – водные растворы K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Показана высокая степень очистки исходной газовой смеси от диоксида углерода, а так же устойчивость активных мембранных систем на основе данных модулей к биологическому и химическому воздействию при интеграции со всеми тремя видами биореакторов.

Обнаружено, что подобранный порядок направлений потоков газа и жидкости в кассете

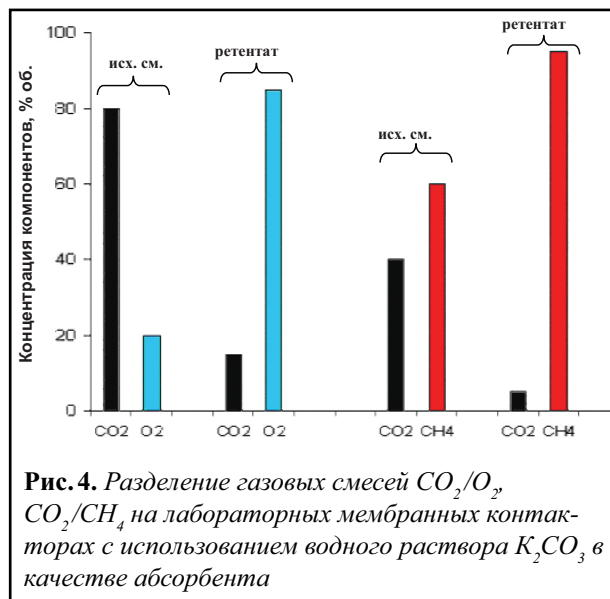


Рис. 4. Разделение газовых смесей CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> на лабораторных мембранных контакторах с использованием водного раствора K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> в качестве абсорбента

(параллельное по жидкости и последовательное по газу) в случае лабораторного мембранного контактора позволяет при соотношении потоков «газ/жидкость» равном 11, снизить концентрацию CO<sub>2</sub> в газовой смеси CO<sub>2</sub>/метан с 20 до 3% об. уже при 5 параллельных потоках жидкости. Полное извлечение углекислого газа из смеси достижимо при постоянном соотношении потоков поступающей газовой смеси и абсорбента, равным ~ 9. Расход модельной газовой смеси при этом составлял 6 л/час.

Полученные значения позволяют определить минимально достаточное количество жидкого абсорбента при полном использовании его абсорбционной емкости для извлечения CO<sub>2</sub>, для расчета времени пребывания газа



Рис. 3. Внешний вид мембранного контактора (МК) и мембранной кассеты



и абсорбента в модуле, а так же для масштабирования процесса разделения в целом.

Разработанные конструкции пилотных мембранных контакторов могут быть использованы для разделения бинарных газовых смесей различной природы на компоненты технической чистоты, в том числе микробного происхождения – отходящих газов метантенков, реакторов фотосинтеза, а так же хемо- и фототрофных водородных биореакторов. Эти газовые смеси обладают высоким содержанием  $\text{CO}_2$  при невысоком давлении и комнатной температуре исходной смеси, и полное извлечение углекислого газа открывает дополнительные возможности получения горючих газов.

### Селективный мембранный вентиль (затвор)

Селективный мембранный вентиль (СМВ) по принципу работы (рис.5) аналогичен мембранным контакторам [26], но усложнен наличием третьего канала – области отбора выделенного компонента со стороны пермеата. Газовые полости исходного ( $\text{H}_2 + \text{Ar} + \text{CO}_2$ ) и отделяемого ( $\text{H}_2$ ) потоков разделены так называемым «сэндвичем»: полимерная мембрана – жидкая фаза – полимерная мембрана. Жидкий абсорбент подается между мембранами и подбирается таким образом, чтобы разница растворимостей разделяемых газов и скорость реакции извлекаемого и поглощающего компонентов была максимальной. Так, легкопроницаемый и малорастворимый водород проникает через «сэндвич», отбирается с другой стороны модуля, из канала пермеата. Наиболее растворимый в жидком абсорбенте компонент ( $\text{CO}_2$ ) также проникает через мембрану, поглощается жидким абсорбентом и уносится с ним из системы в десорбционный блок. Третий, малорастворимый и наименее проницаемый компонент, остается в ретентате. Варьируя скорость потока абсорбента в СМВ, можно регулировать непосредственно состав проникшей через «сэндвич» газовой смеси [27]. При этом становится возможным подобрать такие условия процесса, при которых в пермеате будет присутствовать только наиболее быстро проникающий и несорбирующийся компонент (в нашем случае –  $\text{H}_2$ ). Такого эффекта невозможно достигнуть в одну стадию другими способами разделения при наших условиях проведения процесса.

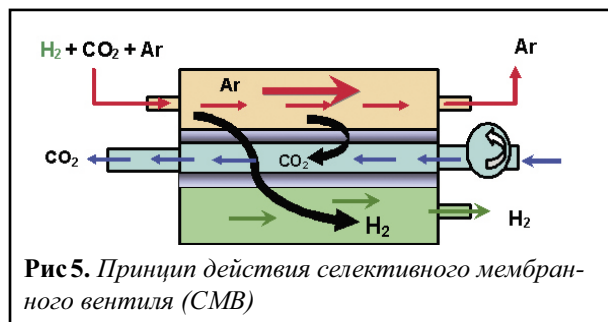


Рис 5. Принцип действия селективного мембранного вентиля (СМВ)

Выбор мембран и подбор жидких абсорбентов для СМВ аналогичен мембранным контакторам, поэтому подробно останавливаться на этом не будем. Следует отметить, что для экспериментов была выбрана мембрана на основе ПВТМС и водные растворы  $\text{K}_2\text{CO}_3$  в качестве абсорбента.

Конструкция селективного мембранного вентиля так же разработана в виде плоскорамного модуля, рабочим элементом которого является мембранная кассета на основе асимметричной мембраны из ПВТМС (толщина селективного слоя 0,2 мкм). Кассета СМВ представляет собой чередующиеся каналы: исходная газовая смесь – абсорбент – исходная смесь и т.д. Конструкция модуля СМВ в целом аналогична мембранному контактору (см. выше), но усложнена наличием штуцеров для обеспечения отвода водородного продукта (рис. 6). Нарращивание производительности модуля достигается простым добавлением мембранных кассет и позволяет достигнуть рабочей площади мембраны до 9 м<sup>2</sup>.

Разработанная конструкция СМВ при первичных исследованиях показала эффективность извлечения водорода до 90% об. из тройных водородсодержащих газовых смесей  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{Ar}$ . Обнаружено, что такой способ разделения многокомпонентных газовых смесей подходит для разделения, в первую очередь, смесей невысокого давления (например, микробиологического происхождения), выделения из них водорода и поглощения  $\text{CO}_2$ , так как не требует компрессоров и особых условий проведения процесса.

Выделенный инертный компонент возвращается в водородный ферментер для барботирования. Целевой биоводород высокой степени чистоты может быть использован как энергоноситель в установках получения энергии.

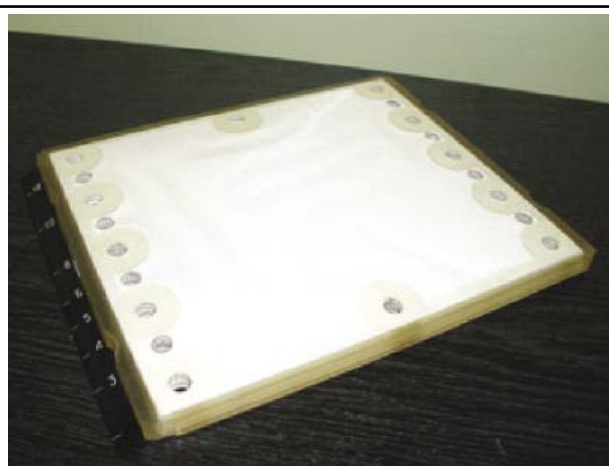
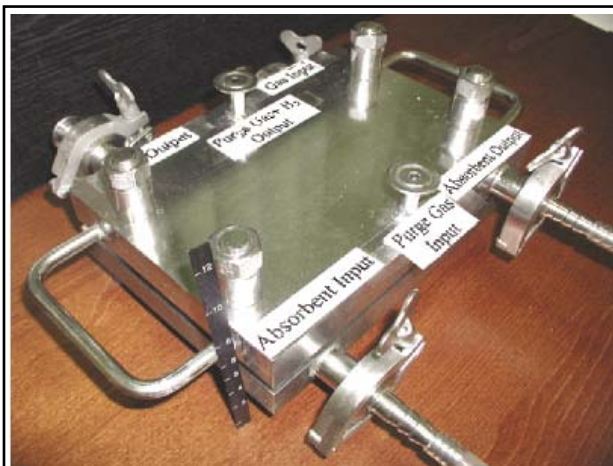


Рис.6. Внешний вид кассеты для СМВ и селективного мембранного вентиля

## Выводы

Органические отходы (включая биомассу) как возобновляемый источник энергии могут быть эффективно переработаны в топливные газы (метан, водород) микробиологическим путем, что дает возможность предложить систему локальных установок по производству энергии. По нашим оценкам, принятым европейскими экспертами, при мощности 5 кВт/сутки биоэнергетическая станция займет площадь всего 9 м<sup>2</sup>. Такой производительности достаточно для обеспечения проживания одной семьи в сельской местности.

Проведенный блок систематических исследований позволяет (1) предложить общую схему связанных между собой биореакторов, потребляющих для непрерывной работы только световую (солнечную) энергию; (2) сформировать замкнутые циклы по углекислому газу, которые обеспечиваются активными мембранными системами, с возможностью получать кондиционные горючие газовые компоненты в виде продуктов биохимических реакций; и (3) предложить рецикл и по жидкой фазе (воде) с отводом неперерабатываемого остатка биомассы, которая может быть использована в качестве добавок к удобрениям.

Полученные результаты представляются многообещающими для развития энергетики возобновляемых ресурсов и требуют в дальнейшем инженерного воплощения целевых установок и наработки практических данных по использованию всего спектра органических отходов в различных регионах России.

Научная программа исследований поддержана международным грантом «Science for

Peace» № 973991, шестой рамочной программой «Hyvolution» SES-6 №019825 и Российским Фондом Фундаментальных Исследований (Грант 05-03-22000).

## Литература:

1. Головлев Е.Л. «Биоконверсия растительного сырья». М.: Наука, 1986, 3–4.
2. Грабб М., Вролик К., Брэк Д. Киотский протокол. Анализ и интерпретация. Редакторы русского издания: Л. Скуратовская и А. Кокорин. – М., 2001 г., 303 стр.
3. Marrison C.I., Larson E.D. A preliminary analysis of the biomass energy production potential in Africa in 2025 considering projected land needs for food production // Biomass and Bioenergy, 10, (1996) 337–351.
4. International journal of hydrogen energy, Biohydrogen 2002, Special issue// edited by E.W.J. Van Niel, M. Janssen a al. Pergamon, U.S.A. 27 (2002), p. 1123–1514.
5. Подгорный А.Н., Соловей В.В., Бастеев А.В. Энергоэкологические аспекты применения водорода в транспортной энергетике. Рос. Хиж. Ж. 1993, 37, (2), 58–63.
6. Мокронос А.Т., Гавриленко В.Ф. Фотосинтез. Физиолого-экологические и биохимические аспекты. М., наука, 1992, 319 с.
7. Teplyakov V.V., Gassanova L.G., Sostina E.G., Slepova E.V., Modigell M., Netrusov A.I. Lab-scale bioreactor integrated with active membrane system for hydrogen production: experience and prospects// Int. J. Hydrogen Energy 27 (2002) 1149–1155.
8. Калюжный С.В., Пузанков А.Г., Варфоломеев С.Д. 1988. Биогаз: проблемы и решения // Итоги науки и техники. Биотехнология, М., ВИНТИ, 21, 177.

9. *Yang S.T., Guo M.A.* Kinetic model for methanogenesis from whey permeate in a packed bed immobilized cell bioreactor. *Biotechnol. Bioeng.* 1991, 37, 375–382.
10. *Заварзин Г.А.* 1995. Микробный цикл метана в холодных условиях // *Природа*, 6, 3–14.
11. *Mountfort D.O., Asher R.A.* 1978. Changes in proportions of acetate and carbon dioxide used as methane precursors during the anaerobic digestion of bovine waste // *Appl. Environ. Microbiol.*, 648–654.
12. *Stams A.J.M.* 1994. Metabolic interactions between anaerobic bacteria in methanogenic environments // *Ant. Van Leeuwen., Int. J. Schliefer K.* – NY: 66, 271–294.
13. *Кондратьева Е.Н., Гоготов И.Н.* Молекулярный водород в метаболизме микроорганизмов. М. 1981, 337 с.
14. *Zhu Suzuki. Zhu H., Suzuki T., Tsygankov A.A., Asada Y., Miyake J.* 1999. Hydrogen production from tofu waster water by *Rhodobacter sphaeroides* immobilized in agar gels. *Int. J. Hydrogen Energy.* 24, p. 305–310.
15. *Mulder Marcel* “Basic principles of membrane technology”, Nether., 1996.
16. *Tepliyakov V., Kuzina N., Sostina E., Syrsova D., Netrusov A.* Active membrane systems with liquid carriers for gas separation. // *Proceedings of International Solvent Extraction Symposia, Moscow, Russia, 1998*, p. 300–310.
17. *Шелехин А.Б., Тепляков В.В., И.Н. Бекман.* Математическое описание процессов газопереноса в мембранных абсорберах. // *ТОХТ*, 1992, том 26 №4, стр. 570–572.
18. *Raeder H., Bredesen R., Crehan G., Miachon S., Dalmon J.-A., Pintar A., Levec J., Torp E.G.* A wet oxidation process using a catalytic membrane contactor // *Serparation and purification Technology* 32 (2003) 349–355.
19. *Каричев З.Р., Мулер А.Л.* Применение композиционных полуволоконных мембран для оксигенации крови. *Теоретические основы химической технологии*, 2001, том 35, №4, с.403–409.
20. *Gabelman A., Hwang S.T.* Hollow fiber membrane contactors. *J. Membr. Sci.* 159 (1999) 61–106.
21. *Curcio E., Criscuoli A., Drioli E.* Membrane Crystallizers // *Ind. Eng. Chem. Res.* 2001, 40, 2679–2684.
22. *Рамм В.М.* Абсорбция газов. – М. «Химия», 1966, с.52–60
23. *Справочник азотчика.* – «Химия», 1986, т.2 раздел «Очистка от кислых газов».
24. *Kumar P.S., Hogendoorn J.A., Peron P.H.M. and Versteeg G.F.* New absorption liquids for the removal of CO<sub>2</sub> from dilute gas streams using membrane contactors, *Chemical Engineering Science*, Vol. 57, Issue 9, may 2002, p. 1639–1651.
25. *Nagao Y., Hayakawa A., Suzuki H. a al.* A-amino amides as a chemical absorbent for carbon dioxide. Comprasion of the reversible absorption capacity with commonly used B-amino ethanols. *Chemistry Letters* 1998, p. 745–746.
26. *Шелехин А.Б., Тепляков В.В., Бекман И.Н.* Математическое описание процессов газопереноса в мембранных абсорберах. // *ТОХТ*, 1992, том 26 №4, стр. 570–572.
27. *Шалыгин М.Г., Окунев А.Ю., Roizard D., Favre E., Тепляков В.В.* Газопроницаемость комбинированных мембранных систем с подвижным жидким носителем, *Коллоидный журнал*, том 68, №4 (2006) 1–9.

# ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ ЦИРКОНИЯ В ЭЛЕКТРОМЕМБРАННОМ ПРОЦЕССЕ

*Т.А. Седнева*

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева  
Кольского научного центра РАН, Апатиты Мурманской обл., *Sedneva@chemy.kolasc.net.ru*

В работе приводятся результаты изучения состава цирконийсодержащих осадков, полученных в результате гидролиза растворов оксихлорида и сульфата циркония от переработки бадделеита в электромембранном процессе с одновременной утилизацией соответствующих кислот.

Показано, что из раствора оксихлорида циркония осаждается гидроксид циркония  $ZrO(OH)_2 \cdot 2H_2O$ , а из раствора сульфата циркония цирконилсерная кислота  $H_2[ZrOSO_4(OH)_2] \cdot 2H_2O$ , прокаливание которых приводит к образованию оксида циркония, содержащего не менее 99,97%  $ZrO_2$ .

*Ключевые слова:* цирконий, соляно- и серноокислый раствор, гидролиз, ионообменные мембраны, электромембранный процесс.

In work results of studying of composition the deposits received as a result of hydrolysis of solutions oxychloride and sulphate of zirconium in electromembranous process with simultaneous salvaging of the appropriate acids are resulted.

It is shown, that from a solution oxychloride zirconium oxyhydroxide of zirconyl  $ZrO(OH)_2 \cdot 2H_2O$ , and from a solution of sulphate of zirconium —  $H_2[ZrOSO_4(OH)_2] \cdot 2H_2O$ , which incineration results in formation of oxide of the zirconium containing not less of 99,97 %  $ZrO_2$  settles.

*Key words:* zirconium, hydrochloric- and a sulphate solution, hydrolysis, ion-exchange membranes, electromembranous process.

Внедрение электромембранных процессов в гидрометаллургические технологии может быть эффективным с экономических позиций, поскольку они позволяют в одну операцию и без использования реагентов выделить из технологических растворов одни вещества в виде полу- и или продуктов, а другие утилизировать в качестве пригодных для повторного использования реагентов [1–3]. Использование в технологической цепочке электролиза с ионообменными мембранами способствует сокращению стоков и сбросов.

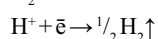
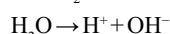
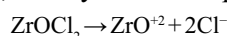
Изучали физико-химические закономерности электромембранного безреагентного осаждения нерастворимых соединений циркония из соляно- и серноокислых растворов, из технологических растворов от переработки бадделеита, в катодной камере проточного мембранного электролизера фильтр-прессного типа с анионо- и катионообменными мембранами (рис. 1, стр. 44).

Электролизу в катодной камере 3-х камерного мембранного электролизера подвергали

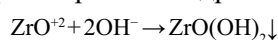
солянокислые и серноокислые цирконийсодержащие растворы, по схеме:

$+H_2O, HNO_3 || MA-40 || H_2O, HCl [H_2SO_4] || MK-40 || Me_x An_y, H_2O, -$

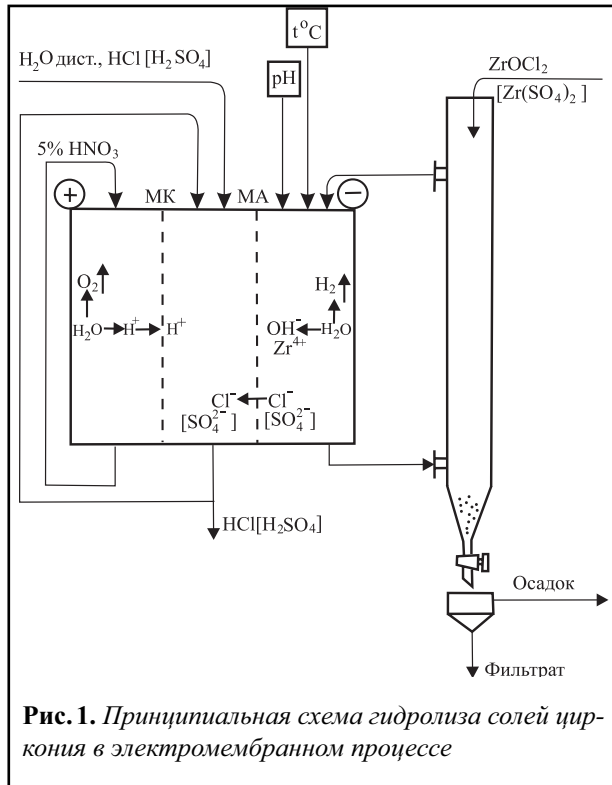
Отделение прикатодного пространства электролизера анионообменной мембраной обеспечивает непрерывную миграцию анионов из него в межмембранное пространство, и, в результате катодного восстановления водорода, позволяет создавать в католите зону с непрерывной генерацией ионов  $OH^-$ , необходимых для гидролиза солей, с получением нерастворимых соединений:



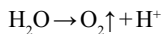
В католите с повышением величины pH по мере удаления анионов и повышения концентрации гидросил-ионов возможно образование плохо растворимого гидроксида циркония:



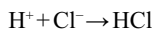
Отделение анионной зоны электролизера катионообменной мембраной обеспечивает селективную электромиграцию катионов водорода,



выделяющихся в результате анодного процесса разложения воды



в межмембранное пространство с образованием в нем, с поступившими из католита хлорид-ионами, соответствующей кислоты:



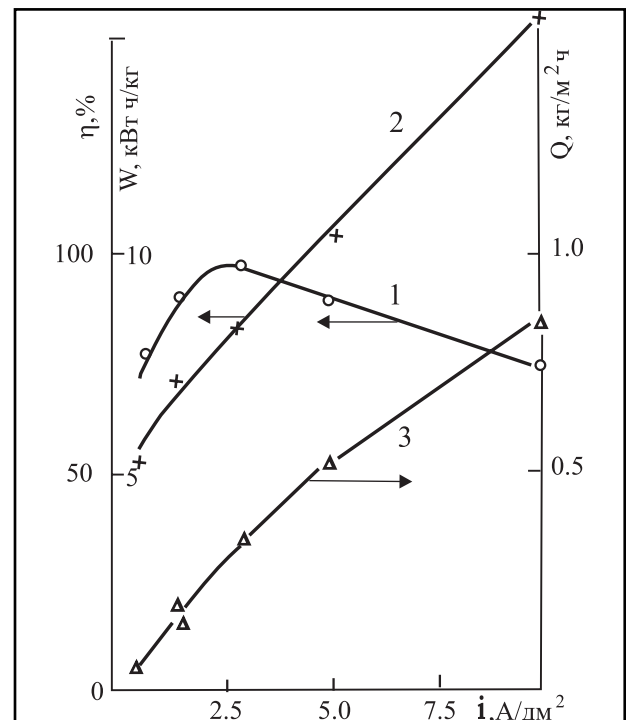
Процесс осуществляли в электролизере фильтр-прессного типа с электродной и мембранной поверхностью 0,2 дм<sup>2</sup>, интенсивностью протекания потока электролита  $Re=500$  при силе тока 1 А. Анодом служила платиновая, а катодом — стальная пластина. Для разделения электродных пространств использовали анионообменную мембрану МА-40 и катионообменную — МК-40. Отделение анодного пространства катионообменной мембраной и заполнение ее устойчивой кислотой-окислителем было предназначено для предотвращения возможных потерь утилизируемых из состава солей кислот в результате анодного окисления как хлорид-, так и сульфат-ионов с образованием газообразного хлора или, соответственно, надсерной кислоты. В качестве анолита использовали 5% раствор  $\text{HNO}_3$ . Межмембранную камеру первоначально заполняли дистиллированной водой, подкисленной соответствующей кислотой до содержания 5 г/л. Электролиты циркулировали в замкнутых

циклах, а католит — дополнительно — через отстойную камеру с ловушкой и фильтром для отделения осадка. В процессе электролиза на аноде выделялся кислород, на катоде — водород, в средней камере концентрировалась кислота, а в катодной — твердая фаза цирконийсодержащего соединения.

В работе изучали составы получаемых в католите твердых осадков методами химического, термического и рентгенофазового анализов, а также зависимость основных параметров электролиза от мембранной (электродной) плотности тока на основании контроля переноса анионов в анолит щелочным титрованием проб и массы диоксида циркония из прокаленных получаемых осадков в католите.

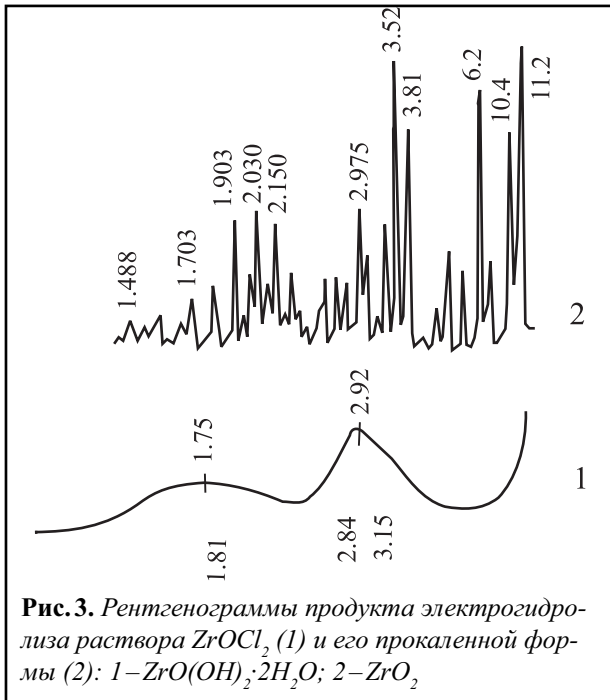
На основании экспериментальных данных по общепринятым методикам рассчитывали эффективность процесса: выход по току  $\eta$ , %, удельный расход электроэнергии  $W$ , кВт·ч/кг  $\text{ZrO}_2$ , производительность  $Q$ , кг  $\text{ZrO}_2/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$  в расчете на мембранную поверхность.

Зависимость выходных характеристик процесса электрогидролиза оксихлорида от плотности тока представлена на рис. 2. Максимальный выход по току — 97% — достигается в интервале плотностей тока 1,5–2,5 А/дм<sup>2</sup>,



**Рис. 2.** Зависимость выхода по току  $\eta$ (1), удельного расхода электроэнергии  $W$ (2) и скорости гидролиза  $Q$ (3) от плотности тока  $i$

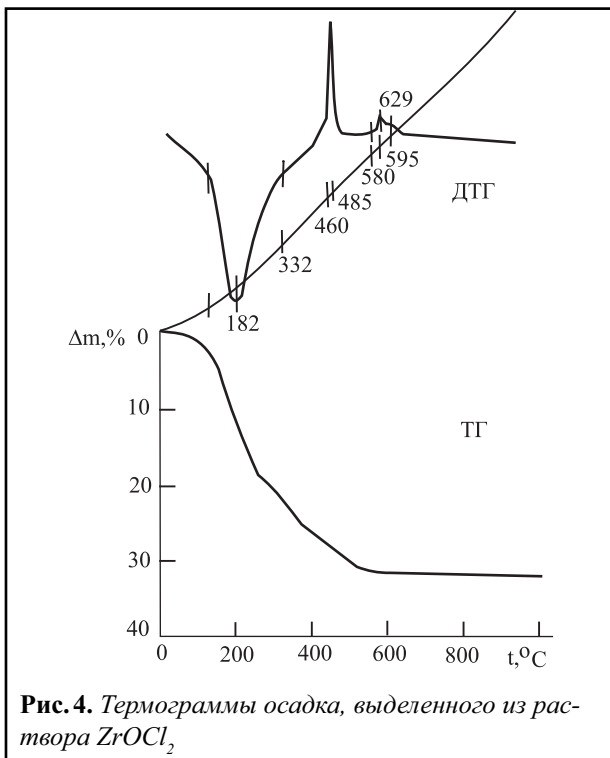




**Рис. 3.** Рентгенограммы продукта электрогидролиза раствора  $ZrOCl_2$  (1) и его прокаленной формы (2): 1 –  $ZrO(OH)_2 \cdot 2H_2O$ ; 2 –  $ZrO_2$

что совпадает с оптимальными транспортными свойствами мембран в этой области [4].

При электрогидролизе оксихлорида циркония оптимальное значение pH формирования компактного мелкозернистого осадка лежит в интервале 2,0–2,6. Отфильтрованный осадок содержит 30–32% влаги, в то время как осадки, закончившие свое формирование при  $pH \geq 3,2$ , гелеобразны, содержат до 82% влаги и отличаются повышенной сорбцией примесных элементов.

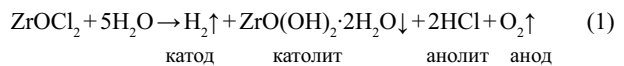


**Рис. 4.** Термограммы осадка, выделенного из раствора  $ZrOCl_2$

Рентгенограмма 1 осадка 1 на рис. 3 указывает на аморфный характер продукта электрогидролиза. Однако слабовыраженные характеристические пики (1,76 Å; 2,92 Å) принадлежат двумерному гидроксиду циркония  $ZrO(OH)_2 \cdot 2H_2O$ .

Термоанализ идентифицирует осадок 1 также, как маловодный гидроксид циркония. Первый глубокий эндоэффект (для параллельных проб: 104–173°C, 110–180°C, 108–182°C) соответствует дегидратации. Экзоэффект при температуре 485°C указывает на кристаллизацию  $ZrO_2$ , причем в метастабильной тетрагональной модификации, которая, сопровождаемая небольшим экзоэффектом при температуре 585°C, превращается в моноклинную (рис. 4, кривая ДТГ). Потеря массы осадков 31,4–32,0% (рис. 4, кривая ТГ), а также сравнение аналитических данных образцов, содержащих, в среднем, %: 69,3  $ZrO_2$ , 29,1  $H_2O$  и 1,6 Cl с расчетными (таблица 1) указывают на подходящий состав гидроксида циркония  $ZrO(OH)_2 \cdot 2H_2O$ . Хлор, по всей вероятности, не входит в структуру осадка (т.к. это не находит своего отражения на термограмме) и может быть более глубоко отмыт.

Таким образом, механизм электрогидролиза оксихлорида циркония в условиях непрерывного удаления из зоны гидролиза отщепляемого кислотного остатка можно представить следующим уравнением:



Электрогидролиз сульфата циркония протекает в более узком интервале  $pH=0,7-0,9$ . Полученный осадок 2 содержит до 55% влаги и по данным рентгенофазового анализа носит,

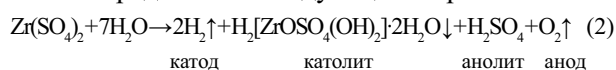
**Табл. 1.** Идентификация соединений циркония, полученных в электромембранных процессах из систем: 1 –  $ZrOCl_2 - H_2O$ ; 2 –  $ZrSO_4 - H_2O$

Соединение	Метод анализа	Содержание групп, %			
		ZrO <sub>2</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O
Осадок 1	Аналитич.	69,3	1,6	0	29,1
Осадок 2	Аналитич.	44,9	0	29,0	26,1
$ZrO(OH)_2 \cdot 2H_2O$	Расчетный	69,5	0	0	30,5
$H_2[ZrOSO_4(OH)_2]$	То же	51,5	0	33,5	–
$H_2[ZrOSO_4(OH)_2] \cdot H_2O$	То же	47,9	0	31,1	21,0
$H_2[ZrOSO_4(OH)_2] \cdot 2H_2O$	То же	44,7	0	29,1	26,2

в основном, аморфный характер со слабо выраженными характеристическими пиками. Термический анализ идентифицирует его как цирконилсерную кислоту, на что указывают эндопики дегидратации с потерей 26,1% массы, протекающей в 2 ступени при температурах 176 и 382°C, а также характерный для удаления SO<sub>3</sub> эндопик при 663–709°C (рис. 5). Удаление серного ангидрида сопровождается потерей 29,0% массы.

Термический анализ полученного соединения вместе с данными химического анализа (таблица 1) указывает на формирование в результате электрогидролиза двуводной цирконилсерной кислоты H<sub>2</sub>[ZrOSO<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub>]·2H<sub>2</sub>O, выпадающей в осадок в условиях дефицита кислоты.

Механизм электрогидролиза сернокислого циркония в условиях непрерывного удаления из зоны гидролиза отщепляемого сульфат-иона можно представить следующим образом:



Одновременно с получением цирконийсодержащих осадков в католите в средней камере концентрируются соляная или серная кислоты в эквивалентных реакциям 1 или 2 количествах.

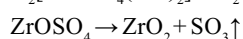
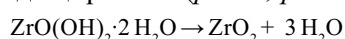
Значительный удельный расход электроэнергии (рис. 2), превышающий 10 кВт·ч/кг ZrO<sub>2</sub>, объясняется высоким перенапряжением анодной

реакции выделения кислорода, повышенным сопротивлением получаемых осадков с высокой адгезией к стальному катоду и потерей напряжения на дополнительной межмембранной камере.

Решение проблем просматривается в поиске организации процесса в 2-х камерном электролизере с электродными материалами, позволяющими снизить адгезию цирконийсодержащих осадков и их непрерывное беспрепятственное удаление из католита.

Необходим также поиск условий анодного процесса с целью избежания кислотных потерь в результате возможного окисления как хлорид-ионов с образованием газообразного хлора, так и серной кислоты с образованием надсерной.

Прокаливание полученных осадков при температурах, соответствующих определенным термоэффектам, приводит к получению оксида циркония (рис. 3, рентгенограмма 2).



Характеристика прокаленных оксидов циркония электрохимического происхождения представлена в табл. 2.

Полученные результаты указывают на возможность безреагентного получения чистого диоксида циркония, как из хлоридных, так и сернокислых технологических растворов.

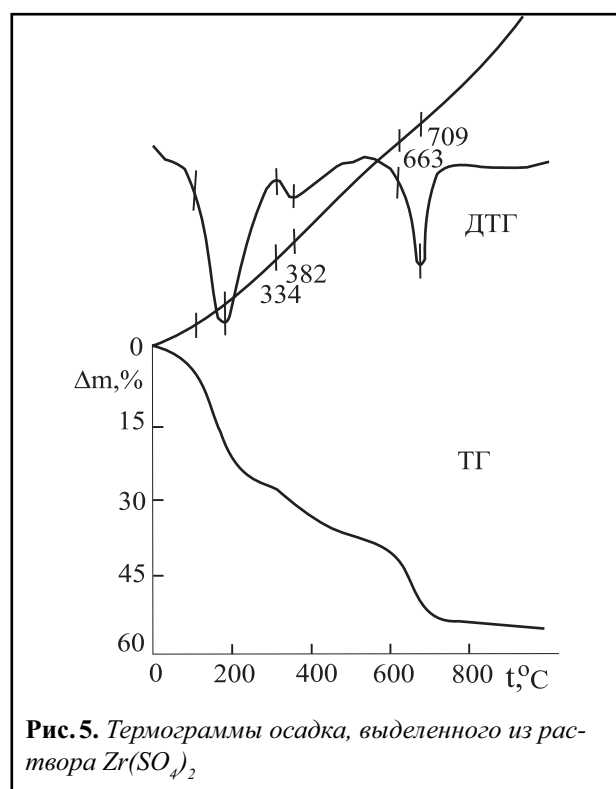


Рис. 5. Термограммы осадка, выделенного из раствора Zr(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>

Табл. 2. Сравнение содержания примесных элементов в партиях диоксида циркония, полученных прокаливанием его соединений после электрогидролиза

Содержание примесей, %	Цирконий(IV) окись МРТУ 6-09-4837-67 осч 7-2	ZrO <sub>2</sub> , полученный из растворов	
		ZrOCl <sub>2</sub>	Zr(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>
Cl	2·10 <sup>-3</sup>	3·10 <sup>-3</sup>	0
SO <sub>4</sub>	5·10 <sup>-3</sup>	0	3·10 <sup>-3</sup>
Fe	4·10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-3</sup>	2·10 <sup>-3</sup>
K	4·10 <sup>-3</sup>	3·10 <sup>-4</sup>	1·10 <sup>-3</sup>
Na	4·10 <sup>-3</sup>	3·10 <sup>-4</sup>	1·10 <sup>-3</sup>
Si	5·10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-4</sup>	1·10 <sup>-3</sup>
Ti	2·10 <sup>-3</sup>	3·10 <sup>-4</sup>	3·10 <sup>-4</sup>



### Заключение

1. Исследовалась возможность электрогидролиза соляно- и сернокислых солей циркония с одновременной утилизацией соответствующих кислот в 3-х камерном электролизере с анионо- и катионообменными мембранами.

2. Показано, что из раствора оксихлорида циркония осаждается гидроксид циркония  $ZrO(OH)_2 \cdot 2H_2O$ , а из раствора сульфата циркония – цирконил-серная кислота, прокаливание которых приводит к образованию оксида циркония, содержащего 99,97%  $ZrO_2$  и соответствующего по содержанию примесных элементов оксиду марки МРТУ 6–09–4637 «осч» 7–2.

### Литература

1. Chemical and Engineering News. 1996. V. 6. № 5. P. 1–27.
2. Михайличенко А.И., Михлин Е.Б., Патрикеев Ю.Б. Редкоземельные металлы. М.: Metallurgy, 1987. 232 с.
3. Water and Sewage International. 1998. V. 2, № 11. P. 30–33.
4. Медведев И.Н., Нефедова Г.З., Смагин В.Н. и др. Синтез, свойства и применение ионитовых мембран в электродиализе. М.: НИИТЭХИМ, 1985. Вып. 11 (241). 42 с.

---

## СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА ПО ТЕХНОЛОГИЯМ ФИЛЬТРАЦИИ И

СЕПАРАЦИИ FILTSEP, Москва, Сокольники, 7–10 ноября 2006 г.

*В.Г. Дзюбенко*

Технологии сепарирования и фильтрации играют жизненно важную роль в развитии производства и улучшении качества жизни населения. Для многих промышленных продуктов в процессе технологической обработки используются материалы, которые очищаются с помощью указанных технологий в химической, электронной, машиностроительной, пищевой, медицинской и других отраслях промышленности. В то же время, качество сепарирования жидких и газовых сред во многом определяет экологическую чистоту производственных процессов, материалов и окружающей среды, а также их экономические показатели.

Поэтому весьма актуально проведение по инициативе Выставочного холдинга МВК первой в Российской Федерации специализированной Международной выставки «FiltSep-2006. Оборудование и технологии фильтрации и сепарирования». Весьма ценным является то, что, наряду с традиционными технологиями фильтрации и сепарирования, на выставке были представлены новые материалы и процессы, основанные на использовании мембранных технологий.

На площади 500 м<sup>2</sup> свои технологии и оборудование представили 51 участник из 8 стран, многие из которых являются крупными и хорошо себя зарекомендовавшими предприятиями. Выставка вызвала интерес многочисленных специалистов.

Значительная доля из представленных образцов продукции и оборудования состояла из тканых и нетканых материалов на основе полимеров и стекла в виде плоских рукавных, картриджных и других фильтрующих элементов и модулей, устройств для сепарирования (различного вида фильтры, сорбционная техника) и сопутствующие технологии. Мембранное направление было отражено в виде установок по водоподготовке, переработке технологических сред в пищевой и фармацевтической промышленности и расходных материалов к ним (рулонные, трубчатые, патронные и плоскорамные элементы).

Кроме интереса, проявленного к представленной продукции, не меньшее внимание привлекли научно-практические семинары и презентации, имевшие место в период проведения форума.

В первый рабочий день Ассоциация инженеров по контролю загрязнения (АСИНКОМ) привлекла посетителей семинаром «Фильтры очистки воздуха. Новые стандарты и разработки», на котором была также дана информация о фильтрах фирмы Camfilfar – крупнейшего мирового лидера производства воздушных фильтров фирм «Фильтр» и «Фолтер» для обеспечения высоких требований воздуха в чистых производственных помещениях и хемосорбционных фильтров. В то же время для специалистов, работающих в области «водных проблем», фирма «БВТ-Сервис» проводила презентацию оборудования для водоподготовки. Особый упор был сделан на сетчатые фильтры с промывкой обратным током и комплексные подходы к решению вопроса подготовки воды для технологических и хозяйственно-питьевых нужд промышленных предприятий.

Следующий день был ознаменован двумя научно-практическими мероприятиями. ЗАО НТЦ «Владипор» со своими партнерскими предприятиями провел семинар на тему: «Мембранные методы разделения жидких и газовых сред (мембраны, модули, установки, технологии)». Объемный и информативный доклад генерального директора ЗАО НТЦ «Владипор» Дубяги В.П. «Состояние развития мембранных технологий (рынок, прогноз)» задал тон всему последующему направлению этого семинара. Представители партнерских организаций, таких как Институт кристаллографии РАН, ООО «Владисарт», ООО «Альтаир» конкретизировали положения установочного доклада рассказом о современном состоянии техники, технологии и применений трековых мембран, о процессах ультрафильтрации водных сред, об оборудовании и процессах получения чистой питьевой воды, воды для медицинской, пищевой промышлен-

ности и технических целей. Мембранные процессы очистки и разделения газовых сред были освещены в совместном сообщении ООО «Гэлла-Теко» и ЗАО НТЦ «Владипор». В это же время в соседнем зале фирма Osmonics проводила презентацию управляющих клапанов Autotrol и Aquamatic, а также бытовых систем очистки воды на основе ультрафильтрации и обратного осмоса.

Последний семинарский день был посвящен проблемам комплексных технологий очистки сточных вод и водоподготовки. Все доклады этого семинара были сделаны сотрудниками предприятия «БМТ» на основе опыта эксплуатации собственных внедренных установок и технологий. Тематика сообщений включала биологическую очистку хозяйственно-бытовых сточных вод в системах модульного и стационарного типа, выбор оптимальных технологических решений очистки сточных вод гальванических производств, опыт эксплуатации установки очистки сточных вод и регенерации плавиковой кислоты в производстве бронированного стекла, очистку сточных вод предприятий пищевой отрасли (мясокомбинатов, молокозаводов, рыбокомплексов, масложиркомбинатов).

Видимо, заранее предчувствуя успех этой первой специализированной выставки, холдинг МВК уже анонсировал проведение следующей – с 30 октября по 2 ноября 2007 года. В связи с этим, представляется весьма целесообразным всем организациям и предприятиям, заинтересованным в развитии, расширении географии участников и тематики данного форума, предпринять активные действия по вовлечению в этот новый проект своих партнеров.

---

## О МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ EUROMEMBRANE 2006

*В.В. Волков, Ю.П. Ямпольский*

Международные конференции «Euromembrane» проводятся Европейским мембранным обществом каждые 2 года. Конференция Euromembrane 2006 проходила с 24 по 28 сентября 2006 в пригороде г. Таормина (Сицилия, Италия). Организатором выступал Институт технологии мембран (Ренде, Италия), возглавляемый профессором Э. Дриоли. Конференция этого года побила многие рекорды среди других конференций этой серии. В ней приняли участие более 550 представителей из 44 стран мира, в их числе специалисты из Великобритании, Германии, Испании, Италии, Нидерландов, России и других стран Европы. Были представлены и специалисты США, Японии, Кореи, стран Латинской Америки. Отмечено сильное «омоложение» состава специалистов по мембранной науке и технологии (более 180 студентов и аспирантов или 33% от общего числа участников). Большой интерес проявили и представители промышленности – около 13% от общего числа участников. На конференции были представлены 5 пленарных докладов, 217 устных и около 300 стендовых докладов. Развернутые тезисы докладов были опубликованы в международном рецензируемом журнале *Desalination* (Impact factor в 2005 году – 0,955). Участникам, представившим устные доклады, было предложено опубликовать их полные тексты в журнале *Separation Science and Technology*.

Тематика конференции «Euromembrane 2006» охватывала практически все вопросы мембранной науки и технологии. Устные доклады были сгруппированы по следующим секциям/разделам: отложения осадков на мембранах и их характеристика; нанофильтрация/обратный осмос; электромембранные процессы; подготовка воды; новые мембраны, модули и процессы; полимерные мембраны; биомедицинские применения мембран; мембраны в нанотехнологии и интенсификация технологических процессов; мембранные контакторы и эмульгаторы; мембранное разделение в сочетании с дистилляцией; микрофильтрация и ультрафильтрация; мембраны и биологическая наука; мембраны и биология и технология живой ткани; топливные элементы; мембранные процессы в пищевой промышленности; неорганические и цеолитные мембраны; гибридные мембраны и процессы; транспорт в мембранах и его моделирование; разделение газов и паров; погруженные мембранные биореакторы; облегченный транспорт в мембранах; мембранные биоразделения. Столь разнообразная тематика докладов была бы невозможна, если бы не была организована параллельная работа 4 секций. Необходимо отметить хорошую организацию групп поддержки, обеспечивавших демонстрацию электронных слайдов («прозрачки» уже не применяются), работу с микрофонами и т.п.

Большой интерес вызвали 2 сессии стендовых докладов – из-за отсутствия ограничений по времени дискуссии на них часто были более живыми и полезными, чем на устных докладах. Следует отметить, что научная молодежь была достаточно представлена и у стендовых докладов, и на устных сообщениях.

Программный комитет конференции провел тщательный отбор по тематике пленарных лекций. Фактически они отражали наиболее актуальные точки роста в сегодняшней науке и технологии мембран. Две лекции отражали важность комплекса технических и научных проблем, связанных с топливными элементами. Дж. Альберти (Университет Перуджия, Италия) подвел итоги последних достижений в области протон-проводящих мембран для топливных элементов, работающих в интервале температур 20–140°C. Технологический аспект топливных элементов, а именно мембранно-электродная сборка, был темой лекции представителя фирмы Solvay Solexis В. Арчелла. Патриарх мембранной науки, проф. Х. Штратман посвятил свою лекцию основам и достижениям электромембранных процессов. Сегодня компьютерное моделирование завоевывает все новые позиции в деле создания основ направленного синтеза новых мембранных материалов и предсказания транспортных параметров. Поэтому понятна инициатива программного комитета, который предложил Д. Хофману (Исследовательский центр GKSS) прочесть лекцию

на эту тему. И, наконец, отдельная лекция содержала обзор путей решения экологических проблем, стоящих сегодня перед человечеством, с помощью мембран. Ее прочел Т. Лайкнес из Университета г. Трондхайм, Норвегия.

Россия была представлена большой группой специалистов из Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска и других городов, как «ветеранов» мембранной науки, так и молодых ученых и аспирантов. Ими (или с их участием) было сделано 6 устных докладов и представлено большое число стендовых.

В секции «Мембранные реакторы» был представлен доклад «"In-situ" введение каталитической фазы в каталитическом мембранном контакторе, применяемом для удаления растворенного кислорода из воды» (авторы Р. ван дер Ваарт, И.В. Петрова, В.И. Лебедева, В.В. Волков, Д.И. Кочубей, Г.Ф. Терещенко, Й. Ван Эркел). В докладе были представлены результаты совместной работы ИНХС РАН, ИК СО РАН и ТНО (Голландский институт прикладных исследований). Следует отметить возросший интерес в мировом мембранном сообществе к тематике нанофильтрации органических сред. Так, например, в секции «Нанофильтрация/Обратный осмос», которая проходила в течение двух дней, шесть устных докладов из шестнадцати были посвящены исследованиям в области нанофильтрации неводных сред, а также пять устных докладов по этой тематике были представлены в других секциях. Российскими участниками конференции был представлен устный доклад «Новый мембранный материал для нанофильтрации органических сред» (авторы: А.В. Волков, Д. Стаматалис, В.С. Хотимский, В.В. Волков, М. Весслинг, Н.А. Платэ) (совместная работа ИНХС РАН и Университета Твенте, Голландия).

Беседы российских ученых по завершению конференции выявили единодушное мнение — EuroMembrane 2006 была одной из самых содержательных и удачных конференций за последние годы.

## РЕФЕРАТИВНЫЙ РАЗДЕЛ<sup>1</sup>

### Обзоры и общие вопросы

**33.МБ.1. Обзор. Твердые полимерные электролитные мембраны для использования в топливных ячейках.** Solid polymer electrolyte membranes for fuel cell applications: A review. *Smitha B., Sridhar S., Khan A. A.* J. Membr. Sci.. 2005. 259, № 1–2, с. 10–26. Нидерл.

Мембраны (МБ) для топливных ячеек должны иметь высокую проницаемость по протонам, низкую по водно-метанольным смесям, хорошие мех. и термич. стабильность и невысокую стоимость. МБ и эксплуат. параметры оказывают большое влияние на свойства топливных ячеек. В обзоре рассмотрены перфториономеры, углеводороды, ароматич. полимеры и кислотно-основные комплексы. Представлены класс полимеров и взаимосвязь их структур и свойств, необходимых для использования в топливных ячейках. Отдельно рассмотрены необходимые модификации МБ Nafion, ароматич. МБ и перфторсульфонокислотных материалов.

**33.МБ.2. Фосфолипиды в морской окружающей среде: обзор.** Phospholipids in marine environments: A review. *Suzumura Masahiro.* Talanta. 2005. 66, № 2, с. 422–434. Англ.

Обзор. В обзоре суммированы концепции охраны окружающей среды и экологии, а также применение аналитических методов для определения фосфолипидов. Эти соединения определяются как основные соединения липидов, к-рые играют жизненно важную роль в структуре соединений биологических мембран. Однако информация о фосфолипидах очень ограничена.

**33.МБ.3. Методика определения параметров эксплуатации ультрафильтрационных систем очистки природных вод.** *Андрианов А., Первов А.* Водочистка. 2005, № 7, с. 22–35. Рус.

Теоретически обоснован и разработан процесс очистки воды методом ультрафильтрации (УФ). Предложена методика определения параметров эксплуатации систем УФ, на основании которой, в зависимости от состава очищаемой воды, назначаются: величины рабочего давления, продолжительность фильтроцикла и обратной промывки. Сделан обзор существующих и предложена модель прогноза падения производительности при загрязнении мембран коллоидными и биологич. осадками. Разработана экспериментальная экспресс-методика, позволяющая в течение короткого времени определить оптимальные режимы (частота и продолжительность промывки) и дать прогноз работы ультрафильтрационной установки очистки воды. Предложенные рекомендации легли в основу разработки систем УФ, используемых НИИ ВОДГЕО для обезжелезивания подземных вод, очистки поверхностных вод и улучшения качества водопроводной воды на объектах водоснабжения.

**33.МБ.4. Подходы к созданию энантиоселективных электрохимических сенсоров.** *Янилкин В. В., Настапова Н. В., Торочина А. В.* Рос. хим. ж.. 2005. 49, № 5, с. 29–39. Библ. 111. Рус.

В обзоре дан анализ опубликованных работ в зарождающемся новом направлении на стыке электрохимии и стереохимии по созданию энантиоселективных электрохимических сенсоров (ЭЭС). Рассмотрены приемы и подходы к созданию ЭЭС, включающие использование хиральных металлов, модификацию поверхности электродов хиральными селекторами, энзимами, хиральными редокс-медиаторами, темплатное формирование на поверхности электродов хиральных матриц,

модификацию мембран хиральными ионофорами и модификацию субстратов путем комплексообразования с хиральным селектором. Обобщены результаты исследований, непосредственно направленных на создание потенциометрических и амперометрических ЭЭС, а также работ, в которых показана дискриминация электрохимического отклика оптических антиподов.

**33.МБ.5. Руководящие принципы выбора мембран, для удаления CO<sub>2</sub> из газовых смесей.** Materials selection guidelines for membranes that remove CO<sub>2</sub> from gas mixtures. *Lin Haiqing, Freeman Benny D.* J. Mol. Struct.. 2005. 739, № 1–3, с. 57–74. Англ.

Мембранная технология была исследована для отделения CO<sub>2</sub> от смесей с легкими газами типа CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub> и H<sub>2</sub> для чего наибольший интерес представляют оптимальные мембраны с высокой проходимостью CO<sub>2</sub> и высокой селективностью CO<sub>2</sub>/легкий газ. Этот краткий обзор описывает научные подходы к достижению высокой растворимости CO<sub>2</sub> и селективности растворов CO<sub>2</sub>/легкий газ при введении полярных групп в полимеры. Обсуждается растворимость CO<sub>2</sub> и селективность растворимости CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> в жидких растворителях и твердых полимерах, содержащих разнообразные полярные группы. Для достижения и высокой растворимости и высокой избирательности растворимости оптимальные материалы, очевидно, должны иметь параметр растворимости приблизительно 21.8 МПа<sup>0.5</sup>. Однако, введение полярных групп может уменьшать коэффициенты диффузии CO<sub>2</sub> и может сделать материал более чувствительным к объему, что является вредным для, например, разделения CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>. Атом кислорода в окиси этилена обеспечивает хороший баланс между отделением CO<sub>2</sub> и проникающей способностью. Серьезным препятствием для использования чистого полиэтиленоксида (ПЭО) является его сильная тенденция к кристаллизации. Рассматриваются варианты введения больших количеств звеньев этиленоксида в полимеры для подавления кристаллизации. Использована простая модель, основанная на теории свободного объема, для корреляции в широких пределах коэффициентов проницаемости CO<sub>2</sub> в ПЭО-содержащих материалах, и получены удовлетворительные результаты. Шитый полиэтиленгликоль-акрилат, содержащий ответвления с метоксильными концевыми группами, показывают самую высокую проницаемость CO<sub>2</sub> (то есть 570 Barrers) и самую высокую селективность CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> (то есть 12) при 35° среди всех материалов, содержащих ПЭГ и известных до настоящего времени. Поскольку такие материалы не кристаллизуются в обычно доступных температурах, селективность CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> может быть далее повышена при уменьшении температуры. Например, при давлении в направлении течения 4.4 атм селективность CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> чистого газа (моногаза) достигает значения 40 мин –20° и при поддержании проходимости CO<sub>2</sub> 52 Barrers.

### Статьи

**33.МБ.6. Механизм обрастания мембран при деструкции альгината, как модель экстрацеллюлярных полимерных субстанций.** Fouling mechanisms of alginate solutions as model extracellular polymeric substances. *Ye Y., Le Clech P., Chen V., Fane A. G., Jefferson B.* Desalination. 2005. 175, № 1, с. 7–20. Англ.

**33.МБ.7. Засорение нанофильтрационной мембраны продуктом гидролиза β-лактоглобулина трипсина: воз-**

<sup>1</sup>Рефераты взяты из реферативной БД ВИНТИ

**действие на мембранное просеивание и электростатические свойства.** Fouling of a nanofiltration membrane by a  $\beta$ -lactoglobulin tryptic hydrolysate: impact on the membrane sieving and electrostatic properties. *Lapointe Jean-Francois, Gauthier Sylvie F., Pouliot Yves, Bouchard Christian*. J. Membr. Sci.. 2005. 253, № 1–2, с. 89–102. Англ.

Целью данной работы является исследование влияния засорения продуктом гидролиза —  $\beta$ -лактоглобулина трипсина — на характеристики удержания “свободной” нанофильтрационной (НФ) мембраны. Для оценки влияния некоторых физико-химических параметров (концентрация питания, pH), а также операционных параметров (трансмембранное давление, скорость питания) на способности фракционирования кислот, нейтральных и основных пептидов G-10 мембраной (Osmonics, Minnetonka, MN) с молекулярной массой  $2500 \text{ г} \times \text{мол}^{-1}$ , сначала была проведена оценка фильтрационной способности НФ-мембраны. Измерение предварительного удержания электролита ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ) показало, что эту НФ мембрану характеризует Donnan-механизм исключения, типичный для отрицательно заряженной мембраны. Полное удержание кислотных пептидов наблюдалось на G-10 мембране при значениях pH 5 и 9. Разделение нейтральных и основных пептидов достигнуто при pH 9 в результате электростатического отталкивания нейтральных пептидов, которые приобретают отрицательный заряд при pH 9. Фракционное разделение нейтральных и основных пептидов оптимально в случае повышения трансмембранного давления до промежуточного значения или более высоких величин. Изучение влияния засорения позволило выбрать оптимальные условия НФ-просеивания, и электростатические свойства G-10 изучались известными методами задержания растворенного вещества. Показано, что большое гидравлическое сопротивление возникает из-за засорения НФ-мембраны продуктом гидролиза 0.1% раствора  $\beta$ -лактоглобулина. Чистый отрицательный заряд мембраны, по-видимому, уменьшается только после ее засорения при pH 9. Таким образом оказалось, что состав слоя пептида, взаимодействующего с G-10 мембраной и засоряющий ее, зависит от pH.

**33.МБ.8. Техническая и экономическая оценка изомеризации гептана с использованием цеолитовой мембраны.** Technical and economical evaluation of a zeolite membrane based heptane hydroisomerization process. *Maloney M. L., Maschmeyer Th., Jansen J. C.*. Chem. Eng. J.. 2005. 106, № 3, с. 187–195. Англ.

Проведено моделирование изомеризации гептана в промышленном масштабе с использованием двух реакторов и цеолитовой мембраны. Обсуждается возможность получения продукта, содержащего различные  $\text{C}_7$  изомеры, с октановым числом более 92. Показано, что подобное оборудование будет стоить 40 млн. евро, и определяющим фактором является стоимость мембраны.

**33.МБ.9. Ключевые роли наносборок в гибкости цепей в блоксополимерных мембранах, которые содержат поры и наносборки типа трубочек.** Key roles for chain flexibility in block copolymer membranes that contain pores or make tubes. *Srinivas Goundla, Discher Dennis E., Klein Michael L.*. Nano Lett.. 2005. 5, № 12, с. 2343–2349. Англ.

Блоксополимерные амфифилы, которые самоорганизуются мембраны (МБ), представляют собой устойчивые и функционализуемые альтернативы биол. сборкам. Динамика крупнозернистых молекул показывает, что толстые бислои А-В сополимеров содержат протеиноподобные каналы и, кроме того, имеют тенденцию регулировать транспорт. Это имеет место, когда гибкие гидрофильные А-цепи внедряются

в пору и перекрывают проход для воды. Триблок-СПЛ типа А-Б-А, которые принимают конформацию типа “шпильки” и “прямую” конформацию, обнаруживают, кроме того, сборку в новые нанотрубочки, а также высвечивают ключевые роли этих наносборок в гибкости цепей в биомиметич. блоксополимерных сборках.

**33.МБ.10. Действие монтмориллонита, содержащего кислоты, на свойства мембран Nafion.** Impact of acid containing montmorillonite on the properties of Nafion® membranes. *Thomassin Jean-Michel, Pagnouille Christophe, Caldarella Giuseppe, Germain Albert, Jerome Robert*. Polymer. 2005. 46, № 25, с. 11389–11395. Англ.

Монтмориллонит, содержащий сульфо- и карбоновые кислоты, обрабатывают соединениями с катионами аммония для замены контрионов. Получаемые слоистые силикаты диспергируют в мембранах (МБ) Nafion® при обработке в растворе. При сопоставлении свойств получаемых модифицированных МБ со свойствами МБ с органомонтмориллонитом сделан вывод, что внедрение карбоновых кислот между слоями глины улучшает диспергируемость наполнителя и как следствие барьерные свойства МБ относительно метанола.

**33.МБ.11. Ультратонкое полиэлектролитное волокно из геля полиакриловая кислота/поливиниловый спирт.** Ultra-fine polyelectrolyte hydrogel fibres from poly (acrylic acid)/poly(vinyl alcohol). *Li Lei, Hsieh You-Lo*. Nanotechnology. 2005. 16, № 12, с. 2852–2860. Англ.

Мембраны из ультратонкого волокна получали электроформованием из водн. растворов полиакриловой кислоты и ПВСп (17–83% полиакриловой кислоты) с мол. отношением  $\text{COOH}/\text{OH}=0,14\text{--}3,5$ , сшитых этерификацией при  $140^\circ$  в течение 5 мин. С ростом содержания полиакриловой кислоты толщина получаемого волокна увеличивается с 270 до 450 нм. При изменении pH с 2 до 7 волокно набухает в 31 раз, особенно быстро в диапа. pH=5–4. Волокно возможно использовать в качестве обратимого переключателя электрич. поля, управляемого изменением pH.

**33.МБ.12. Регулируемая обработка сточных вод. Снижение содержания и использование органических веществ.** Waste water management. *Bonapace Bernhard, Mayr Bernhard* (Австрия, Грац). Eur. Dairy Mag.. 2005. 15, № 6, с. 13–15, 4 ил.. Англ.

Технология с применением мембран постоянно используется для обработки питьевой, технологич. воды или сточных вод, и применение данной технологии постоянно растет. Показана возможность разложения и очистки сточных вод, образующихся при производстве молочных продуктов и содержащих жир, с повышенным ХПК. Данная усовершенствованная технология фильтрации через мембрану может быть осуществлена и ее применение позволяет снизить расход энергии на 100 кВтч. Описаны способы фильтрации воды, применяемые на заводах по производству молочных продуктов в Австрии, в частности ультрафильтрация с перекрестными потоками, дальнейшая обработка фильтрата на городских очистных сооружениях аэробным способом. Указаны фирмы, где имеются современные очистные сооружения и оборудование с применением мембран. Отмечено наличие установок по обработке мембран и описаны ультрафильтрационные мембраны задерживающие частицы с молекулярной массой 30 килодальтон (0,03 мк). Приведены технич. данные этих мембран.

**33.МБ.13. Загрязнение полимерной мембраны при ультрафильтрации сока сахарного тростника: роль полисахаридов сока.** Polymeric membrane fouling in sugarcane juice ultrafiltration: role of juice polysaccharides. *Saha N. K.*,



*Balakrishnan M., Ulbricht M.* Desalination. 2006. 189, № 1–3, с. 59–70. Англ.

Исследована роль полисахаридов сока сахарного тростника в загрязнении полимерных полисульфоновых и полиэфирсульфоновых мембран. Полисахаридная фракция изолирована осаждением этанолом; мембраны, задерживающие вещества с молекулярной массой 30–100 килодальтон, исследованы в статическом режиме (адсорбция) и динамич. режиме (ультрафильтрация). Хроматография исключения полисахаридной фракции показывает наличие высокомолекулярного компонента (около 130 килодальтон) и низкомолекулярного компонента (1 килодальтон). Хотя значительное количество фракции задерживается мембранами при динамич. режиме, в статич. режиме наблюдается некоторая адсорбция. Загрязнения приводят при сдвиге молекулярных весов веществ, задерживаемых мембраной к более низким значениям. Дальнейший анализ методом ультрафиолетовой спектроскопии и испытания методом ВСА показывают, что высокомолекулярная фракция содержит белковые группы, адсорбируемые на мембране.

**33.МБ.14. Мембранные электроды для определения глутатиона.** Membrane electrodes for the determination of glutathione. *El-Kosasy Amira M., Shehata Mostafa A., Hassan Nagiba Y., Fayed Ahmad S., El-Zeany Badr A.* Talanta. 2005. 66, № 3, с. 746–754. Англ.

**33.МБ.15. Очистка сточных вод от производства текстиля с применением мембранных технологий.** Treatment of textile effluents by membrane technologies. *Fersi Cheima, Gzara Lassaad, Dhahbi Mahmoud.* Desalination. 2005. 185, № 1–3, с. 399–409. Англ.

Указывается, что производство текстиля связано с применением больших количеств воды на всех стадиях технологии, включая окрашивание, последующую отмывку и др. в результате образуются окрашенные СВ с высоким содержанием органических соединений, которые не могут быть очищены в условиях городских сооружений. В связи с тем, что цены на свежую воду непрерывно увеличиваются, были проведены исследования, целью которых являлось возвращение воды в рецикл. В лабораторных экспериментах испытывалась двухступенчатая схема очистки, первой являлась ступень биоочистки с акт. илом, на второй использовались мембраны различных типов – микро-, ультра-, нанофильтрации и обратного осмоса. Показана возможность эффективного удаления солей, мутности, растворенной твердой фазы и окрашенности, очищенные СВ могли быть повторно использованы в производстве.

**33.МБ.16. Получение мембран в виде полого волокна из высококачественного полиимида P84 для дегидратации изопропилен.** The development of high performance P84 co-polyimide hollow fibers for pervaporation dehydration of isopropanol. *Liu Ruixue, Qiao Xiangyi, Chung Tai-Shung.* Chem. Eng. Sci.. 2005. 60, № 23, с. 6674–6686. Англ.

Исследовали получение мембран для дегидратации изопропилен из полиимида P84. Определяли влияние условий термообработки на фактор селективности и проницаемость мембран из полого полиимидного волокна.

**33.МБ.17. Плотные мембраны из поли-2,6-диметил-1,4-фениленоксида, содержащие в качестве наполнителя диоксид кремния, возможно модифицированный силанами: характеристика и применение мембран для первапорации.** Filled poly(2,6-dimethyl-1,4-phenylene oxide) dense membranes by silica and silane modified silica nanoparticles: characterization and application in pervaporation. *Khayet M., Villaluenga J. P. G., Valentin J. L., Lopez-Manchado*

*M. A., Mengual J. I., Seoane B.* Polymer. 2005. 46, № 23, с. 9881–9891. Англ.

Исследовано влияние диоксида кремния, возможно модифицированного силанами, на способность к первапорации наполненных им мембран (МБ). Определены и сопоставлены степень кристалличности, термич. и механ. свойства наполненных и ненаполненных МБ; сопоставлены энергия ПВ и параметры растворимости МБ и наночастиц. Показано, что наполненные МБ по сравнению с ненаполненными имеют более высокую селективность и низкую проницаемость по метанолу для смесей метанола и метил-трет-бутилового эфира. Результаты исследований обсуждены с использованием параметров растворимости и диффузии каждого жидкого компонента смесей.

**33.МБ.18. Получение и характеристика мембран, содержащих  $\alpha$ -циклодекстрин - их применение для селективной экстракции ксилольных изомеров.** Preparation and characterization of  $\alpha$ -cyclodextrin-containing membranes – application to the selective extraction of xylene isomers. *Touil S., Tingry S., Palmeri J., Bouchtalla S., Deratani A.* Polymer. 2005. 46, № 23, с. 9615–9625. Англ.

Мембраны на основе поливинилового спирта, содержащие  $\alpha$ -циклодекстрин (I), изготавливают литьем с проведением шивки под действием гексаметилендиизоцианата. При использовании или без дибутиловодилаурата в качестве КТ изготавливают проводящие пленки. В получаемых материалах I выполняет роль гостя, химически присоединенного к поливинилового спирту и физически связанного. Исследовано применение изготавливаемых мембран для разделения в воде смесей о- и п- или м-ксилольных изомеров. Оба вида мембран имеют схожие проницаемость и селективность, что позволяет сделать вывод об одинаковом инклюдировании независимо от протекания прививки.

**33.МБ.19. Моделирование диэлектрофоретического мембранного фильтрационного процесса для удаления капелек воды из эмульсий вода-в-масле.** Simulations of a dielectrophoretic membrane filtration process for removal of water droplets from water-in-oil emulsions. *Molla Shahnawaz H., Masliyah Jacob H., Bhattacharjee Subir.* J. Colloid and Interface Sci.. 2005. 287, № 1, с. 338–350. Англ.

Предложен новый разделительный метод, основанный на одновременном применении диэлектрофореза на переменном токе и преимущественном переносе через полупроницаемую гидрофильную мембрану (МБ), для разделения малых количеств капелек эмульгированной воды из эмульсии вода-в-масле. Расположение массива параллельных микроэлектродов на мембранной матрице с последующим приложением потенциала переменного тока к этим электродам может приводить к захвату капелек воды на МБ из эмульсии в процессе поперечной фильтрации.

**33.МБ.20. Получение органо-неорганических анионообменных мембран путем полимеризации в водной дисперсии и их характеристика.** Preparation of organic-inorganic composite anion-exchange membranes via aqueous dispersion polymerization and their characterization. *Nagarale R. K., Gohil G. S., Shahi Vinod K., Rangarajan R.* J. Colloid and Interface Sci.. 2005. 287, № 1, с. 198–206. Англ.

Получены органо-неорганические композитные мембраны (МБ) на основе поливинилового спирта/SiO<sub>2</sub> путем полимеризации в водной суспензии; анионообменные группы были введены в матрицу МБ путем химической прививки 4-винилпиридина в желаем. количестве. Полученные МБ были детально охарактеризованы по их поверхн. морфологии, термической устойчивости, содержанию воды и поверхностно-зарядовым свойствам с помощью сканирующей электронной

микроскопии, просвечивающей электронной микроскопии, ИК-фурье-спектроскопии, термогравиметрического анализа, измерений поглощения воды и ионообменной емкости.

**33.МБ.21. Влияние температуры и концентрации на перенос электролитов через пористые тонкослойные композитные нанофильтрационные мембраны: механизмы переноса в порах и энергетика проникновения.** Temperature and concentration effects on electrolyte transport across porous thin-film composite nanofiltration membranes: pore transport mechanisms and energetics of permeation. *Sharma Ramesh R., Chellam Shankararaman.* J. Colloid and Interface Sci.. 2006. 298, № 1, с. 327–340. Англ.

Сообщается влияние т-ры и конц-ии на плотность заряда на нанофильтре и механизмы переноса электролитов в порах. Проведены эксперименты по поперечной фильтрации для измерения переноса некоторых электролитов ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NaClO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$  и  $\text{MgSO}_4$ ) через две коммерчески доступные тонкослойные композитные нанофильтрационные мембраны (МБ) в диапазоне т-р 5–41°C. Эксперименты также проводили с выбранными солями в диапазоне конц-ий 1–50 мэкв/л для количественной оценки влияния концентрации.

**33.МБ.22. Влияние состава мембраны на селективность ионселективных электродов к алкиламмониевым катионам различной степени замещенности.** *Егоров В. В., Болотин А. А.* Ж. анал. химии. 2006. 61, № 3, с. 299–304. Рус.; рез. англ.

Изучено влияние природы ионообменника и пластификатора на селективность ионселективных электродов к катионам первичных - третичных аминов и четвертичных аммониевых оснований. Рассчитаны инкременты метиленовой группы и ионных групп в логарифмы коэффициентов селективности и показано, что влияние состава мембраны на коэффициенты селективности определяется изменением инкрементов соответствующих ионных групп. Максимальный эффект изменения селективности наблюдается для пар первичные-четвертичные алкиламмониевые катионы и может достигать трех порядков. Показано, что влияние природы катионообменника на величины коэффициентов селективности сопоставимо с влиянием природы пластификатора.

**33.МБ.23. Концентрирование яблочного сока с помощью прямой мембранной дистилляции.** Concentration of apple juice using direct contact membrane distillation. *Gunko S., Verbych S., Bryk M., Hilal N.* Desalination. 2006. 190, № 1–3, с. 117–124. Англ.

Изучено влияние параметров процесса на эффективность прямой дистилляции с применением мембраны. Показано влияние температуры сока в нагретой и охлаждающей камерах, а также влияние разницы температур. При потоке перлеата 9 л/м<sup>2</sup>×час достигается концентрация твердых веществ 50%; при достижении концентрации твердых веществ 60–65% снижается производительность до 3,8–3,0 л/м<sup>2</sup>×час, что сказывается на биологической ценности получаемого продукта.

**33.МБ.24. Умягчение воды в электролизере с керамической мембраной.** *Гончарук В. В., Чеботарева Р. Д., Багрий В. А., Баитан С. Ю., Ремез С. В.* Химия и технол. воды. 2005. 27, № 5, с. 460–470. Библ. 16. Рус.; рез. укр., англ.

Изучен процесс электрохимического умягчения кальциево-магниевого воды в трубчатом электролизере с керамической разделительной мембраной. Определены общая жесткость и концентрация  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в электрообработанной воде в зависимости от концентрации и соотношения этих ионов в исходной воде, ее карбонатной щелочности и количества пропущенного электричества. Показано, что в зависимости от состава воды, при расходе электроэнергии ~1 Вт×ч/дм<sup>3</sup>, каль-

циевая жесткость снижается с 1,3–12 до 0,02–0,2 мг-экв/дм<sup>3</sup>, а концентрация  $\text{Mg}^{2+}$  – с 2–13,1 до 0,4–1,8 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

**33.МБ.25. Очистка городских сточных вод в мембранном биореакторе.** Study on polypropylene hollow fiber based recirculated membrane bioreactor for treatment of municipal wastewater. *Cao Jian-Hua, Zhu Bao-Ku, Lu Hong, Xu You-Yi.* Desalination. 2005. 183, № 1–3, с. 431–438. Англ.

В лабораторном эксперименте исследовался процесс очистки городских СВ с применением мембранного биореактора, использовались половолоконные мембраны из полипропилена, эффективная поверхность мембран 0,087 м<sup>2</sup>. Емкость модельного реактора составляла 25 л, иловая смесь в нем находилась в состоянии рециркуляции, что обеспечивало увеличение эффективности процесса при снижении интенсивности образования отложений на мембранах. Стабильность показателей качества очистки сохранялась в течение 5 сут, после чего производилась промывка. С целью увеличения длительности фильтроцикла в реактор дозировался порошок акт. угля и сульфат алюминия. При использовании химикалиев для очистки мембран трансмембранный поток увеличился до 16 л/м<sup>2</sup>ч, периоды между промывками возросли на 10–20%, величина трансмембранного потока в результате промывок восстанавливалась на 94%.

**33.МБ.26. Исследование проницаемости для водорода и химической стабильности мембран, выполненных из кермета, содержащего Ni-Ba(Zr<sub>0,8-x</sub>Ce<sub>x</sub>Y<sub>0,2</sub>)O<sub>3</sub>.** Hydrogen permeation and chemical stability of cermet [Ni-Ba(Zr<sub>0,8-x</sub>Ce<sub>x</sub>Y<sub>0,2</sub>)O<sub>3</sub>] membranes. *Zuo Chendong, Lee T. H., Song S.-J., Chen L., Dorris S. E., Balachandran U., Liu Meilin.* Electrochem. and Solid-State Lett.. 2005. 8, № 12, с. J35–J37, 5 ил.. Библ. 10. Англ.

Рассмотрена возможность замены традиционно используемых для выделения водорода из смеси углеводородов мембран, выполненных из никельсодержащего кермета  $\text{BaCe}_{0,8}\text{Y}_{0,2}\text{O}_3$  на новый кермет  $\text{Ba}(\text{Zr}_{0,2}\text{Ce}_{0,6}\text{Y}_{0,2})\text{O}_3$ . Представлено описание методики и процедуры проведения экспериментов, рассмотрены способы приготовления указанных видов металллокерамич. мембран. Процессы выделения водорода исследовались при различных условиях. Показано, что новые композитные мембраны обладают высокой стабильностью в атмосфере, содержащей до 30% диоксида углерода, и м. б. использованы при температурах до 900°C.

**33.МБ.27. Приготовление и характеристика композитных мембран при использовании смесей SPEEK/PBI (сульфированный полиэфир-эфир кетон/полибензимидазол) с фосфатом бора.** Preparation and characterization of composite membranes using blends of SPEEK/PBI with boron phosphate. *Javaid Zaidi S. M.* Electrochim. acta. 2005. 50, № 24, с. 4771–4777. Англ.

Композитные мембраны (МБ) получены из смеси кислотного основного полимера и тв. неорганич. протон-проводящего  $\text{BPO}_4$ . Смесей составлены из сульфированного полиэфир-эфир кетона в качестве кислотного компонента и полибензимидазола в качестве основного компонента. Содержание тв.  $\text{BPO}_4$  в композиц. МБ изменяется от 10 до 40 вес.%. Измерена электропроводность МБ методом импедансной спектроскопии при ~20°C. Установлено, что электропроводность композиц. МБ увеличивается при введении частиц  $\text{BPO}_4$  в смесь для получения МБ. Наиболее высокой электропроводностью (6 мСм/см) МБ обладает при ~20°C. Полученные МБ исследованы методами рентгенографии, дифференц. сканирующей калориметрии и ИК-спектроскопии с Фурье-преобразованием, которые показали кислотно-основное взаимодействие в смеси для МБ, а также подтвердили присутствие тв.  $\text{BPO}_4$  в

композитной МБ. Полученные МБ перспективны для применения в топливных элементах.

**33.МБ.28. Влияние давления пермеата на селективность перапорационного разделения водно-этанольных смесей с использованием пленочной целлофановой мембраны.** Кузнецов В. М., Козолина Е. В., Тойкка А. М. Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 4. 2005, № 3, с. 68–71, 133. Рус.; рез. англ.

Обсуждено влияние сорбции жидкости полимерной пленочной целлофановой мембраной и фазового перехода жидкости в пар внутри мембраны на селективность процесса перапорации. При увеличении давления пермеата (остаточного давления) трансмембранный поток уменьшается, и составы фаз приближаются к квазиравновесным. При этом, несмотря на гидрофильные свойства целлофана, испарение жидкости внутри мембраны приводит к увеличению содержания в паре спирта как более легколетучего компонента, что отражается на селективности процесса перапорационного выделения воды – снижению содержания воды в пермеате.

**33.МБ.29. Затраты энергии на ультрафильтрацию солевых растворов и регенерацию мембран.** Бредихина О. В., Космодемьянский Ю. В., Бредихин С. А. Мяс. индустрия. 2005, № 8, с. 62–63. Рус.; рез. англ., нем.

Для регенерации мембран после разделения рассолов необходимы дополнительные затраты энергии. Поэтому важно установить суммарные затраты энергии на ультрафильтрацию и регенерацию мембран, сравнимые с затратами энергии на получение 1 м<sup>3</sup> фильтрата. Исследования показали, что с увеличением продолжительности работы ультрафильтрационной установки, затраты на ультрафильтрацию и регенерацию, сопоставимые с получением 1 м<sup>3</sup> фильтрата, возрастают. Это связано с тем, что проницаемость трубчатых ультрафильтратов в процессе работы снижаются. Проведенные исследования позволяют оценивать затраты энергии на ультрафильтрацию отработанных солевых растворов и регенерацию после их разделения.

**33.МБ.30. Полупроницаемые композитные мембраны для выделения водорода при паровом реформинге метана.** Thin and dense Pd/CeO<sub>2</sub>/MPSS composite membrane for hydrogen separation and steam reforming of methane. Tong Jianhua, Matsumura Yasuyuki, Suda Hiroyuki, Haraya Kenji. Separ. and Purif. Technol.. 2005. 46, № 1–2, с. 1–10, 12 ил. Библ. 37. Англ.

Представлена технология изготовления полупроницаемых мембран основе палладия и диоксида церия, нанесенных на поверхность пористого субстрата, в качестве которого используется нержавеющая сталь. Толщина слоя палладия в таких мембранах составляет 13 мкм. Мембраны изготавливаются в форме трубок, нанесение покрытия на внутренние стенки которых осуществляется методом электролитич. осаждения. Сообщены свойства этих мембран и показано, что их использование обеспечивает возможность выделения водорода при удельной нагрузке 0,275 моль/(м<sup>2</sup>×с) при температуре 823 К и перепаде давлений 200 кПа. Отмечена высокая стабильность и длительный срок службы этих мембран.

**33.МБ.31. Транспорт малых молекул через механически удлиненные полимерные мембраны.** Transport of small molecules through mechanically elongated polymeric membranes. Puri P., Hinestroza J., De Kee D.. J. Appl. Polym. Sci.. 2005. 96, № 4, с. 1200–1203, 3 ил. Библ. 16. Англ.

Представлен анализ проблем диффузии через мембраны, включающий реалистич. граничное условие течения. Анализ м. б. применен в случае операций, включающих геомембраны. Представлены графики, показывающие влияние различных безразмерных параметров.

**33.МБ.32. Диффузия газов в поликристаллических силикалитных мембранах, излученная методом <sup>1</sup>H ЯМР с импульсным градиентом магнитного поля.** Gas diffusion in polycrystalline silicalite membranes investigated by <sup>1</sup>H pulse field-gradient NMR. Takaba Hiromitsu, Yamamoto Atsushi, Hayamizu Kikuko, Nakao Shin-ichi. J. Phys. Chem. B. 2005. 109, № 29, с. 13871–13876. Англ.

Метод <sup>1</sup>H ЯМР с импульсным градиентом магнитного поля был использован для измерения диффузионной способности (ДС) метана в поликристаллической мембране (МБ) из силикалита MFI-типа. Измеренная ДС уменьшалась с повышением диффузионного расстояния и становилась постоянной величиной. Полученные результаты дают основание полагать, что в МБ присутствуют транспортный барьер. Продолжительная ДС в МБ составляла 3.7×10<sup>-9</sup> м<sup>2</sup>/с, что является меньшим, чем ранее сообщенное значение для монокристалла.

**33.МБ.33. Влияние структуры полимера на термическую стабильность композитных мембран.** Influence of polymer structure on thermal stability of composite membranes. Wei Ju, Jian Xigao, Wu Chunri, Zhang Shouhai, Yan Chun. J. Membr. Sci.. 2005. 256, № 1–2, с. 116–121. Нидерл.

Полифталазинонэфирсульфокетон (ПФК) используют в качестве основы при формировании композитных пленочных мембран (МБ) при проведении полимеризации на границе раздела фаз. Исследовано влияние структуры ПФК на термич. стабильность основы и активного слоя. МБ из ПФК, изготавливаемые с активным слоем из полностью ароматич. ПА, имеют более высокую термич. стабильность, чем МБ на основе полисульфонон. Показано, что при эксплуатации в течение 8 ч при 90° МБ не меняют проницаемость.

**33.МБ.34. Взаимосвязь между проницаемостью газов и воды в жидком состоянии и структурой мембран в гомогенных и псевдодвухслойных мембранах на основе частично гидролизованного сополимера этилена и винилацетата.** Relationship between the gas and liquid water permeabilities and membrane structure in homogeneous and pseudo-bilayer membranes based on partially hydrolyzed poly(ethyleneco-vinyl acetate). Hirata Yuichi, Marais Sphane, Nguyen Quang Trong, Cabot Christophe, Sauvage Jean-Paul. J. Membr. Sci.. 2005. 256, № 1–2, с. 7–17. Нидерл.

Исследована проницаемость (ПН) газообразных СО<sub>2</sub> и О<sub>2</sub> и воды в жидком состоянии через гомогенные и псевдодвухслойные мембраны (МБ) на основе частично гидролизованного СПЛ этилена и винилацетата. Показана взаимосвязь ПН газов и жидкости со структурой МБ. С увеличением содержания ОН-групп на ПВ псевдодвухслойных МБ значительно увеличивается селективность между ПН через них газов и воды по сравнению с гомогенными МБ. Анизотропию ПН воды через двухслойные МБ связывают с действием частично гидролизованного слоя, имеющего ПН значительно меньше, чем у слоя из СПЛ. Сделан вывод, что ПН воды через исследуемые МБ в большей мере определяют диффузионные свойства МБ, чем сродство между материалом МБ и молекулами воды.

**33.МБ.35. Гидродинамический аспект в проведении обратного осмотического обессоливания и промывки мембран.** Хаханов С., Ильина С.. Водоочистка. 2005, № 4, с. 21–22. Библ. 2. Рус.

Обратноосмотическое обессоливание (ООО) в основном проводят на модулях рулонного типа. Необходимо учитывать, что при протекании процесса ООО раствор течет как вдоль мембраны (МБ), так и через МБ. Расчет локальных скоростей в сечении потока показал, что скорость потока через МБ на 4 порядка меньше скорости потока вдоль МБ, поэтому

при расчете критерия Рейнольдса в сечении потока, скоростью потока через МБ можно пренебречь. Основным недостатком мембранных методов обессоливания является загрязнение МБ. Поэтому необходим правильный выбор технологич. схемы режимов подготовки воды перед ее ОО и проведение периодич. мероприятий по восстановлению характеристик полупроницаемых МБ, изменившихся в результате эксплуатации аппаратов. Одним из таких методов является гидравлич. промывка мембранных блоков. Результаты расчетов и исследований показали, что для достижения эффективной гидравлич. промывки достаточно повысить скорость в канале в 2–3 раза, при одновременном сбросе давления на МБ. При реализации режима гидравлич. промывки путем увеличения расхода исходного раствора в 2–3 раза и одновременном понижении давления, фильтроцикл мембранного блока увеличивается более чем в 3 раза. На основании комплекса проведенных исследований и полученных результатов разработан алгоритм управления мембранными системами, в основе которого лежит применение периодич. гидравлич. промывки.

**33.МБ.36. Исследование газопроницаемости мембран, содержащих ацетат целлюлозы.** Enhanced gas permeability of cellulose acetate membranes under microwave irradiation. *Nakai Y., Yoshimizu H., Tsujita Y.* J. Membr. Sci.. 2005. 256, № 1–2, с. 72–77. Нидерл.

Представлены исследования по измерению коэффициентов проницаемости различных газов для МБ, содержащих ацетат целлюлозы и полистерол при микроволновом воздействии в 2450 МГц. На проницаемость в МБ, содержащих полистерол и не имеющих полярных функциональных групп не отмечалось влияния микроволнового облучения, в то время как на проницаемость различных газов в МБ, содержащих ацетат целлюлозы, и имеющие полярные функциональные группы наблюдалось воздействие микроволнового облучения. Можно предположить, что облучение ускоряло подвижность полярных функциональных групп в полимерных МБ, и проницаемость газа улучшалась при увеличении диффузии в мембранах.

**33.МБ.37. Разработка, исследование и внедрение водоподготовительного оборудования с улучшенными экологическими характеристиками.** *Юрчевский Е. Б., Ларин Б. М.* (ВНИИАМ). Теплоэнергетика(Москва). 2005, № 7, с. 10–16, 5 ил., 3 табл. Библ. 6. Рус.

Представлены результаты многолетних разработок ВНИИАМ и ИГЭУ по созданию перспективного оборудования ВПУ по трем направлениям: ионообменная технол., термич. обессоливание и мембранная технол. обессоливания природных вод. Приведены результаты технико-экономич. сравнения указанных технол. для общего случая, а также для конкретных ВПУ.

**33.МБ.38. Новый способ изготовления тонкой плотной мембраны на макропористом трубчатом фильтре из нержавеющей стали.** A novel method for the preparation of thin dense membrane on macroporous stainless steel tube filter. *Tong Jianhua, Suda Hiroyuki, Haraya Kenji, Matsumura Yasuyuki.* J. Membr. Sci.. 2005. 260, № 1–2, с. 10–18. Нидерл.

Тонкие мембраны (МБ) осаждали in situ на макропористые трубки из нержав. стали, используя усовершенствованный метод химич. осаждения. Метод включает заполнение материалом пор субстрата, осаждение на заполненный субстрат, извлечение и активирование пор субстрата. В качестве материала для заполнения использовали гель гидроксида алюминия (ГГА). Исследовали механизм прохождения  $H_2$  через МБ из нержав. стали с осажденным ГГА и МБ из ГГА.

В случае первой МБ, у которой большинство пор свободны, проницаемость по  $H_2$  выше и составляет  $0,302 \text{ мол/м}^2 \times \text{с}$  при разнице давл. 100 кПа и 773 К..

**33.МБ.39. Микрожидкостное моделирование и имитация течения в мембранных микрореакторах.** Microfluidic modeling and simulation of flow in membrane microreactors. *Alfadhel Khaled Ali, Kothare Mayuresh V.* Chem. Eng. Sci.. 2005. 60, № 11, с. 2911–2926. Англ.

Разработана математическая модель, описывающая изотермическое микрожидкостное устойчивое течение в мембранном микрореакторе, то есть в кремниевом микрореакторе с проницаемой МБ в одной из стенок. В модели используется уравнение Навье–Стокса с соответствующими граничными условиями для описания проникновения текучей среды через МБ, и скорость скольжения у стенок для объяснения высокого числа Кнудсена. Уравнения модели решаются аналитически, используя конечные преобразователи Фурье. Решение используется для оценки воздействия проницания текучей среды через МБ и числа Кнудсена на профиль скорости и перепад давления.

**33.МБ.40. Регенерирование поверхностей мембран для ультрафильтрации с использованием ферментов.** Enzymatic cleaning in ultrafiltration of wastewater treatment plant effluent. *Te Poele Sandy, Van der Graaf Jaap.* Desalination. 2005. 179, № 1–3, с. 73–81. Англ.

Указывается, что мембраны для ультрафильтрации могут быть использованы для глубокой доочистки СВ, проблемой является образование на их поверхностях отложений. На основании анализа результатов исследований сделан вывод, что одной из причин является синтез клетками биоценоза экстрацеллюлярных полимеров, в том числе это полисахариды и протеины, при этом отложения, обусловленные присутствием последних, физико-химическими методами удаляются неэффективно. Сообщается о разработке метода, при котором деструкция отложений данного вида осуществляется с использованием специальных ферментов в кислой среде, при этом интенсивность трансмембранного потока восстанавливается с эффективностью до 100%.

**33.МБ.41. Разделение иловой смеси посредством мембранного фильтрования.** Impact of extra-cellular polymeric substances on the filterability of activated sludge in membrane bioreactors for landfill leachate treatment. *Tarnacki K., Lyko S. Wintgens T., Melin T., Nataf F.* Desalination. 2005. 179, № 1–3, с. 181–190. Англ.

Данные исследования связаны с расширяющимся применением мембранных биореакторов для очистки СВ, называются преимущества данного метода, к недостаткам относится быстрая коагуляция мембран. В исследованиях установлено, что одной из причин является то, что микрофлорой в процессах жизнедеятельности синтезируются экстрацеллюлярные полимеры, с участием которых происходит формирование комплексов, фиксирующихся на поверхности мембран. В данном примере основной компонентой таких полимеров являлись полисахариды, с увеличением их концентрации способность акт. ила к обезвоживанию и уменьшалась, приводятся данные об удалении полисахаридов на мембранах и т. д..

**33.МБ.42. Геомембраны: Зрелый продукт.** Les geomembranes: un produit mature. *Mizier Marie-Odile.* Eau, ind., nuisances. 2005, № 281, с. 51–54, Рис. 8 ил. Фр.; рез. англ.

На протяжении многих лет на территории Франции в качестве противofильтрационных материалов используются различные типы геомембран. Некоторое изменение требований к параметрам этих зрелых продуктов произошло в соответствии с основными положениями международного стандарта ISO

10318, опубликованного в 2005 году. Отмечается, что сертификация геоматериалов приведет к повышению их качества и увеличит области применения.

**33.МБ.43. Адаптация метода электрохимического проникновения для изучения внедрения, транспорта и захвата водорода в металлах.** Adaptation of the electrochemical permeation technique for studying entry, transport and trapping of hydrogen in metals. *Zakroczymski T.* Electrochim. acta. 2006. 51, № 11, с. 2261–2266. Англ.

Кратко описаны методы электрохимич. проникновения и десорбции, предназначенные для изучения внедрения, транспорта и захвата  $H_2$  в металлах. Эти методы чувствительны ко многим ловушкам  $H_2$ . Для получения надежных данных следует тщательно контролировать условия экспериментов. В качестве примера исследовано проникновение  $H_2$  и его десорбция из мембраны (МБ) из катодно заряженного Армко Fe. Анализ переменных частичного проникновения  $H_2$  с последующим анализом скорости десорбции  $H_2$  с обеих сторон МБ позволяет определить коэф. диффузии  $H_2$  в решетке, а также количество и распределение диффузионно подвижного и попавшего в ловушки  $H_2$ .

**33.МБ.44. Влияние агентов, образующих поры, на характеристики мембранной электродной сборки в топливном элементе с протонообменной мембраной.** *Tian Jian-hua, Liu Bang-wei, Liu Xiang, Zhu Ke, Chen Yan-xi*(Tianjin University, Tianjin 300072, China). Dianyuan jishu=Chin. J. Power Sources. 2005. 29, № 3, с. 154–156. Библ. 6. Кит.; рез. англ.

Для минимизации сопротивления диффузии газа через мембраны использовали образующие поры вещества при формировании электрокаталитич. слоя в мембранной электродной сборке (МЭС) для топливного элемента (ТЭ) с протонообменной мембраной. Исследовали  $NH_4HCO_3$  и  $(NH_4)_2SO_4$  как вещества, образующие поры. Электрохимич. характеристики МЭС с добавкой  $NH_4HCO_3$  значительно улучшились при работе на воздухе и  $O_2$ . Напряжение ТЭ с МЭС, содержащей  $(NH_4)_2SO_4$ , повысилось при больших плотностях тока и работе на воздухе. Каталитич. слой с более высокой пористостью получили при использовании 2 добавок. Добавки способствуют улучшению массопереноса окислителя и повышают степень использования электрокатализатора.

**33.МБ.45. Способность к набуханию в зависимости от величины pH бикомпонентных волокнистых гидрогелевых мембран из поливинилового спирта и полиакриловой кислоты.** pH-responsive swelling behavior of poly(vinyl alcohol)/poly(acrylic acid) bi-component fibrous hydrogel membranes. *Jin Xing, Hsieh You-Lo.* Polymer. 2005. 46, № 14, с. 5149–5160. Англ.

Показано увеличение набухания с увеличением величины pH бикомпонентных волокнистых гидрогелевых мембран и ПЛ из поливинилового спирта и полиакриловой кислоты в таких количествах, что мольное соотношение  $-COOH$ :-ОН-групп 3,5:1. Исследовано изменение размеров мембран и пленок по толщине и в плоскости.

**33.МБ.46. Нуклеация пор в механически растянутых бислоиных мембранах.** Pore nucleation in mechanically stretched bilayer membranes. *Wang Zun-Jing, Frenkel Daan.* J. Chem. Phys.. 2005. 123, № 15, с. 154701/1–154701/5. Англ. Образование пор в бислоиных мембранах (МБ) играет важную роль в биологич. и биомиметич. системах. В данной работе приводится изучение с помощью компьютерного моделирования барьера свободной энергии для нуклеации пор в бислоиной МБ под действием постоянного растягивающего латерального давления. Найдено, что зарождающиеся поры

являются гидрофобными, но как только латеральный размер ядер пор становится сравнимым с молекулярной длиной, поры становятся гидрофильными. В соответствии с предшествующими исследованиями установлено, что динамика процесса роста и закрытия гидрофильных пор регулируется конкуренцией между поверхн. натяжением МБ и линейным натяжением, связанным с ободком пор.

**33.МБ.47. Исследование иммобилизованной искусственной мембраны (ИИМ) и колонок XTerra с помощью хроматографических моделей.** Characterization of immobilized artificial membrane (IAM) and XTerra columns by means of chromatographic models. *Lazaro Elisabet, Rafols Clara, Roses Marti.* J. Chromatogr. A. 2005. 1081, № 2, с. 163–173. Англ.

Иммобилизованные искусственные мембраны (ИИМ), полученные из аналогов фосфатидилхолина, были использованы в кач-ве неподвижных фаз в системах жидкостной хр-фии для моделирования распределения лекарств между водной фазой (подвижная фаза, ПФ) и ячейкой мембраны (колона ИИМ). Используются две различные хр-фич. модели, которые описывают удерживание как функцию св-во растворенного в-ва и колоночной ПФ, для характеристики ИИМ и двух обращенно-фазовых колонок C18 (Waters XTerra MSC18 и XTerra RP18) с ПФ состава ацетонитрил-вода. Сравнение результатов показало, что фосфатидилхолиновая группа делает колонку ИИМ более полярной, чем обе колонки XTerra, особенно в отношении способности к образованию водородных связей. XTerra RP18 несколько более полярна, чем XTerra MSC18 из-за присутствия внедренных полярных карбаматных групп.

**33.МБ.48. Композиционные мембраны нафийон/SiO<sub>2</sub>/ФВК, имеющие низкую проницаемость по метанолу и предназначенные для использования в низкотемпературных топливных элементах прямого окисления метанола.** Low methanol permeable composite Nafion/silica/PWA membranes for low temperature direct methanol fuel cells. *Xu Weilin, Lu Tianhong, Liu Changpeng, Xing Wei.* Electrochim. acta. 2005. 50, № 16–17, с. 3280–3285. Англ.

Золь-гель методом с последующей обработкой в фосфоровольфрамовой кислоте (ФВК) получены композиционные мембраны Нафийон/SiO<sub>2</sub>/ФВК. Показано, что наличие SiO<sub>2</sub> может снижать кристалличность Нафийона и, при определенном содержании значительно уменьшать коэф. диффузии метанола в мембране, D. Протонная проводимость  $\sigma$ , композиционных мембран выше чем у мембран Нафийон-117. Оптимальная величина отношения  $\sigma/D$  достигается при содержании SiO<sub>2</sub> 38,2 мг/г. По данным ТГА наличие SiO<sub>2</sub> ФВК в мембране не влияет на ее термостабильность. Проведенные испытания при 80°C ячейки топливного элемента с композиционной мембраной показали, что напряжение разомкнутой цепи и максимальная генерируемая мощность у такой ячейки выше, чем у ячейки с мембраной из нафийона (0,75 В против 0,68 В и 70 мВт/см<sup>2</sup> против 62 мВт/см<sup>2</sup>, соотв.).

**33.МБ.49. Новые контактные устройства для двухтемпературных установок разделения изотопов водорода в системе вода-водород.** *Растунова И. Л., Овчаров А. В., Чевыкалова Т. Н., Розенкевич М. Б.*(РХТУ им. Д. И. Менделеева, Москва). Вопр. атом. науки и техн. Сер. Материаловед. и нов. матер.. 2005, № 2, с. 149–154, 251з, 2 ил., 5 табл.. Библ. 5. Рус.

Представлены результаты комплексного исследования эффективности контактных устройств мембранного типа (КУМТ) при проведении процесса хим. изотопного обмена водорода с водой. Оценочный расчет параметров 2-температурной установки с КУМТ показал целесообразность создания та-

ких установок для решения задач, связанных с разделением изотопов водорода, в частности, при переработке легко- и тяжеловодных РО предприятий цикла ЯТ.

**33.МБ.50. Оптимизация процессов мембранного фильтрования на сооружениях для очистки сточных вод.** SUR test used for optimisation of membrane filtration plants treating wastewater effluents. *Roorda Jelle H., Van der Graaf Jaap H. J. M.*. Desalination. 2005. 179, № 1–3, с. 131–150. Англ.

Отмечается, что в соответствии с нормативами, принятыми в рамках Евросоюза, ужесточаются требования к качеству очистки СВ, делается вывод, что необходимая степень эффективности может быть обеспечена с использованием на стадии доочистки методов мембранного фильтрования, в частности ультрафильтрации. Сообщается о длительных пилотных экспериментах, в ходе которых изучались процессы обрастания мембран, установлено, что размер частиц на входе в блок ультрафильтрации составлял 0,1–0,2 мкм, а размер пор равнялся 10–30 нм, это приводило к быстрому образованию слоя кека на мембранах. Разработан параметр, позволяющий прогнозировать величину удельного сопротивления фильтрованию на разных стадиях обрастания мембран и т. д..

**33.МБ.51. Аprobация мембранной ультрафильтрации в технологии очистки воды р. Амур.** *Архипова Е. Е., Домнин К. В., Стеблевский В. И., Талалаев С. А., Шубаева О. А., Гусев Е. Е., Герасимов М. М., Смирнов А. Д.*. Вода и экол.: пробл. и решения. 2005, № 4, с. 40–42, 81. Рус.

Представлена оценка возможности повышения барьерных функций водопровода г. Хабаровска при использовании мембранной ультрафильтрации в схеме очистки воды р. Амур по общим физико-химическим и микробиологическим показателям. Выявлена возможность применения метода ультрафильтрации в качестве альтернативы процессам осветления и фильтрования.

**33.МБ.52. Влияние увлажнения мембраны на улавливание CO<sub>2</sub> в микропорах полволоконных мембранных контакторов.** Influence of membrane wetting on CO<sub>2</sub> capture in microporous hollow fiber membrane contactors. *Wang R., Zhang H. Y., Feron P. H. M., Liang D. T.* Separ. and Purif. Technol.. 2005. 46, № 1–2, с. 33–40. Библ. 22. Англ.

Изучена абсорбция CO<sub>2</sub> водными растворами диэтанолamina (ДЭА) в полипропиленовом мембранном контакторе в течение 3-х мес. Разработана теор. модель абсорбции CO<sub>2</sub> водой в экстремальных рабочих условиях при увлажнении и отсутствии влаги. Результаты моделирования показали, что скорость абсорбции CO<sub>2</sub> при отсутствии увлажнения в 6 раз выше, чем в режиме увлажнения. Ухудшение характеристик в присутствии влаги, в основном, объясняется сопротивлением массопереносу, обусловленным наличием жидкости в порах Мб. Понижение общего коэф. массопереноса может достигать 20%, даже если в порах находится 5% влаги. Найдено экспериментально, что абсорбция CO<sub>2</sub> 2М раствором ДЕА зависит существенно от скорости газового потока. Поток CO<sub>2</sub> м. б. увеличен путем увеличения объемной доли CO<sub>2</sub> в исходной фазе.

**33.МБ.53. Разделение смесей уксусная кислота-вода методом первоворации на мембране из акрилонитрила с привитым поливиниловым спиртом.** Separation of acetic acid-water mixtures through acrylonitrile grafted poly(vinyl alcohol) membranes by pervaporation. *Alghezawi N., Sanli O., Aras L., Asman G.* Chem. Eng. and Process.. 2005. 44, № 1, с. 51–58. Англ.

Первапорационное разделение смесей уксусная кислота-вода проведено на акрилонитрильных Мб с привитым поливиниловым спиртом (PVA-g-AN) при содержании уксусной кислоты

10–90% и температурах 25–50°C. Исследованы пермеац. и сепарац. характеристики (PVA-g-AN) Мб как функции толщины Мб, состава исходного раствора, температуры и давл. в процессе. В исследованных интервалах указанных параметров фактор разделения составлял 2,3×14 и скорость пермеации 0,18–1,17 кг/м<sup>2</sup>ч. Найдено, что PVA-g-AN Мб имеют более низкую скорость пермеации и большие факторы разделения, чем PVA Мб.

**33.МБ.54. Нанофильтрация концентрированных кислых растворов сульфата меди.** Nanofiltration of concentrated acidic copper sulphate solutions. *Tanninen J., Manttari M., Nystrom M.* Desalination. 2006. 189, № 1–3, с. 92–96. Англ.

Отделение H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> от CuSO<sub>4</sub> при высоких концентрациях соли и кислоты возможно при использовании плоских листовых нанофильтрационных мембран (типа NF) под давлением 20 атм. Мембраны типов NF45, NF270 и Дезаль-5DK эффективно задерживают CuSO<sub>4</sub> (полнота задержания 96–98%). H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> остается на всех исследованных мембранах в небольших количествах. При повышении общей концентрации ионов и отношения кислоты к соли влияние соли на задерживание кислоты снижается. Эксперименты показывают, что при нанофильтрации концентрированных растворов кислоты разделение определяется, главным образом, влиянием размеров частиц.

**33.МБ.55. Получение мембран из полых волокон SrCe<sub>0,95</sub>Yb<sub>0,05</sub>O<sub>3-a</sub>; изучение процесса спекания.** Preparation of SrCe<sub>0,95</sub>Yb<sub>0,05</sub>O<sub>3-a</sub> hollow fibre membranes: Study on sintering processes. *Liu Yutie, Li K.* J. Membr. Sci.. 2005. 259, № 1–2, с. 47–54. Нидерл.

Исследован процесс спекания мембран из полых волокон SrCe<sub>0,95</sub>Yb<sub>0,05</sub>O<sub>3-a</sub> (SCYb) и влияние на него скорости нагрева, температуры и времени спекания. Измерены усадка и потеря массы полых волокон в процессе спекания при различных температурах.

**33.МБ.56. Композитные мембраны на основе полиметилметакрилата и цеолитов: влияние связующих реагентов на свойства этих мембран при разделении газов.** Zeolite-filled PMMA composite membranes: influence of coupling agent addition on gas separation properties. *Hu Chien-Chieh, Liu Te-Cheng, Lee Kueir-Rarn, Ruaan Ruoh-Chyu, Lai Juin-Yih.* Desalination. 2006. 193, № 1–3, с. 14–24. Англ.

Выполнено исследование и определено влияние на эффективность разделения газовых смесей введения в состав полимерных мембран на основе полиметилметакрилата, содержащих цеолиты, 3-триметоксисилилпропилметакрилата. Проведено сравнение свойств указанных видов полимерных мембран и оценена их проницаемость для кислорода при различном содержании в их составе цеолитов и модификации их 3-триметоксисилилпропилметакрилатом. Сообщено о разработке математич. модели для определения селективных свойств обеих модификаций полимерных мембран и сообщены результаты выполненного с использованием этой методики анализа.

**33.МБ.57. Влияние содержания глицерина в охлаждающей ванне на эксплуатационные качества полволоконных мембран на основе статистического сополимера этилена и винилового спирта.** Effect of glycerol content in cooling bath on performance of poly(ethylene-co-vinyl alcohol) hollow fiber membranes. *Shang Mengxian, Matsuyama Hideto, Teramoto Masaaki, Lloyd Douglas R., Kubota Noboru.* Separ. and Purif. Technol.. 2005. 45, № 3, с. 208–212, 5 ил. Библ. 21. Англ.

Используемый СПЛ представляет собой СПЛ этилена и винилового спирта с отличной комбинацией хим., термич. и мех. свойств. Полволоконные мембраны (МБ) на основе СПЛ успешно получены путем добавления растворителя (гли-

церин) в охлаждающую вод. ванну в процессе термически индуцированной фазовой сепарации. Исследовано влияние отношения глицерин-вода на структуру и свойства МБ, включая водопроницаемость, задерживание солюта и прочность МБ. Кристаллизация СПЛ протекала настолько медленно, что глицерин в охлаждающей ванне получал возможность втекать в МБ, благодаря чему достигалась высокая пористость на ее внешней ПВ. Следовательно, добавление растворителя (глицерин) и увеличение его содержания приводит к увеличению водопроницаемости и понижению задерживания солюта. Однако, МБ становится более симметричной и более слабой с увеличением отношения глицерин-вода благодаря повышенной пористости.

**33.МБ.58. Исследование термических свойств мембран Nafion<sup>®</sup>, обработанных катионами алюминия (III).** Studies of the thermal behavior of Nafion<sup>®</sup> membranes treated with aluminum(III). *Sun Luyi, Thrasher Joseph S.* Polym. Degrad. and Stab.. 2005. 89, № 1, с. 43–49. Англ.

Исследовано методами ТГА, ДСК и калориметрии влияние контркатионов алюминия (III) на термич. свойства мембран (МБ) Nafion<sup>®</sup>. Сделан вывод, что катионы инициируют каталитич. разложение перфторалкилэфирных боковых групп МБ и оказывают сильное влияние на свойства МБ как иономеров.

**33.МБ.59. Гибридные композитные мембраны Nafion, содержащие фосфат кальция и отличные от водородных длинные связи и имеющие малое поглощение воды и малую проницаемость для водно-метанольных смесей.** Low water uptake content and low water/methanol transport in CP/Nafion hybrid membrane with high non-hydrogen bonding. *Park Young-Sun, Yamazaki Yohtarō.* J. Membr. Sci.. 2005. 261, № 1–2, с. 58–66. Англ.

Исследованы свойства гибридных композитных мембран Nafion (МБ), содержащих фосфат кальция (I). Свойства сопоставлены со свойствами немодифицированных МБ Nafion. Сделан вывод, что малое поглощение воды и малая проницаемость для водно-метанольных смесей гибридных композитных МБ обусловлены образованием длинных связей с NH-группами между группами OH-I и CF-группами основной цепи макромолекул полимера в сочетании с водородными.

**33.МБ.60. Проводящие супергидрофобные модифицированные полианилином поверхности пористых мембран из анодного глинозема.** Conductive super-hydrophobic surfaces of polyaniline modified porous anodic alumina membranes. *Chen Xinhua, Chen Guangming, Ma Yongmei, Li Xinhong, Jiang Lei, Wang Fosong.* J. Nanosci. and Nanotechnol.. 2006. 6, № 3, с. 783–786. Англ.

Был разработан проводящий полианилин для получения супергидрофобных проводящих мембран из подвергаемого травлению в NaOH пористого анодного глинозема. На поверхности видны микро- и наноструктуры. Полианилин, в основном, изумрудного цвета. После того, как мембраны были погружены в HCl увеличивалось содержание протонированного азота, что увеличивало проводимость.

**33.МБ.61. Исследование связанной с применением ультразвука очистки микрофильтрационной мембраны типа PVDF, загрязненной неочищенным пивом.** *Wang Xiao-li, Chen Rui, Gao Bo, Fu Xue-qi*(Китай, College of Environmental Science and Engineering, Nankai Univ., Tianjin 300071). Tianjin gongye daxue xuebao=J. Tianjin Polytechn. Univ.. 2005. 24, № 5, с. 76–80, 83. Библ. 8. Кит.; рез. англ.

Ультразвуковой метод применен для удаления загрязнений с микрофильтрационной мембраны типа PVDF при прохождении неочищенного пива в конце фильтрации. Для этой цели

применен ультразвук частотой 40 кГц мощностью 1,43–2,85 Вт/см<sup>2</sup>. Очищающее действие проверено замерами скорости извлечения потока и продолжительности очистки. Полученные результаты показывают, что свойства загрязненной мембраны частично восстанавливаются при очистке водой с применением ультразвука, и продолжительность очистки сокращается при увеличении интенсивности ультразвука. Кроме того, установлено, что химич. очистка с применением ультразвука явно повышает эффективность очистки и восстанавливает 93% исходной проницаемости воды в течение 10 мин при использовании NaOH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и додецилсульфата Na, мощности ультразвука 2,85 Вт/см<sup>2</sup> для очистки загрязненной мембраны. Приведены схемы очистки мембраны графики зависимости извлечения потока, проходящего через мембрану, от интенсивности ультразвука, диаграммы, показывающие влияние различных смесей химикатов и фотоснимки очищенной мембраны, полученные с помощью растрового электронного микроскопа.

**33.МБ.62. Моделирование процесса ослабления потока при ультрафильтрации.** Mathematical modeling of flux decline in ultrafiltration. *Mohammadi Toraj, Kohpeyma Aliasghar, Sadrzadeh Mohtada.* Desalination. 2005. 184, № 1–3, с. 367–375. Англ.

Целью исследований являлось получение информации для дальнейшей разработки модели процесса ультрафильтрации. Изучался процесс образования отложений на мембранах при обработке СВ, содержащих эмульсии и суспензии, модельные СВ включали эмульсии, образованные с применением масла и желатина, режим фильтрования перекрестноточный, тангенциальная скорость у поверхности мембраны 1 м/с, температура раствора 30°C. Установлено, что при ультрафильтрации данных СВ могут быть четко выделены 2 стадии, на первой происходило блокирование пор мембраны, на второй образование кека, имеющего структуру геля, этот слой отличался высокой плотностью. Показано, что сопротивление фильтрованию данного слоя увеличивалось с увеличением содержания в СВ эмульсий/суспензий и ростом трансмембранного давления.

**33.МБ.63. Использование бумаги из стекловолокна в качестве носителя для протонпроводящих гибридных неорганических-органических мембран из 3-глицидоксипропилтриметоксисилана, тетраалкоксисилана и ортофосфорной кислоты.** Utilization of glass papers as a support for proton conducting inorganic-organic hybrid membranes from 3-glycidoxypropyltrimethoxysilane, tetraalkoxysilane and orthophosphoric acid. *Tezuka Teruaki, Tadanaga Kiyoharu, Matsuda Atsunori, Hayashi Akitoshi, Tatsumisago Masahiro.* Solid State Ionics. 2005. 176, № 39–40, с. 3001–3004. Англ.

Получали названные мембраны толщиной 70–80 мкм на 2 типах бумаги из стекловолокна. Элемент с мембраной на носителе из стекловолокна имел напряжение незамкнутой цепи 0,75 В. При 130°C и влажности 7% получили уд. мощность 80 мВт/см<sup>2</sup> при плотности тока 300 мА/см<sup>2</sup>.

**33.МБ.64. Проницаемость протонов через мембраны на основе полимеров с группами фосфорной кислоты.** Proton conductivity of smart membranes based on hydrocarbon polymers having phosphoric acid groups. *Rikukawa Masahiro, Inagaki Daisuke, Kaneko Keiichi, Takeoka Yuko, Ito Iko, Kanzaki Yoshio, Sanui Kohei.* J. Mol. Struct.. 2005. 739, № 1–3, с. 153–161. Англ.

Гомо- или СПЛ акрилонитрила и/или стирола получают радикальной (со)полимеризацией. Группы фосфорной кислоты присоединяют при проведении термообработки при 100°. Получаемые мембраны (МБ) имеют хорошие механич. свойства



и химич. стабильность. Показано, что МБ абсорбируют воду в гораздо меньших количествах, чем сульфонируемые полиэлектролитные МБ. Проницаемость по протонам МБ составляет  $5 \times 10^{-3}$  См/см при 100° и сохраняется при нагревании до 160°.

**33.МБ.65. Полионные комплексы хитозана и альгината натрия в качестве мембранных топливных элементов.** Chitosan-sodium alginate polyion complexes as fuel cell membranes. *Smitha B., Sridhar S., Khan A. A.*. Eur. Polym. J.. 2005. 41, № 8, с. 1859–1866. Англ.

Исследовано использование в качестве топливного элемента, содержащего метанол, полиионных комплексных мембран (ПКМ), получаемых смешением 84% дезацетилизованного хитозана и биополимеров альгината натрия. Методом ИК-спектроскопии с фурье-преобразованием подтверждено образование полиионных комплексов; методом дифракции рентгеновских лучей проанализировано влияние соотношения компонентов на степень кристалличности; термич. стабильность ПКМ охарактеризована методами ДСК и ТГА. При проведении абсорбции проанализировано взаимодействие воды и метанола.

**33.МБ.66. Фильтрация, подобная фильтрации натуральными органическими веществами: адсорбционная способность полипропиленовых микрофильтрационных мембран.** Filtration of lake natural organic matter: adsorption capacity of a polypropylene microfilter. *Koh Melvin, Clark Mark M., Howe Kerry J.*. J. Membr. Sci.. 2005. 256, № 1–2, с. 169–175. Нидерл.

Исследованы адсорбц. и фильтрующая способность ПП-микрофильтрац. мембран (МБ) с порами диаметром ~0,2 мкм. Сопоставлена их способность к фильтрации со свойствами полиэфирсульфоновых ультрафильтрац. МБ. Сделан вывод о возможности использования ПП-мембран для фильтрации натуральной воды, сопоставимой с фильтрацией и способностью адсорбировать загрязнения натуральными органич. веществами.

**33.МБ.67. Получение и электрохимические свойства полисульфоновых катионитовых мембран: влияние растворителей и степени сульфирования.** Preparation and electrochemical characterization of sulfonated polysulfone cation-exchange membranes: effects of the solvents on the degree of sulfonation. *Nagarale R. K., Gohil G. S., Shahi Vinod K., Rangarajan R.*. J. Appl. Polym. Sci.. 2005. 96, № 6, с. 2344–2351. Англ.

Описано получение полисульфоновых катионитовых мембран обработкой полисульфонов в присутствии хлорсульфоновой кислоты в среде орг. растворителей различной полярности. Изучены основные электрохим. свойства полученных катионитовых мембран в зависимости от степени сульфирования полисульфонов.

**33.МБ.68. Химическая модификация внутренней поверхности цилиндрических пор субмикрометрового размера в полиэтилентерефталате.** Chemical modification of the internal surfaces of cylindrical pores of submicrometer size in poly(ethylene terephthalate). *Maekawa Yasunari, Suzuki Yasuyuki, Maeyama Katsuya, Yonezawa Noriyuki, Yoshida Masaru.* Langmuir. 2006. 22, № 6, с. 2832–2837. Англ.

Исследована химическая модификация внутр. поверхности (ПВ) цилиндрических пор с субмикрометровым диаметром в пленке полиэтилентерефталата (ПЭТФ). Модификация включала алкилирование карбоновой к-ты на ПВ алкилирующим агентом, содержащим флуоресцентный зонд, с последующим мониторингом интенсивности флуоресценции. Когда р-р (в N,N-диметилформамиде) флуоресцентного 4-(бромметил)-

6,7-диметоксикумарина (BrCU) вводили в поры, интенсивность флуоресценции повышалась с повышением площади ПВ пор мембраны (МБ) на основе ПЭТФ. При реакции ПВ ПЭТФ с BrCU интенсивность флуоресценции повышалась с увеличением краевых углов. Полученные результаты показывают, что гидрофобность внешней ПВ пор МБ м. б. качественно модифицирована регулированием изменений в интенсивности флуоресценции.

**33.МБ.69. Получение сверхтонких мембран путем послойного осаждения противоположно заряженных неорганических коллоидных частиц.** Preparation of ultrathin membranes by layer-by-layer (LBL) deposition of oppositely charged inorganic colloids. *Hornok Viktoria, Edrohelyi Andras, Dekany Imre.* Colloid and Polym. Sci.. 2006. 284, № 6, с. 611–619. Англ.

Получены нанопленки путем чередующегося осаждения Mg-Al(2:1)NO<sub>3</sub> слоистого двойного гидроксида (СДГ), гекторита и частиц кремнезема. Плотность заряда противоположно заряженных материалов строго влияет на св-ва пленки, такие как толщина и упорядоченность. Удельный заряд коллоидных частиц измеряли с помощью детектора заряда частиц. Последовательный рост тонких пленок прослеживали с помощью спектрофотометрии и дифракции рентгеновских лучей. Характеризацию поверхн. морфологии образующихся многослойных структур и определение толщины пленок осуществляли с помощью атомно-силовой микроскопии.

**33.МБ.70. Влияние диэлектрического насыщения и ионного экранирования на коэффициенты самодиффузии протона в мембранах на основе перфторсульфоновой кислоты.** Effects of dielectric saturation and ionic screening on the proton self-diffusion coefficients in perfluorosulfonic acid membranes. *Paul Reginald, Paddison Stephen J.*. J. Chem. Phys.. 2005. 123, № 22, с. 224704/1–224704/14. Англ.

Исследован перенос протонов в мембранах (ММ) на основе перфторсульфоновой кислоты с помощью статистико-механической модели, которая включает влияние взаимодействия сульфонатных групп как с водой, так и с сольватированными протонами. Впервые выведен потенциал, который описывает электростатическое поле по диссоциированным сульфоновым группам в продолжение работы Gronbeck-Jensen с соавт. [Mol. Phys. 92, 941 (1997)] для конечного ансамбля точечных зарядов. Далее было исследовано влияние как диэлектрического насыщения, так и ионного экранирования на коэффициент самодиффузии протона в МБ Nafion в диапазоне содержаний воды.

**33.МБ.71. Получение мембран на основе бета-цеолита и их перапорационные свойства при отделении ди- от моноразветвленных алканов.** Preparation of zeolite beta membranes and their pervaporation performance in separating di- from mono-branched alkanes. *Maloney M. L., van den Berg A. W. C., Gora L., Jansen J. C.*. Microporous and Mesoporous Mater.. 2005. 85, № 1–2, с. 96–103. Англ.

Использовано два синтетических метода для получения мембран (МБ) на основе бета-цеолита (бета-ЦТ) на содержащих бета-затравку коммерческих тв. носителях Trumem. Первый синтетический метод приводит к получению свободного от щелочи слоя бета-ЦТ с отношением Si/Al, равном 40. Na-содержащий бета-ЦТ образует слой с отношением Si/Al, равном 13, при использовании второго синтетич. метода. Толщины слоев бета-ЦТ были около 1000 нм. Эксперименты по проникновению азота показали присутствие процесса проникновения, руководимого поверхностной диффузией. Полученные МБ, по-видимому, не имеют дефектов. Свойства МБ по отделению ди- от моноразветвленных алканов были оценены в

первапорационных экспериментах при 303 К со смесью 50/50 вес. % 2-метилпентана и 2,2-диметилбутана. Селективностью обладали только МБ, полученные первым методом.

**33.МБ.72. Контроль содержания активного ила в мембранном биореакторе.** Method for sludge bulking control in membrane bioreactor. *Wang Bin, Xing Guo-ping, Hua Wen-qing, Liu An-qing.* Gongye yongshui yu feishui=Ind. Water and Wastewater. 2005. 36, № 3, с. 36–38. Кит.; рез. англ.

Сообщается, что городские СВ имели ХПК 200–400 мг/л, БПК<sub>5</sub> 100–200 мг/л, содержали взвешенные вещества 150–350 мг/л, линейные алкилбензолсульфонаты (ЛАС) 5–15 мг/л, аммонийный азот 10–15 мг/л, имели рН 7,6. Концентрация акт. ила в мембранном биореакторе поддерживалась равной 5 г/л, нагрузка в экспериментах изменялась от 0,57 до 1,59 кгХПК/м<sup>3</sup> сут при времени пребывания 6 ч, концентрация растворенного кислорода 2,73 мг/л. Для разделения иловой смеси применялись мембраны погружного типа, при эксплуатации этого биореактора было зафиксировано быстрое обрастание мембран, а также повышенное значение илового индекса (до 220 мл/г). В связи с этим с этим было изменено долевое отношение БПК<sub>5</sub>/N со 100/5 до 100/3, при этом иловой индекс уменьшился до 85 мл/г. Остаточные концентрации ХПК, БПК<sub>5</sub>, взвешенных веществ, ЛАС и NH<sub>4</sub>-N составили 30–40, 5–10, 0–1, 0,5–1,0 и 5–10 мг/л соответственно.

**33.МБ.73. Применение мембранных биореакторов для очистки сточных вод.** Membrane bioreactor technology for wastewater treatment and reuse. *Melin T., Jefferson B., Bixio D., Thoeve C., De Wilde W., De Koning J., Van der Graaf J., Wintgens T.* Desalination. 2006. 187, № 1–3, с. 271–282. Англ.

Рассматриваются вопросы использования мембранных биореакторов (МБР) для очистки СВ различного происхождения. Указывается, что в устройствах этого вида разделение иловой смеси производится посредством мембран – погружных или находящихся за пределами реактора. Преимуществом МБР является то, что на мембранах биомасса задерживается практически полностью, благодаря чему возможно накопление видов бактерий с большим периодом генерации, способных окислять загрязнители с высокой устойчивостью к биодеструкции. Кроме того, МБР обладают повышенной окислительной мощностью, поскольку содержание биомассы в них может достигать, например, 40 г/л. Сообщается об успешном применении МБР в схемах рецикла СВ и т. д.

**33.МБ.74. Влияние разбавителя на получение полволоконной мембраны на основе сополимера этилена и винилового спирта через термически индуцированную фазовую сепарацию.** Effect of diluent on poly(ethylene-co-vinyl alcohol) hollow-fiber membrane formation via thermally induced phase separation. *Shang Mengxian, Matsuyama Hideto, Teramoto Masaaki, Okuno Junpei, Lloyd Douglas R., Kubota Noboru.* J. Appl. Polym. Sci.. 2005. 95, № 2, с. 219–225, 8 ил. Библ. 29. Англ.

Половолоконные мембраны (МБ) на основе СПЛ 44% этилена и винилового спирта получены термически индуцированной фазовой сепарацией. В качестве разбавителя использована смесь 1,3-пропандиола и глицерина. Исследовано влияние отношения 1,3-пропандиол-глицерин в смешанном разбавителе на фазовую диаграмму, структуру МБ и эксплуатац. качества МБ. Когда отношение увеличивалось, точка помутнения сдвигалась к более низким температурам, а структура МБ изменялась от ячеистой структуры, обусловленной фазовой сепарацией жидкоз-жидкость, до структуры из микрочастиц вследствие кристаллизации полимера. Более хорошую связность пор получали в полволоконной МБ, когда отношение 1,3-пропандиол-глицерин было 50:50, а МБ обнаруживала в 100 раз более высокую водопроницаемость, чем МБ, полученная с чистым

глицерином. В случае полученной полволоконной МБ почти полностью задерживался солюты разм. 20 нм в диаметре.

**33.МБ.75. Получение пористых микрокапсул полиэфирсульфона, имеющих свойства мембран.** *Wang Guang-jin, Zhou Ming-yu, Chu Liang-yin, Chen Wen-mei.* Sichuan daxue xuebao. Gongcheng kexue ban=J. Sichuan Univ. Eng. Sci. Ed.. 2005. 37, № 5, с. 55–61. Библ. 11. Кит.; рез. англ.

Пористые микрокапсулы полиэфирсульфона (ПЭСФ), имеющие свойства мембран, получают с использованием метода инверсии золь-гель фаз. Исследована микроструктура пористых микрокапсул в зависимости от концентрации в растворе ПЭСФ и добавок, температуры коагуляции и времени растворения. Показано, что микроструктуру пористых микрокапсул возможно контролировать изменением концентрации раствора и/или условий золь-гель переработки.

**33.МБ.76. Интеллектуальные нанокompозитные полимерные мембраны с контролем переключения “проницаемо-непроницаемо”.** Smart nanocomposite polymer membranes with on/off switching control. *Csetneki Ildiko, Filipcsei Genoveva, Zrinyi Miklos.* Macromolecules. 2006. 39, № 5, с. 1939–1942. Англ.

Мембраны, изменяющие проницаемость в зависимости от температуры окружающей среды, содержат упорядоченные микропоры, внутри которых присутствуют магнитные полистирольные латексные частицы типа ядро в оболочке, изменяющие размеры в зависимости от внешних воздействий. Расширение и противодействие тонких оболочек магнитных латексных частиц позволяет изменять проницаемость мембран вплоть до ее отсутствия.

**33.МБ.77. Адсорбционные мембраны из смолы для удаления уксусной кислоты из продуктов гидролиза биомассы.** Adsorptive membranes vs. resins for acetic acid removal from biomass hydrolysates. *Han Binbing, Carvalho Walter, Canilha Larissa, Silva Silvio Silverio da, Almeida e Silva Joao Batista, McMillan James D., Wickramasinghe Ranil S.* Desalination. 2006. 193, № 1–3, с. 361–366. Англ.

Рассмотрено использование анионообменных мембран для удаления уксусной кислоты, образующейся при гидролизе геми-Ц, из продуктов гидролиза биомассы. Исследовали влияние геометрии, и размерных параметров на эффективность удаления уксусной кислоты. Сравнивали эффективность удаления уксусной кислоты с использованием мембран и хроматографич. методами. Показано, что при использовании мембран достигается более полное удаление уксусной кислоты и получается более концентрированная уксусная кислота, допускающая повторное использование.

**33.МБ.78. Частично сульфированный блоксополимер ариленэфирсульфона и бутадиена для протонных мембран.** Partially sulfonated poly(arylene ether sulfone)-b-polybutadiene for proton exchange membrane. *Zhang Xingpeng, Liu Shengzhou, Liu Lifeng, Yin Jie.* Polymer. 2005. 46, № 6, с. 1719–1723. Англ.

Синтезировали блок-СПЛ ариленэфирсульфона и бутадиена и его гибкий сегмент сульфировали реакцией присоединения ацетилсульфата. Температуру стеклования СПЛ измеряли методом ДСК, показавшим хорошую совместимость блоков. Мембраны на основе СПЛ имели высокую протонную проводимость (0,0302 с/см при 25° и 100%-ной влажности) как результат селективного сульфирования гибких сегментов, облегчающего агрегацию сульфидных групп с образованием богатых ионами каналов.

**33.МБ.79. Мембранный метод дегазации неводных жидкостей.** A membrane method for degassing nonaqueous

liquids. *Rzechowicz M., Pashley R. M.* J. Colloid and Interface Sci.. 2006. 298, № 1, с. 321–326. Англ.

Продемонстрирована возможность использования мембран (МБ) на полых волокнах для эффективного обезгаживания несмешивающихся с водой гидрофобных жидкостей. Смеси додекана и воды, отдельно обезгаженные с использованием МБ, показали усиленную дисперсию додекана, подобную таковой для ранее сообщенных смесей; обезгаженных методом “замораживание-оттаивание”.

**33.МБ.80. Роль магнитных полей на основанное на мембранах разделение водных растворов электролитов.** The role of magnetic fields on the membrane-based separation of aqueous electrolyte solutions. *Murad S.* Chem. Phys. Lett.. 2006. 417, № 4–6, с. 465–470. Англ.

Осуществлено молекулярное моделирование с использованием метода молекулярной динамики для исследования роли, которую внешние магнитные поля могут играть в переносе воды при обратном осмосе (ОО) через мембраны (МБ). Результаты показали, что магнитные поля могут повышать скорость переноса воды через такие МБ в значительной степени. Эти явления могут существенно влиять на осуществление разделительных процессов на основе ОО.

**33.МБ.81. Синтез и характеристики по проникновению газов CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> мембран на основе цеолита ZSM-5.** Synthesis and CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> gas permeation characteristics of ZSM-5 zeolite membranes. *Shin Dong Wook, Hyun Sang Hoon, Cho Churl Hee, Han Moon Hee.* Microporous and Mesoporous Mater.. 2005. 85, № 3, с. 313–323. Англ.

Синтезированы мембраны (МБ) на основе цеолита ZSM-5 для выделения CO<sub>2</sub> путем гидротермальной обработки различных пористых трубок из α-оксида алюминия в реакционной смеси темплатов. Исследовано влияние каждого тв. носителя, действующего как источник Al в р-ре с высоким pH в процессе гидротермальной обработки, и молярное отношение SiO<sub>2</sub> в реакционных смесях на формирование кристаллических слоев ZSM-5. Синтезированные МБ были также поверхностно модифицированы нанесением покрытия с использованием полимерного силиказоля, который заполнял межкристаллитные полости для улучшения разделительной эффективности в отношении CO<sub>2</sub>. МБ на основе цеолита ZSM-5 были оценены по степени разделения CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> и измерениям проницаемости как функции от степени отсека фракции, скорости потока гелия, давления питающей среды и т-ры проникновения. Максимальная степень разделения для смеси газов CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> (50% CO<sub>2</sub>) составила около 54.3 при 25°C и 14.9 при 100°C, соответственно, а проницаемость составила  $3.6 \times 10^{-8}$  моль/м<sup>2</sup>×с×Па.

**33.МБ.82. Деформация кристаллов MFI в мембранах: in situ изучение методом рентгеновской дифракции с использованием синхротронного излучения.** Strain of MFI crystals in membranes: an in situ synchrotron X-ray study. *Jeong Hae-Kwon, Lai Zhiping, Tsapatsis Michael, Hanson Jonathan C.* Microporous and Mesoporous Mater.. 2005. 84, № 1–3, с. 332–337. Англ.

Разрешенный по т-ре in situ метод рентгеновской дифракции с использованием синхротронного излучения впервые использован для изучения эволюции микроструктуры предпочтительным образом ориентированной цеолитной мембраны (МБ) (кремнийсодержащий цеолит ZSM-5) в процессе прокаливания направляющего структуру органического агента (тетрапропиламмоний). На основании геометрии образца возможно было отличить отражения в плоскости от отражений вне плоскости и рассчитать деформацию в слое цеолита вдоль плоскости (параллельно подложке), а также вне

плоскости (перпендикулярно подложке) в процессе прокаливания. Результаты четко показали, что кристаллы цеолита МБ находятся под напряжением сдавливания в плоскости и что их термическое поведение полностью отличается от такового для свободностоящего порошка.

**33.МБ.83. Порометрическое изучение полисульфоновых мембран и корреляция полученных данных с их свойствами.** Porometric study of polysulphone membranes and their correlation with the performance. *Singh K., Bhattacharya A.* J. Indian Chem. Soc.. 2006. 83, № 2, с. 201–204. Англ.

Такая характеристика мембран (МБ) как поры позволяет регулировать проницаемость МБ. В МБ поры м. б. получены различными методами. Наиболее простым способом является метод обращения фаз. В данной работе сделана попытка установить корреляцию между проницаемостью воды и параметрическими данными для асимметричных МБ, полученных методом обращения фаз. Установлено, что при повышении конц-ии полимера проницаемость снижается; при этом также изменяются данные порометрии. Изменения в заполняющих жидкостях с различным поверхностным натяжением также отражаются на данных порометрии.

**33.МБ.84. Селективное проникновение CO<sub>2</sub> через модифицированную композитную мембрану поли(N-винил-γ-аминобутират натрия)/полисульфон (PVSA/PS).** Selective permeation of CO<sub>2</sub> through modified PVSA/PS composite membrane. *Zhang Ying, Wang Zhi, Zhao Juan, Wang Ji Xiao, Wang Shi Chang.* Chin. Chem. Lett.. 2006. 17, № 2, с. 277–280. Англ. Получен новый неподвижный мембранный материал – сополимер N-винил-γ-аминобутирата натрия с акрилатом натрия (USA-SA) для разделения CO<sub>2</sub> путем химической модификации поли(N-винил-γ-аминобутирата натрия) (PVSA). С использованием системы CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> осуществлено селективное проникновение CO<sub>2</sub> через композитную мембрану сополимер N-винил-γ-аминобутирата натрия с акрилатом натрия/полисульфон (VSA-SA/PS). Композитная мембрана VSA-SA/PS обладает лучшей селективной проницаемостью по отношению к CO<sub>2</sub>, чем композитная мембрана PVSA/PS.

**33.МБ.85. Разделение смесей газов с использованием ряда цеолитных мембран: изучение методом молекулярной динамики.** Separation of gas mixtures using a range of zeolite membranes: a molecular-dynamics study. *Jia W., Murad S.* J. Chem. Phys.. 2005. 122, № 23, с. 234708/1–234708/11. Англ.

С использованием метода молекулярной динамики изучена эффективность разделения газов тремя цеолитными мембранами (МБ) (фожазит, MFI и шабазит). Исследование позволило изучить влияние размера пор и их структуры, состояния и состава МБ на проникновение двух бинарных смесей газов, O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>.

**33.МБ.86. Роль адсорбции в проникновении CH<sub>4</sub> и CO<sub>2</sub> через мембрану на основе силикалита-1.** Role of adsorption in the permeation of CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> through a silicalite-1 membrane. *Zhu Weidong, Hrabanek Pavel, Gora Leszek, Kapteijn Freek, Moulijn Jacob A.* Ind. and Eng. Chem. Res.. 2006. 45, № 2, с. 767–776. Англ.

Исследована роль адсорбции в одиночном и бинарном проникновении CH<sub>4</sub> и CO<sub>2</sub> через мембрану на основе силикалита-1. Адсорбция на цеолите является предпочтительной для CO<sub>2</sub>, что приводит к селективности для CO<sub>2</sub> при проникновении. Обобщенное уравнение Максвелла-Стефана в сочетании с теорией идеального адсорбированного раствора были использованы для моделирования бинарного проникновения CH<sub>4</sub> и CO<sub>2</sub> через эту мембрану.

**33.МБ.87. Измерение проводимости полимерных электролитных мембран импедансной спектроскопией с**

**микроэлектродами.** Conductivity of polymer electrolyte membranes by impedance spectroscopy with microelectrodes. *Kelly Michael J., Egger Bernhard, Fafilek Gunter, Besenhard Jurgen O., Kronberger Hermann, Nauer Gerhard E.* Solid State Ionics. 2005. 176, № 25–28, с. 2111–2114. Англ.

Методом электрохимической импедансной спектроскопии с микроэлектродами определена локальная проводимость мембран нафийон, которые контактировали с примесями катионов в концентрации частей на миллион (ppm). Изучены неорганические катионы Cu(2+), Fe(3+), Na(+) и Ni(2+). Мембраны погружали в сульфатные растворы этих катионов в дистиллированной воде. При концентрациях катионов 0,1; 1 и 10 млн. д. проводимость мембран почти не изменялась, но при 100 млн. д. наблюдалось значительное снижение проводимости. При этом загрязненные Ni(2+) и Cu(2+) мембраны имели более низкую проводимость, чем загрязненные Na(1+). Наибольшее снижение проводимости вызывали ионы Fe(3+).

**33.МБ.88. Стабильные и флюидные этилфосфохолиновые мембраны в полидиметилсилоксановом микросенсоре для детектирования токсинов в водах при половодье.** Stable and fluid ethylphosphocholine membranes in a poly(dimethylsiloxane) microsensor for toxin detection in flooded waters. *Phillips K. Scott, Dong Yi, Carter David, Cheng Quan* (Department of Chemistry, University of California, Riverside, California 92521). Anal. Chem.. 2005. 77, № 9, с. 2960–2965. Библ. 45. Англ.

Описано использование электростатич. взаимодействий для формирования высокостабильных и флюидных бислоиных Мб на подложке в микроканалах из ПДМС для иммуноанализа бактериальных токсинов. Изучено влияние липидной головной группы на свойства Мб. Основное внимание уделено липиду этилфосфохолину для образования экспоненциально стабильных Мб на ПДМС. Подробно рассмотрены характеристики подвижной фракции и диффузии в продольном направлении Мб на подложках в процессе дегидратации. Разработаны новые протоколы, использующие поверхн. заряд для инициирования желаемых взаимодействий протеин-Мб на границе раздела. Представлен микрофлюидный сенсорный чип на основе Мб для иммуноанализа холерного токсина с использованием рецептора ПВ клетки GM1, который требует флюидности Мб для мультвалентного связывания. Система применена для контроля содержания токсина в водах при половодье в Калифорнии.

**33.МБ.89. Контрольные полоски для ионов тяжелых металлов, выполненные из красителей нанометровых размеров.** Test strips for heavy-metal ions fabricated from nanosized dye compounds. *Takahashi Yukiko, Kasai Hitoshi, Nakanishi Hachiro, Suzuki Toshishige M.* Angew. Chem. Int. Ed.. 2006. 45, № 6, с. 913–916. Библ. 12. Англ.

Получены крепко прикрепленные однородные ПК из наночастиц/нановолокон органических красителей на мембранном фильтре без использования дополнительной матрицы. Метод отличается простотой и применим к широкому кругу гидрофобных органических красителей. Очень тонкие и чистые Мб из красителей обеспечивают получение ПВ с высокой концентрацией сигналов, что придает высокую чувствительность системе. К тому же, водонепроницаемые покрытые красителем Мб обеспечивают детектирование невооруженным глазом вплоть до концентраций  $n \times \text{млрд.}^{-1}$  для ионов металлов при комбинации обогащения образцов фильтрованием и сигнализации окрашиванием.

**33.МБ.90. Комбинированное жидко- и твердофазное флуориметрическое определение naproxen и салицилата в сыворотке крови при комнатной температуре.** Combined liquid and solid-surface room temperature fluorimetric

determination of naproxen and salicylate in serum. *Ibanez G. A., Escandar G. M.* J. Pharm. and Biomed. Anal.. 2005. 37, № 1, с. 149–155. Англ.

Предложена экспрессная и чувствительная методика одновременного определения лекарственных веществ naproxen (I) и салицилата (II) в сыворотке крови человека. Из пробы выделяют I твердофазной экстракцией на обращеннофазной мембране и определяют непосредственно на мембране спектрофлуориметрически. При этом II проходит через диск мембраны и определяется также флуориметрически, но в растворе. Градуировочные графики для I и II линейны в интервалах 0,014–0,250 и 0,010–0,250 мкг/мл соответственно.

**33.МБ.91. Приготовление силикалитовых мембран на решетчатых подложках из нержавеющей стали.** Preparation of silicalite membranes on stainless steel grid supports. *Lopez Fausto, Bernal M. Pilar, Mallada Reyes, Coronas Joaquin, Santamaria Jesus.* Ind. and Eng. Chem. Res.. 2005. 44, № 20, с. 7627–7632. Англ.

Силикалитовые Мб приготовлены гидротермич. синтезом на чередующихся подложках из стальных сеток 2 типов с размером отверстий от 2 до 5 мкм. Исследовано влияние состава гелей, присутствия ПАВ и продолжительности синтеза. Силикалитовые Мб испытаны в процессе разделения смесей *n*/изобутана. Показаны характеристики, сравнимые с Мб хорошего качества, изготовленными на станд. подложках.

**33.МБ.92. Приготовление мембран на основе четвертичных аммониевых оснований и предварительное изучение их характеристик.** Preliminary study on the characterization and preparation of quaternary ammonium membrane. *Wu Ho-Shing, Wu Yu-Kai.* Ind. and Eng. Chem. Res.. 2005. 44, № 6, с. 1757–1763. Англ.

Приготовлены методом полимеризации хлорметилстирола, поперечносшитого дивинилбензолом, 4 вида анионообменных Мб. В качестве подложки использовался нетканый полипропилен, изготовленный промышленным методом склеивания. Мб иммобилизованы триметил (триэтил, трипропил или трибутил) амином в процессе кватернизации. Свойства Мб охарактеризованы толщиной, ионообменной способностью, влагопоглощением и степенью набухания. Исследована кинетика аллирования фенола в орг. и щелочных водных растворах в горизонтальных и вертикальных Мб реакторах. Оптимизированы рабочие условия процесса. Найдено, что метиламиновая Мб является наилучшим катализатором фазового переноса среди 6 аммониевых Мб, способствующим получению высокого выхода аллилфенилового эфира.

**33.МБ.93. Контроль процесса обрастания мембран.** Fourier wavelets from ultrasonic spectra: A new approach for detecting the onset of fouling during microfiltration of paper mill effluent. *Sanderson Ron D., Li Jianxin, Hallbauer Dieter K., Sikder Swapan K.* Environ. Sci. and Technol.. 2005. 39, № 18, с. 7299–7305. Библ. 27. Англ.

Указывается, что мембранные методы находят широкое применение при очистке СВ, одной из основных проблем является обрастание мембран. Известны методы исследования этих процессов с использованием сканирующей микроскопии, рентгеновских методов и др., их недостатками являются большие затраты времени при анализах и др. В лабораторных экспериментах разрабатывался метод определения толщины пленки отложений в режиме “онлайн” с применением ультразвукового излучения (УЗИ). Он основан на том, что поверхность мембраны облучается потоком УЗИ, при этом фиксируются 2 отраженных сигнала, один от поверхности мембраны и второй от поверхности пленки, время между приходом этих сигналов на приемник отраженного УЗИ определяет толщину

пленки. В экспериментах частота УЗИ составляла 7,5 МГц, интервал между отраженными сигналами изменялся от 6,33 до 6,36 мкс, этому соответствовали значения толщины пленки от 5 до 22 мкм.

**33.МБ.94. Изучение электрохимических характеристик и предсказание свойств композитных мембран на основе ацетата целлюлозы и Zeocarb-225 в водных растворах NaCl.** Studies on electrochemical characterization and performance prediction of cellulose acetate and Zeocarb-225 composite membranes in aqueous NaCl solutions. *Tiwari A. K., Ahmad Suhail. J. Colloid and Interface Sci.* 2006. 298, № 1, с. 274–281. Англ.

Проводили смешивание ацетата целлюлозы и Zeocarb-225 в различных отношениях, что приводило к получению двух мембран (МБ) – МБ-1 и МБ-2. Осуществлено измерение мембранного потенциала, содержания воды и проводимости для установления и анализа данных в отношении равновесия и важных электрохимических параметров. Исследована зависимость степени гидрофильности обеих МБ от концентрации электролита. Обсуждается селективность МБ-1 и МБ-2 в терминах равновесия диссоциации,  $K_d^s$  и  $K_d^f$ . Найдено, что плотность поверхностного заряда МБ  $\sigma_s$  возрастает с повышением внешней концентрации NaCl.

**33.МБ.95. Удаление из сточных вод цинка в процессе нанофильтрации.** Influence of the operating conditions on the elimination of zinc ions by nanofiltration. *Ben Frares Naima, Taha Samir, Dorange Gerard.* Desalination. 2005. 185, № 1–3, с. 245–253. Англ.

Целью исследований являлось удаление из промышленных СВ ионов цинка и других тяжелых металлов с утилизацией этих металлов и возвратом СВ в рецикл. В лабораторных экспериментах использовалась электрохимическая ячейка, включавшая анод и катод, на них в пульсирующем режиме подавалось постоянное напряжение, в эту ячейку дозировалась неорганическая соль, содержащая анионы хлора. В результате происходило образование комплексов  $ZnCl_3^-$  и  $ZnCl_4^{2-}$ , которые далее задерживались на мембране для нанофильтрации. Эффективность удаления катионов  $Zn^{2+}$  превышала 90%, для меди и кадмия этот показатель не превышал 40%, система работала в режиме рециркуляции сточных вод.

**33.МБ.96. Удаление из промышленных сточных вод цианидов в процессе мембранного фильтрования.** Cyanide removal from industrial wastewaters using gas membranes. *Han Binbing, Shen Zhisong, Wickramasinghe Ranil S.* J. Membr. Sci. 2005. 257, № 1–2, с. 171–181. Нидерл.

Сообщается, что промышленные СВ содержали значительные количества цианидов, в пилотных экспериментах исследовалась возможность их удаления в процессе мембранного фильтрования. В опытах СВ фильтровались в контактном режиме, полезная емкость реактора составляла 1000 л, для фильтрования применялись полволоконные мембраны в составе 10 фильтровальных модулей, поверхность мембран для одного модуля составляла 180 м<sup>2</sup>. СВ, находящиеся в реакторе, аэрировались посредством погружного пневмоаэратора, перед началом процесса фильтрования СВ защелачивались с применением гидроксида натрия (раствор 10%). В оптимальном варианте цианиды удалялись практически полностью, так же, как и летучие соединения, присутствовавшие в СВ.

**33.МБ.97. Биомембранные технологии для очистки сточных вод.** *Швецов В. Н., Морозова К. М., Кирисаев А. В., Климов В. А., Явтушенко М. В.* Экол. пр-ва. 2006, № 5, с. 69–72. Рус.

Проведенные исследования подтвердили высокую надежность и стабильность биомембранных технологий для

биологической очистки сточных вод; показана высокая эффективность очистки от органических загрязнений по ХПК и БПК, от соединений азота, взвешенных веществ независимо от температуры и продолжительности аэрации в условиях существенного колебания состава исходного неосветленного стока; экспериментально определены и технологически аргументированы наилучшие дозы ила в биореакторе с мембранами (не более 7 г/л) и продолжительность обработки городских неосветленных сточных вод (не менее 4–5 ч) с достижением качества очищенного стока, соответствующего нормам сброса в водоем рыбохозяйственного назначения; установлено, что в процессе работы МБР возникает градиент концентраций ХПК внутри и снаружи реактора. Объяснение этого явления требует дальнейшего изучения; градиент концентрации по аммонийному азоту можно объяснить протеканием процесса нитрификации непосредственно на мембранах.

**33.МБ.98. Математическое моделирование топливного элемента с протон-обменной мембраной.** Along-channel mathematical modelling for proton exchange membrane fuel cells. *Huang Wenbo, Zhou Biao, Sobiesiak Andrzej* (Department of Mechanical, Automotive and Materials Engineering, University of Windsor, Ont., Canada N9B 3P4). Int. J. Energy Res. 2005. 29, № 12, с. 1051–1071, 17 ил. Англ.

Управление водой и теплом в ТЭ с протон-обменной мембраной (ТЭПОМ) важно для получения его высоких характеристик. Развита 2-мерная модель управления водой и теплом в ТЭПОМ с целью изучения влияния его напряжения без тока на характеристики и паров воды на проводимость мембраны; такая модель наиболее удобна для различных условий работы ТЭПОМ. Модель может предсказать распределение параметров вдоль потока реагента в канале и соответственно влияние различных действующих и конструктивных параметров на характеристики ТЭПОМ. Результаты моделирования сравнивали с экспериментальными результатами, описанными в литературе. Результаты показывают, что увлажнение анода и катода важно для характеристик ТЭПОМ. Разработанная модель является инженерным инструментом для оптимизации ТЭПОМ.

**33.МБ.99. Первапоративное разделение азеотропа этанол-вода с использованием новой мембраны на основе пропитанной хитозаном бактериальной целлюлозы и смесей хитозан-поливиниловый спирт.** Pervaporative separation of ethanol/water azeotrope using a novel chitosan-impregnated bacterial cellulose membrane and chitosan-poly(vinyl alcohol) blends. *Dubey Vinita, Pandey Lokesh Kumar, Saxena Chhaya. J. Membr. Sci.* 2005. 251, № 1–2, с. 131–136. Англ.

Первапоративная производительность в отношении разделения азеотропа этанол-вода ( $\text{EtOH-H}_2\text{O}$ ) оценена для бактериальной целлюлозной мембраны (БЦМ), пропитанной хитозаном (ХЗ), обозначенной как ХЗ-БЦМ. Первапоративный потенциал ХЗ-БЦМ сравнивали с потенциалом исходных полимеров и смесей ХЗ с ПВС. Смесей ХЗ-БЦМ характеризовали с использованием спектроскопич. и термоаналитич. методик и, кроме того, испытывали их мех. прочность и сорбцию  $\text{EtOH-H}_2\text{O}$ -смесей. ПВС и смеси имеют тенденцию растворяться при повышенной концентрации воды, ХЗ-БЦМ остаются неповрежденными во всем интервале составов. Когда оценивали против первапорации азеотроп  $\text{EtOH-H}_2\text{O}$  95:5 при  $24 \pm 1^\circ$ , смесь ХЗ-ПВС (1:1) обнаружила сравнительно высокую селективность (22), но недостаточно хорошую производительность ( $1,7 \text{ кг} \times \text{мкм} / \text{м}^2 \times \text{ч}$ ). Производительность была значительно выше ( $42,8 \text{ кг} \times \text{мкм} / \text{м}^2 \times \text{ч}$ ) в случае ХЗ-БЦМ, а селективность (~10) была на одном уровне с ПВС. Исследована также температурная зависимость селективности и

производительности ХЗ-БЦМ. Достаточно высокий индекс первапоративного разделения порядка  $350 \text{ кг} \times \text{мкм} / \text{м}^2 \times \text{ч}$  и низкая энергия активации  $10 \text{ кДж/моль}$  указывают на высокий потенциал ХЗ-БЦМ в плане первапоративного разделения  $\text{EtOH-H}_2\text{O}$ -азетропа.

**33.МБ.100. Газопроницаемость гибридных органических-неорганических мембран, получаемых взаимодействием простых полиэфиров с концевыми гидроксильными группами и 3-изоцианатопропилтриэтоксисилана.** Gas permeation properties of organic-inorganic hybrid membranes prepared from hydroxyl-terminated polyether and 3-isocyanatopropyltriethoxysilane. *Kim Hyunjoon, Lim Choonwon, Hong Suk-In.* J. Sol-Gel Sci and Technol.. 2005. 36, № 2, с. 213–221. Англ. Гибридные материалы (ГМ) получают взаимодействием 3-изоцианатопропилтриэтоксисилана с полиэтилен-, полипропиленгликолями и их аддуктами с концевыми ОН-группами с последующими гидролизом и конденсацией в присутствии кислотных КТ. Композитные мембраны (КМБ) изготавливают формированием золь ГМ на микропористом полисульфоном субстрате. ГМ охарактеризованы методами  $^{13}\text{C}$  и  $^{29}\text{Si}$  ЯМР- и ИК-спектроскопии с фурье-преобразованием. Показано, что проницаемость газов ( $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ) через КМБ увеличивается с увеличением молекулярного веса используемых ПЭФ. Добавление тетраэтилортогосиликата в золи уменьшает газопроницаемость КМБ и не влияет на их селективность.

**33.МБ.101. Соотношение между характеристиками разделения и распределения свободного объема композитных мембран полиимид- $\text{Ag}_3\text{O}_4$ .** Relationship between the separation performance and free volume distributions of polyimide/ $\text{Ag}_3\text{O}_4$  composite membranes. *Shi Baoli, Feng Chunsheng, Wu Yonglie.* J. Appl. Polym. Sci.. 2005. 95, № 4, с. 871–879, 10 ил., табл. 2 ил.. Библ. 23. Англ.

При измерении распределения свободного объема типичного полиимидного материала использованы в качестве молек. проб вода, метанол, этанол, ац. и метилтрет-бутиловый эфир, применяемые методики - равновесное набухание и разделит. мембранная технология, теория Кирххейма о распределении свободного объема, а также Гауссова распределит. функция. Композитное полиимид- $\text{Ag}_3\text{O}_4$  полуволонные мембраны готовы к использованию сухо-мокрой инверсии. Разделит. характеристики композитных мембран охарактеризованы с использованием смеси метанола и метилтрет-бутилового эфира. Изменения в характеристиках разделения хорошо объясняются функциями распределения свободного объема.

**33.МБ.102. Снижение потока при нанофильтрации, вызванное адсорбцией растворенных органических соединений: модель для предсказания зависимости во времени.** Flux decline in nanofiltration due to adsorption of dissolved organic compounds: model prediction of time dependency. *Braeken Leen, Van der Bruggen Bart, Vandecasteele Carlo.* J. Phys. Chem. B. 2006. 110, № 6, с. 2957–2962. Англ.

Снижение потока (СП) во время нанофильтрации водных р-ров, содержащих р-р-ные органич. соединения, в основном, связано с АД этих соединений в порах мембраны (МБ) и на ее ПВ. СП моделируют, предполагая в уравнении Шпиглера-Кедема потерю проницаемости из-за АД. Это приводит к логарифмическому соотношению между нормализованной величиной СП и временем достижения АД-равновесия, когда поток достигает постоянного значени. Т. о., можно оценить ожидаемое СП из-за АД органич. соединений. При моделировании использовали два различных параметра: время запаздывания, соответствующее времени, когда АД-процесс в порах МБ и на ее ПВ устанавливается, и соответствующее

уменьшение свободного объема пор. Оба параметра зависят от гидрофобности соединений и подаваемой концентрации.

**33.МБ.103. Зависимость скорости генерации  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  ионов на границе ионообменная мембрана/разбавленный раствор от плотности тока.** *Никоненко В. В., Письменская Н. Д., Володина Е. И..* Электрохимия. 2005. 41, № 11, с. 1351–1357. Библ. 13. Рус.

Измерены парциальные токи продуктов диссоциации воды через катионо- и анионообменные мембраны, образующие тонкие каналы обессоливания электродиализаторов. Исследования проведены в широком диапазоне скоростей протока при обессоливание разбавленных растворов  $\text{NaCl}$  в сверхпредельных токовых режимах. С использованием теории диссоциации воды, разработанной для биполярных мембран, и теории массопереноса, учитывающей образование пространственного заряда в сверхпредельных токовых режимах, найдено выражение, согласно которому скорость генерации  $\text{H}^+$ - и  $\text{OH}^-$ -ионов определяется отношением плотности тока к ее критическому значению, при котором начинается заметная диссоциация воды.

**33.МБ.104. Исследование коэффициента диффузионной проницаемости мембранного элемента трубчатого типа в водном растворе сульфата натрия.** *Лазарев С. И., Головашкин В. Л., Мамонтов В. В., Ковалев С. В..* Изв. вузов. Химия и хим. технол.. 2006. 49, № 1, с. 124–126, 136. Библ. 7. Рус.; рез. англ.

Проведены исследования коэффициента диффузионной проницаемости мембранного элемента трубчатого типа в водном растворе сульфата натрия в процессе диффузии. Определено, что с увеличением исходной концентрации сульфата натрия в растворе значение коэффициента диффузионной проницаемости уменьшается. Установлено, что с повышением температуры раствора сульфата натрия значение коэффициента диффузионной проницаемости увеличивается.

**33.МБ.105. Синтез мезопористой двуокиси титана осаждением нанопроволок из анатаза на мембраны из бактериальной целлюлозы.** Synthesis of mesoporous titania networks consisting of anatase nanowires by templating of bacterial cellulose membranes. *Zhang Dayong, Qi Limin.* Chem. Commun.. 2005, № 21, с. 2735–2737. Англ.

Рассмотрено получение  $\text{TiO}_2$  со средним размером пор осаждением анатазовых нанопроволок на поверхность мембран из бактериальной Ц. Такой материал имеет более высокие фотокаталитич. свойства, чем  $\text{TiO}_2$  в форме микроволокон.

**33.МБ.106. Непрерывный гомогенный катализ.** Continuous homogeneous catalysis. *Muller Christian, Nijkamp Marije G., Vogt Dieter.* Eur. J. Inorg. Chem.. 2005, № 20, с. 4011–4021. Библ. 44. Англ.

**33.МБ.107. Изготовление полупроницаемых мембран и их использование для очистки отходящих газов от летучих органических соединений.** Preparation of PDMS<sup>VI</sup>- $\text{Al}_2\text{O}_3$  composite hollow fibre membranes for VOC recovery from waste gas streams. *Liu Shaomin, Teo W. K., Tan Xiaoyao, Li K..* Separ. and Purif. Technol.. 2005. 46, № 1–2, с. 110–117, 6 ил.. Библ. 18. Англ.

Представлена методика и процедура изготовления пустотелых волокон из  $\text{Al}_2\text{O}_3$  с нанесением на их поверхность полидиметилсилоксана с целью получения полупроницаемых мембран, для выделения из потока отходящих газов примесей летучих органических соединений. Рассмотрена структура таких мембран и отмечена их высокая химич. стабильность. Приведено описание эксперим. лаб. установки, рассмотрена методика и процедура проведения исследования. Эксперименты проводили со смесью, содержащей хлороформ и азот. Предложена

математич. модель, описывающая процессы выделения орг. веществ, и оценено влияние температуры, скорости подачи исходной газовой смеси, концентрации хлороформа в исходном газе и др. параметров на эффективность проведения процессов очистки отходящих газов с использованием мембран на основе полидиметилсилоксана.

**33.МБ.108. Сравнение свойства разделения газов и морфологии гомогенных и композитных мембран на основе PPO.** Comparison of gas separation performance and morphology of homogeneous and composite PPO membranes. *Hamad F., Khulbe K. C., Matsuura T.* J. Membr. Sci.. 2005. 256, № 1–2, с. 29–37. Нидерл.

Композитные мембраны (МБ), полученные нанесением покрытия за PPO поверх ультрафильтрац. МБ с отсечением по молек. весу 12 кДа (Osmonics-НО51) показали усиленное отношение проницаемости газов и фактор разделения для системы газов  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$ , а также некоторое снижение проницаемости  $\text{CO}_2$  по сравнению с плотной гомогенной МБ на основе PPO. Среднее отношение проницаемости для  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$  составило 37 для композитной МБ и 17 для гомогенных МБ. Проницаемость  $\text{CO}_2$ , полученная для композитных и гомогенных МБ на основе PPO, составила 80 и 92 Barrer, соответственно. Наблюдения атомно-силовой микроскопии показали, что слой покрытия композитной МБ имеют различную плотность по глубине, шероховатые и большие полимерные агрегаты на верхней поверхности МБ и гладкие и мелкие полимерные агрегаты – на нижней поверхности. Этот профиль морфологии противоположен наблюдаемому для плотной гомогенной МБ.

**33.МБ.109. Обработка сточных вод от производства фанеры.** Aufbereitung von Prozessabwassern der Furnierherstellung zur Wiederverwendung im Produktionsprozess. *Mayer Ingo, Marzinkowski Joachim M.* KA-Abwasser, Abfall. 2006. 53, №3, с. 272–275. Нем.; рез. англ.

Целью работы являлась обработка СВ, выделяющихся при производстве фанеры, с целью возврата их в технологию. Сообщается, что производство фанеры является сложным комплексным процессом (термообработка древесины, склеивание слоев и др.) и на разных выделяются СВ с ХПК от 428 до 6172 мг/л, СВ содержат фенолы, железо и обладают интенсивной окрашенностью. При очистке СВ ультрафильтрацией не устранялась окрашенность, помимо этого происходила быстрая кольматация мембран. В результате экспериментов была выбрана схема с флокуляцией/осаждением и с озонированием на предварительной стадии, при этом СВ могли быть возвращены в рецикл.

**33.МБ.110. Характеристики разделения смесей уксусная кислота-вода перфузией с использованием мембран на основе поливинилового спирта, модифицированных яблочной кислотой.** Separation characteristics of acetic acid-water mixtures by pervaporation using poly(vinyl alcohol) membranes modified with malic acid. *Isiklan Nuran, Sanli Oya.* Chem. Eng. and Process.. 2005. 44, № 9, с. 1019–1027. Англ.

Осуществлено перфузионное разделение смесей уксусная кислота-вода с использованием мембран (МБ) на основе поливинилового спирта (ПВС), модифицированных яблочной кислотой (ЯК). Исследовано влияние отношения ПВС/ЯК, толщины МБ, рабочей т-ры, конц-ии питающего р-ра на скорость трансмембранного проникновения и фактор разделения. Как оптимальное установлено отношение ПВС/ЯК 85/15 (по объему) для смесей с 20 вес.% уксусной к-ты при 40°C. Типичный фактор разделения составил 670, а скорость проникновения составила  $4.8 \times 10^{-2}$  кг/м<sup>2</sup>×ч для конц-ии уксусной к-ты в питающей среде 90 вес.% при 40°C.

**33.МБ.111. Образование отложений на поверхности мембран при очистке сульфит-содержащих сточных вод.** The influence of morphology, hydrophobicity and charge upon the long-term performance of ultrafiltration membranes fouled with spent sulphite liquor. *Weis Andreas, Bird Michael R., Nystrom Marianne, Wright Christopher.* Desalination. 2005. 175, № 1, с. 73–85. Англ.

Сообщается, что промышленные СВ содержали небольшие количества сульфитов. В лабораторных экспериментах исследовалась возможность очистки этих СВ в процессе ультрафильтрации с использованием мембран трех типов, это мембраны из полисульфона (МПС), из полиэфирсульфона (МПЭС) и из регенерированной целлюлозы (МРЦ), для удаления отложений применялся гидроксид натрия. Установлено, что МРЦ была менее подвержена обрастанию, чем МПС и МПЭС, она имела неровную поверхность, что с одной стороны стимулировало процессы обрастания, но с другой увеличивалась эффективность применения промывного реагента, помимо этого МРЦ обладала большей гидрофильностью по сравнению с МПС и МПЭС.

**33.МБ.112. Сульфонированные сополимеры полиэфирэфиркетона: получение, характеристика и свойства мембран.** Sulphonated poly(ether ketone) copolymers: Synthesis, characterization and membrane properties. *Lakshmi Muthu R. T. S., Meier-Haack Jochen, Schlenstedt K., Vogel C., Choudhary V., Varma I. K.* J. Membr. Sci.. 2005. 261, № 1–2, с. 27–35. Англ. Поликонденсацией силилированного фенолфталеина, силилированного бисфенола, 5,5'-карбонил-бис(2-фторбензолсульфонат)(4,4'-дифторбензофе нонсульфоната) и 4,4'-дифторбензофенона получают СПЛ полиэфирэфиркетона с контролируемой степенью сульфонирования. Структура СПЛ исследована методами <sup>1</sup>H ЯМР- и ИК-спектроскопии неполного внутреннего отражения. Проницаемость мембран из СПЛ при 25–75° составляет  $1 \times 10^{-5}$ – $1 \times 10^{-3}$  См/см.

**33.МБ.113. Новый антискалант – эффективная защита от осадкообразования на мембранах в установках обратного осмоса.** Судиловский П. С., Кичик В. А. Вода и экол.: пробл. и решения. 2005, № 3, с. 55–59, 81. Рус.

Рассмотрена проблема использования ингибиторов осадкообразования для защиты мембран в установках очистки воды. Проведено сравнительное исследование отечественного антискаланта ЭнергоСофт™ и широко используемого импортного аналога, которое показало идентичность действия реагентов при меньших материальных затратах при использовании отечественного.

**33.МБ.114. Композит нафийон/сульфированный монтмориллонит как материал концептуально новой электролитной мембраны для топливных элементов с прямым использованием метанола.** Nafion/sulfonated montmorillonite composite: A new concept electrolyte membrane for direct methanol fuel cells. *Rhee Chang Houn, Kim Hae Kyung, Chang Hyuk, Lee Jae Sung*(Pohang University of Science and Technology POSTECH, Pohang, 790–784, Republic of Korea). Chem. Mater.. 2005. 17, № 7, с. 1691–1697. Англ.

Органические частицы из органич. сульфокислот были введены в поверхность монтмориллонита (ММТ) конденсацией силана. Сплавлением полученного материала с нафийоном изготовили композитную мембрану, предназначенную для топливных элементов с прямым использованием метанола (ТЭПМ). Проницаемость метанола через мембрану нафийон/HSO<sub>3</sub>-ММТ существенно уменьшается с увеличением содержания в мембране HSO<sub>3</sub>-ММТ. Композитная мембрана нафийон/HSO<sub>3</sub>-ММТ с ММТ, функционализированным органич. сульфокислотой, имеет незначительно меньшую протон-



ную проводимость, чем мембрана из нафiona 115. Сочетание этих свойств приводит к значительному улучшению характеристик ТЭПМ с новой композитной мембраной.

**33.МБ.115. Моделирование топливного элемента с протон-обменной мембраной.** CFD-based modelling of proton exchange membrane fuel cells. *Sivertsen B. R., Djilali N.* J. Power Sources. 2005. 141, № 1, с. 65–78. Англ.

Развита общая неизотермич. вычислительная модель ТЭ с протон-обменной мембраной, используемая для расчета системы динамич. жидкости. Модель используется для конвективного и диффузионного переноса и позволяет предсказывать концентрацию действующих частиц. Распределение генерируемого тепла, связанного с электрохим. реакцией на катоде и аноде, включено в модель. Для электрич. и ионного потенциалов в электродах и мембране, модель делает возможным более точное предсказание распределения локальной плотности тока. Параметрич. анализ показывает, что разные пространственные распределения можно получить при вариации асимметричных параметров без изменения общей плотности тока и поляризационной кривой. Изменение проводимости кардинально влияет на распределение тока при изменении относительного влияния омич. и активационной поляризации.

**33.МБ.116. Химия ядерного топливного цикла.** Nuclear fuel cycle front end chemistry. *Blanpain Patrick, Capus Georges, Palussiere Jean-Claude.* Chimia. 2005. 59, № 12, с. 894–897. Библ. 5. Англ.

Кратко рассмотрены основные химич. процессы ядерного топливного цикла производства ураноксидного ядерного горючего. Руды, содержащие U в форме уранинита, кофинита, браннерита или др., измельчают и подвергают сернокислотному или бикарбонатному выщелачиванию при низком или высоком содержании бикарбонатов в руде, соответственно. Окисление четырехвалентного U до U<sup>6+</sup> проводят трехвалентным Fe, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, хлоратом Na или кислородом. Полученный концентрат очищают от примесей в сухом или мокром процессе с последующим кальцинированием для получения U ядерной чистоты в виде UO<sub>3</sub>. Триоксид U восстанавливают водородом или аммиаком до UO<sub>2</sub>, который затем фторируют HF и F<sub>2</sub> до UF<sub>6</sub>. Обогащение урана изотопом <sup>235</sup>U проводят в форме UF<sub>6</sub> методами газовой диффузии через мембраны или газового центрифугирования. Сухую конверсию обогащенного UF<sub>6</sub> до UO<sub>2</sub> проводят в процессах гидролиза перегретым водяным паром до UO<sub>2</sub>F<sub>2</sub> и восстановлением водородом. К полученному порошку UO<sub>2</sub> добавляют связующее, гранулируют, прессуют в таблетки и спекают при 1700–1800°C в атмосфере водорода.

**33.МБ.117. Очистка мальтитола и концентрирование при нанофильтрации.** The maltitol purification and concentration by nanofiltration. *Xu Li, Wang Shiyong, Zeng Xianyou.* Desalination. 2005. 184, № 1–3, с. 295–303. Англ.

Осуществлена очистка мальтитола нанофильтрацией через мембраны типа G и D. Проведено изучение процесса в зависимости от перепада давления. Показано, что рабочее давление должно быть ≥1,0 МПа. Увеличение температуры сопровождается уменьшением скорости процесса, увеличение концентрации вещества ведет к увеличению коэффициента пропуска мембраны.

**33.МБ.118. Экспериментальное изучение парового риформинга метана в реакторе с тонкой (6 мкм) мембраной на Pb-основе.** Experimental study of steam reforming of methane in a thin (6 μm) Pd-based membrane reactor. *Tong Jianhua, Matsumura Yasuyuki, Suda Hiroyuki, Haraya Kenji*(Chemical Research Group, Research Institute of Innovative Technology

for the Earth RITE, Kizu-cho, Sorakun, Kyoto 619–0292, Japan). Ind. and Eng. Chem. Res.. 2005. 44, № 5, с. 1454–1465. Англ. Приготовлена новая тонкая (6 мкм) свободная от дефектов Pd/МПНС (макропористая нержавеющая сталь) композитная мембранная трубка с использованием механизма многомерного плакирования. Получен поток с высоким проникновением H<sub>2</sub> (0,260 моль/м<sup>2</sup> с) с полной водородной селективностью при 500° и перепадом давления 100 кПа. Создан каталитический мембранный реактор для парового риформинга метана (I) с приготовленной тонкой Pd/МПНС композитной мембраной и коммерческим катализатором риформинга Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Конверсия I, коэффициент извлечения H<sub>2</sub> и скорость производства H<sub>2</sub> для мембранного реактора изучены в деталях при различных рабочих параметрах, таких как температура, давление, объемная скорость, соотношение пар: I, поток продувочного газа. Некоторые важные эффекты обнаружены для указанных рабочих параметров относительно трех заданных характеристических факторов процесса. Показано необычное преимущество, использование мембранной трубки на Pd-основе вместо плотной стальной трубки из нержавеющей стали одинакового диаметра в традиционном реакторе. По сравнению с экспериментальными и модельными полученными в другом каталитическом мембранном реакторе, появившимися в литературе, сконструированный для настоящей работы реактор имеет относительно лучшие рабочие характеристики, благодаря более высокому проникновению H<sub>2</sub> через тонкую Pd-мембрану.

**33.МБ.119. Упорядоченные оптические сенсоры: мультипараллельный синтез в одном сосуде и иммобилизация в целлюлозу азокрасителей, чувствительных к pH и к иону металла.** Optical sensor arrays: one-pot, multiparallel synthesis and cellulose immobilization of pH and metal ion sensitive azo-dyes. *Carofiglio Tommaso, Fregonese Carlo, Mohr Gerhard J., Rastrelli Federico, Tonellato Umberto.* Tetrahedron. 2006. 62, № 7, с. 1502–1507. Англ.

Сообщение о синтезе шестикомпонентных кислотно-основных сенсоров и сенсоров на ионы металлов, которые ковалентно иммобилизовывались в прозрачные мембраны на основе целлюлозы. Синтез и окрашивание целлюлозы осуществлено в одном сосуде при проведении параллельных микромасштабных реакций без стадий выделения или очистки.

**33.МБ.120. Изготовление пористых полволоконистых поливинилиденфторидных мембран методом инверсии фаз с использованием перхлората лития в качестве добавки.** Preparation of porous PVDF hollow fibre membrane via a phase inversion method using lithium perchlorate (LiClO<sub>4</sub>) as an additive. *Yeow M. L., Yutie Liu, Li K.* J. Membr. Sci.. 2005. 258, № 1–2, с. 16–22. Нидерл.

Пористые полволоконистые поливинилиденфторидные мембраны (МБ) изготавливают методом инверсии фаз с использованием диметилацетамида (I) в качестве растворителя, перхлората лития (II) в качестве солевой добавки и воды в качестве седы для проведения коагуляции. Составлена фазовая диаграмма четвертичных систем II-поливинилиденфторид-1-вода. Исследовано влияние добавления II и температуры коагуляции на свойства получаемых МБ. Размер пор и их распределение в МБ охарактеризованы по проницаемости газов. При пропускании через МБ смесей 1-метил-пирролидона-2 и воды в разных соотношениях исследовано влияние внешних коагулянтов на структуру МБ.

**33.МБ.121. Мембраны с вытравленными порами, терморегулируемыми пористостью и селективностью, получаемые иммобилизацией на поверхности N-винилкапролактама.** Track etched membranes with thermo-adjustable

porosity and separation properties by surface immobilization of poly(N-vinylcaprolactam). *Lequieu W., Shtanko N. I., Du Prez F. E.* J. Membr. Sci.. 2005. 256, № 1–2, с. 64–71. Нидерл.

Мембраны (МБ) с вытравленными порами из ПЭТФ обрабатывают фотохимически с иммобилизацией на ПВ термочувствительного поли-N-винилкапролактама (ПВЛ). При этом фотореакц. азидофенильные группы присоединяются к макромолекулам поли-N-винилкапролактама. При отверждении под действием УФ-лучей проводят отверждение МБ. Данные фотоэлектронной спектроскопии рентгеновскими лучами и ИК-спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения с фурье-преобразованием свидетельствуют о прививке термочувствительного ПВЛ на ПВ МБ. При этом по данным сканирующей электронной и атомной силовой микроскопии диаметр пор МБ уменьшается, а шероховатость ПВ увеличивается с увеличением степени прививки. Исследование проницаемости декстрана через МБ показывает, что проницаемость контролируется молекулярным весом макромолекул и величиной температуры.

**33.МБ.122. Биосовместимые мембраны, полученные послойным осаждением полиэлектролитов.** Free standing membranes made of biocompatible polyelectrolytes using the layer by layer method. *Lavalle Philippe, Boulmedais Fouzia, Ball Vincent, Mutterer Jerome, Schaaf Pierre, Voegel Jean-Claude.* J. Membr. Sci.. 2005. 253, № 1–2, с. 49–56. Англ.

Описан процесс получения биосовместимых, биодеструктурируемых полиэлектролитных мембран, полученных послойным осаждением поли-L-лизина и гиалуроновой кислоты. Рассмотрены возможности использования полученных мембран для пролонгированного транспорта лекарств в живых организмах.

**33.МБ.123. Изготовление и характеристики мозаично-заряженных мембран.** *Zhang Hao-qin, Chen Wei-hang, Fan Guo-dong, Liu Jin-dun, Yang Yan-hong.* Huadong ligong daxue xuebao. Ziran kexue ban=J. E. China Univ. Sci. and Technol. Nat. Sci. Ed.. 2005. 31, № 2, с. 242–244, 267, 4 ил., табл. 1 ил. Библ. 10. Кит.; рез. англ.

Композитные мембраны изготавливают междуфазной полимеризацией 2,5-диаминобензолсульфоновой кислоты, полиэтиленимина и тримезоилхлорида, служащие мономерами. Мозаичная мембрана, несущая заряды проницаема для солей, и непроницаема для неэлектролитов с низким молек. весом.

**33.МБ.124. Привитые полиэлектролитные мембраны для топливных элементов.** Grafted polymer electrolyte membrane for direct methanol fuel cells. *Shen M., Roy S., Kuhlmann J. W., Scott K., Lovell K., Horsfall J. A.* J. Membr. Sci.. 2005. 251, № 1–2, с. 121–130. Англ.

Описан процесс получения катионитовых мембран путем радиационной прививки полистиролсульфоната на полимерные матрицы на основе ПЭ, поливинилиденфторида, его СПЛ с этиленом, СПЛ этилена с тетрафторэтиленом. Изучены электрохим. свойства полученных мембран и условия их работы в составе топливных элементов.

**33.МБ.125. Синтез сульфированных полифталазинонэфиркетонов реакцией присоединения по N-C-связи с целью получения катионитовых мембран.** Novel synthesis of sulfonated poly(phthalazinone ether ketone) used as a proton exchange membrane via N-C coupling reaction. *Chen Y. L., Meng Y. Z., Hay A. S.* Macromolecules. 2005. 38, № 9, с. 3564–3566. Англ.

Описан синтез сульфированных полифталазинонэфиркетонов путем сополимеризации 4-(4-гидроксифенил)фталазин-1-она и бис(4-фенилсульфона). Полученные СПЛ использовали для получения катиони-

товых мембран, характеристики которых сопоставимы со свойствами мембран типа Нафион.

**33.МБ.126. Изготовление сульфированных сшитых мембран из политетрафторэтилена с проведением прививки групп простых алкилвиниловых эфиров при облучении и их применение в топливных ячейках с полимерными электролитными мембранами.** Preparation of sulfonated crosslinked PTFE-graft-poly(alkyl vinyl ether) membranes for polymer electrolyte membrane fuel cells by radiation processing. *Chen Jinhua, Asano Masaharu, Yamaki Tetsuya, Yoshida Masaru.* J. Membr. Sci.. 2005. 256, № 1–2, с. 38–45. Нидерл.

Полиэлектролитные мембраны (МБ) с сульфогруппами для топливных ячеек изготавливают с проведением одновременной прививки при облучении групп простых алкилвиниловых эфиров (n- и изопропилвиниловый эфиры). Пленки из ПТФЭ, сшитые при давлении при действии пучка электронов, используют в качестве субстратов для прививки мономеров. Затем проводят сульфирование раствором хлорсульфоновой кислоты. Степени сшивки и прививки пленок охарактеризованы методами ТГА, ДСК, ИК-спектроскопии с фурье-преобразованием и по углу смачивания. Показано, что степень прививки зависит от температуры облучения и используемой в качестве КТ кислоты Льюиса. Сделан вывод, что несмотря на низкую ионообменную способность (0,75 ммоль/г) МБ имеют проводимость протонов выше, чем МБ Nafion 112.

**33.МБ.127. Управление нанопространством.** Tailoring nanopospace. *Hill A. J., Freman B. D., Jaffe M., Merkel T. C., Pinnau I.* J. Mol. Struct.. 2005. 739, № 1–3, с. 173–178. Англ.

Жидкокристаллические (ЖК) полимеры с низким свободным объемом были сравнены с мембранными полимерами с сверхвысоким свободным объемом. Полости свободного объема, а, следовательно, транспортные св-ва ЖК-полимеров на основе p-гидроксibenзойной к-ты, изофталевой к-ты и гидрохинона, взятых в отношении 40:30:30 мол.%, регулировались с помощью термич. обработки. Средний размер полостей свободного объема, или средняя размерность нанопространства, этих полимеров может варьироваться от 0.46 до 0.53 нм, что приводит к систематич. изменению проницаемости (в зависимости от размера проникающего соединения). В полимере со сверхвысоким свободным объемом, поли(1-триметилсилил-1-пропине), средний размер полостей большого свободного объема варьируется от 1.40 до 1.44 нм путем добавления наночастиц кремнезема с целью изменения упаковки цепей. Это увеличивает размер полостей свободного объема, что приводит к систематическому повышению проницаемости.

**33.МБ.128. Заметное снижение необратимого засорения и улучшение свойств проницаемости полиэфирсульфоновых ультрафильтрационных мембран путем смешения с плюроником F127.** Remarkable reduction of irreversible fouling and improvement of the permeation properties of poly(ether sulfone) ultrafiltration membranes by blending with Pluronic F127. *Wang Yan-qiang, Wang Ting, Su Yan-lei, Peng Fu-bing, Wu Hong, Jiang Zhong-yi.* Langmuir. 2005. 21, № 25, с. 11856–11862. Англ.

Осуществлена гидрофильная модификация ультрафильтрационных мембран (МБ) путем смешения плюроника F127 с полиэфирсульфоном. Химический состав и морфологические изменения поверхности МБ были подтверждены значением краевого угла по воде, данными рентгеноэлектронной спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии и измерениями адсорбции белков. Уменьшение значения статич. краевого угла по воде при увеличении содержания плюроника F127 указывает на повышение гидрофильности

поверхности. Кажущееся количество адсорбц. белка существенно снижается от 56.2 до 0 мкг/см<sup>2</sup>, когда содержание плуроника F127 изменяется от 0 до 10.5%, что указывает на то, что смешанная МБ обладает прекрасной способностью сопротивляться адсорбции белков.

**33.МБ.129. Изучение диффузии метанола в полимерных электролитных мембранах для топливных форсунок методом ЯМР.** An NMR study of methanol diffusion in polymer electrolyte fuel cell membranes. *Every Hayley A., Hickner Michael A., McGrath James E., Zawodzinski Thomas A. (Jr).* J. Membr. Sci.. 2005. 250, № 1–2, с. 183–188. Англ.

Диффузию метанола в полимерных электролитных мембранах изучали модифицированным ЯМР методом. Метод позволяет определять коэффициент диффузии непосредственно на мембранах, погруженных в раствор метанола. Приведены количественные данные.

**33.МБ.130. Влияние природы полимера и гидродинамических условий на процесс полимерной усиленной ультрафильтрации.** Effect of polymer nature and hydrodynamic condition on a process of polymer enhanced ultrafiltration. *Canizares Pablo, de Lucas Antonio, Perez Angel, Camarillo Rafael.* J. Membr. Sci.. 2005. 253, № 1–2, с. 149–163. Англ.

Изучали характеристики мембран из полиэтиленimina и полиакриловой кислоты, имеющих различное кислотное-основное поведение, структуру, молекулярную массу, в различных условиях опытов.

**33.МБ.131. Механизм контроля за структурой и свойствами в процессе межфазной полимеризации при образовании тонких композитных мембран.** Mechanisms of structure and performance controlled thin film composite membrane formation via interfacial polymerization process. *Song Yujun, Sun Patricia, Henry Laurence L., Sun Benhui.* J. Membr. Sci.. 2005. 251, № 1–2, с. 67–79. Англ.

Описаны кинетика и механизм образования сшитых полиамидных мембран из п-фенилендиаминa и тримезоилхлорида в порах сульфонового субстрата в процессе межфазной полимеризации в функции различных структурных параметров.

**33.МБ.132. Морфология и проницаемость мембран из поли(терт-бутилакрилата) с привитым полисульфоном и его производных.** Morphology and permeability of membranes of polysulfone-graft-poly(tert-butyl acrylate) and derivatives. *Lu Zhihua, Liu Guojun, Duncan Scott.* J. Membr. Sci.. 2005. 250, № 1–2, с. 17–28. Англ.

Описан набор мембран, полученных из смесей различного состава поли(терт-бутилакрилата) с привитым полисульфоном и поли(терт-бутилакрилата) с различными молекулярными параметрами компонентов. Проницаемость мембран оценивали по воде и 2-хлорэтилэтилсульфону. Морфологию образцов характеризовали с помощью просвечивающей электронной микроскопии.

**33.МБ.133. Желатина трансформируется без микроорганизмов.** Gelatine keimfrei gefordert. *Ernahrungsindustrie.* 2005, № 11, с. 28–29. Нем.

Фирма РВ Gelatins (Германия), принадлежащая Tessengerlo Group, относится к ведущим в мире изготовителям желатинa. Она выпускает все виды желатинa для пищевой промышленности, в том числе для продуктов с пониженным содержанием жира, хлебобулочных изделий, молочных, мясных, рыбных и колбасных изделий. Приведено описание нового насоса есоFlow M900, который отличается высокой надежностью функционирования и эксплуатацией с высокой экономичностью. Насос рассчитан на перемещение растворов с вязкостью 0,1–100000 мПа·сек при температуре –40–+300°C. Насос развивает максимальное давление 400 бар при производитель-

ности от 1 л/час до 10 м<sup>3</sup>/час. Он снабжен системой защиты мембраны, которая изготовлена из политетрафторэтилена.

**33.МБ.134. Комплекс электрофлотомембранного оборудования для очистки и обессоливания сточных вод.** *Ильин В. И., Колесников В. А.* Оборон. комплекс – науч.-техн. прогрессу России. 2005, № 4, с. 95–97. Рус.

В состав разработанного комплекса входят следующие виды оборудования: электрофлотационная установка для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов и солей жесткости; электродиализатор для обессоливания воды с одновременным снижением величины рН до нейтральных значений и с регенерацией растворов щелочи и кислоты. Электрофлотомембранное оборудование может быть установлено в технологической схеме в виде передвижного мобильного комплекса.

**33.МБ.135. Влияние направления диффузии на скорость проникновения водорода в палладиевый составной материал.** The effect of diffusion direction on the permeation rate of hydrogen in palladium composite membranes. *Liang Weiqiang, Hughes Ronald.* Chem. Eng. J.. 2005. 112, № 1–3, с. 81–86. Англ.

На измеренную скорость проницаемости H<sub>2</sub> через составную пористую мембрану из нержавеющей стали оказывает влияние направление проникновения. Для чистого H<sub>2</sub> направление от опоры из нержавеющей стали к металлич. пленке приводит к повышенной скорости проникновения H<sub>2</sub>. Однако для смеси H<sub>2</sub> и N<sub>2</sub> наблюдается обратное действие.

**33.МБ.136. Характеристика заряженной пленки из фторполимера (Nafion) и мембран типа смешанный фторполимер (Nafion)/Collodion-композит, получаемых электрохимическими методами в присутствии окислительно-восстановительных веществ.** V. Characterization of charged film of fluorocarbon polymer (Nafion) and blended fluorocarbon polymer (Nafion)/Collodion composite membranes by electrochemical methods in the presence of redox substances. *V. Yamauchi Akira, Togami Kazuki, Chaudry Ashraf M., El Sayed A. Mounir.* J. Membr. Sci.. 2005. 249, № 1–2, с. 119–126. Англ.

Чтобы лучше понять структуру заряженной пленки мембран (МБ), два вида МБ, композитная Collodion-мембрана (СМ) и Nafion-мембрана (НМ) получены и охарактеризованы систематич. и сравнит. исследованиями. Композитные растворы на основе Nafion (фторполимер) и Collodion, смешанных в отношении 5:5, использовали, чтобы получить тонкие мембранные пленки на Au-электродах. Показано, что более хороший коэф. диффузии окисл.-восст. веществ м. б. достигнут путем смешения раствора Nafion с ионной группой с Collodion-раствором (по сравнению с раствором только Nafion). Поглощение нейтр. соединений типа ферроценди-метанола (I), положительно заряженных соединений типа метилвиологена (МВ<sup>2+</sup>) и отрицательно заряженного ферроцианида калия, [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>4-</sup>-ионы, исследовали с помощью циклич. вольтамперометрии, хронопотенциометрии и хронокулонометрии. Величины коэф. диффузии МВ<sup>2+</sup> смешанных композитных МБ почти в 2 раза превышали (0,43×10<sup>-6</sup> см<sup>2</sup>/с) эту величину у МБ на основе Nafion (0,27×10<sup>-6</sup> см<sup>2</sup>/с). В то же время коэф. диффузии I смешанных МБ и НМ находились в порядке 2,4×10<sup>-6</sup> и 1,8×10<sup>-6</sup> см<sup>2</sup>/с, соотв. Это означает, что диффузия положительно заряженных соединений (МВ<sup>2+</sup>) понижалась в мембранной матрице по сравнению с нейтр. соединениями (I). Это, кроме того, указывает, что концентрации МВ<sup>2+</sup> выше, чем концентрации нейтр. соединений, как в смешанных МБ, так и в НМ. Это можно приписать существованию взаимодействия между функциональными группами SO<sub>3</sub><sup>-</sup> фторполимера и МВ<sup>2+</sup>, которое приводит к

ограничению подвижности  $\text{MB}^{2+}$  по сравнению с нейтр. I, т. е. диффузия  $\text{MB}^{2+}$  понижалась. Найдено, что отрицательно заряженные соединения,  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ , присутствуют в небольшом количестве на поверхности смешанной МБ, но отсутствуют на поверхности НМ вследствие эффекта электростатич. отталкивания между функциональными группами  $\text{SO}_3^-$  фторполимера и отрицательно заряженными соединениями. Это означает, что диффузию  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ -соединений нельзя было отчетливо наблюдать. В целом, смешанные МБ показали мембранные характеристики, сравнимые с характеристиками пром. ионообменных мембран.

**33.МБ.137. Значительное увеличение проницаемости и селективности мембран из поливинилового спирта введением в их структуру хлопьев кристаллического графита.** Significant increase of permeation flux and selectivity of poly(vinyl alcohol) membranes by incorporation of crystalline flake graphite. *Peng Fubing, Lu Lianyu, Hu Changlai, Wu Hong, Jiang Zhongyi.* J. Membr. Sci.. 2005. 259, № 1–2, с. 65–73. Нидерл.

Мембраны из ПВС с введенными в их структуру хлопьями кристаллич. графита (I) изготавливают смешением компонентов в растворе и характеризуют методом позитронной аннигиляц. микроскопии с разрешением во времени. Исследованы пермепораз. свойства мембран в зависимости от содержания I при разделении смесей бензола и циклогексана. Показано, что степень набухания мембран увеличивается при увеличении содержания I.

**33.МБ.138. Влияние температуры на характеристические пермеационные свойства сополиимида типа 6FDA-Durene-1,3-фенилендиамин и изготовление из него полволоконных мембран для разделения  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$ .** Effect of temperature on intrinsic permeation properties of 6FDA-Durene/1,3-phenylenediamine (mPDA) copolyimide and fabrication of its hollow fiber membranes for  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$  separation. *Qin Jian-Jun, Chung Tai-Shung, Cao Chun, Vora R. H.* J. Membr. Sci.. 2005. 250, № 1–2, с. 95–103. Англ.

Определено влияние температуры на характеристич. пермеац. свойства плотной ПЛ из сополиимида (СПИ) типа 6FDA-Durene-1,3-фенилендиамин (50:50) (I) [6FDA-4,4'-(гексафторизопропилиден)дифталевый ангидрид]; изготовлены высокотехнологичные полволоконные мембраны (МБ) из СПИ для  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$ -разделения. Полволоконные МБ отформованы мокрым способом из тройного раствора, содержащего 6FDA-Durene-I (ПИ), N-метилпирролидон и ТГФ при отношении 20:50:30, соотв., при различных скоростях сдвига внутри фильеры. Наблюдали след. эффекты: 1)  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$ -селективность плотной ПЛ из СПИ значительно понижалась с увеличением температуры; 2) на характеристике только что отформованных волокон заметно влияла скорость сдвига в процессе их формирования; для волокон без ПК проницаемости  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$  понижались с увеличением скорости сдвига, тогда как селективность  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  резко возрастала с увеличением скорости сдвига вплоть до момента, когда скорость сдвига достигала  $2169 \text{ c}^{-1}$ , а затем селективность выравнивалась; 3) после нанесения ПК из силиконового каучука на полые волокна, проницаемости  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$  понижались, а селективность  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$ -восстанавливалась до характеристич. селективности плотной СПИ-ПЛ; как проницаемости, так и селективность с увеличением скорости сдвига следовали тем тенденциям, которые имели место перед нанесением ПК; 4) имела место оптим. скорость сдвига, при которой бездефектное волокно с селективностью  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$  42,9 и проницаемостью  $\text{CO}_2$  53,3 универсальных ед. удалось получить после нанесения ПК; 5) долговечность под

давл. полученных полволоконных МБ может достигать 6895 кПа (абс. давл.) при  $25^\circ$ .

**33.МБ.139. Получение и характеристики мембран из четвертичных сополимеров винилпиридина и стирола.** Synthesis and characterization of Quaternized poly(4-vinylpyridine-co-styrene) membranes. *Huang Aibin, Xiao Chaobo, Zhuang Lin.* J. Appl. Polym. Sci.. 2005. 96, № 6, с. 2146–2153. Библ. 22. Англ.

Мембраны из четвертичных СПЛ 4-винилпиридина и стирола, модифицированные 1-бромоктаном, охарактеризованы методами ИК-спектроскопии, дифракции рентгеновских лучей, ДСК, ТГА, сканирующей электронной микроскопии и проведением электрохимич. и механич. тестирования. Исследованы электрохимич. свойства мембран на основе СПЛ пиридиниевого типа.

**33.МБ.140. Влияние набухания на перенос воды через мембрану на основе поливинилового спирта.** Influence of swelling on water transport through PVA-based membrane. *Praptowidodo Veronica S.* J. Mol. Struct.. 2005. 739, № 1–3, с. 207–212. Англ.

Изучена дегидратация этанола с использованием различных мембран (МБ) на основе поливинилового спирта (ПВС). Вследствие высокой р-ривости в воде ПВС-МБ обладают высокой степенью набухаемости в смеси этанол-вода, что приводит к заметному снижению селективности. Для ограничения степени набухания ПВС-МБ подвергают химич. модификации путем р-ции сшивки с использованием глутаральдегида (I). Сшивание проводят для двух конц-ий I, 0.025 и 0.100% по весу; степень сшивания варьируется путем изменения времени р-ции. Различные степени сшивания оценивали по степени набухания. Полученные модифицированные ПВС-МБ исследовали на диффузионное испарение для изучения влияния сшивания на разделительный процесс.

**33.МБ.141. Мембранные потенциалы через нанопористые мембраны: влияние структуры наноразмерных полостей.** Membrane potentials across nanofiltration membranes: effect of nanoscaled cavity structure. *Matsumoto Hidetoshi, Chen Yu-Chiang, Yamamoto Ryotaro, Konosu Yuichi, Minagawa Mie, Tanioka Akihiko.* J. Mol. Struct.. 2005. 739, № 1–3, с. 99–104. Англ.

Исследованы зарядовые характеристики двух типов нанопористых (НФ) мембран (МБ), ДК и МРФ-34. Измерены мембранные потенциалы через НФ-МБ в р-рах различных электролитов,  $\text{HCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaCl}$  и  $\text{MgSO}_4$ . Экспериментальные результаты анализировали на основании ур-ния Доннана и ур-нения Нернста-Планка для ионного потока; теоретические предсказания хорошо согласовывались с экспериментальными данными. Плотности эффективных зарядов и отношения подвижностей катион-к-аниону в МБ определены методом нелинейной регрессии. Сделано заключение, что структура наноразмерных полостей НФ-МБ играет существенную роль в генерации диффузионного потенциала.

**33.МБ.142. Отделение d-лимонена от сверхкритического  $\text{CO}_2$  с помощью мембран.** Separation of d-limonene from supercritical  $\text{CO}_2$  by means of membranes. *Carlson Luiz Henrique Castelan, Bolzan Ariovaldo, Machado Ricardo Antonio Francisco.* J. Supercrit. Fluids. 2005. 34, № 2, с. 143–147. Англ.

Экстракция эфирного масла из растительной матрицы с использованием сверхкритических жидкостей является перспективной технологией, которая позволяет возвращать в производственный цикл плотный диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ). В данной работе четыре коммерческие нанопористые мембраны (МБ) и МБ с обратным осмосом были использованы для исследования разделения d-лимонена (I) и сверхкритического

диоксида углерода. Тесты проводили при давлении 12 МПа, трансмембранном давлении 0.5 МПа и t-ре 40°C. Измеряли поток чистого CO<sub>2</sub>, потока I+CO<sub>2</sub> и фактора удерживания I. Наиболее высокий фактор удерживания I составил 0.94.

**33.МБ.143. Ионный перенос в катионообменных мембранах МК-40, модифицированных фосфатом циркония.** Новикова С. А., Володина Е. И., Письменная Н. Д., Вересов А. Г., Стенина И. А., Ярославцев А. Б. *Электрохимия*. 2005. 41, № 10, с. 1205–1211. Библ. 24. Рус.

Осуществлен синтез композиционного мембранного материала на основе катионообменной мембраны МК-40 с введенными частицами кислого фосфата циркония. Показано, что фосфат циркония получается в матрице мембраны в виде небольших аморфных частиц с однородным распределением. Полученная мембрана характеризуется большими величинами проводимости и коэффициентами диффузии катионов и анионов, а также более низкой селективностью по сравнению с исходным аналогом. Показано, что основной причиной этого является увеличение размера пор и каналов, заполняемых в ходе эксперимента раствором электролита.

**33.МБ.144. Физико-химические свойства профилированных гетерогенных ионообменных мембран.** Заболотский В. И., Лоза С. А., Шарафан М. В. *Электрохимия*. 2005. 41, № 10, с. 1185–1192. Библ. 16. Рус.

Найдены оптимальные значения параметров горячего пресования гетерогенных ионообменных мембран МК-40 и МА-40 (температура, давление и время выдержки) с целью создания на их поверхности геометрического профиля. Разработан и обоснован метод оптической визуализации профиля мембран и диффузионный способ диагностики сквозных пор в мембране. Исследованы важнейшие физико-химические и физико-механические характеристики профилированных мембран. Показано, что основным препятствием при получении профилированных катионообменных гетерогенных мембран является капсулирование зерен ионита инертной пленкой полиэтилена, приводящее к росту поверхностного сопротивления мембран и снижению доли их активной поверхности. Профилирование гетерогенных анионообменных мембран сопровождается увеличением микропористости и диффузионной проницаемости.

**33.МБ.145. Конформальное анодное окисление тонких пленок алюминия.** Conformal anodic oxidation of aluminum thin films. Cojocaru Costel Sorin, Padovani Jean Marie, Wade Travis, Mandoli Corrado, Jaskierowicz Gerard, Wegrowe Jean Eric, Fontcuberta i Morral Anna, Pribat Didier. *Nano Lett.* 2005. 5, № 4, с. 675–680. Англ.

Мембранный синтез, также называемый темплатным синтезом, обычно используется для получения монодисперсных наноматериалов. Большинство обычно используемых пористых темплатов представляет собой травленный поликарбонат и пористый анодный оксид алюминия. Предложен новый подход, когда поры синтезировались параллельно поверхности мембраны. Анодное окисление тонкой пленки алюминия проводилось параллельно, а не перпендикулярно поверхности подложки. При низком напряжении (между 3 и 5 В) анодного окисления получены регулярные и упорядоченные ряды пор длиной несколько сотен нанометров при минимальном размере пор 3–4 нм.

**33.МБ.146. Санитарная обработка мембран.** Бредихина О. В., Кузина Ж. И. *Рыб. пром-сть*. 2005, № 4, с. 24–25, 36. Рус.; рез. англ.

Представлены подробные технологические схемы санитарной обработки баромембранного оборудования после очистки отработанных солевых растворов и концентрирования рыбных подпрессовых бульонов. Приводится описание технологи-

ческих операций, выполняемых при санитарной обработке трубчатых фильтров и состава моющих и дезинфицирующих растворов для очистки мембран.

**33.МБ.147. Санитарная обработка мембран после ультрафильтрации рассолов.** Бредихина О. В., Кузина Ж. И., Бредихин С. А. *Перераб. молока*. 2005, № 5, с. 26–27. Рус. Технология санитарной обработки разработана для баромембранного оборудования, предназначенного для ультрафильтрационной обработки рассолов. В основе технологии санитарной обработки после ультрафильтрации рассолов лежит способ регенерации полимерных трубчатых ультрафильтрационных мембран. Контроль качества санитарной обработки баромембранного оборудования после ультрафильтрации рассолов осуществляют в соответствии с действующими нормами санитарной обработки технологического оборудования, установленного на предприятиях. Разработанная технология санитарной обработки мембран после ультрафильтрации рассолов с массовой долей NaCl 12–20% восстанавливает их проницаемость до 90% по сравнению с первоначальной.

**33.МБ.148. Висмут(3+)-селективный мембранный электрод, основанный на органическом ионообменнике.** Bismuth(III)-selective membrane electrode based on inorganic ion exchanger. Sindhu Susheel Kumar, Kumar Pankaj, Agarwal Himanshu, Chandra Sulekh (Department of Chemistry, S. S. V. Post-Graduate College, Harpur-245 101, India). *J. Indian Chem. Soc.* 2005. 82, № 10, с. 875–878. Англ.

Мембранные электроды, основанные на поливинилхлориде, приготовлены из силиката сурьмы(3+) с применением различных пластификаторов (дибутилфталат, диоктилфталат, дибутилбутилфосфонат) и тетрафенилборатанатрия, как медиаторы и 1-хлорнафталина как аниона обменника для Bi<sup>3+</sup> для создания селективных сенсоров. Неорг. ионообменник, основанный на мембранном Э обладает линейным графиком в интервале  $2.0 \times 10^{-6}$ – $1.0 \times 10^{-1}$  моль/дм<sup>3</sup> со шкалой 29,6 мВ/декада. Время отклика 20 сек, используемые рН от 2,0–7,0. Сенсор применен для определения Bi в фармацевтических препаратах.

**33.МБ.149. Оптимизация условий проведения измерений с помощью энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра при возбуждении с помощью высокоэнергетического поляризованного пучка при анализе аэрозольных фильтров.** Optimization of measurement conditions of an energy dispersive X-ray fluorescence spectrometer with high-energy polarized beam excitation for analysis of aerosol filters. Spolnik Z., Belikov K., Van Meel K., Adriaenssens E., De Roeck F., Van Grieken R. (Department of Chemistry, University of Antwerp, Universiteitsplein 1, B-2610 Antwerp, Belgium Z.S., K.B., K.V.M., R.V.G.). *Appl. Spectrosc.* 2005. 59, № 12, с. 1465–1469. Библ. 17. Англ.

Описан новый коммерческий энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный спектрометр с возбуждением при помощи высокоэнергетического поляризованного пучка, адаптированного для быстрого количественного анализа аэрозольных частиц, собранных на мембранных фильтрах – “Epsilon 5” фирмы PANalytical. Проведены исследования по оптимизации рабочих условий, а также по оценке аналитических характеристик прибора.

**33.МБ.150. Ион-селективные жидкие мембраны на подложке, помещенные в условия контроля диффузии в стационарном состоянии.** Ion-selective supported liquid membranes placed under steady-state diffusion control. Tompa Karoly, Birbaum Karin, Malon Adam, Vigassy Tamas, Bakker Eric, Pretsch Erno (Laboratorium fur Organische Chemie, ETH

Honggerberg, CH-8093 Zurich, Switzerland). Anal. Chem.. 2005. 77, № 23, с. 7801–7809. Библ. 44. Англ.

Оценена эффективность эксперим. установки, где ионные потоки между МБ достаточно быстры для того, чтобы достичь стац. состояния в желаемое для анализа время. Процесс осуществляют с использованием жидких МБ на тв. подложке на основе пористых гидрофобных пленок с диаметрами пор 25 мкм. Практич. применение оценивали для случая, когда внутр. раствор м. б. также концентрационно поляризован на внутр. стороне МБ, что противоречит ранней работе, где внутр. сторона сохраняется робастной за счет минимизации существующих потоков. Данная модифицированная установка описана при оценке ее с помощью усовершенствованной модели диффузии для стац. состояния.

**33.МБ.151. Моделирование степени концентрационной поляризации в цилиндрическом канале ультрафильтрационного модуля.** *Агашичев С. П.*. Теор. основы хим. технол.. 2006. 40, № 2, с. 231–232. Рус.

Показано, что увеличение селективности Мб, а также трансмембранного потока способствует возрастанию степени концентрац. поляризации по длине мембранного канала. Предлагаемая модель м. б. использована при создании системной методологии расчета процессов ультра- и микрофильтрации.

**33.МБ.152. Исследование процесса транспорта ионов в ионообменных и биполярных мембранах.** Ionic transport through ion-exchange and bipolar membranes. *Volgin V. M., Davydov A. D.*. J. Membr. Sci.. 2005. 259, № 1–2, с. 110–121. Нидерл.

Описан процесс стационарного и нестационарного многокомпонентного ионного перемещения в ионообменных и биполярных Мб. Изучен вопрос смежных диффузионных слоев. В качестве математической модели были использованы уравнения материального баланса компонентов электролита и уравнение Пуассона. Приведены следующие результаты моделирования ионного перемещения через ионообменные и биполярные Мб и смежные диффузионные слои: распределение концентраций, электрический потенциал, заряд, плотность тока и показатели напряжения мембранных систем.

**33.МБ.153. Разработка метода оценки фильтра для оптимизации процесса мембранного фильтрования.** *Nakamura Kazuho.* Kagaku to kogyo=Sci. and Ind.(Osaka). 2005. 79, № 2, с. 13–20, 10 ил.. Библ. 11. Яп.

Имеются следующие сведения: проблемы мембранного фильтрования, системный анализ процесса мембранного фильтрования, определение характеристик фильтрования опытного фильтра из нетканного материала с использованием компьютерной графики, мониторинг засорения мембран фильтра измерением разности их электрических потенциалов и разности давлений у смежных мембран, оценка мембранного фильтра методом электрических потенциалов.

**33.МБ.154. Малые очистные установки с мембранным фильтрованием.** ASPAL™-Sauerstoff für mehr Leistung bei der biologischen Abwasserbehandlung. Kommunalwirtschaft. 2005, № 9, с. 610, 612. Нем.

Рекламная публикация. Указывается, что в сельской местности как правило отсутствуют централизованные сети канализования и коммунальные очистные сооружения, в то же время требования к качеству очистки СВ возрастают и новые нормы не обеспечиваются с использованием септиков. Представлена модель малой очистной установки с разделением иловой смеси на мембранах для ультрафильтрации, расчетная производительность от 4 до 50 чел. экв. Она выполнена в виде модуля заводской готовности, имеет цилиндрический

бетонный корпус и полностью заглубляется в грунт. Перегородками объем разделен на секции усреднителя (50%), и секции отстойника и реактора (по 25%). В реакторе размещены пневмоаэратор (компрессор вне реактора) и модуль ультрафильтрации, фильтрат отбирается вакуумированием. Сообщается о простоте обслуживания и т. д..

**33.МБ.155. Коллоидальная сборка и функционализация пор в полимерной фольге.** Colloidal assembly and functionalization of pore channels in polymer foils. *Rojas-Chapana J. A., Tributsch H., Fink D., Petrov A.*. J. Porous Mater.. 2005. 12, № 3, с. 215–224. Англ.

Исследовано нанесение керамич. коллоидальных частиц на поры мембран со следами ионов. Водные дисперсии керамич. наночастиц наносят золь-гель способом на ПВ и в поры пористой полимерной фольги без ухудшения эластичности исходной фольги. Для изготовления активных центров на фольгу наносят сочетания  $TiO_2$  и фото-КТ через промежуточные слои Ag и/или  $SiO_2$ , действующие в качестве связующего и барьерного слоя для предотвращения деструкции. Вследствие малого размера пор получаемые субстраты перспективны для изготовления фильтров, упаковки для пищевых продуктов, газоразделительных и ионообменных мембран.

**33.МБ.156. Электрохимические свойства полипропиленовых мембран с поверхностным покрытием, получаемым плазменной полимеризацией акриловой кислоты.** Electrochemical properties of PP membranes with plasma polymer coatings of acrylic acid. *Basarir F., Choi E. Y., Moon S. H., Song K. C., Yoon T. H.*. J. Membr. Sci.. 2005. 260, № 1–2, с. 66–74. Нидерл.

Промышленные ПП-мембраны модифицируют проведением плазменной полимеризацией акриловой кислоты на ПВ в комбинации с обработкой током или кислорода плазмой. Исследовано влияние условий проведения плазменной полимеризации (величина мощности генерируемой плазмы) на химич. стойкость и ионообменную способность получаемых покрытий. Также исследовано влияние условий травления при обработке током или кислорода плазмой. Мембраны охарактеризованы по величинам электрич. сопротивления и проницаемости, методами ИК-спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения с фурье-преобразованием и сканирующей электронной микроскопии.

**33.МБ.157. Органо-неорганические гибридные мембраны для извлечения бензола из водного раствора первапорацией.** Organic-inorganic hybrid membranes for removal of benzene from an aqueous solution by pervaporation. *Ohshima Tadahiro, Matsumoto Moritoshi, Miyata Takashi, Uragami Tadashi.* Macromol. Chem. and Phys.. 2005. 206, № 4, с. 473–483, 14 ил.. Библ. 39. Англ.

Описаны получение органо-неорганич. гибридных мембраны (МБ)(ОНГМ) и их характеристики первапорац. пермеации и сепарации для водн. 0,05%-ного раствора бензола. В исследовании получены ОНГМ по золь-гель реакции тетраэтоксисилана (I) в качестве неорг. компонента с СПЛ метилметакрилата (II) винилтриэтоксисилана (III) и СПЛ бутилметакрилата (IV) и III в качестве орг. компонентов. Когда разб. (0,05%) водн. раствор бензола подвергали пермеации через ОНГМ концентрация бензола в пермеате через все ОНГМ была выше, чем концентрация бензола в питающем растворе. Этот результат демонстрирует, что ОНГМ являются селективными к бензолу для водн. раствора, содержащего разб. бензол. Селективность бензол-вода у гибридной МБ типа СПЛ (IV-III/I) была в 20 раз выше, чем эта селективность у гибридной МБ на основе СПЛ (II-III)/I. Гибридная МБ на основе СПЛ IV и III/I с содержанием 75 мол.% I показала самую высокую бензол-вода

селективность. Бензол-вода селективность гибридных МБ сильно зависела от сшитых структур, образовавшихся по золь-гель реакции III и I.

**33.МБ.158. Наноструктурированные тонкие пленки TiO<sub>2</sub> как пористые поверхности для [адгезии] клеток.** Nanostructured TiO<sub>2</sub> thin films as porous cellular interfaces. *Zuruzi Abu Samah, Butler Blaine C., MacDonald Noel C., Safinya Cyrus R.* Nanotechnology. 2006. 17, № 2, с. 531–535. Англ.

Сообщается использование наноструктурированных (НСТ) тонких пленок TiO<sub>2</sub> в кач-ве пористых поверхностей для адгезии клеток. НСТ пленки и ансамбли с пористой губчатой морфологией были получены путем окисления в водной среде пленок Ti с последующим термич. прокаливанием. Изученные клеточные структуры показали существенно более высокую степень прикрепления клеток мышинного фибробласта на пористом НСТ TiO<sub>2</sub>, чем на пленках диоксида кремния или нитрида кремния. Полученные результаты показали перспективность использования НСТ TiO<sub>2</sub> в кач-ве пористых пленок для адгезии клеток и мембран для биомиметических применений.

**33.МБ.159. Математический анализ аффинной мембранной хроматографии.** Mathematical analysis of affinity membrane chromatography. *Shi Wei, Zhang Fengbao, Zhang Guoliang.* J. Chromatogr. A. 2005. 1081, № 2, с. 156–162. Англ.

Разработана математич. модель, включающая конвекцию, диффузию и адсорбцию Фрейндлиха. Для оценки применимости модели получены аффинные мембраны (МБ) путем нанесения покрытия из хитозана на нейлоновые МБ и лиганды из поли-L-лизина были прикреплены к покрытому хитозаном МБ; исследовано адсорбц. поведение билирубина при прохождении через МБ. Соответствие между теоретич. и эксперим. результатами было прекрасным.

**33.МБ.160. Размер- и заряд-селективный перенос ароматических соединений через полиэлектролитные многослойные мембраны.** Size- and charge-selective transport of aromatic compounds across polyelectrolyte multilayer membranes. *Jin Wanqin, Toutianoush Ali, Tieke Bernd.* Appl. Surface Sci.. 2005. 246, № 4, с. 444–450. Англ.

Исследован перенос различных нейтральных и заряженных ароматических соединений через многослойные полиэлектролитные мембраны (МБ) на основе поли(диаллилдиметиламмоний хлорид)/поли(стиролсульфонат натрия) и поли(аллиламиногидрохлорид)/поли(стиролсульфонат натрия). В качестве р-ренных в-в использовали фенол, гидрохинон, нафталин, пирен, трифенилен, соли щелочных металлов бензолсульфоната, нафталин-2-сульфонат, метилоранж и изомерные дисульфонаты бензола. Для нейтральных соединений найден размер-селективный перенос; перенос контролировался размером пор МБ и размером р-ренного вещества. Для заряженных ароматич. соединений перенос являлся как размер-, так и заряд-селективным.

**33.МБ.161. Многослойные мембраны p-сульфонато-каликс[8]арена и поливиниламина и их использование для селективного обогащения ионов редкоземельных металлов.** Multilayer membranes of p-sulfonato-calix[8]arene and polyvinylamine and their use for selective enrichment of rare earth metal ions. *Toutianoush Ali, El-Hashani Ashraf, Schnepf Judit, Tieke Bernd.* Appl. Surface Sci.. 2005. 246, № 4, с. 430–436. Англ.

С использованием электростатической послойной сборки p-октасульфonato-каликс[8]арена и поливиниламина построены многослойные ансамбли на пористом полимерном тв. носителе. Изучены полученные композитные мембраны (МБ) с ультратонким разделит. слоем относительно их проницаемости для различных солей хлоридов металлов в водном

растворе. МБ были проницаемы для NaCl, но намного менее проницаемы для хлоридов двухвалентных металлов, таких как хлориды магния и цинка; теоретический фактор разделения  $\alpha(\text{NaCl}/\text{MgCl}_2)$  и  $\alpha(\text{NaCl}/\text{ZnCl}_2)$  составлял 43 и 20, соответственно. Хлориды редкоземельных металлов LnCl<sub>3</sub>, где Ln=La, Ce, Pr и Sm и родственный YCl<sub>3</sub>, сильно отделяются от МБ; теоретический фактор разделения составлял для  $\alpha(\text{NaCl}/\text{LaCl}_3)$  и  $\alpha(\text{NaCl}/\text{YCl}_3)$  значения 138 и 160, соответственно. Обсуждается возможная природа селективного переноса ионов в терминах удерживания Доннана высокозаряженных ионов и образования комплексов ионов редкоземельных металлов с единицами p-сульфонато-каликсарена в мембране.

**33.МБ.162. Стеклообразные мембраны для очистки агрессивных газов. Ч. II. Измерения адсорбции и установление коэффициентов диффузии.** Glass membranes for purification of aggressive gases. Pt II. Adsorption measurements and diffusion coefficient estimations. *Lindbrathen Arne, Hagg May-Britt.* J. Membr. Sci.. 2005. 259, № 1–2, с. 154–160. Нидерл.

В Ч. I работы было показано, что поверхностно модифицированная стеклянная мембрана (модифицированная (гептадекафтор-1,1,2,2-тетрагидродецил)диметилхлорсиланом, Pf-C10) является наилучшей в отношении устойчивости, проницаемости и селективности при разделении агрессивных газов. В данной работе рассмотрены газы Cl<sub>2</sub>, HCl, R22 (CHF<sub>2</sub>Cl), He, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub>, Xe, SF<sub>6</sub> и CO<sub>2</sub>. Диапазон температур и давлений составил 30–45°C и 1–4 бар, соответственно (как наиболее интересные в отношении возможных изменений в переносе через поверхность модифицированной мембраны Pf-C10). Найдено, что теплота адсорбции для Cl<sub>2</sub> и HCl сравнима с теплотой конденсации при том же давлении.

**33.МБ.163. Потенциометрическое определение ионов щелочных металлов с помощью электрода поливинилхлоридной мембраны с включением цеолита.** *Guaxu M., Agaiye X., Arvand M., Xeyru A. M.* Электрохимия. 2005. 41, № 12, с. 1447–1453. Библ. 34. Рус.

Описаны электроды для потенциометрических измерений, состоящие из поливинилхлоридной мембраны с включенными в нее частицами цеолита. Получены характеристики отклика электрода на ионы щелочных металлов. Исследованы мембраны из поливинилхлорида, пластифицированные с помощью дибутилфталата, не содержащие липофильных добавок (дополнительный ионообменник). В рабочих растворах с pH 3,0–9,0 отклик электродов на катионы щелочных металлов подчинялся уравнению Нернста в интервале концентраций от  $1,0 \times 10^{-4}$  до  $1,0 \times 10^{-1}$  М с наклоном (57,0±0,9) мВ на декаду; время отклика не превышало 15 с. Определен коэффициент избирательности по отношению к иону цезия (тестовый ион) в присутствии ионов щелочноземельных и некоторых тяжелых металлов, а также иона аммония. Описанные электроды используются для аналитического определения ионных поверхностно-активных веществ.

**33.МБ.164. Влияние параметров процесса на выделение вещества, окрашивающего оттек утфеля первой кристаллизации при переработке сахарной свеклы, методами ультра- и нанофильтрации.** Influence of operating parameters on separation of green syrup colored matter from sugar beet by ultra- and nanofiltration. *Gyura Julianna, Seres Zita, Eszterle Matild.* J. Food Eng.. 2005. 66, № 1, с. 89–96. Англ.

Исследовали возможность очистки утфеля с содержанием сухих веществ 39,2%. Определены оптимальные параметры процессов ультра- и нанофильтрации. Наивысшая эффективность ультрафильтрации с использованием различных мембран обеспечивалась при межмембранном давлении 2,5–4 бар и скорости потока 220–360 л/час. Определена про-



нищаемость мембран для окрашенных компонентов утфеля в различных условиях и эффективность его очистки.

**33.МБ.165. Надежность испытаний мембран с помощью измерительных ячеек.** Reliability of membrane test cell measurements. *Schpolowski T., Jezowska A., Wozny G.*. Desalination. 2006. 189, № 1–3, с. 71–80. Англ.

Измерительные ячейки широко применяются для оценки качества мембран, однако реальное качество больших мембран может существенно отличаться от результатов измерений. Это объясняется тем, что точность измерений определяется мелкомасштабными отличиями свойств мембранных материалов, а качество работы промышленных мембран зависит от средних свойств мембраны на большой площади. Изучалось влияние точности локальных измерений на ошибки в оценке свойств промышленных наномембран площадью 0,5–0,8 м<sup>2</sup>.

**33.МБ.166. Ежегодное заседание DKG в 2005 г.** DKG-Jahrestagung 2005. *Kerbe F.* Keram. Z.. 2006. 58, № 1, с. 18–21. Нем.

10–11 октября 2005 г. в г. Зельб (Германия) состоялось заседание Немецкого керамического общества (DKG) и приуроченный к нему двухдневный симпозиум по керамике. На симпозиуме обсуждались вопросы, связанные с производством в Германии облицовочной, посудной и декоративной керамики; рационализацией, автоматизацией и снижением затрат на производство; изготовлением пористой керамики для фильтрации, в том числе с нанесенными на нее цеолитовыми мембранами; производством огнеупорных материалов для сталелитейной промышленности и т. д.

**33.МБ.167. Мембраны из полых перовскитовых волокон для сепарации кислорода.** Hollow fibre perovskite membranes for oxygen separation. *Schiessel T., Kilgus M., Peter S., Caspary K. J., Wang H., Caro J.* J. Membr. Sci.. 2005. 258, № 1–2, с. 1–4. Нидерл.

Разработаны мембраны из полых перовскитовых волокон состава BaZr<sub>x</sub>Co<sub>y</sub>Fe<sub>2-x-y</sub>O<sub>3-δ</sub> (BCFZ), обеспечивающие поток O<sub>2</sub> 7,6 мл/см<sup>2</sup>×мин при температуре 900°C, что является наибольшим значением из до сих пор известных.

**33.МБ.168. Применение ионообменных мембран в химических источниках тока.** *Тураев Д. Ю.* (Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, Москва). Ж. прикл. химии. 2005. 78, № 10, с. 1643–1647, 2 ил. Библ. 13. Рус.

Предложен хим. источник тока, в котором положительный и отрицательный электроды помещены каждый в свой электролит, позволяющий получить наибольшее абс. значение электродного потенциала каждого из электродов. Приведен расчет ЭДС и макс. теор. уд. энергии кислотнo-щелочно-солевого мембранного аккумулятора системы Zn/PbO<sub>2</sub>.

**33.МБ.169. Синтез и характеристика мембран на основе поливинилового спирта для метанольного топливного элемента прямого действия.** Synthesis and characterization of poly(vinyl alcohol)-based membranes for direct methanol fuel cell. *Smitha B., Sridhar S., Khan A. A.* J. Appl. Polym. Sci.. 2005. 95, № 5, с. 1154–1163, 9 ил. Библ. 20. Англ.

Мембраны (МБ), изготовленные из ПВС и его ионных смесей с альгинатом натрия (I) и хитозаном, синтезированы и охарактеризованы в отношении их ионообменной способности (ИОС) и величин индекса набухания, чтобы исследовать их применимость в метанольных топливных элементах прямого действия (ПМТЭ). МБ оценены в отношении их межмолек. взаимодействий, термостабильности и мех. прочности с помощью ИК-спектроскопии с фурье-преобразованием, методов рентгеновской дифракции, ДСК, ТГА и испытаний на прочность, соотв. Проницаемость для метанола и протонная

проводимость также вычислены и сравнены с таковыми у Nafion 117. Вдобавок к имевшим место эффективным метанольным барьерам, МБ имели достаточно высокую ИОС и термич. и мех. стабильности. Добавление небольших количеств анионного полимера особенно способствовало значит. понижению проницаемости для метанола от 8,1×10<sup>-8</sup> см<sup>2</sup>/с для ПВС до 6,9×10<sup>-8</sup> см<sup>2</sup>/с для смеси ПВС-I, что делало эту смесь более пригодной для ПМТЭ. Низкая проницаемость для этанола, отличные физико-мех. свойства и, более всего, экономичность могут сделать использование этих смесей в ПМТЭ всецело притягательным.

**33.МБ.170. Получение гидрофильной поливинилбутиральной полуволоконной мембраны через термически индуцированную фазовую сепарацию.** Preparation of hydrophilic poly(vinyl butyral) hollow fiber membrane via thermally induced phase separation. *Fu Xunhao, Matsuyama Hideto, Teramoto Masaaki, Nagai Hideki.* Separ. and Purif. Technol.. 2005. 45, № 3, с. 200–207, 9 ил. Библ. 23. Англ.

Гидрофильные микропористые полуволоконные мембраны (МБ) получены через термически индуцированную фазовую сепарацию (ТИФС). Поливинилбутираль (ПВБ) и три вида полуэтиленгликоля (ПЭГ) с молек. массой 200, 400 и 600 использованы в качестве полимера и разбавителей. Во всех случаях имела место фазовая сепарация типа жидкость-жидкость; получены асимм. пористые структуры с более мелкими порами на внешней ПВ. Свойства МБ, такие как размер пор, водопроницаемость, задерживание солюта и интенсивность, исследованы путем изменения молек. массы ПЭГ, концентрации ПВБ, состава ванны и ширина воздушного зазора. Более низкая молек. масса ПЭГ, более высокая концентрация ПЭГ в ванне и более короткая ширина воздушного зазора приводили в результате к более высокой водопроницаемости, более низкой способности к задерживанию солюта и более низкой мех. прочности.

**33.МБ.171. Применение жидких мембран на подложке, содержащих метилхолат в циклогексане, для транспорта сахаров с помощью носителя.** Application of supported liquid membranes containing methyl cholate in cyclohexane for the carrier-mediated transport of sugars. *Hassoune H., Rhlalou T., Abdellah Frouji M., Chappey C., Verchere F.* Desalination. 2006. 189, № 1–3, с. 31–42. Англ.

Была приготовлена жидкая мембрана на подложке, содержащая эфиры желчных кислот в циклогексане, как носителей для ускоренного переноса сахаров. Мембрана состоит из микропористой подложки (поливинилидендифторид), пропитанной раствором носителя. Изучен транспорт различных сахаров.

**33.МБ.172. Сравнение новой полисульфонной мембраны GR70PE с другими коммерческими мембранами при концентрировании белков – долговременные испытания.** Comparison of new polysulfone membrane GR70PE with other commercial membranes for concentration of proteins – long-term field test. *Helm G. S., Wei J., Corner-Walker N.* Desalination. 2006. 191, № 1–3, с. 328–333. Англ.

Проведены исследования по применению новой полисульфонной мембраны GR70PI для концентрирования сывроточных белков. Химизм и структура мембраны оптимизированы для сведения к минимуму засорения мембраны, обеспечения высокая степень удерживания макромолекул (напр., белков) и высокой степени пропускания (через мембрану) небольших молекул (лактозы, органических кислот и минералов). Проведены длительные испытания (до 300 дней) для сравнения полисульфонной мембраны и двух мембран от других производителей, обычно используемых для концентрирования сыворо-

точных белков. Приведены результаты применения GR70PE для концентрирования желатина.

**33.МБ.173. Деятельность компании Hydro.** Hydro upgraders Rafnes plant. Eur. Chem. News. 2005. 83, № 2161, с. 8. Англ.

Сообщено, что фирма Hydro Polymers, специализирующаяся в производстве нефтехимич. продуктов и являющаяся дочерним предприятием компании Norsk Hydro, планирует осуществить инвестиции в уже эксплуатируемое в Катаре предприятие. Фирма Hydro Polymers предусматривает создать производство на этом предприятии  $Cl_2$ , каустической соды и др. продуктов. Отмечено, что компания Norsk Hydro осуществляет также выпуск на своем новом предприятии в Норвегии  $Cl_2$  в объеме 130000 т/г и каустической соды в количестве 150000 т/г. Это производство будет использовать новую мембранную технологию, взамен традиционных методов получения  $Cl_2$  и каустической соды электролизом. Несмотря на увеличение производства указанных видов токсичных химич. соединений, обеспечивается сохранение общей эмиссии в окружающую среду на постоянном уровне.

**33.МБ.174. Мембранная технология для обессоливания воды.** Membrane technology enhancements make water more affordable at world's largest desalination plant. Chem. Eng.(USA). 2005. 112, № 12, с. 15. Англ.

Сообщается, что в Израиле эксплуатируется крупнейшая в мире станция обессоливания морской воды, которая имеет производительность 330000 м<sup>3</sup>/сут, содержит 40000 модулей обратного осмоса спирального типа. Материалы мембран выбраны таким образом, что обеспечивается возможность фильтрования при пониженных давлениях, в результате себестоимость опресненной воды составляет только 0,52 долл. США/м<sup>3</sup>, что существенно ниже, чем для традиционных схем обратного осмоса. Известно, что мембраны для обратного осмоса практически не задерживают бор, в данном случае применена дополнительная схема, устраняющая данный недостаток, что приводит к увеличению себестоимости на 0,05 долл./м<sup>3</sup>.

**33.МБ.175. Очистка сточных вод от переработки молока.** Limiting flux in skimmed milk ultrafiltration: impact of electrostatic repulsion due to casein micelles. Rabiller-Baudry Murielle, Gesan-Guizhou Genevieve, Roldan-Calbo Daniel, Beaulieu Sylvain, Michel Françoise. Desalination. 2005. 175, № 1, с. 49–59. Англ.

Сообщается, что при переработке молока происходило образование СВ, которые выделялись на стадии обезжиривания, очистка этих СВ производилась в процессе ультрафильтрации, при этом поверхности мембран подвергались быстрому обрастанию. В ходе исследований установлено, что это объясняется присутствием в СВ частиц казеина, они образовывали мицеллярные структуры, которые фиксировались на поверхности мембран. Также установлено, что скорость образования мицелл увеличивалась с ростом величины дзета-потенциала, для снижения которой величина рН должна находится в пределах от 5,6 до 6,7, увеличение длительности фильтроцикла обеспечивалось также с применением режима перекрестноточного фильтрования.

**33.МБ.176. Обеспечение скорости фильтрования в мембранном биореакторе с использованием различных методов.** Critical flux aspect of air sparging and backflushing on membrane bioreactors. Psoch C., Schiewer S.. Desalination. 2005. 175, № 1, с. 61–71. Англ.

Указывается, что применение мембранных биореакторов позволяет обеспечить высокое качество биоочистки СВ, проблемой является образование отложений на мембранах, при этом скорость фильтрования снижается до значений ниже критических, при которых применение метода стано-

вится неэффективным. В экспериментах процессы обрастания мембран и способы их регенерации исследовались в пилотном эксперименте, емкость реактора 70 л, для предотвращения образования отложений поверхности погружных мембран обрабатывались двумя способами, в одном варианте мембраны промывались потоком воды, в другом под ним размещались пневмоаэраторы. Установлено, что наибольший эффект может быть обеспечен при комбинации обоих методов при оптимизации расходов воды/воздуха, другим условием является фильтрование при невысоких трансмембранных давлениях (в приводимом примере 38 кПа), при этом скорость фильтрования может быть увеличена на 40%.

**33.МБ.177. Синтез, транспортные и ионофорные свойства  $\alpha,\omega$ -дифосфорилированных азаподандов.** III. Жидкостные ионселективные электроды на основе фосфорилированных азаподандов. Черкасов Р. А., Нуризаданова Г. Х., Гарифзянов А. Р. (Химический институт имени А. М. Бутлерова Казанского государственного университета Россия, 420008, Казань, ул. Кремлевская, 18). Ж. общ. химии. 2006. 76, № 2, с. 215–218. Рус.

Синтезированы азаподанды с концевыми  $\alpha$ -аминометилфосфиноксидными группами, которые использованы в качестве электродноактивных агентов в жидкостных мембранных ионселективных электродах. На основе N,N-бис[ди(н-гексил)фосфорилметил]пиперазина изготовлен ряд жидкостных мембранных электродов, чувствительных к катионам  $Cu^{2+}$  и  $Hg^{2+}$ . Электроды, содержащие в качестве ионофора комплексы меди с азаподандами, проявляют анионную функцию по отношению к липофильным анионам. С помощью ртутькомплекса иодидселективного электрода было осуществлено потенциометрическое и argentометрическое определение иодид-ионов.

**33.МБ.178. Восстановление Sb(V) с использованием содержащих лиганды пористых трубчатых мембран, полученных привитой полимеризацией в условиях облучения.** Recovery of Sb(V) using a functional-ligand-containing porous hollow-fiber membrane prepared by radiation-induced graft polymerization. Kawakita Hidetaka, Uezu Kazuya, Tsuneda Satoshi, Saito Kyoichi, Tamada Masao, Sugo Takanobu. Hydrometallurgy. 2006. 81, № 3–4, с. 190–196, 5 ил.. Библ. 15. Англ.

Выполнены исследования и рассмотрены процессы, протекающие при выделении пентавалентной сурьмы из раствора с использованием пористых полупроницаемых мембран, содержащих лиганд. Представлена методика изготовления таких мембран с применением процесса радиационной привитой сополимеризации эпоксидных групп, содержащих мономер глицидилметакрилата. Указанный материал был нанесен на поверхность субстрата, выполненного из пористого полиэтилена в форме пустотелых трубок. При протекании сополимеризации осуществлялся процесс конверсии эпоксидных групп с образованием N-метилглюкоаминовых групп. Показано, что оптимальными условиями выделения пентавалентной сурьмы из растворов с применением таких мембран достигаются при уровне водородного показателя рН 3. При этом количество адсорбированной сурьмы составляло 130 г в пересчете на грамм мембраны. Отмечено, что такие мембраны м. б. регенерированы и многократно использованы в процессах рассматриваемого класса.

**33.МБ.179. Экспериментальное и теоретическое моделирование глубокой деионизации воды электродиализом с ионообменными мембранами.** Физико-химические основы новейших технологий XXI века: Международная конференция, посвященная 60-летию создания Института физической

химии Российской академии наук, Москва, 30 мая–4 июня, 2005: Сборник тезисов. Т. 1. Ч. 2. Шапошник В. А., Васильева В. И., Григорчук О. В. М.: Граница. 2005, с. 210. Рус.

Электродиализ с ионообменными мембранами является наиболее экономичным и экологичным методом опреснения природных солоноватых вод, получения ультрачистой воды, разделения электролитов и неэлектролитов. Для предотвращения осадкообразования на мембранах процесс обычно ограничивается областью предельных диффузионных токов. Для этого режима были построены математические модели.

**33.МБ.180. Металл-полимерные нанокмозиты на основе пористого полиэтилена.** Труды 9 Международной научно-технической конференции “Композиты – в народное хозяйство” (“Композиты-2005”), Барнаул, нояб., 2005. *Изаак Т. И., Бабкина О. В., Ельяшевич Г. К.* Барнаул. Изд-во АлтГТУ. 2005, с. 7–8. Рус.

Исследованы процессы восстановления ионов никеля в пористых полиэтиленовых мембранах (МБ), сформированных в процессе экструзии расплава с последующим отжигом, одноосным растяжением и термофиксацией. Они содержат сквозные поры размером 100–200 нм. Показано, что при внесении пористого ПЭ, предварительно выдержанного в растворе солей никеля, в раствор восстановителя (борогидрид натрия) протекают следующие процессы: диффузия восстановителя в поры, диффузия ионов никеля по направлению к фронту реакции, реакция восстановления никеля, зарождение, рост и адсорбция на поверхности МБ наночастиц никеля, гидролиз борогидрида в растворе и в порах, зарождение, рост и выделение пузырьков водорода. Установлено, что зарождение наночастиц никеля в порах гидрофобной полиэтиленовой МБ протекает по гомогенному механизму. В дальнейшем частицы либо адсорбируются на стенках пор, либо выносятся к поверхности МБ потоком водорода, выделяющегося при гидролизе восстановителя.

**33.МБ.181. Взаимосвязь между архитектурой амфифильных сополимеров и их воздействием на динамические свойства липидных мембран.** Структура и динамика молекулярных систем: Сборник статей 12 Всероссийской конференции “Яльчик-2005”, [Яльчик, 27 июня–2 июля, 2005]. Вып. 12. Ч. 2. *Павлов Д. Н., Мелик-Нубаров Н. С., Йошкар-Ола и др.* Изд-во МарГТУ и др.. 2005, с. 88–91, 2 ил., табл. 1 ил. Библ. 3. Рус.

Исследован вопрос о взаимосвязи архитектуры полимерной макромолекулы и ее способности возмущать модельные биологич. мембраны. Для усиления воздействия полимеров на мембрану предложено объединить несколько молекул проксанола в одной цепи. Для этого двухблочный проксанол РРЕ, содержащий единственную гидроксильную группу на гидрофильном конце полимерной цепи, модифицировали метакрилоилхлоридом. Полученный макрономер полимеризовали в растворе по радикальному механизму. Выход полимеризации составил около 10%. Конечный продукт очищали с помощью гель-проникающей хроматографии, используя в качестве элюента этанол. Влияние полимеров на динамич. свойства липидных мембран может проявляться в (1) изменении скорости трансмембранной диффузии незаряженных соединений, (2) образовании пор, проницаемых для заряженных веществ, и (3) ускорении трансмембранной миграции липидов. Поэтому для сравнения способности полимеров воздействовать на свойства бислоя, исследованы их воздействия на эти процессы в липосомальных мембранах.

**33.МБ.182. Влияние температуры исходной смеси на общую производительность мембран “ПОЛАР-2” и “МДК-П”.** 18 Международная научная конференция “Математичес-

кие методы в технике и технологиях” (ММТТ-18), Казань, 31 мая–2 июня, 2005: Сборник трудов. Т. 4. Секц. 4, 9. *Бурлинов А. Н., Баранова Е. Ю., Трифонов С. А., Муштаев В. И.* Казань. Изд-во Казан. гос. технол. ун-та. 2005, с. 58–59. Рус.

Исследован процесс разделения первапорацией смеси этанол-вода с концентрацией этанола 95% об на отечественных МБ “Поляр-2” и “МДК-П” серийного производства ЗАО “Владипор”. Получены зависимости общей производительности от температуры исходной смеси. В ходе эксперимента изменялась температура исходной смеси в диапазоне 30–50°C. На представленных графиках видно, что с ростом температуры производительность возрастает. Для разделения смеси этанол-вода с концентрацией этанола 95% целесообразнее использовать МБ “МДК-П”.

**33.МБ.183. Разработка и применение стабильных источников микропотоков газов и паров СИМПП “Микрогаз” и динамических установок “Микрогаз-Ф”.** Теория и практика хроматографии. Применение в нефтехимии: Всероссийская конференция, Самара, 3–8 июля, 2005: Сборник тезисов. *Баскин З. Л., Лаптев А. Л., Лавринов А. А., Васильева О. Г.* Самара. Универс-групп. 2005, с. 164–165. Рус.

СИМПП “Микрогаз” – это газопроницаемые диффузионные мембраны различных конструкций из фторопластов 4,4Д, 4МБ, 4ОЛД, 3М и др. Рассмотрены особенности конструкций СИМПП “Микрогаз”. СИМПП “Микрогаз” более 70 веществ сертифицированы ГОССТАНДАРТОМ РФ. Ампулы из фторопласта-4МБ для СИМПП “Микрогаз” выпускаются КЧХК по ТУ-95-765-80. В установках “МИКРОГАЗ” были применены известные методы приготовления ПГС путем смешивания газовых потоков, диффузионного дозирования и экспоненциального разбавления анализируемых веществ.

**33.МБ.184. Extraction of uranium in a pseudo liquid membrane device by means of an organic solvent based on tributyl phosphate.** International Solvent Extraction Conference (ISEC'05), Beijing, 19–23 Sept., 2005. *Safulina Alfia M., Kostanian Artak E., Tananaev Ivan G., Myasoedov Boris F.* Beijing. Chin. Acad. J. Electron. J. Publ. House. 2005, с. 1491–1495. Библ. 14. Англ.

Экстракция урана с органическим растворителем на основе трибутилфосфата и разделение урана и тория исследованы на установке с использованием псевдо-жидкой мембраны.

**33.МБ.185. Применение фильтрата мембранных камерных фильтр-прессов для приготовления рабочего раствора флокулянта.** Технологии очистки воды “ТЕХНОВОД-2005”: Материалы 2 Международной научно-практической конференции, посвященной 1000-летию Казани, Казань, 4–6 окт., 2005. *Никольский А. А., Новиков С. В., Гончарова С. И.; Дор.-трансп. ин-т Рост. гос. строит. ун-та.* Казань. 2005, с. 153–154. Рус.

Фильтрат от обезжелезивания осадков сточных вод на мембранных камерных фильтр-прессов использовали для приготовления рабочего раствора флокулянта. Проведенные лабораторные испытания показали возможность использования фильтрата для разбавления концентрированного маточного раствора, полиакриламидного флокулянта “Праестол 655 ВС”.

**33.МБ.186. Совмещение процессов мембранного и экстракционного разделения жидких смесей.** Наука, техника и технология в XXI века (НТТ-2005): Материалы 2 Всероссийской научно-технической конференции, Нальчик, 29–30 сент., 2005. Ч. 1. *Гукасян А. В., Кошевой Е. П., Косачев В. С., Рубан В. С., Сухина М. И.* Нальчик. Изд-во Кабард.-Балк. гос. ун-та. 2005, с. 196. Рус.

Процесс экстракции включает в себя две стадии – смешения и разделения фаз, на которые расходуется значительное коли-

чество энергии и материальных ресурсов. При помощи мембранных технологий удается практически осуществить весь диапазон технических процессов разделения. Современные мембранные процессы служат основой создания безотходных технологий и отличаются высокой селективностью и низкими энергозатратами. От других процессов разделения с межфазным переносом вещества мембранные процессы отличает наличие перегородки (мембраны), отделяющей в пространстве фазы, участвующие в процессе массообмена. Главным недостатком процессов мембранного разделения является необходимость использовать большие поверхности мембраны, так как в последней преобладают весьма медленные процессы молекулярного переноса массы. При совмещении процессов мембранного разделения и экстракции уменьшаются недостатки данных процессов в отдельности, а именно нет необходимости в стадии выделения экстрагента из рафината, так как за счет перегородки нет перехода растворителя в эту фазу, а процессы молекулярного переноса массы через мембрану в присутствии растворителя улучшаются.

**33.МБ.187. Очистка и переработка сточных вод гальванического производства.** Халдеев Г. В., Кичигин В. И., Зубарева Г. И.. Пермь. Изд-во Перм. гос. ун-та. 2005, 125 с., ил.. Библ. 41. Рус.

В учебном пособии рассмотрены два подхода к решению экологических проблем в гальванотехнике – очистка (обезвреживание) стоков гальванического производства от ионов тяжелых металлов и создание малоотходного гальванического производства. Описаны химические и физико-химические методы очистки кислотного-щелочных, хром- и цианидсодержащих сточных вод. Большое внимание уделено флотационному методу. Дано подробное описание методов регенерации электролитов и рекуперации металлов (ионный обмен, мембранные методы, выпаривание, электролиз и др.). Обсуждается применение этих методов для создания малоотходных процессов никелирования, хромирования, меднения, цинкования. Кратко описаны процессы регенерации растворов обезжиривания, травления и пассивирования.

**33.МБ.188Д. Проницаемость аммиака через полимерные газоразделительные мембраны.** канд. хим. наук. Воротицын И. В.. Нижегород. гос. техн. ун-т, Нижний Новгород, 2006, 23 с., ил.. Библ. 23. Рус.

**33.МБ.189Д. Влияние аномалии вязкости растворов на процесс ультрафильтрации в щелевом канале.** канд. техн. наук. Лутфуллина Г. Н.. Казан. гос. технол. ун-т, Казань, 2005, 16 с., ил.. Библ. 11. Рус.

Исследован процесс ультрафильтрации раствора с заданной концентрацией полимера на входе в плоский канал с пористыми стенками постоянной проницаемости. В качестве реологической модели жидкости принята модель обобщенной ньютоновской жидкости, предсказывающей аномалию вязкости. При записи условия возникновения гель-слоя учтено влияние эффекта обратного осмоса на распределение концентрации полимера вблизи поверхности мембраны. Получен предельный поток фильтрата через поверхность мембраны, что соответствует результатам Михозлса. Произведен расчет скоростей и концентраций при течении степенной жидкости в канале мембранного аппарата. Результаты представлены в виде контурных графиков. На основании математического моделирования получено, что учет аномалии вязкости предсказывает перестройку течения в канале мембранного аппарата. Данное обстоятельство приводит к перераспределению поля концентрации полимера. Показано, что в отсутствие давления осмоса концентрация полимера линейно растет. При этом даже незначительное присутствие давления осмоса су-

щественно ограничивает рост концентрации полимера. Учет аномалии вязкости раствора предсказывает увеличение в несколько раз концентрации полимера вблизи стенки мембраны. Это означает, что мембрана работает при больших концентрациях, чем предсказывалось реологическим соотношением ньютоновской вязкой жидкости. Аномалия вязкости приводит к некоторому росту пограничного концентрационного слоя, что соответствует более полному вовлечению области течения раствора в процесс ультрафильтрации.

## Патенты

**33.МБ.190П. Способ и устройство для очистки сточных вод.** Verfahren zur Aufbereitung von Abwasser: Заявка 1547977 ЕПВ, МПК <sup>7</sup> С 02 F 1/02, С 02 F 9/00. Ford Global Technologies, LLC, A subsidiary of Ford Motor Co.. Rick Manfred. №03104877.0; Заявл. 22.12.2003; Оpubл. 29.06.2005. Нем.

Способ предназначен для очистки промышленных СВ, которые содержат как биоразлагаемые компоненты, так и суспендированную твердую фазу. Вначале СВ поступают в схему биоочистки производного типа, далее следует блок обеззараживания, которое осуществляется термическим методом при температуре 70–90°C, обеззараживание производится при перемешивании для поддержания суспензии во взвешенном состоянии. Осветление производится на тонкослойном модуле, твердая фаза выводится из бункера, а осветленные СВ передаются на мембранный фильтр. Фильтрат выводится из системы, а концентрат по контуру рециркуляции возвращается в тонкослойный модуль, при этом часть концентрата по другому контуру рециркуляции поступает в ступень биоочистки.

**33.МБ.191П. Способ получения гидрооксидов металлов, особенно LiOH.** Verfahren zur Herstellung von Metallhydroxiden, insbesondere Lithiumhydroxid: Заявка 102004012334 Германия, МПК <sup>7</sup> С 25 В 1/16. BASF AG. Thate Sven, Putter Hermann. №102004012334.9; Заявл. 11.03.2004; Оpubл. 22.09.2005. Нем.

Для получения моногидрата LiOH с растворимостью >10 г на 100 г. воды из плохорастворимого Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (≤5 г/100 г воды) предложено использовать электродиализную ячейку, состоящую из анодного и катодного пространств, разделенных биполярной мембраной (МБ) и МБ, проницаемой для катионов (около катодного пространства). Раствор Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> по максимуму растворимости (но без осадка) протекает в пространстве между обеими МБ и в результате циркуляции проходит через емкость, где присутствует тв. Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. В ней происходит дорастворение Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. В результате электролиза в катодном пространстве образуется раствор моногидрата LiOH в количестве 6–10 г/100 г. воды. Способ более экономичен, чем известные, поскольку при испарении воды с целью получения безводного LiOH×H<sub>2</sub>O затрачивается в 2 раза меньше энергии и при этом практически не возникает СО<sub>2</sub>. Расход энергии – 4 кВт×на 1 кг LiOH×H<sub>2</sub>O, производительность 1 кг LiOH×H<sub>2</sub>O/м<sup>2</sup>×ч.

**33.МБ.192П. Очистка углеводов с использованием ультрафильтрации, обратного осмоса и нанофильтрации.** Carbohydrate purification using ultrafiltration, reverse osmosis and nanofiltration: Пат. 6936173 США, МПК <sup>7</sup> В 01 D 61/00. Neose Technologies, Inc., DeFrees Shawn. №10/104609; Заявл. 22.03.2002; Оpubл. 30.08.2005; НПК 210/653. Англ.

Патентуют способ очистки углеводов, включая олигосахариды, нуклеотидные сахара, гликолипиды, от примесей путем нанофильтрации или использования обратных осмотических мембран при рН=1–7 в течение времени, достаточного

для того, чтобы примеси прошли через мембраны. Примесями являются непрореагировавшие сахара, неорганические ионы, фосфаты, протеины.

**33.МБ.193П. Способ электрохимического получения нитрата серебра и гидроксида:** Пат. 2252979 Россия, МПК<sup>7</sup> С 25 В 1/00, 1/16. Пензен. Гос. Ун-т. *Виноградов С. Н., Таранцев К. В., Кузнецов А. Г.*. №2004109404/15; Заявл. 29.03.2004; Оpubл. 27.05.2005. Рус.

Способ одновременного эл-хим. получения нитрата серебра и гидроксида натрия заключается в электролизе водного раствора соли щелочного металла в камерном электролизере катионообменной мембраной с получением гидроксида натрия в катодной камере и при подаче в катодную камеру воды. Способ отличается тем, что электролиз ведут в трехкамерном электролизере с серебряным анодом, с подачей в анодную камеру воды, подкисленной азотной кислотой, а в среднюю камеру – раствора нитрата натрия. При этом в анализе поддерживают рН в пределах 2–2,5. В качестве разделит. перегородки катодной и средней камер используют катионообменную мембрану МК-40, а в качестве разделит. перегородки средней и анодной камер – анионообменную мембрану МА-40.

**33.МБ.194П. Метод определения концентрации газа в жидкости.** Method for determining the concentration of gas in a liquid: Пат. 6974705 США, МПК<sup>7</sup> G 01 N 1/22. Datalog Technology Inc., Brumboiu A., Norquay D.. №09/519741; Заявл. 06.03.2000; Оpubл. 13.12.2005; НПК 436/181. Англ.

Описан метод определения концентрации газов в жидких средах, основанный на использовании проницаемой для газа мембраны, помещенной в специальную измерительную ячейку. Он предусматривает использование факторов коррекции, позволяющих определять истинную концентрацию газов, включающую газы, растворенные в жидкости, и газы, выделяющиеся из нее в виде пузырьков. Изобретение касается методов получения указанных факторов коррекции и их использования при проведении измерений.

**33.МБ.195П. Отключающиеся сепараторы с улучшенными свойствами.** Shutdown separators with improved properties: Пат. 6949315 США, МПК<sup>7</sup> N 01 M 2/16. Samii Gariin, Samii Abbas M., Veno Dave C.. №10/709545; Заявл. 12.05.2004; Оpubл. 27.09.2005; НПК 429/251. Англ.

Микропористая ПО-мембрана сепаратора батареи имеет очень высокую пористость, стойкость к пробою, очень низкую усадку и температуру отключения (130–140°), монолитность расплава >165°. Мембрану изготавливают из ПЭ со сверхвысоким молек. весом (> 1000000) и инертного наполнителя (TiO<sub>2</sub> со средн. разм. частиц 0,001–1 мкм). Второй микропористый ПО-сепаратор имеет температуру выключения 95–110° и монолитность расплава >165°. Его изготавливают из ПЭ со сверхвысоким (≥1×10<sup>6</sup>) молек. весом, ПЭ с низким молек. (≤4500) весом и инертного наполнителя. Обе мембраны имеют толщ. 5–75 мкм, пористость 30–95%, воздухопроницаемость 1–200 с/10 см<sup>3</sup>, средн. диам. пор 0,001–1 мкм и стойкость к проколу >300 Г/25 мкм. ПВ мембраны обрабатывают смачивающим и гидрофильным агентом прививки.

**33.МБ.196П. Материалы с гидрофильной смешанной матрицей, обладающие обратимыми водопоглощающими свойствами.** Hydrophilic mixed matrix materials having reversible water absorbing properties: Пат. 6881364 США, МПК<sup>7</sup> В 29 С 67/20, В 29 С 71/00. U. S. Environmental Protection Agency, Vane Leland Morris, Ponangi Ravi Prasad. №10/145383; Заявл. 15.05.2002; Оpubл. 19.04.2005; НПК 264/41. Англ.

Способ изготовления гомог. мембраны (МБ) для первапорации или пермеации пара включает: получение литьевого раствора на основе гидрофильного полимера, содержащего водн. раствор полимера, сшивающий агент и неорг. оксид; полив полученного раствора на нейтр. временную подложку; нагревание слоя раствора при температуре 80–180° в течение 1–60 мин, отделение МБ от временной подложки. Литьевой раствор на основе гидрофильного полимера содержит 5–10% раствора ПВС, а компонент типа неорг. оксида содержит диоксид кремния. При получении раствора используют дополни. нагревание литьевого раствора в течение 1–5 ч, охлаждение раствора до 25°, растворение сшивающего агента в охлажденном растворе, добавление наноразмерных частиц диоксида кремния, затем встряхивание смеси; выдержку смеси в покое 1–4 дня при 25°.

**33.МБ.197П. Способ и устройство для дегазации воды на электростанциях.** Liquid degassing system for power plant system layout: Пат. 6955706 США, МПК<sup>7</sup> В 01 D 19/00. Dominion Engineering INC, Robert D. Varrin Jr., Sotaro Kaneda. №10/408781; Заявл. 08.04.2003; Оpubл. 18.10.2005; НПК 95/46. Англ.

Способ предназначен для применения на атомных электростанциях в системах генерирования пара. К качеству воды в этих схемах предъявляются повышенные требования, в частности содержание растворенного кислорода не должно превышать 50 мкг/л. Схема в целом включает генератор пара в виде колонны с объемом 40–125 м<sup>3</sup> и дегазатор (ДГ), вода отбирается из верхней части колонны, насосом подается на ДГ и возвращается в ее нижнюю часть. ДГ включает несколько соединенных параллельно мембранных модулей, они выполнены на базе поволоконных мембран, вода проходит через их каналы, при этом стенки мембран проницаемы для газов и непроницаемы для воды. Схема оснащена анализаторами растворенного кислорода на входе и выходе дегазатора.

**33.МБ.198П. Фильтрующий аппарат и способы отбора нужного количества материала из суспензии образца для осаждения монослоя, анализа или других применений.** Filter apparatus and methods to capture a desired amount of material from a sample suspension for monolayer deposition, analysis or other uses: Пат. 6905594 США, МПК<sup>7</sup> В 01 L 11/00. G6 Science Corp., Ferguson Gary William. №10/269220; Заявл. 11.10.2002; Оpubл. 14.07.2005. Англ.

Новое фильтрующее устройство использовали для отбора материала, который можно использовать для очистки или обогащения различных составляющих образца или наблюдения и анализа отбираемого материала. Материал в виде частиц можно использовать в качестве механизма переноса протеинов или химикатов, которые по очереди должны оценивать или использовать. В аппарате используют датчики для измерения и регулировки давления, остановки или движения контрольного образца. Датчик давления, в основном, контролирует скорость движения суспензии образца через фильтр, обычно реагирует при определенном давлении, связанном с отбором нужного количества материала на фильтре. Отдельный клапан или клапан, соединенный со считыванием давления, обеспечивает средства регулирования течения образца. Обычно давление используют, чтобы вызвать течение суспензии образца через фильтр, предпочтительно мембранный фильтр для осаждения монослоя.

**33.МБ.199П. [Способ и устройство для подготовки питьевой воды].** Method for treating and acitvating sea water and plluted water into drinking water: Пат. 6966995 США, МПК<sup>7</sup> С 02 F 1/465, С 02 F 1/68. Kawano Ichizo, Tanimoto Kayohiko.

№10/297029; Заявл. 31.05.2000; Оpubл. 22.11.2005; НПК 210/748. Англ.

Способ предназначен для подготовки питьевой воды с использованием воды морской или из других источников, при этом помимо очистки вода подвергается так называемой активации. Представленная схема включает 4 ступени. Ступень 1 представляет собой электролизер, в нем удаляются тяжелые металлы, происходит инактивация микрофлоры, деструкция устойчивых загрязнителей; при выделении на электродах микропузырьков газов удаляются взвешенные вещества за счет эффекта флотации и др. Ступень 2 является фильтром; фильтрование производится через слой диатомовой земли. В ступени 3 происходит удаление солей в мембранном процессе. Ступень 4 выполнена также в виде фильтра с загрузкой, например, из руды, содержащей парамагнитные компоненты.

**33.МБ.200П. Способ отделения воды из реакционной смеси с использованием мембраны гидроксидоалита.** Method for the separation of water from a reaction mixture using a hydroxy sodalite membrane: Заявка 1524254 ЕПВ, МПК <sup>7</sup> C 07 C 7/114. Technische Univ.. Jansen Jacobus Cornelis, Kapteijn Frederik, Strous Sander Adriaan. Prins, Adrianus Willem, Mr. Ir. Vereenigde, Nieuwe Parklaan 97 2587 BN Den Haag. №030782874; Заявл. 17.10.2003; Оpubл. 20.04.2005. Англ.

Патентуется процесс проведения химической реакции в реакционной смеси, которая содержит в качестве побочного продукта воду; при этом реакционную смесь вводят в контакт с мембраной гидроксидоалита, при этом вода, получаемая в реакции, удаляется из реакционной смеси. Описанный процесс применим к реакции Фишера-Тропша, реакциям конденсации и дегидратации.

**33.МБ.201П. Получение нанопористых полимерных материалов, полимерные композиции, содержащие наночастицы химических пенообразователей, наночастицы химических пенообразователей и нанопористые полимерные материалы.** Process for producing a nano-porous polymeric material, a polymer composition comprising nanoparticles of a chemical blowing agent, nanoparticles of a chemical blowing agent and a nano-porous polymeric material: Заявка 1541620 ЕПВ, МПК <sup>7</sup> C 08 J 9/06, C 08 J 9/10. DSM IP Assets B. V.. Jahromi Shabab. №03078882.2; Заявл. 12.12.2003; Оpubл. 15.06.2005. Англ.

Нанопористые полимерные материалы изготавливают введением химич. пенообразователей в виде наночастиц в полимерные материалы с их разложением при нагревании до температуры <math><300^\circ</math> с образованием газообразных порообразователей. При проведении процесса в форме таким способом получают мембраны, слоен со свойствами диэлектриков в многослойных материалах, нанопористые противотражающие или изолирующие покрытия, биоразлагаемые сетчатые структуры для тканых конструкций и нанореакторы.

**33.МБ.202П. Устройство для производства микропузырьков определенной величины в процессах флотации, газирования или аэрации жидкостей.** Vorrichtung zur definierten Mikroblaschenzeugung fur Flotationsprozesse, Begasung oder Beluftung von Flussigkeiten: Заявка 102004003033 Германия, МПК <sup>7</sup> B 01 F 3/04, 03 D 1/14. Kurtze Ingolf. №102004003033.2; Заявл. 21.01.2004; Оpubл. 11.08.2005. Нем.

Предлагаемое устройство состоит из одной или многих дисковых мембран (Мб), которые дистанционно укреплены в виде пакета на полом валу. Пакет расположен в шахте или в трубе и к нему через вал подводится газ, который через поры Мб в виде микропузырьков поступает в жидкость, смешивается с ней и выходит из шахты. Расположение мембранного пакета

м. б. горизонтальным или вертикальным, быть различного диаметра, с разной величиной пор, и Мб – м. б. выполнены из разных материалов.

**33.МБ.203П. Ультразвуковой химический реактор:** Пат. 2272670 Россия, МПК <sup>7</sup> B 01 J 19/10, B 06 B 3/00. Гос. образ. учрежд. высш. проф. образ. Алтайск. ГТУ. Хмелев В. Н., Барсуков Р. В., Цыганок С. Н., Лебедев А. Н., Генне Д. В.. №2004117679/15; Заявл. 10.06.2004; Оpubл. 27.03.2006. Рус. Предложен ультразвуковой химич. реактор, содержащий закрепленный в корпусе пьезоэлектрич. преобразователь, выполненный в виде последовательно размещенных и акустически связанных между собой тыльной частотно-понижающей накладкой, кольцевых пьезоэлектрич. элементов и частотно-понижающей концентрирующей накладкой, пьезоэлектрич. элементу и частотно-понижающей концентрирующей накладкой, соединенный и акустически связанный с выступающей из корпуса частью частотно-понижающей концентрирующей накладкой рабочий инструмент, на конце которого имеется рабочее окончание, и технологич. объем с патрубками ввода-вывода обрабатываемых сред, соединенный с корпусом преобразователя и расположенный относительно него так, что выступающая из корпуса часть частотно-понижающей концентрирующей накладкой и рабочий инструмент размещены в корпусе технологич. объема, отличающийся тем, что тыльная частотно-понижающая накладка и кольцевые пьезоэлектрич. элементы размещены на выполненной в виде соединительного стержня части частотно-понижающей концентрирующей накладкой. Размер соединительного стержня выбран таким, что он выступает из тыльной накладкой на длину, соответствующую четверти длины волны ультразвуковых колебаний на рабочей частоте преобразователя. В соединительном стержне и концентрирующей накладке выполнены три канала: центральный сквозной канал, имеющий конусное выходное отверстие в рабочем окончании инструмента, и симметрично относительно него два канала, соединенные одной стороной с закрепленным на соединительном стержне патрубком, а второй имеющие выход на поверхность выступающей из корпуса части концентрирующей накладкой на участке, соответствующем минимуму амплитуды колебаний преобразователя. Корпус технологич. объема выполнен в виде двух последовательно установленных и осесимметрично размещенных объемов, разделенных звукопрозрачной мембраной.

**33.МБ.204П. Электрическое регулирование подачи ионов  $O_2^-$  через кислородпроводящую мембрану.** Elektrische Regelung des Sauerstoffdurchsatzes durch Sauerstoff-Ionen ( $O_2^-$ ) leitende Membrane: Заявка 102004013587 Германия, МПК <sup>7</sup> C 25 B 9/10, C 25 B 1/02. Ajhar George. №102004013587.8; Заявл. 19.03.2004; Оpubл. 06.10.2005. Нем.

Чтобы регулировать подачу ионов  $O_2^-$  через мембрану в твердооксидный высокотемпературный топливный элемент, предложено катодную часть мембраны, контактирующей с воздухом через катализатор, ионизирующий  $O_2$ , соединить с анодной частью мембраны, содержащей катализатор, превращающий  $O_2^-$  в  $O_2$ , через источник тока. Тогда, изменяя ток, протекающий через мембрану можно уменьшить или увеличивать поток  $O_2^-$  и, соотв., его подачу в камеру сгорания. В этом случае на катодной стороне можно воздух не сжимать и не использовать какие-либо установки для получения чистого  $O_2$ .

**33.МБ.205П. Топливный элемент с твердым полимерным электролитом.** Solid polymer type fuel cell: Пат. 6844097 США, МПК <sup>7</sup> H 01 M 8/10. Honda Giken Kogyo KK, Fukuda Kaoru, Asano Yoichi, Kanaoka Nagayuki, Saito Nobuhiro,

Nanaumi Masaaki. №10/089077; Заявл. 13.08.2001; Оpubл. 18.01.2005; Приор. 11.08.2000, №2000–245013(Япония); НПК 429/30. Англ.

Патентуется ТЭ с твердой полимерной электролитной мембраной, имеющий повышенную энергетич. эффективность. Это качество обусловлено структурой ионообменной мембраны, в состав которой входят частицы силикатного вещества. Небольшая толщина мембраны позволяет сблизить катод и анод, в состав которых введены катализаторы. В результате протонная проводимость (ПП) электролита повысилась (ПП>0,05 С/см).

**33.МБ.206П. Способ и устройство для подготовки воды методом мембранного фильтрования.** Procédé de nettoyage de membranes de filtration, et installation pour la mise en oeuvre de ce procédé: Заявка 2867394 Франция, МПК<sup>7</sup> В 01 D 65/02, В 01 D 69/08. DEGREMONT SA. *Bonnelye Veronique, Petry Marc, Colas Frederic.* №0402492; Заявл. 10.03.2004; Оpubл. 16.09.2005. Фр.

Способ предназначен для обработки воды из различных водоисточников с целью удаления взвешенных веществ, водородней и др. Исходная вода подается на мембрану насосом, фильтрат отводится в накопительную емкость. В режиме обратной промывки вода из этой емкости отбирается насосом и передается в мембранный модуль в направлении, обратном направлению фильтрования. Предусмотрена еще одна емкость, в которой могут находиться реагенты, например, средства для обеззараживания или химической обработки мембраны. Насос подает растворы с этими реагентами в линию обратной промывки. В схеме присутствует также воздушный насос, который через управляемый электромагнитный клапан подает на мембрану воздух (со стороны исходной воды) в импульсном режиме, это увеличивает эффективность очистки мембраны при обратной промывке.

**33.МБ.207П. Мезопористый кремнезем, мезопористый кремнеземный композиционный материал и его получение.** Mesoporous silica, mesoporous silica composite material, and processes for production thereof: Пат. 6949293 США, МПК<sup>7</sup> В 32 В 9/04. NGK Insulators, Ltd, Korekazu Ueyama, Nishiyama Norikazu, Egashira Yasuyuki, Ueyama Korekazu. №10/068491; Заявл. 05.02.2002; Оpubл. 27.09.2005; НПК 428/446. Англ.

Мезопористый кремнезем (с однородными порами разм. 1–3 нм и объемом пор 0,5–1 см<sup>3</sup>/г) содержит Si–O–Zr-связи, причем отношение Zr/(Si+Zr) равно 0,05–20 (3–5) мол.%, и обладает очень высокой щелочестойкостью и пригоден в качестве разделит. мембран, носителя КТ в твердо-жидк. высокощел. системах. Кремнезем получают смешением растворов производных Si и Zr [напр., Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub> и тетрапропил-Zr] в присутствии ПАВ (цетилтриметиламмонийбромид), перемешиванием в водн. среде до образования геля, сушкой и прокаливанием. Образцы исследованы малоугловым рассеянием (Θ=2,5°) рентгеновских лучей.

**33.МБ.208П. Получение концентрата полифенолов из маслин в виде побочного продукта, образующегося при экстракции оливкового масла, при использовании мембранного сепаратора.** Obtaining olive polyphenol concentrate from a by-product of olive oil extraction using membrane separation techniques: Заявка 2415136 Великобритания, МПК<sup>7</sup> А 61 К 35/78. Natraceutical S.A. Autovia A-3. *Ibarra Alvin, Zachary Nold Sniderman.* №04136230; Заявл. 17.06.2004; Оpubл. 21.12.2005. Англ.

Предложен способ получения концентрата полифенолов из маслин в виде побочного продукта, образующегося при экстракции оливкового масла, смешиванием побочного продукта с полярным растворителем, экстракцией полифенолов из об-

разующейся смеси, для получения раствора полифенола и экстрагированных твердых веществ, повышением концентрации раствора полифенолов в оливковом масле для ее доведения до >10%, обезжириванием концентрата. В качестве полярного растворителя используют воду, этанол или их смесь. Во время этих операций приводят инактивацию ферментов при удалении O<sub>2</sub> из окружающей среды, где хранится побочный продукт, очистка от кожуры побочного продукта в воде при 75–100°С в течение 5–10 мин, и добавлении реагента, образующего внутрикмоплексные соединения, со средством к ионам Си. Побочными продуктами служат орухо, апельсин, алпеорухо, и маслины в виде частиц. Отношение побочного продукта с пониженной полифенолоксидазной активностью к растворителю составляет от 1:3 до 1,30; экстракцию проводят при ≤85° и при непрерывном перемешивании.

**33.МБ.209П. двухступенчатый мембранный насос (варианты):** Пат. 2267648 Россия, МПК<sup>7</sup> F 04 В 43/04. Васин Владимир Анатольевич. №2004112247/06; Заявл. 22.04.2004; Оpubл. 10.01.2006. Рус.

Изобретение предназначено для использования в вакуумной технике для откачки воздуха или технологических газов, а также в гидро- и пневмосистемах для перекачки жидкой или газообразной среды. Насос содержит полый корпус, состоящий из впускной и выпускной частей, между которыми своей периферийной частью закреплена мембрана. В центральной части мембраны выполнено, по меньшей мере, одно отверстие, перекрываемое промежуточным клапаном, закрепленным на указанной центральной части мембраны. Со стороны впускной части корпуса размещен впускной клапан с электромагнитным приводом, а со стороны выпускной части корпуса размещен выпускной клапан с другим электромагнитным приводом. Промежуточный клапан, являющийся якорем указанных электромагнитных приводов, выполнен с возможностью перемещения вместе с центральной частью мембраны в полости корпуса, а также своего открывания и закрывания под действием указанных электромагнитных приводов. В варианте исполнения насоса может отсутствовать привод выпускного клапана. В этом случае выпускной клапан является простым обратным. Использование изобретения позволит увеличить скорость откачки, создать более высокий вакуум при относительно небольших технологических затратах. Ил. 5.

**33.МБ.210П. Способ изготовления керамического каталитического мембранного реактора с помощью соэкструзии.** Procédé d'élaboration de reacteurs membranaires catalytiques ceramiques par coextrusion: Заявка 2870161 Франция, МПК<sup>7</sup> В 32 В 31/30, С 04 В 35/622. L'air liquide SA pour l'étude et l'exploitation des procedes georges claudes. *Reynaud Christophe, Del Gallo Pascal, Chartier Thierry.* №0405124; Заявл. 12.05.2004; Оpubл. 18.11.2005. Фр.

Получение трубчатой керамич. мембраны, состоящей из двух коаксиальных вдоль оси Х слоев – слоя из материала подложки и слоя из активного материала характеризуется тем, что включает следующие этапы: а) одновременную соэкструзию коаксиально пасты материала подложки со скоростью вдоль оси Х V<sub>s</sub> и пасты активного материала со скоростью вдоль оси Х V<sub>m</sub> при V<sub>s</sub>=V<sub>m</sub>; б) сушку сформованного соэкструдата; в) удаление связующего из сухого соэкструдата; г) обжиг. Предлагается также устройство для осуществления данного процесса.

**33.МБ.211П. Протонопроводящая мембрана и ее применение.** Protonenleitende Membran und deren Verwendung: Заявка 10361932 Германия, МПК<sup>7</sup> В 01 D 7/62. Celanese Ventures GmbH. *Uensal Oemer, Wirth Kathrin, Christ Gunther.* №10361932.1; Заявл. 30.12.2003; Оpubл. 28.07.2005. Нем.



Полимерная мембрана (МБ) на основе полиазолов, получаемая в результате взаимодействия  $\geq 1$  ароматич. тетраамино-соединения с  $\geq 1$  ароматич. карбоновой кислотой или ее эфи-ром, имеющим  $\geq 2$  кислотные группы, или  $\geq 1$  ароматич. и/или гетероароматич. диаминокарбоновых кислот в расплаве при температуре  $< 350^\circ$ ; растворения полученного форполимера в органич. ангидриде фосфоновой кислоты с образованием раствора и/или дисперсии; нагревания этого раствора в инертной атмосфере до температуры  $< 300^\circ$  с образованием растворенного полиазола; формования МБ из раствора полиазола на носителе; обработкой отформованной МБ (прогрев при температуре  $< 150^\circ$  во влажной атмосфере) до приобретения ею достаточной прочности. МБ используют для изготовления электродов ячеек топливных элементов.

**33.МБ.212П. Улучшенный способ разделения масс посредством мембраны.** Verbessertes Verfahren zur Stofftrennung mittels Membranen: Заявка 102004007548 Германия, МПК<sup>7</sup> В 01 D 61/00. BASF AG. *Bitterlich Stefan, VoSS Hartwig*. №102004007548.4; Заявл. 17.02.2004; Опубл. 01.09.2005. Нем.

Предлагается способ разделения химических смесей посредством включения мембранных ступеней. Способ отличается тем, что селективность смеси второй мембранной системы, куда подводится продукт, лежит ниже селективности первой мембранной ступени. Мембранные аппараты в данном случае имеют форму трубчатых, капиллярных, коробчатых или витых модулей. Они образуют как параллельно, так и последовательно включенные аппараты.

## Предметный указатель

### **б-лактоглобулин**

продукт гидролиза; мембраны, наночистота, засорение; пептиды **33.МБ.7**

### **адсорбция**

мембраны; стекло; газы, агрессивные, очистка; диффузия, коэффициент **33.МБ.162**

наночистота; органические соединения, снижение потока; моделирование математическое **33.МБ.102**

### **азаподанды**

фосфорилированные; электродные материалы; электроды, ионселективные жидкостные мембранные, чувствительные к Cu(2+) и Hg(2+) **33.МБ.177**

### **азетропные смеси**

этиловый спирт; вода; разделение, первапоративное; мембраны, пропитанные целлюлозные; хитозаны; поливиниловый спирт **33.МБ.99**

### **азот**

разделение; газы, смеси; мембраны; цеолиты; молекулярной динамики метод; кислород; углерод диоксид **33.МБ.85**  
углерод диоксид, смеси; газы; проницаемость; цеолиты, ZSM-5, использование **33.МБ.81**

### **акриловая кислота**

плазменная полимеризация на поверхности; мембраны полимерные, модифицированные; полипропилен **33.МБ.156**

### **акрилонитрил**

привитой; разделение; уксусная кислота, смеси; вода; первапорация; мембраны; поливиниловый спирт **33.МБ.53**  
стирол; сополимеры; мембраны полимерные; фосфорная кислота; проницаемость, протонов; механические свойства **33.МБ.64**

### **активация**

вода питьевая, получение; вода технология; воды морские, использование **33.МБ.199**

### **алканы**

ди-и моноразветвленные; мембраны, получение; цеолиты, \_b\_; первапорация **33.МБ.71**

### **альгинат\*натрий**

хитозаны, дезацетилованный; топливные элементы, содержащие метанол; мембраны, полиионные комплексы; биополимеры **33.МБ.65**

### **альгинаты**

разложение; мембраны, обрастание; полимеры, экстрацеллюлярные; моделирование математическое **33.МБ.6**

### **алюминий**

Al{3+}; мембраны, Nafion; термические свойства **33.МБ.58**  
окисление анодное, конформальное; пленки металлические, тонкие **33.МБ.145**

### **алюминий оксид**

мембраны, супергидрофобные проводящие пористые; полианилины **33.МБ.60**

### **аммиак**

мембраны полимерные, газоразделительные; проницаемость **33.МБ.188**

### **аммоний**

алкил-, катионы, различной степени замещенности; мембраны, состав, влияние; электроды, ион-селективные, селективность **33.МБ.22**

### **аммоний соединения четвертичные**

основание, использование; мембраны, приготовление **33.МБ.92**

### **амфилилы**

блоксополимерные самоорганизующиеся; мембраны полимерные; нанотрубки; сополимеры блок **33.МБ.9**

### **анионный обмен**

мембраны, органо-неорганические, получение, свойства, получение, свойства; поляризация; дисперсии, водные, характеристики **33.МБ.20**

### **антиферромагнетизм**

РСТА; серебро комплексы, Ag(1+), 3-пирозолил иминонитроксид, пирозол-3, 5-диил бис(иминонитроксид) лиганды, синтез, свойства; кристаллическая структура **33.МБ.158**

### **ароматические соединения**

переноса процесс, размер-, заряд-селективный; полиэлектролиты; мембраны, многослойные **33.МБ.160**

### **азрация**

пузырьки, микро, производство; флотация; газирование; жидкости **33.МБ.202**

### **барий-цирконий-кобальт-ферриты**

BaZr<sub>x</sub>Co<sub>y</sub>Fe<sub>z</sub>O<sub>3-d</sub>; волокна, перовскитные; мембраны; газопроницаемость; кислород **33.МБ.167**

### **белки**

молочная сыворотка; концентрирование; мембраны полимерные, полисульфонная, новая, применение **33.МБ.172**

### **бензол**

водные растворы; первапорация; мембраны, гибридные, органо-неорганические; обзоры, библиография **33.МБ.157**

### **бензол-сульфоновая кислота**

2, 5-диамино-; полимеризация; полиэтиленимины; хлориды, тримезилхлорид; мембраны, мозаичнозаряженные,

изготовление 33.МБ.123

#### биомасса

гидролиз; уксусная кислота; мембраны анионообменные

33.МБ.77

#### биополимеры

топливные элементы, содержащие метанол; мембраны, полиионные комплексы; хитозаны, дезацетилированный; натрий альгинат 33.МБ.65

#### бислон

растянутые, механически; мембраны; зародышеобразование; поры 33.МБ.46

#### бумага

из стекловолокна; мембраны, гибридные неорганические-органические протонпроводящие; носители; стекловолокно 33.МБ.63

#### вакуумная техника

насосы, мембранные, двухступенчатые; насосы, диафрагменные 33.МБ.209

#### ванадий комплексы

полимеры; медь комплексы, оксо, дипиридил лиганд, фосфаты; молибден комплексы; кристаллическая структура, РСТА 33.МБ.110

#### винилацетат

сополимеры; этилен; мембраны полимерные, псевдодвухслойные; проницаемость, газы и воды 33.МБ.34

#### виниловый спирт

пропандиол, 1, 3-; смеси, как разбавители, влияние; мембраны, полуволоконная, получение; сополимеры; этилен; глицерин; обзоры, библиография 29 33.МБ.74

сополимеры, получение, свойства; этилен; мембраны, полуволоконные; глицерин, в охлаждающей ванне, влияние 33.МБ.57

#### висмут определение

$Bi^{3+}$ ; электроды ионоселективные, мембранные; ионный обмен 33.МБ.148

#### вода

азеотропные смеси; этиловый спирт; разделение, первапоративное; мембраны, пропитанные целлюлозные; хитозаны; поливиниловый спирт 33.МБ.99

дегазация; электростанции, атомные 33.МБ.197

капли, удаление; фильтрация; электрофорез, ди-; мембраны; эмульсии, В/М; разделение 33.МБ.19

отделение; мембраны, гидроксидоалит, смеси, реакционные 33.МБ.200

переноса процесс; мембраны; поливиниловый спирт; набухание, влияние 33.МБ.140

смеси; этиловый спирт; разделение; первапорация; пленки; целлофан; мембраны, использование; сорбция, влияние 33.МБ.28

уксусная кислота, смеси; разделение; первапорация; мембраны; акрилонитрил, привитой; поливиниловый спирт 33.МБ.53

электролиз; моделирование, глубокой деионизации, теоретическое, экспериментальное; мембраны, ионообменные 33.МБ.179

#### вода очистка

воды природные; ультрафильтрация, системы, параметры, определение 33.МБ.3

ультрафильтрация; мембраны; водотоки и водоемы, р. Амур 33.МБ.51

#### вода питьевая

получение; вода технология; воды морские, использование; активация 33.МБ.199

#### вода техническая

оборотная, очистка; мясная промышленность; ультрафильтро-

вание; энергия, затраты, расчет 33.МБ.29

#### вода технология

вода питьевая, получение; воды морские, использование; активация 33.МБ.199

обессоливание; мембраны, использование 33.МБ.174

- осмос обратный; мембраны, промывка; гидродинамика

33.МБ.35

оборудование, с улучшенными экономическими характеристиками 33.МБ.37

осадки, образование, защита; мембраны; осмос обратный, установки, антискаланты 33.МБ.113

умягчение; электролизеры; мембраны; керамика; жесткость определение; кальций определение, ионы; магний определение, ионы 33.МБ.24

фильтрация; мембраны, использование 33.МБ.206

#### водород

$H^{+}$ ; поверхности раздела; мембраны ионообменные; растворы, разбавленный; ионы; гидроксиды,  $OH^{-}$ , зависимость скорости генерации от плотности тока 33.МБ.103

в системе вода-водород; изотопы разделение; контактные аппараты, мембранного типа, использование; радиоактивные отходы, очистка, легко-и тяжеловодные, предприятий цикла ядерного топлива, двухтемпературные установки 33.МБ.49

внедрение, транспорт и захват в металлах; электрохимический процесс, адаптация метода электрохимического проникновения 33.МБ.43

газопроницаемость; мембраны, палладиевые составные 33.МБ.135

-- металлокерамические материалы,  $Ni-Ba(Zr[0, 8-x]Ce[x]Y[0, 2])O[3]$  33.МБ.26

водотоки и водоемы

р. Амур; ультрафильтрация; мембраны; вода очистка 33.МБ.51

#### воды морские

использование; вода питьевая, получение; вода технология; активация 33.МБ.199

#### воды морские анализ

окружающая среда анализ; обзоры 33.МБ.2

#### воды природные

вода очистка; ультрафильтрация, системы, параметры, определение 33.МБ.3

#### воды природные анализ

половодье; токсины определение; мембраны, флюидные, этилфосфохолиновые; сенсоры, микро-, полидиметилсилоксановые 33.МБ.88

#### возбуждение

поляризованным пучком; рентгенофлуоресцентный анализ; фильтры анализ, аэрозольные, мембранные, "Epsilon 5" 33.МБ.149

#### волокна

перовскитные; барий-цирконий-кобальт-ферриты,  $BaZr_xCo_yFe_zO[3-d]$ ; мембраны; газопроницаемость; кислород 33.МБ.167

полиэлектrolитное, получение; полиакриловая кислота; поливиниловый спирт 33.МБ.11

полюе; мембраны; углерод диоксид, улавливание; поры, микро; контактные аппараты 33.МБ.52

#### вольфрамовые кислоты\*фосфо-

кремний диоксид; топливные элементы, прямые метанольные; мембраны, композиционные нафийон/ $SiO_2$ /ФВК;нафийон 33.МБ.48

#### восстановление

сурьма,  $Sb^{5+}$ ; мембраны, содержащие лиганд, использование 33.МБ.178

**вязкость**

аномалия, влияние; ультрафильтрация, в щелевом канале

**33.МБ.189**

**газирование**

пузырьки, микро, производство; флотация; аэрация; жидкости

**33.МБ.202**

газопроницаемость

водород; мембраны, палладиевые составные **33.МБ.135**

-- металлокерамические материалы, Ni-Ba(Zr[0, 8-x]Ce[x]Y[0, 2])O[3] **33.МБ.26**

кислород; мембраны; волокна, перовскитные; барий-цирконий-

кобальт-ферриты, BaZr[x]Co[y]Fe[z]O[3-d] **33.МБ.167**

реакция; полиэферы простые; гидроксильная группа; силаны,

производное, 3-изоцианатопротилтриэтоксисилан; мембраны,

гибридные органических-неорганических, получение **33.МБ.100**

**газы**

агрессивные, очистка; мембраны; стекло; адсорбция; диффу-

зия, коэффициент **33.МБ.162**

диффузия; мембраны; силикалит, поликристаллический; спек-

троскопия ЯМР, {1}H, с импульсным градиентом магнитного

поля **33.МБ.32**

мембраны, газопроницаемые, диффузионные, СИМГП "Микро-

газ"; стандартизация **33.МБ.183**

- цеолит/полиметилметакрилатные; разделение **33.МБ.56**

проницаемость; мембраны; целлюлоза, ацетат, содержащие

**33.МБ.36**

- углерод диоксид, смеси; азот; цеолиты, ZSM-5, использование

**33.МБ.81**

разделение; мембраны, гомогенные и композитные, на основе

РРО; морфология **33.МБ.108**

смеси; разделение; мембраны; цеолиты; молекулярной дина-

мики метод; кислород; углерод диоксид; азот **33.МБ.85**

**газы определение**

жидкости анализ; мембраны, проницаемость **33.МБ.194**

**газы отходящие очистка**

органические соединения, летучие, удаление; мембраны полу-

проницаемые, Al[2]O[3]-полидиметилсилоксаны, изготовление,

использование **33.МБ.107**

**гальваническое производство**

сточные воды очистка, переработка; металлы тяжелые, удале-

ние **33.МБ.187**

**гептан**

изомеризация, техническая и экономическая оценка; мембра-

ны, цеолитовая **33.МБ.8**

**гидродинамика**

обессоливание; вода технология; осмос обратный; мембраны,

промывка **33.МБ.35**

**гидроксиды**

ОН{-}; зависимость скорости генерации от плотности тока;

поверхности раздела; мембраны ионообменные; растворы,

разбавленный; ионы; водород, H{+} **33.МБ.103**

**гидроксиды\*металлы**

электролизаторы; электролиз; литий гидроксид, способ

получения **33.МБ.191**

**гидроксильная группа**

полиэферы простые; силаны, производное, 3-изоцианатопротил-

триэтоксисилан; мембраны, гибридные органических-неорганичес-

ких, получение; газопроницаемость, реакция **33.МБ.100**

**гидролиз**

биомасса; уксусная кислота; мембраны анионообменные

**33.МБ.77**

**глицерин**

в охлаждающей ванне, влияние; мембраны, полволоконные; сопо-

лимеры, получение, свойства; этилен; виниловый спирт **33.МБ.57**

мембраны, полволоконная, получение; сополимеры; этилен;

виниловый спирт, смеси, как разбавители, влияние; пропанди-

ол, 1, 3-; обзоры, библиография **29 33.МБ.74**

**глутатион определение**

электроды, мембранные **33.МБ.14**

**графит**

кристаллический, хлопья; мембраны полимерные; поливинило-

вый спирт; проницаемость **33.МБ.137**

**грибы**

S. elegans; фенантрен, детоксикация; калориметрия

**33.МБ.143**

**давление**

влияние; фильтрация, нано-; концентрирование; мальтит, очис-

тка; мембраны, типа G и D **33.МБ.117**

**дегазация**

вода; электростанции, атомные **33.МБ.197**

жидкости, неводные; мембраны, использование **33.МБ.79**

**дегидратация**

изопропилен; мембраны полимерные, получение; полиимиды,

полное волокно **33.МБ.16**

**деформация**

кристаллы, MFI; мембраны; рентгенография; синхротронное

излучение **33.МБ.82**

**динамика**

мембраны; липиды; сополимеры, дифильные, архитектура,

воздействие **33.МБ.181**

**дисперсии**

водные, характеристики; анионный обмен; мембраны, органи-

неорганические, получение, свойства, получение, свойства;

поляризация **33.МБ.20**

**дистилляция**

мембраны; концентрирование; плодоягодные соки, яблочный

**33.МБ.23**

**диффузия**

анализ проблем; мембраны полимерные, механические удли-

ненные; молекулы, малые **33.МБ.31**

в стационарном состоянии; мембраны, ион-селективные, жид-

кие, на подложке **33.МБ.150**

газы; мембраны; силикалит, поликристаллический; спектро-

скопия ЯМР, {1}H, с импульсным градиентом магнитного поля

**33.МБ.32**

коэффициент; мембраны; стекло; газы, агрессивные,

очистка; адсорбция **33.МБ.162**

- протоны; мембраны; сульфоновая кислота, перфтор-, влия-

ние диэлектрического насыщения и ионного экранирования

**33.МБ.70**

метиловый спирт; полиэлектролиты; мембраны; форсунки,

топливные; спектроскопия ЯМР **33.МБ.129**

проницаемость; мембраны, трубчатого типа; натрий сульфат,

растворы водные **33.МБ.104**

**донные отложения**

ил, смеси; разделение; фильтрование; мембраны, использова-

ние **33.МБ.41**

**древесные материалы**

фанеры, производство; сточные воды очистка **33.МБ.109**

**желатин**

пищевые добавки; транспортирование; насосы, новый, разра-

ботка, применение **33.МБ.133**

**желчные кислоты**

МЭ, содержание; мембраны, жидк., на подложке, применение;

сахара; переноса процесс **33.МБ.171**

**жесткость определение**

умягчение; вода технология; электролизеры; мембраны; керамика;

кальций определение, ионы; магний определение, ионы **33.МБ.24**

**жидкости**

неводные; дегазация; мембраны, использование 33.МБ.79  
пузырьки, микро, производство; флотация; газирование; аэрация 33.МБ.202

разделение; мембраны, использование; экстракция 33.МБ.186

**жидкости анализ**

газы определение; мембраны, проницаемость 33.МБ.194

**зародышеобразование**

поры; мембраны; бислои, растянутые, механически 33.МБ.46

**измерительные приборы**

мембраны; контроль качества, надежность испытаний

33.МБ.165

**изомеризация**

техническая и экономическая оценка; гептан; мембраны, цеолитовая 33.МБ.8

**изопропилен**

дегидратация; мембраны полимерные, получение; полиимиды, полое волокно 33.МБ.16

**изотопы разделение**

водород, в системе вода-водород; контактные аппараты, мембранного типа, использование; радиоактивные отходы, очистка, легко-и тяжеловодные, предприятий цикла ядерного топлива, двухтемпературные установки 33.МБ.49

**ил активный**

содержание, контроль; реакторы; мембраны 33.МБ.72

**иммобилизация**

металлы комплексы; катализаторы; реакторы, мембранные;

обзоры, библиография, фильтрация 33.МБ.106

сенсоры, кислотно-основные шестикомпонентные, синтез; целлюлоза, прозрачные мембраны; красители азо, чувствительные; рН и к иону металла 33.МБ.119

**инверсия**

фаз; мембраны полимерные, поливинилиденфторидные полуволнообразные, изготовление; литий перхлораты, как добавка

33.МБ.120

**ионный обмен**

висмут определение,  $Vi\{3+\}$ ; электроды ионоселективные, мембранные 33.МБ.148

транспорт; ионы; мембраны, биполярные 33.МБ.152

**ионы**

$O\{2-\}$ ; электрическое регулирование подачи; мембраны, кислородпроводящая; кислород 33.МБ.204

поверхности раздела; мембраны ионообменные; растворы, разбавленный; водород,  $H\{+\}$ ; гидроксиды,  $OH\{-\}$ , зависимость скорости генерации от плотности тока 33.МБ.103

транспорт; ионный обмен; мембраны, биполярные

33.МБ.152

**ионы определение**

потенциометрия; щелочные металлы; электроды; мембраны полимерные, ПВХ; цеолиты; обзоры, библиография 33.МБ.163

**источники тока химические**

мембраны ионообменные 33.МБ.168

**иттербий-оксиды\*стронций-церий-**

$SrCe\{0,95\}Yb\{0,05\}O\{3-a\}$ ; мембраны, волоконные; спекание

33.МБ.55

**каликс\_(8)\_арен**

p-сульфонато-; мембраны, многослойные; поливиниламины; РЗЭ, ионы; концентрирование 33.МБ.161

**калориметрия**

фенантрен, детоксикация; грибы, *C. elegans* 33.МБ.143

**кальций определение**

ионы; умягчение; вода технология; электролизеры; мембраны; керамика; жесткость определение; магний определение, ионы 33.МБ.24

**кальций фосфаты**

полимеры; мембраны, Nafion гибридные композитные, свойства 33.МБ.59

**капли**

удаление; вода; фильтрация; электрофорез, ди-; мембраны; эмульсии, В/М; разделение 33.МБ.19

**катализаторы**

$Ni/Al\{2\}O\{3\}$ ; риформинг, паровой; метан; реакторы, мембранный каталитический; мембраны, тонкие на Pd-основе

33.МБ.118

иммобилизация; металлы комплексы; реакторы, мембранные; обзоры, библиография, фильтрация 33.МБ.106

**керамика**

конференции, заседание Немецкого керамического общества

33.МБ.166

мембраны; умягчение; вода технология; электролизеры; жесткость определение; кальций определение, ионы; магний определение, ионы 33.МБ.24

**керамические изделия**

реакторы, каталитические мембранные, способ изготовления; экструзия 33.МБ.210

**кислород**

газопроницаемость; мембраны; волокна, перовскитные; барий-цирконий-кобальт-ферриты,  $BaZr\{x\}Co\{y\}Fe\{z\}O\{3-d\}$

33.МБ.167

мембраны, кислородпроводящая; ионы,  $O\{2-\}$ , электрическое регулирование подачи 33.МБ.204

разделение; газы, смеси; мембраны; цеолиты; молекулярной динамики метод; углерод диоксид; азот 33.МБ.85

**кислотно-основные свойства**

ультрафильтрация; мембраны, структура, свойства; полиэтиленимины; полиакриловая кислота; молекулярная масса

33.МБ.130

**кобальт-ферриты\*барий-цирконий-**

$BaZr\{x\}Co\{y\}Fe\{z\}O\{3-d\}$ ; волокна, перовскитные; мембраны; газопроницаемость; кислород 33.МБ.167

**коллоиды**

частицы, неорганические, противоположно заряженные; мембраны, сверхтонкие, получение, свойства; осаждение, послойное 33.МБ.69

**композиционные материалы**

кремнеземный мезопористый; кремний диоксид, мезопористый, содержит Si-O-Zr-связи, получение, применение; мембраны, разделительные 33.МБ.207

мембраны; переноса процесс; электролиты; пористые материалы, тонкослойные; наночастицы; поры; энергетика 33.МБ.21

- углерод диоксид, проницаемость; полимеры, N-винил- $\gamma$ -аминобутират натриевая соль; полисульфоны; углерод диоксид, смеси; метан; разделение 33.МБ.84

- целлюлоза ацетаты; сорбенты, зеокарб-225; электрохимические свойства, в водных растворах натрия хлорида 33.МБ.94

нафион/сульфированный монтмориллонит; топливные элементы, прямые метанольные; мембраны, электролитные 33.МБ.114

тонкие, получение, свойства, структура; мембраны; полимеризация, межфазная 33.МБ.131

**контактные аппараты**

мембранного типа, использование; изотопы разделение; водород, в системе вода-водород; радиоактивные отходы, очистка, легко-и тяжеловодные, предприятий цикла ядерного топлива, двухтемпературные установки 33.МБ.49

углерод диоксид, улавливание; поры, микро;

мембраны; волокна, полые 33.МБ.52

**контроль качества**

надежность испытаний; мембраны; измерительные приборы

**33.МБ.165****конференции**

заседание Немецкого керамического общества; керамика

**33.МБ.166****концентраты**

полифенолы, получение; экстракция; оливковое масло; сепараторы; мембраны **33.МБ.208**

**концентрирование**

белки; молочная сыворотка; мембраны полимерные, полисульфонная, новая, применение **33.МБ.172**

мальтит, очистка; фильтрация, nano-; мембраны, типа G и D; давление, влияние **33.МБ.117**

мембраны, многослойные; каликс\_(8\_)арен, п-сульфонато-; поливиниламины; РЗЭ, ионы **33.МБ.161**

плодоваягодные соки, яблочный; дистилляция; мембраны **33.МБ.23**

**красители**

органические, нанометровые размеры; наночастицы, прикрепление; фильтры, мембранные; металлы тяжелые **33.МБ.89**

**красители азо**

чувствительные; pH и к иону металла; сенсоры, кислотно-основные шестикомпонентные, синтез; иммобилизация; целлюлоза, прозрачные мембраны **33.МБ.119**

**кремний диоксид**

мезопористый, содержит Si-O-Zr-связи, получение, применение; композиционные материалы, кремнеземный мезопористый; мембраны, разделительные **33.МБ.207**

мембраны полимерные, наполненные, применение; полифениленоксиды, поли-2, 6-диметил-1, 4-фениленоксид; механические свойства **33.МБ.17**

- матрицы, смешанное гидрофильное; полимеры, гидрофильный; поливиниловый спирт; сшивающие агенты **33.МБ.196**

фосфо-вольфрамовые кислоты; топливные элементы, прямые метанольные; мембраны, композиционные нафион/SiO<sub>2</sub>/ФВК; нафион **33.МБ.48**

**кристаллическая структура**

РСТА; медь комплексы, четырехъядерные, Cu(2+), метоксидо, бис-1, 3-дикетонато, кубаны лиганды **33.МБ.47**

- молибден комплексы; ванадий комплексы; полимеры; медь комплексы, оксо, дипиридил лиганд, фосфаты **33.МБ.110**  
серебро комплексы, Ag(1+), 3-пирозолил иминонитроксид, пирозол-3, 5-диил бис(иминонитроксид) лиганды, синтез, свойства; антиферромагнетизм, РСТА **33.МБ.158**

**кристаллы**

MFI; деформация; мембраны; рентгенография; синхротронное излучение **33.МБ.82**

**кровь анализ**

сыворотка; лекарственные вещества определение, напроксен, салицилат; температура, компактная **33.МБ.90**

**лекарственные вещества определение**

напроксен, салицилат; кровь анализ, сыворотка; температура, компактная **33.МБ.90**

**лимонен**

\_a-, отделение; разделение; углерод диоксид, сверхкритический; мембраны, использование; масла, растительные; экстракция; растения, матрицы **33.МБ.142**

**липиды**

динамика; мембраны; сополимеры, дифильные, архитектура, воздействие **33.МБ.181**

**литий гидроксид**

способ получения; электродиализ; электродиализаторы; металлы гидроксиды **33.МБ.191**

**литий перхлораты**

как добавка; мембраны полимерные, поливинилиденфторидные половолоконистые, изготовление; инверсия, фаз **33.МБ.120**

**магний определение**

ионы; умягчение; вода технология; электролизеры; мембраны; керамика; жесткость определение; кальций определение, ионы

**33.МБ.24****магнитное поле**

влияние; разделение; электролиты, водные растворы; мембраны, использование; моделирование математическое **33.МБ.80**

**мальтит**

очистка; концентрирование; фильтрация, nano-; мембраны, типа G и D; давление, влияние **33.МБ.117**

**масла**

растительные; экстракция; разделение; лимонен, \_a-, отделение; углерод диоксид, сверхкритический; мембраны, использование; растения, матрицы **33.МБ.142**

**математические методы**

хроматография аффинная; мембраны, использование

**33.МБ.159****материалы**

способ отбора из суспензии образца; фильтровальные установки, фильтрующее устройство **33.МБ.198**

**матрицы**

смешанное гидрофильное; мембраны полимерные; полимеры, гидрофильный; поливиниловый спирт; сшивающие агенты;

кремний диоксид **33.МБ.196**

**медь комплексы**

оксо, дипиридил лиганд, фосфаты; молибден комплексы; ванадий комплексы; полимеры; кристаллическая структура, РСТА

**33.МБ.110**

четырёхъядерные, Cu(2+), метоксидо, бис-1, 3-дикетонато, кубаны лиганды; кристаллическая структура, РСТА **33.МБ.47**

**медь сульфат**

фильтрация, nano- **33.МБ.54**

**мембраны**

“Полар-2” и “МДК-П”, производства ЗАО “Владипор”, производительность; разделение; первапорация, влияние температуры исходной смеси **33.МБ.182**

Na<sup>+</sup>ion гибридные композитные, свойства; полимеры; кальций фосфаты **33.МБ.59**

Na<sup>+</sup>ion, свойства; монтмориллонит, содержащий кислоты, влияние **33.МБ.10**

- алюминий, Al{3+}; термические свойства **33.МБ.58**

Pd-и CeO<sub>2</sub>-содержащие; технология **33.МБ.30**

био, использование; технология; сточные воды очистка

**33.МБ.97**

биосовместимые, получение; осаждение, послойное; полиэлектролиты **33.МБ.122**

биполярные; транспорт; ионы; ионный обмен **33.МБ.152**

бислой, растянутые, механически; зародышеобразование; поры **33.МБ.46**

волокна, перовскитные; барий-цирконий-кобальт-ферриты, BaZr<sub>x</sub>Co<sub>y</sub>Fe<sub>z</sub>O<sub>3-d</sub>; газопроницаемость; кислород **33.МБ.167**

- полые; углерод диоксид, улавливание; поры, микро; контактные аппараты **33.МБ.52**

волоконные; стронций-церий-иттербий-оксиды, SrCe<sub>0,95</sub>Yb<sub>0,05</sub>O<sub>3-a</sub>; спекание **33.МБ.55**

газопроницаемые, диффузионные, СИМГП “Микрогаз”; газы; стандартизация **33.МБ.183**

газы; проницаемость; целлюлоза, ацетат, содержащие

**33.МБ.36**

гео-; стандарты **33.МБ.42**

- гибридные неорганические-органические протонпроводящие; носители; бумага, из стекловолокна; стекловолокно **33.МБ.63**
- гибридные органических-неорганических, получение; полиэфир-простые; гидроксильная группа; силаны, производное, 3-изоцианатопропилтриэтоксисилан; газопроницаемость, реакция **33.МБ.100**
- гибридные, органо-неорганические; первапорация; бензол, водные растворы; обзоры, библиография **33.МБ.157**
- гидроксисодалит; смеси, реакционные; вода, отделение **33.МБ.200**
- гомогенные и композитные, на основе РРО; разделение; газы; морфология **33.МБ.108**
- деформация; кристаллы, МFI; рентгенография; синхротронное излучение **33.МБ.82**
- дистилляция; концентрирование; плодоягодные соки, яблочный **33.МБ.23**
- жидк., на подложке, применение; желчные кислоты, МЭ, содержание; сахара; переноса процесс **33.МБ.171**
- или активный, содержание, контроль; реакторы **33.МБ.72**
- ионообменные; моделирование, глубокой деионизации, теоретическое, экспериментальное; вода, электродиализ **33.МБ.179**
- ион-селективные, жидкие, на подложке; диффузия, в стационарном состоянии **33.МБ.150**
- использование; дегазация; жидкости, неводные **33.МБ.79**
- обессоливание; вода технология **33.МБ.174**
- сточные воды очистка; флотация, электро- **33.МБ.134**
- разделение **33.МБ.212**
- донные отложения, ил, смеси; фильтрование **33.МБ.41**
- жидкости; экстракция **33.МБ.186**
- лимонен,  $\alpha$ -, отделение; углерод диоксид, сверхкритический; масла, растительные; экстракция; растения, матрицы **33.МБ.142**
- первапорация; вода, смеси; этиловый спирт; пленки; целлофан; сорбция, влияние **33.МБ.28**
- электролиты, водные растворы; магнитное поле, влияние; моделирование математическое **33.МБ.80**
- сточные воды очистка, городские; реакторы, био **33.МБ.25**
- установки; фильтрование **33.МБ.154**
- реакторы, био, использование **33.МБ.73**
- текстильная промышленность **33.МБ.15**
- фильтраты, применение; фильтры; прессы, камерные; флокулянты, рабочие растворы, приготовление **33.МБ.185**
- фильтрование, скорость; реакторы, био **33.МБ.176**
- вода технология **33.МБ.206**
- сточные воды очистка; оптимизация **33.МБ.50**
- цианиды, удаление; сточные воды очистка **33.МБ.96**
- хроматография аффинная; математические методы **33.МБ.159**
- катионитовые полисульфоновые, получение; электрохимические свойства; полисульфоны **33.МБ.67**
- керамика; умягчение; вода технология; электролизеры; жесткость определение; кальций определение, ионы; магний определение, ионы **33.МБ.24**
- кислородпроводящая; кислород; ионы,  $O^{2-}$ , электрическое регулирование подачи **33.МБ.204**
- композитные; приготовление и свойства, смеси, сульфированный полиэфир-эфир кетон полибензимидазол с фосфатом бора **33.МБ.27**
- композиционные материалы, тонкие, получение, свойства, структура; полимеризация, межфазная **33.МБ.131**
- переноса процесс; электролиты; пористые материалы, тонко-слоистые; наночистота; поры; энергетика **33.МБ.21**
- углерод диоксид, проницаемость; полимеры, N-винил- $\beta$ -аминобутират натрия соль; полисульфоны; углерод диоксид, смеси; метан; разделение **33.МБ.84**
- целлюлоза ацетаты; сорбенты, зеокarb-225; электрохимические свойства, в водных растворах натрия хлорида **33.МБ.94**
- композиционные нафий/SiO<sub>2</sub>/ФВК; нафий; топливные элементы, прямые метанольные; кремний диоксид; фосфотвольфрамовые кислоты **33.МБ.48**
- контроль качества, надежность испытаний; измерительные приборы **33.МБ.165**
- липиды; динамика; сополимеры, дифильные, архитектура, воздействие **33.МБ.181**
- металлокерамические материалы, Ni-Ba(Zr[0, 8-x]Ce[x]Y[0, 2])O<sub>3</sub>; газопроницаемость; водород **33.МБ.26**
- многослойные; каликс (8-)арен, p-сульфато-; поливиниламины; РЗЭ, ионы; концентрирование **33.МБ.161**
- полиэлектролиты; переноса процесс, размер-, заряд-селективный; ароматические соединения **33.МБ.160**
- мозаичнозаряженные, изготовление; полимеризация; бензол-сульфовая кислота, 2, 5-диамино-; полиэтиленимины; хлориды, тримезоилхлорид **33.МБ.123**
- наночистота, засорение;  $\beta$ -лактоглобулин, продукт гидролиза; пептиды **33.МБ.7**
- обрастание; разложение; альгинаты; полимеры, экстракцеллюлярные; моделирование математическое **33.МБ.6**
- сточные воды очистка **33.МБ.93**
- органо-неорганические, получение, свойства, получение, свойства; анионный обмен; поляризация; дисперсии, водные, характеристики **33.МБ.20**
- осадки, образование, защита; осмос обратный, установки, антискаланты; вода технология **33.МБ.113**
- палладиевые составные; газопроницаемость; водород **33.МБ.135**
- переноса процесс; вода; поливиниловый спирт; набухание, влияние **33.МБ.140**
- пленки полимерные; полимеры, фтор-; растворы, композитные **33.МБ.136**
- пленочные композитные; полифалазинонэфирсульфокетон, основа; стабильность термическая **33.МБ.33**
- плотная тонкая; новый способ изготовления; подложки; фильтры, трубчатый макропористый из нержавеющей стали **33.МБ.38**
- поверхности, регенерация; ультрафильтрование; ферменты, использование **33.МБ.40**
- осадки, образование; сточные воды очистка; сульфаты, удаление **33.МБ.111**
- полиакрилаты, трет-бутил-, с привитым полисульфоном, и его производные; морфология; проницаемость **33.МБ.132**
- полиионные комплексы; топливные элементы, содержащие метанол; хитозаны, дезацетилированный; натрий альгинат; биополимеры **33.МБ.65**
- полипропиленовые микрофильтрационные; фильтрующая и адсорбционная способность **33.МБ.66**
- полисульфоны; порометрия **33.МБ.83**
- полиэлектролиты; диффузия; метиловый спирт; форсунки, топливные; спектроскопия ЯМР **33.МБ.129**
- полиэфирсульфоны; микрокапсулы, пористые, получение **33.МБ.75**
- полиэфир-простые, сульфоны; ультрафильтрование; проницаемость, улучшение, снижение необратимого засорения **33.МБ.128**
- половолоконная гидрофильная, получение, свойства; сепарация, термически индуцированная фазовая; поливинилбутираль; полиэтиленоксид **33.МБ.170**
- половолоконная, получение; сополимеры; этилен; виниловый спирт, смеси, как разбавители, влияние; пропандиол, 1, 3-; глицерин; обзоры, библиография **33.МБ.74**

половолоконные композитные; полиимиды; серебро оксиды, Ag[3]O[4]; объем, свободный, характеристики разделение и распределение **33.МБ.101**

половолоконные, формование, CO[2]/CH[4] разделение; пленки полимерные, плотные, пермеационные свойства; полиимиды, со-; фенилендиамин, 1,3- **33.МБ.138**

- сополимеры, получение, свойства; этилен; виниловый спирт; глицерин, в охлаждающей ванне, влияние **33.МБ.57**

получение, свойства; силикалит; сталь, нержавеющие, подложки, решетчатые **33.МБ.91**

- цеолиты,  $_b$ -; первапорация; алканы, ди-и моноразветвленные **33.МБ.71**

пористые, поры; фольга, полимерная; наночастицы, керамические, нанесение золь-гель способом; титан диоксид **33.МБ.155**

поры, вытравленные; полиэтилентерефталат; поливинилкапролактан, иммобилизация на поверхности **33.МБ.121**

потенциал; влияние структуры наноразмерных полостей; нано-фильтрация **33.МБ.141**

приготовление; аммоний соединения четвертичные, основание, использование **33.МБ.92**

принципы выбора; углерод диоксид, удаление из газовых смесей **33.МБ.5**

промывка; обессоливание; вода технология; осмос обратный; гидродинамика **33.МБ.35**

проницаемость; газы определение; жидкости анализ **33.МБ.194**

пропитанные целлюлозные; разделение, первапоративное; азеотропные смеси; этиловый спирт; вода; хитозаны; поливиниловый спирт **33.МБ.99**

протонообменная; топливные элементы; порообразователи, влияние **33.МБ.44**

псевдо-жидкие; трибутил-фосфат, использование; экстракция; уран; разделение, урана и тория **33.МБ.184**

разделение; уксусная кислота, смеси; вода; первапорация; акрилонитрил, привитой; поливиниловый спирт **33.МБ.53**

разделительные; композиционные материалы, кремнеземный мезопористый; кремний диоксид, мезопористый, содержит Si-O-Zr-связи, получение, применение **33.МБ.207**

санация; рассолы, обработка; ультрафильтрация **33.МБ.147**

сверхтонкие, получение, свойства; осаждение, послойное; коллоиды; частицы, неорганические, противоположно заряженные **33.МБ.69**

сепараторы; экстракция; оливковое масло; концентраты; полифенолы, получение **33.МБ.208**

силикалит, поликристаллический; диффузия; газы; спектроскопия ЯМР,  $\{1\}H$ , с импульсным градиентом магнитного поля **33.МБ.32**

силикалит-1; проницаемость; метан; углерод диоксид **33.МБ.86**

содержащие лиганд, использование; сурьма,  $Sb\{5+\}$ ; восстановление **33.МБ.178**

состав, влияние; аммоний, алкил-, катионы, различной степени замещенности; электроды, ион-селективные, селективность **33.МБ.22**

- получение, применение; поливиниловый спирт; циклодекстрины,  $_a$ - **33.МБ.18**

стекло; газы, агрессивные, очистка; адсорбция; диффузия, коэффициент **33.МБ.162**

структура, свойства; ультрафильтрация; полиэтиленимины; полиакриловая кислота; кислотно-основные свойства; молекулярная масса **33.МБ.130**

сульфонируемые, изготовление; прививка, при облучении; эфиры простые, алкилвиниловые; политетрафторэтилен **33.МБ.126**

сульфоновая кислота, перфтор-; влияние диэлектрического насыщения и ионного экранирования; диффузия, коэффициент; протоны **33.МБ.70**

супергидрофобные проводящие пористые; полианилины; алюминий оксид **33.МБ.60**

типа G и D; фильтрация, нано-; концентрирование; мальтит, очистка; давление, влияние **33.МБ.117**

типа PVDF, очистка; пиво; фильтрация; ультразвук, применение **33.МБ.61**

тонкие на Pd-основе; риформинг, паровой; метан; реакторы, мембранный каталитический; катализаторы, Ni/Al[2]O[3] **33.МБ.118**

трубчатого типа; диффузия; проницаемость; натрий сульфат, растворы водные **33.МБ.104**

ультрафильтрация; вода очистка; водотоки и водоемы, р. Амур **33.МБ.51**

фильтрация; сточные воды; молочная промышленность, очистка; органические вещества, удаление **33.МБ.12**

- электрофорез, ди-; вода; капли, удаление; эмульсии, В/М; разделение **33.МБ.19**

флюидные, этилфосфохиноновые; токсины определение; воды природные анализ, полководье; сенсоры, микро-, полидиметил-силоксановые **33.МБ.88**

цеолит/полиметилметакрилатные; газы; разделение **33.МБ.56**

цеолитовая; изомеризация, техническая и экономическая оценка; гептан **33.МБ.8**

цеолиты; разделение; газы, смеси; молекулярной динамики метод; кислород; углерод диоксид; азот **33.МБ.85**

электролитные; топливные элементы, прямые метанольные; композиционные материалы, нафийон/сульфированный монтмориллонит **33.МБ.114**

**мембраны анионообменные**

биомасса; гидролиз; уксусная кислота **33.МБ.77**

**мембраны ионообменные**

источники тока химические **33.МБ.168**

поверхности раздела; растворы, разбавленный; ионы; водород,  $H\{+\}$ ; гидроксиды,  $OH\{-\}$ , зависимость скорости генерации от плотности тока **33.МБ.103**

профилированные гетерогенные; физико-химические свойства; электродиализ **33.МБ.144**

**мембраны катионообменные**

получение; полифталазинонэфиркетеноны, синтез **33.МБ.125**

**мембраны полимерные**

амфилилы, блоксополимерные самоорганизующиеся; нанотрубки; сополимеры блок **33.МБ.9**

газоразделительные; аммиак; проницаемость **33.МБ.188**

гидрогелевые волокнистые бикомпонентные; поливиниловый спирт; полиакриловая кислота; набухание; pH **33.МБ.45**

загрязнение; ультрафильтрация; сахарный тростник, сок; полисахариды, сока, роль **33.МБ.13**

матрицы, смешанное гидрофильное; полимеры, гидрофильный; поливиниловый спирт; сшивающие агенты; кремний диоксид **33.МБ.196**

металлы; полимеры, наноккомпозиты металл-полимер; полиэтилен, пористый; никель, наночастицы **33.МБ.180**

механические удлиненные; молекулы, малые; диффузия, анализ проблем **33.МБ.31**

микропористые; сепараторы; полиэтилен; титан диоксид; полиолефины **33.МБ.195**

модифицированные; полипропилен; акриловая кислота, плазменная полимеризация на поверхности **33.МБ.156**

наноккомпозитные; проницаемость, контроль переключения "проницаемо-непроницаемо" **33.МБ.76**



наполненные, применение; полифениленоксиды, поли-2, 6-диметил-1, 4-фениленоксид; кремний диоксид; механические свойства **33.МБ.17**

ПВХ; потенциометрия; щелочные металлы; ионы определение; электроды; цеолиты; обзоры, библиография **33.МБ.163**

поливинилиденфторидные волокончатые, изготовление; литий перхлораты, как добавка; инверсия, фаз **33.МБ.120**

поливиниловый спирт; графит, кристаллический, хлопья; проницаемость **33.МБ.137**

полисульфонная, новая, применение; белки; молочная сыворотка; концентрирование **33.МБ.172**

полиэлектrolитные привитые, получение; топливные элементы **33.МБ.124**

получение, свойства; сополимеры, сульфонируемые; полиэфиркетоны **33.МБ.112**

- дегидратация; изопропилен; полиимиды, полое волокно **33.МБ.16**

- сополимеры, четвертичные; пиридины, винил-; стирол; электрохимические свойства **33.МБ.139**

протонные обменные; сополимеры блок, частично сульфированные; полисульфоны, полианиленсульфоны; полибутадиен **33.МБ.78**

протонопроводящая, получение, применение; полиазолы, основа **33.МБ.211**

псевдодвухслойные; сополимеры; этилен; винилацетат; проницаемость, газы и воды **33.МБ.34**

синтез, характеристика; поливиниловый спирт, основа; натрий соединения, альгинат натрия; хитозаны; топливные элементы, метанольные **33.МБ.169**

сополимеры; акрилонитрил; стирол; фосфорная кислота; проницаемость, протонов; механические свойства **33.МБ.64**

твердые электролитные, топливные ячейки; полимеры **33.МБ.1**

электролитные; электропроводность, измерение, импедансная спектроскопия с микроэлектродами **33.МБ.87**

**мембраны полупроницаемые**

Al[2]O[3]-полидиметилсилоксаны, изготовление, использование; газы отходящие очистка; органические соединения, летучие, удаление **33.МБ.107**

**металлокерамические материалы**

Ni-Ba(Zr[0, 8-x]Ce[x]Y[0, 2])O[3]; мембраны; газопроницаемость; водород **33.МБ.26**

**металлы**

полимеры, нанокompозиты металл-полимер; полиэтилен, пористый; мембраны полимерные; никель, наночастицы **33.МБ.180**

**металлы гидроксиды**

электродиализаторы; электродиализ; литий гидроксид, способ получения **33.МБ.191**

**металлы комплексы**

иммобилизация; катализаторы; реакторы, мембранные; обзоры, библиография, фильтрация **33.МБ.106**

**металлы тяжелые**

наночастицы, прикрепление; красители, органические, нанометровые размеры; фильтры, мембранные **33.МБ.89**

удаление; сточные воды очистка, переработка; гальваническое производство **33.МБ.187**

**метан**

проницаемость; углерод диоксид; мембраны; силикалит-1 **33.МБ.86**

рифформинг, паровой; реакторы, мембранный каталитический; мембраны, тонкие на Pd-основе; катализаторы, Ni/Al[2]O[3] **33.МБ.118**

углерод диоксид, смеси; углерод диоксид, проницаемость; мембраны; композиционные материалы; полимеры, N-винил-

-g-аминобутират натрия соль; полисульфоны; разделение **33.МБ.84**

**метиловый спирт**

диффузия; полиэлектролиты; мембраны; форсунки, топливные; спектроскопия ЯМР **33.МБ.129**

**механические свойства**

мембраны полимерные, наполненные, применение; полифениленоксиды, поли-2, 6-диметил-1, 4-фениленоксид; кремний диоксид **33.МБ.17**

- сополимеры; акрилонитрил; стирол; фосфорная кислота; проницаемость, протонов **33.МБ.64**

**микрокапсулы**

пористые, получение; полиэфирсульфоны; мембраны **33.МБ.75**

**моделирование**

глубокой деионизации, теоретическое, экспериментальное; мембраны, ионообменные; вода, электродиализ **33.МБ.179**

**моделирование математическое**

мембраны, обрастание; разложение; альгинаты; полимеры, экстрацеллюлярные **33.МБ.6**

микрожидкостное; течение, имитация; реакторы, микро, мембранные **33.МБ.39**

наночастицы; адсорбция; органические соединения, снижение потока **33.МБ.102**

поляризация, концентрационная, в цилиндрическом канале; ультрафильтрация, модули **33.МБ.151**

разделение; электролиты, водные растворы; мембраны, использование; магнитное поле, влияние **33.МБ.80**

ультрафильтрация, ослабление потока **33.МБ.62**

**модифицирование**

полиэтилентерефталат; поры, субмикронные, цилиндрические; поверхности, внутренние **33.МБ.68**

**молекулы**

малые; мембраны полимерные, механические удлиненные; диффузия, анализ проблем **33.МБ.31**

**молекулярная масса**

ультрафильтрация; мембраны, структура, свойства; полиэтиленимины; полиакриловая кислота; кислотно-основные свойства **33.МБ.130**

**молекулярной динамики метод**

разделение; газы, смеси; мембраны; цеолиты; кислород; углерод диоксид; азот **33.МБ.85**

**молибден комплексы**

ванадий комплексы; полимеры; медь комплексы, оксо, дипиридил лиганд, фосфаты; кристаллическая структура, РСТА **33.МБ.110**

**молоко**

переработка; сточные воды очистка **33.МБ.175**

**молочная промышленность**

очистка; сточные воды; органические вещества, удаление; фильтрация; мембраны **33.МБ.12**

**молочная сыворотка**

белки; концентрирование; мембраны полимерные, полисульфонная, новая, применение **33.МБ.172**

**монтмориллонит**

содержащий кислоты, влияние; мембраны, Nafion, свойства **33.МБ.10**

**морфология**

мембраны; полиакрилаты, трет-бутил-, с привитым полисульфоном, и его производные; проницаемость **33.МБ.132**

разделение; газы; мембраны, гомогенные и композитные, на основе РРО **33.МБ.108**

**мясная промышленность**

вода техническая, оборотная, очистка; ультрафильтрация; энергия, затраты, расчет **33.МБ.29**

**набухание**

влияние; переноса процесс; вода; мембраны; поливиниловый спирт **33.МБ.140**

мембраны полимерные, гидрогелевые волокнистые бикомпонентные; поливиниловый спирт; полиакриловая кислота; рН **33.МБ.45**

**нанотрубки**

амфифилы, блоксополимерные самоорганизующиеся; мембраны полимерные; сополимеры блок **33.МБ.9**

**наночистота**

адсорбция; органические соединения, снижение потока; моделирование математическое **33.МБ.102**

мембраны, потенциал, влияние структуры наноразмерных полостей **33.МБ.141**

оптим. параметры, определение; сахарное производство, утфель первой кристаллизации, очистка; ультрафильтрация, оптим. параметры, определение **33.МБ.164**

переноса процесс; электролиты; мембраны; композиционные материалы; пористые материалы, тонкослойные; поры; энергетика **33.МБ.21**

цинк, удаление; сточные воды очистка **33.МБ.95**

**наночастицы**

керамические, нанесение золь-гель способом; фольга, полимерная; мембраны, пористые, поры; титан диоксид **33.МБ.155**

пенообразователи; полимерные материалы, нанопористые, получение; полимеры, композиция **33.МБ.201**

прикрепление; красители, органические, нанометровые размеры; фильтры, мембранные; металлы тяжелые **33.МБ.89**

**насосы**

диафрагменные; вакуумная техника, насосы, мембранные, двухступенчатые **33.МБ.209**

новый, разработка, применение; желатин; пищевые добавки; транспортирование **33.МБ.133**

**натрий альгинат**

хитозаны, дезацетилованный; топливные элементы, содержащие метанол; мембраны, полиионные комплексы; биополимеры **33.МБ.65**

**натрий гидроксид**

одновременное получение; электрохимический процесс; серебро нитрат **33.МБ.193**

**натрий соединения**

альгинат натрия; мембраны полимерные, синтез, характеристика; поливиниловый спирт, основа; хитозаны; топливные элементы, метанольные **33.МБ.169**

**натрий сульфат**

растворы водные; диффузия; проницаемость; мембраны, трубчатого типа **33.МБ.104**

**научные исследования**

пищевые продукты, новые, создание; научные учреждения, Казахская академия питания **33.МБ.146**

**научные учреждения**

Казахская академия питания; пищевые продукты, новые, создание; научные исследования **33.МБ.146**

**нафион**

мембраны, композиционные нафион/SiO<sub>2</sub>/ФВК; топливные элементы, прямые метанольные; кремний диоксид; фосфотельурические кислоты **33.МБ.48**

**нефтепродукты**

производство; деятельность компании Hydro Polymers **33.МБ.173**

**никель**

наночастицы; металлы; полимеры, наноккомпозиты металл-полимер; полиэтилен, пористый; мембраны полимерные **33.МБ.180**

**носители**

мембраны, гибридные неорганические-органические протонпроводящие; бумага, из стекловолокна; стекловолокно **33.МБ.63**

**обессоливание**

вода технология; мембраны, использование **33.МБ.174**

- осмос обратный; мембраны, промывка; гидродинамика **33.МБ.35**

сточные воды очистка; флотация, электро-; мембраны, использование **33.МБ.134**

**обзоры**

биол. 111; сенсоры, электрохимические энантиоселективные, подходы к созданию **33.МБ.4**

биол. 29; мембраны, полуволонная, получение; сополимеры; этилен; виниловый спирт, смеси, как разбавители, влияние; пропандиол, 1,3-; глицерин **33.МБ.74**

биол. 34; потенциометрия; щелочные металлы; ионы определение; электроды; мембраны полимерные, ПВХ; цеолиты **33.МБ.163**

биол. 39; перапорация; бензол, водные растворы; мембраны, гибридные, органо-неорганические **33.МБ.157**

биол. 44, фильтрация; иммобилизация; металлы комплексы; катализаторы; реакторы, мембранные **33.МБ.106**

воды морские анализ; окружающая среда анализ **33.МБ.2**

**обрастание**

мембраны; сточные воды очистка **33.МБ.93**

**объем**

свободный, характеристики разделение и распределение; мембраны, полуволонные композитные; полиимиды; серебро оксиды, Ag<sub>3</sub>O<sub>4</sub> **33.МБ.101**

**окисление анодное**

конформальное; пленки металлические, тонкие; алюминий **33.МБ.145**

**окружающая среда анализ**

воды морские анализ; обзоры **33.МБ.2**

**оксиды\*серебро**

Ag<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; полиимиды; мембраны, полуволонные композитные; объем, свободный, характеристики разделение и распределение **33.МБ.101**

**оксиды\*стронций-церий-иттербий-**

SrCe<sub>0,95</sub>Yb<sub>0,05</sub>O<sub>3-a</sub>; мембраны, волоконные; спекание **33.МБ.55**

**оливковое масло**

экстракция; сепараторы; мембраны; концентраты; полифенолы, получение **33.МБ.208**

**оптимизация**

фильтрация; мембраны, использование; сточные воды очистка **33.МБ.50**

- разработка; фильтры, мембранные **33.МБ.153**

**органические вещества**

удаление; сточные воды; молочная промышленность, очистка; фильтрация; мембраны **33.МБ.12**

**органические соединения**

летучие, удаление; газы отходящие очистка; мембраны полупроницаемые, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-полидиметилсилоксаны, изготовление, использование **33.МБ.107**

снижение потока; наночистота; адсорбция; моделирование математическое **33.МБ.102**

**осадки**

образование, защита; мембраны; осмос обратный, установки, антискаланты; вода технология **33.МБ.113**

- мембраны; поверхности; сточные воды очистка; сульфаты, удаление **33.МБ.111**

**осаждение**

нанопроволок из анатаза на мембраны из бактериальной целлюлозы; титан диоксид, мезопористый, синтез **33.МБ.105**

послойное; мембраны, сверхтонкие, получение, свойства; коллоиды; частицы, неорганические, противоположно заряженные **33.МБ.69**

- полиэлектролиты; мембраны, биосовместимые, получение **33.МБ.122**

#### **осмос обратный**

обессоливание; вода технология; мембраны, промывка; гидродинамика **33.МБ.35**

очистка, способ; углеводы; ультрафильтрация; фильтрация, нано- **33.МБ.192**

установки; антискалянты; осадки, образование, защита; мембраны; вода технология **33.МБ.113**

#### **очистка**

способ; углеводы; ультрафильтрация; осмос обратный; фильтрация, нано- **33.МБ.192**

#### **пенообразователи**

наночастицы; полимерные материалы, нанопористые, получение; полимеры, композиция **33.МБ.201**

#### **пептиды**

мембраны, нанофильтрационная, засорение;  $\beta$ -лактоглобулин, продукт гидролиза **33.МБ.7**

#### **первапорация**

бензол, водные растворы; мембраны, гибридные, органо-неорганические; обзоры, библиография **33.МБ.157**

влияние температуры исходной смеси; мембраны, "Полар-2" и "МДК-П", производства ЗАО "Владипор", производительность; разделение **33.МБ.182**

мембраны, получение; цеолиты,  $\beta$ -; алканы, ди-и моноразветвленные **33.МБ.71**

разделение; вода, смеси; этиловый спирт; пленки; целлофан; мембраны, использование; сорбция, влияние **33.МБ.28**

- уксусная кислота, смеси; вода; мембраны; акрилонитрил, привитой; поливиниловый спирт **33.МБ.53**

#### **переноса процесс**

вода; мембраны; поливиниловый спирт; набухание, влияние **33.МБ.140**

размер-, заряд-селективный; ароматические соединения; полиэлектролиты; мембраны, многослойные **33.МБ.160**

сахара; мембраны, жидк., на подложке, применение; желчные кислоты, МЭ, содержание **33.МБ.171**

электролиты; мембраны; композиционные материалы; пористые материалы, тонкослойные; нанофильтрация; поры; энергетика **33.МБ.21**

#### **перхлораты\*литий**

как добавка; мембраны полимерные, поливинилиденфторидные, полволоконные, изготовление; инверсия, фаз **33.МБ.120**

#### **пиво**

фильтрация; мембраны, типа PVDF, очистка; ультразвук, применение **33.МБ.61**

#### **пиридины**

винил-; сополимеры, четвертичные; мембраны полимерные, получение; стирол; электрохимические свойства **33.МБ.139**

#### **пищевые добавки**

желатин; транспортирование; насосы, новый, разработка, применение **33.МБ.133**

#### **пищевые продукты**

новые, создание; научные учреждения, Казахская академия питания; научные исследования **33.МБ.146**

#### **пленки**

разделение; первапорация; вода, смеси; этиловый спирт; целлофан; мембраны, использование; сорбция, влияние **33.МБ.28**

#### **пленки металлические**

тонкие; окисление анодное, конформальное; алюминий **33.МБ.145**

#### **пленки полимерные**

плотные, пермеационные свойства; полиимиды, со-, фенилендиамин, 1, 3-; мембраны, полволоконные, формование, CO[2]/CH[4] разделение **33.МБ.138**

полимеры, фтор-; мембраны; растворы, композитные **33.МБ.136**

#### **плодоягодные соки**

яблочный; концентрирование; дистилляция; мембраны **33.МБ.23**

#### **поверхности**

внутренние; полиэтилентерефталат; поры, субмикронные, цилиндрические; модифицирование **33.МБ.68**  
мембраны; осадки, образование; сточные воды очистка; сульфаты, удаление **33.МБ.111**

регенерация; мембраны; ультрафильтрация; ферменты, использование **33.МБ.40**

#### **поверхности раздела**

мембраны ионообменные; растворы, разбавленный; ионы; водород, H<sup>+</sup>; гидроксиды, OH<sup>-</sup>, зависимость скорости генерации от плотности тока **33.МБ.103**

#### **подложки**

мембраны, плотная тонкая, новый способ изготовления; фильтры, трубчатый макропористый из нержавеющей стали **33.МБ.38**

#### **полиазолы**

основа; мембраны полимерные, протонопроводящая, получение, применение **33.МБ.211**

#### **полиакрилаты**

трет-бутил-, с привитым полисульфоном, и его производные; мембраны; морфология; проницаемость **33.МБ.132**

#### **полиакриловая кислота**

мембраны полимерные, гидрогелевые волокнистые бикомпонентные; поливиниловый спирт; набухание; pH **33.МБ.45**  
поливиниловый спирт; волокна, полиэлектролитное, получение **33.МБ.11**

ультрафильтрация; мембраны, структура, свойства; полиэтиленимины; кислотно-основные свойства; молекулярная масса **33.МБ.130**

#### **полианилины**

мембраны, супергидрофобные проводящие пористые; алюминий оксид **33.МБ.60**

#### **полибутадиен**

сополимеры блок, частично сульфированные; полисульфоны, полианиленсульфоны; мембраны полимерные, протонные обменные **33.МБ.78**

#### **поливиниламины**

мембраны, многослойные; каликс (8)арен, п-сульфонато-; РЗЭ, ионы; концентрирование **33.МБ.161**

#### **поливинилбутираль**

сепарация, термически индуцированная фазовая; мембраны, полволоконная гидрофильная, получение, свойства; полиэтиленоксид **33.МБ.170**

#### **поливинилкапролактан**

иммобилизация на поверхности; мембраны; поры, вытравленные; полиэтилентерефталат **33.МБ.121**

#### **поливиниловый спирт**

мембраны полимерные, гидрогелевые волокнистые бикомпонентные; полиакриловая кислота; набухание; pH **33.МБ.45**  
- графит, кристаллический, хлопья; проницаемость **33.МБ.137**  
- матрицы, смешанное гидрофильное; полимеры, гидрофильный; сшивающие агенты; кремний диоксид **33.МБ.196**

мембраны, состав, получение, применение; циклодекстрины, **33.МБ.18**

основа; мембраны полимерные, синтез, характеристика; натрий соединения, альгинат натрия; хитозаны; топливные элементы, метанольные **33.МБ.169**

переноса процесс; вода; мембраны; набухание, влияние **33.МБ.140**

полиакриловая кислота; волокна, полиэлектролитное, получение **33.МБ.11**

разделение, перапаративное; азеотропные смеси; этиловый спирт; вода; мембраны, пропитанные целлюлозные; хитозаны **33.МБ.99**  
- уксусная кислота, смеси; вода; перапарация; мембраны; акрил онитрил, привитой **33.МБ.53**

#### **полиимиды**

полное волокно; дегидратация; изопропилен; мембраны полимерные, получение **33.МБ.16**  
серебро оксиды, Ag[3]O[4]; мембраны, полволоконные композитные; объем, свободный, характеристики разделение и распределение **33.МБ.101**

со-; фенилендиамин, 1, 3-; пленки полимерные, плотные, пермеационные свойства; мембраны, полволоконные, формованные, CO[2]/CH[4] разделение **33.МБ.138**

#### **полимеризация**

бензол-сульфоная кислота, 2, 5-диамино-; полиэтиленимины; хлориды, тримезоилхлорид; мембраны, мозаичнозаряженные, изготовление **33.МБ.123**

межфазная; мембраны; композиционные материалы, тонкие, получение, свойства, структура **33.МБ.131**

#### **полимерные материалы**

нанопористые, получение; полимеры, композиция; пенообразователи; наночастицы **33.МБ.201**

#### **полимеры**

N-винил-*g*-аминобутират натрия соль; углерод диоксид, проницаемость; мембраны; композиционные материалы; полисульфоны; углерод диоксид, смеси; метан; разделение **33.МБ.84**

гидрофильный; мембраны полимерные; матрицы, смешанное гидрофильное; поливиниловый спирт; сшивающие агенты; кремний диоксид **33.МБ.196**

железо кристаллы, с низким свободным объемом и мембранные со сверхвысоким свободным объемом; транспортные свойства, управление нанопространством **33.МБ.127**

кальций фосфаты; мембраны, Nafion гибридные композитные, свойства **33.МБ.59**

композиция; полимерные материалы, нанопористые, получение; пенообразователи; наночастицы **33.МБ.201**

медь комплексы, оксо, дипиридил лиганд, фосфаты; молибден комплексы; ванадий комплексы; кристаллическая структура, РСТА **33.МБ.110**

мембраны полимерные, твердые электролитные, топливные ячейки **33.МБ.1**

наноккомпозиты металл-полимер; металлы; полиэтилен, пористый; мембраны полимерные; никель, наночастицы **33.МБ.180**  
фтор-; пленки полимерные; мембраны; растворы, композитные **33.МБ.136**

экстрацеллюлярные; мембраны, обрастание; разложение; альгинаты; моделирование математическое **33.МБ.6**

#### **полиолефины**

сепараторы; мембраны полимерные, микропористые; полиэтилен; титан диоксид **33.МБ.195**

#### **полипропилен**

мембраны полимерные, модифицированные; акриловая кислота, плазменная полимеризация на поверхности **33.МБ.156**

#### **полисахариды**

сока, роль; ультрафильтрация; сахарный тростник, сок; мембраны полимерные, загрязнение **33.МБ.13**

#### **полисульфоны**

мембраны, катионитовые полисульфоновые, получение; электрохимические свойства **33.МБ.67**

- порометрия **33.МБ.83**

полианиленсульфоны; сополимеры блок, частично сульфированные; полибутадиен; мембраны полимерные, протонные обменные **33.МБ.78**

углерод диоксид, проницаемость; мембраны; композиционные материалы; полимеры, N-винил-*g*-аминобутират натрия соль; углерод диоксид, смеси; метан; разделение **33.МБ.84**

#### **политетрафторэтилен**

прививка, при облучении; эфиры простые, алкилвиниловые; мембраны, сульфонируемые, изготовление **33.МБ.126**

#### **полифениленоксиды**

поли-2, 6-диметил-1, 4-фениленоксид; мембраны полимерные, наполненные, применение; кремний диоксид; механические свойства **33.МБ.17**

#### **полифенолы**

получение; концентраты; экстракция; оливковое масло; сепараторы; мембраны **33.МБ.208**

#### **полифталазинонэфиркетеноны**

синтез; мембраны катионообменные, получение **33.МБ.125**

#### **полифталазинонэфирсульфокетон**

основа, стабильность термическая; мембраны, пленочные композитные **33.МБ.33**

#### **полиэлектролиты**

мембраны, многослойные; переноса процесс, размер-, заряд-селективный; ароматические соединения **33.МБ.160**

- диффузия; метиловый спирт; форсунки, топливные; спектроскопия ЯМР **33.МБ.129**

осаждение, послойное; мембраны, биосовместимые, получение **33.МБ.122**

#### **полиэтилен**

пористый; металлы; полимеры, наноккомпозиты металл-полимер; мембраны полимерные; никель, наночастицы **33.МБ.180**

сепараторы; мембраны полимерные, микропористые; титан диоксид; полиолефины **33.МБ.195**

#### **полиэтиленимины**

полимеризация; бензол-сульфоная кислота, 2, 5-диамино-; хлориды, тримезоилхлорид; мембраны, мозаичнозаряженные, изготовление **33.МБ.123**

ультрафильтрация; мембраны, структура, свойства; полиакриловая кислота; кислотно-основные свойства; молекулярная масса **33.МБ.130**

#### **полиэтиленоксид**

сепарация, термически индуцированная фазовая; мембраны, полволоконная гидрофильная, получение, свойства; поливинилбутираль **33.МБ.170**

#### **полиэтилентерефталат**

мембраны; поры, вытравленные; поливинилкапролактан, иммобилизация на поверхности **33.МБ.121**

поры, субмикронные, цилиндрические; поверхности, внутренне; модифицирование **33.МБ.68**

#### **полиэфирсульфоны**

микрокапсулы, пористые, получение; мембраны **33.МБ.75**

#### **полиэфиры**

простые, сульфоны; мембраны; ультрафильтрация; проницаемость, улучшение, снижение необратимого засорения **33.МБ.128**

#### **полиэфир простые**

гидроксильная группа; силаны, производное, 3-изоцианато-пропилтриэтоксисилан; мембраны, гибридные органических-неорганических, получение; газопроницаемость, реакция **33.МБ.100**

**полиэфирэфиркетоны**

мембраны полимерные, получение, свойства; сополимеры, сульфонируемые **33.МБ.112**

**поляризация**

анионный обмен; мембраны, органо-неорганические, получение, свойства, получение, свойства; дисперсии, водные, характеристики **33.МБ.20**

концентрационная, в цилиндрическом канале; ультрафильтрация, модули; моделирование математическое **33.МБ.151**

**пористые материалы**

тонкослойные; переноса процесс; электролиты; мембраны; композиционные материалы; наночистота; поры; энергетика **33.МБ.21**

**порометрия**

мембраны; полисульфоны **33.МБ.83**

**порообразователи**

влияние; топливные элементы; мембраны, протонообменная **33.МБ.44**

**поры**

вытравленные; мембраны; полиэтилентерефталат; поливинилкапролактан, иммобилизация на поверхности **33.МБ.121**  
зародышеобразование; мембраны; бислон, растянутые, механически **33.МБ.46**

микро; углерод диоксид, улавливание; мембраны; волокна, полые; контактные аппараты **33.МБ.52**

переноса процесс; электролиты; мембраны; композиционные материалы; пористые материалы, тонкослойные; наночистота; энергетика **33.МБ.21**

субмикронные, цилиндрические; полиэтилентерефталат; поверхности, внутренние; модифицирование **33.МБ.68**

**потенциометрия**

щелочные металлы; ионы определение; электроды; мембраны полимерные, ПВХ; цеолиты; обзоры, библиография **33.МБ.163**

**прессы**

камерные; фильтры; флокулянты, рабочие растворы, приготовление; мембраны, использование, фильтраты, применение **33.МБ.185**

**прививка**

при облучении; эфиры простые, алкилвиниловые; политетрафторэтилен; мембраны, сульфонируемые, изготовление **33.МБ.126**

**проницаемость**

газы и воды; мембраны полимерные, псевдодвухслойные; сополимеры; этилен; винилацетат **33.МБ.34**

газы; мембраны; целлюлоза, ацетат, содержащие **33.МБ.36**

- углерод диоксид, смеси; азот; цеолиты, ZSM-5, использование **33.МБ.81**

диффузия; мембраны, трубчатого типа; натрий сульфат, растворы водные **33.МБ.104**

контроль переключения "проницаемо-непроницаемо"; мембраны полимерные, наноконструктивные **33.МБ.76**

мембраны полимерные, газоразделительные; аммиак **33.МБ.188**

- поливиниловый спирт; графит, кристаллический, хлопья **33.МБ.137**

мембраны; полиакрилаты, трет-бутил-, с привитым полисульфоном, и его производные; морфология **33.МБ.132**

метан; углерод диоксид; мембраны; силикалит-1 **33.МБ.86**

протонов; мембраны полимерные; сополимеры; акрилонитрил; стирол; фосфорная кислота; механические свойства **33.МБ.64**

улучшение, снижение необратимого засорения; ультрафильтрация; мембраны; полиэфиры, простые, сульфоны **33.МБ.128**

**пропандиол**

1, 3-; виниловый спирт, смеси, как разбавители, влияние; мембраны, половолоконная, получение; сополимеры; этилен; глицерин; обзоры, библиография **33.МБ.74**

**протоны**

диффузия, коэффициент; мембраны; сульфоновая кислота, перфор-, влияние диэлектрического насыщения и ионного экранирования **33.МБ.70**

**пузырьки**

микро, производство; флотация; газирование; аэрация; жидкости **33.МБ.202**

**радиоактивные отходы**

очистка, легко- и тяжеловодные, предприятий цикла ядерного топлива; двухтемпературные установки; контактные аппараты, мембранного типа, использование; изотопы разделение; водород, в системе вода-водород **33.МБ.49**

**разделение**

газы, смеси; мембраны; цеолиты; молекулярной динамики метод; кислород; углерод диоксид; азот **33.МБ.85**

- мембраны, гомогенные и композитные, на основе РРО; морфология **33.МБ.108**

донные отложения, ил, смеси; фильтрование; мембраны, использование **33.МБ.41**

жидкости; мембраны, использование; экстракция **33.МБ.186**

лимонен,  $\alpha$ -, отделение; углерод диоксид, сверхкритический; мембраны, использование; масла, растительные; экстракция; растения, матрицы **33.МБ.142**

мембраны, "Полар-2" и "МДК-П", производства ЗАО "Владипор", производительность; перапарация, влияние температуры исходной смеси **33.МБ.182**

- использование **33.МБ.212**

- цеолит/полиметилметакрилатные; газы **33.МБ.56**

перапаративное; азеотропные смеси; этиловый спирт; вода; мембраны, пропитанные целлюлозные; хитозаны; поливиниловый спирт **33.МБ.99**

перапаративное; вода, смеси; этиловый спирт; пленки; целлофан; мембраны, использование; сорбция, влияние **33.МБ.28**

углерод диоксид, проницаемость; мембраны; композиционные материалы; полимеры, N-винил- $\gamma$ -аминобутират натриевая соль; полисульфоны; углерод диоксид, смеси; метан **33.МБ.84**

уксусная кислота, смеси; вода; перапаративное; мембраны; акрилонитрил, привитой; поливиниловый спирт **33.МБ.53**

урана и тория; экстракция; уран; мембраны, псевдо-жидкие; трибутил-фосфат, использование **33.МБ.184**

фильтрация; электрофорез, ди-, мембраны; вода; капли, удаление; эмульсии, В/М **33.МБ.19**

электролиты, водные растворы; мембраны, использование; магнитное поле, влияние; моделирование математическое **33.МБ.80**

**разложение**

альгинаты; мембраны, обрастание; полимеры, экстрацеллюлярные; моделирование математическое **33.МБ.6**

**рассолы**

обработка; ультрафильтрация; мембраны; санация **33.МБ.147**

**растворы**

композитные; мембраны; пленки полимерные; полимеры, фтор- **33.МБ.136**

разбавленный; поверхности раздела; мембраны ионообменные; ионы; водород, H<sup>{+}</sup>; гидроксиды, OH<sup>{-}</sup>, зависимость скорости генерации от плотности тока **33.МБ.103**

**растения**

матрицы; разделение; лимонен,  $\alpha$ -, отделение; углерод диоксид, сверхкритический; мембраны, использование; масла, растительные; экстракция **33.МБ.142**

**реакторы**

био, использование; сточные воды очистка; мембраны, использование **33.МБ.73**

- сточные воды очистка, городские; мембраны, использование **33.МБ.25**

- фильтрование, скорость; мембраны, использование **33.МБ.176**

ил активный, содержание, контроль; мембраны **33.МБ.72**  
каталитические мембранные, способ изготовления; керамические изделия; экструзия **33.МБ.210**

мембранные; иммобилизация; металлы комплексы; катализаторы; обзоры, библиография, 44, фильтрация **33.МБ.106**

мембранный каталитический; риформинг, паровой; метан; мембраны, тонкие на Pd-основе; катализаторы, Ni/Al[2]O[3] **33.МБ.118**

микро, мембранные; течение, имитация; моделирование математическое, микрожидкостное **33.МБ.39**

ультразвуковые, конструкция, характеристики **33.МБ.203**

#### **рентгенография**

синхротронное излучение; деформация; кристаллы, MFI; мембраны **33.МБ.82**

#### **рентгенофлуоресцентный анализ**

фильтры анализ, аэрозольные, мембранные, "Epsilon 5"; возбуждение, поляризованным пучком **33.МБ.149**

#### **РЗЭ**

ионы; мембраны, многослойные; каликс\_(8\_)арен, п-сульфوناتо-; поливиниламины; концентрирование **33.МБ.161**

#### **риформинг**

паровой; метан; реакторы, мембранный каталитический; мембраны, тонкие на Pd-основе; катализаторы, Ni/Al[2]O[3] **33.МБ.118**

#### **санация**

мембраны; рассолы, обработка; ультрафильтрование **33.МБ.147**

#### **сахара**

переноса процесс; мембраны, жидк., на подложке, применение; желчные кислоты, МЭ, содержание **33.МБ.171**

**сахарное производство**

утфель первой кристаллизации; очистка; ультрафильтрование, оптим. параметры, определение; нанофильтрование, оптим. параметры, определение **33.МБ.164**

**сахарный тростник**

сок; ультрафильтрование; мембраны полимерные, загрязнение; полисахариды, сока, роль **33.МБ.13**

**сенсоры**

кислотно-основные шестикомпонентные, синтез; иммобилизация; целлюлоза, прозрачные мембраны; красители азо, чувствительные; pH и к иону металла **33.МБ.119**

микро-, полидиметилсилоксановые; токсины определение; воды природные анализ, половежье; мембраны, флюидные, этилфосфохолиновые **33.МБ.88**

электрохимические энантиоселективные; подходы к созданию; обзоры, библиография, 111 **33.МБ.4**

**сепараторы**

мембраны полимерные, микропористые; полиэтилен; титан диоксид; полиолефины **33.МБ.195**

мембраны; экстракция; оливковое масло; концентраты; полифенолы, получение **33.МБ.208**

**сепарация**

термически индуцированная фазовая; мембраны, поволоконная гидрофильная, получение, свойства; поливинилбутираль; полиэтиленоксид **33.МБ.170**

**серебро комплексы**

Ag(1+), 3-пиразолил иминонитроксид, пиразол-3, 5-диил бис(иминонитроксид) лиганды, синтез, свойства; кристаллическая структура; антиферромагнетизм, РСТА **33.МБ.158**

**серебро нитрат**

электрохимический процесс; натрий гидроксид, одновременное получение **33.МБ.193**

**серебро оксиды**

Ag[3]O[4]; полиимиды; мембраны, поволоконные композитные; объем, свободный, характеристики разделение и распределение **33.МБ.101**

**силаны**

производное, 3-изоцианатопропилтриэтоксисилан; полиэфиры простые; гидроксильная группа; мембраны, гибридные органических-неорганических, получение; газопроницаемость, реакция **33.МБ.100**

**силикалий**

мембраны, получение, свойства; сталь, нержавеющие, подложки, решетчатые **33.МБ.91**

**силикалит**

поликристаллический; мембраны; диффузия; газы; спектрокопия ЯМР, {1}H, с импульсным градиентом магнитного поля **33.МБ.32**

**силикалит-1**

мембраны; проницаемость; метан; углерод диоксид **33.МБ.86**

**синхротронное излучение**

рентгенография; деформация; кристаллы, MFI; мембраны **33.МБ.82**

**сополимеры**

акрилонитрил; стирол; мембраны полимерные; фосфорная кислота; проницаемость, протонов; механические свойства **33.МБ.64**

дифильные, архитектура, воздействие; мембраны; липиды; динамика **33.МБ.181**

мембраны, поволоконная, получение; этилен; виниловый спирт, смеси, как разбавители, влияние; пропандиол, 1, 3-; глицерин; обзоры, библиография, 29 **33.МБ.74**

получение, свойства; этилен; виниловый спирт; мембраны, поволоконные; глицерин, в охлаждающей ванне, влияние **33.МБ.57**

сульфонируемые; мембраны полимерные, получение, свойства; полиэфирэфиркетоны **33.МБ.112**

четвертичные; пиридины, винил-; мембраны полимерные, получение; стирол; электрохимические свойства **33.МБ.139**

этилен; винилацетат; мембраны полимерные, псевдодвухслойные; проницаемость, газы и воды **33.МБ.34**

**сополимеры блок**

амфилилы, блоксополимерные самоорганизующиеся; мембраны полимерные; нанотрубки **33.МБ.9**

частично сульфированные; полисульфоны, полианиленсульфоны; полибутадиев; мембраны полимерные, протонные обменные **33.МБ.78**

**сорбенты**

зеокарб-225; мембраны; композиционные материалы; целлюлоза ацетаты; электрохимические свойства, в водных растворах натрия хлорида **33.МБ.94**

**сорбция**

влияние; разделение; перапорация; вода, смеси; этиловый спирт; пленки; целлофан; мембраны, использование **33.МБ.28**

**спекание**

мембраны, волоконные; стронций-церий-иттербий-оксиды, SrCe[0, 95]Yb[0, 05]O[3-\_a] **33.МБ.55**

**спектрокопия ЯМР**

{1}H, с импульсным градиентом магнитного поля; диффузия; газы; мембраны; силикалит, поликристаллический **33.МБ.32**

диффузия; метиловый спирт; полиэлектролиты; мембраны; форсунки, топливные **33.МБ.129**

**сталь**

нержавеющие, подложки, решетчатые; мембраны, получение, свойства; силикалий **33.МБ.91**

**стандартизация**

газы; мембраны, газопроницаемые, диффузионные, СИМГП “Микрогаз” **33.МБ.183**

**стандарты**

мембраны, гео- **33.МБ.42**

**стекло**

мембраны; газы, агрессивные, очистка; адсорбция; диффузия, коэффициент **33.МБ.162**

**стекловолокно**

мембраны, гибридные неорганические-органические протон-проводящие; носители; бумага, из стекловолокна **33.МБ.63**

**стирол**

мембраны полимерные, получение; сополимеры, четвертичные; пиридины, винил-; электрохимические свойства **33.МБ.139**  
сополимеры; акрилонитрил; мембраны полимерные; фосфорная кислота; проницаемость, протонов; механические свойства **33.МБ.64**

**сточные воды**

молочная промышленность, очистка; органические вещества, удаление; фильтрация; мембраны **33.МБ.12**

**сточные воды очистки**

городские; реакторы, био; мембраны, использование **33.МБ.25**

древесные материалы, фанеры, производство **33.МБ.109**

молоко, переработка **33.МБ.175**

обессоливание; флотация, электро-; мембраны, использование **33.МБ.134**

обрастание; мембраны **33.МБ.93**

осадки, образование; мембраны; поверхности; сульфаты, удаление **33.МБ.111**

переработка; гальваническое производство; металлы тяжелые, удаление **33.МБ.187**

реакторы, био, использование; мембраны, использование **33.МБ.73**

способ, устройство **33.МБ.190**

текстильная промышленность; мембраны, использование **33.МБ.15**

технология; мембраны, био, использование **33.МБ.97**

установки; фильтрование; мембраны, использование **33.МБ.154**

фильтрование; мембраны, использование; оптимизация **33.МБ.50**

цианиды, удаление; фильтрование; мембраны, использование **33.МБ.96**

цинк, удаление; нанофильтрование **33.МБ.95**

**стронций-церий-иттербий-оксиды**

$\text{SrCe}[0, 95]\text{Yb}[0, 05]\text{O}[3\_a]$ ; мембраны, волоконные; спекание **33.МБ.55**

**сульфаты**

удаление; осадки, образование; мембраны; поверхности; сточные воды очистки **33.МБ.111**

**сульфоновая кислота**

перфтор-, влияние диэлектрического насыщения и ионного экранирования; мембраны; диффузия, коэффициент; протоны **33.МБ.70**

**сульфоновая кислота\*бензол-**

2, 5-диамино-; полимеризация; полиэтиленимины; хлориды, тримезилхлорид; мембраны, мозаичнозаряженные, изготовление **33.МБ.123**

**сурьма**

$\text{Sb}\{5+\}$ ; восстановление; мембраны, содержащие лиганд, использование **33.МБ.178**

**сшивающие агенты**

мембраны полимерные; матрицы, смешанное гидрофильное; полимеры, гидрофильный; поливиниловый спирт; кремний диоксид **33.МБ.196**

**текстильная промышленность**

сточные воды очистки; мембраны, использование **33.МБ.15**

**температура**

компактная; лекарственные вещества определение, напроксен, салицилат; кровь анализ, сыворотка **33.МБ.90**

**термические свойства**

мембраны, Nafion; алюминий,  $\text{Al}\{3+\}$  **33.МБ.58**

**технология**

мембраны, Pd-и CeO[2]-содержащие **33.МБ.30**

- био, использование; сточные воды очистки **33.МБ.97**

**течение**

имитация; реакторы, микро, мембранные; моделирование математическое, микрожидкостное **33.МБ.39**

**титан диоксид**

мезопористый; синтез; осаждение, нанопроволок из анатаза на мембраны из бактериальной целлюлозы **33.МБ.105**

сепараторы; мембраны полимерные, микропористые; полиэтилен; полиолефины **33.МБ.195**

фольга, полимерная; мембраны, пористые, поры; наночастицы, керамические, нанесение золь-гель способом **33.МБ.155**

**токсины определение**

воды природные анализ, половодье; мембраны, флюидные, этилфосфохолиновые; сенсоры, микро-, полидиметилсилоксановые **33.МБ.88**

**топливные элементы**

мембраны полимерные, полиэлектролитные привитые, получение **33.МБ.124**

мембраны, протонообменная; порообразователи, влияние **33.МБ.44**

метанольные; мембраны полимерные, синтез, характеристика; поливиниловый спирт, основа; натрий соединения, альгинат натрия; хитозаны **33.МБ.169**

полимерные электролитные мембраны, мембранные структуры, силикатные частицы, катоды, аноды, катализаторы **33.МБ.205**

протон-обменные мембраны, двухмерная модель управления, потоки реагентов, аноды, катоды **33.МБ.98**

- системы динамической жидкости, вычислительные модели, катоды, аноды **33.МБ.115**

прямые метанольные; мембраны, композиционные нафийон/ $\text{SiO}[2]$ /ФВК; нафийон; кремний диоксид; фосфо-вольфрамовые кислоты **33.МБ.48**

-- электролитные; композиционные материалы, нафийон/сульфированный монтмориллонит **33.МБ.114**

содержащие метанол; мембраны, полиионные комплексы; хитозаны, дезацетилованный; натрий альгинат; биополимеры **33.МБ.65**

**транспорт**

ионы; ионный обмен; мембраны, биполярные **33.МБ.152**

**транспортирование**

желатин; пищевые добавки; насосы, новый, разработка, применение **33.МБ.133**

**транспортные свойства**

управление нанопространством; полимеры, железо кристаллы, с низким свободным объемом и мембранные со сверхвысоким свободным объемом **33.МБ.127**

**трибутил-фосфат**

использование; мембраны, псевдо-жидкие; экстракция; уран; разделение, урана и тория **33.МБ.184**



**углеводы**

очистка, способ; ультрафильтрация; осмос обратный; фильтрация, нано- **33.МБ.192**

**углерод диоксид**

проницаемость; мембраны; композиционные материалы; полимеры, N-винил-*g*-аминобутират натриевая соль; полисульфоны; углерод диоксид, смеси; метан; разделение **33.МБ.84**

- метан; мембраны; силикалит-1 **33.МБ.86**

разделение; газы, смеси; мембраны; цеолиты; молекулярной динамики метод; кислород; азот **33.МБ.85**

сверхкритический; разделение; лимонен, *a*-, отделение; мембраны, использование; масла, растительные; экстракция; растения, матрицы **33.МБ.142**

смеси; азот; газы; проницаемость; цеолиты, ZSM-5, использование **33.МБ.81**

- метан; углерод диоксид, проницаемость; мембраны; композиционные материалы; полимеры, N-винил-*g*-аминобутират натриевая соль; полисульфоны; разделение **33.МБ.84**

удаление из газовых смесей; мембраны, принципы выбора **33.МБ.5**

улавливание; поры, микро; мембраны; волокна, полые; контактные аппараты **33.МБ.52**

**уксусная кислота**

биомасса; гидролиз; мембраны анионообменные **33.МБ.77**

смеси; вода; разделение; перапорация; мембраны; акрилонитрил, привитой; поливиниловый спирт **33.МБ.53**

**ультразвук**

применение; пиво; фильтрация; мембраны, типа PVDF, очистка **33.МБ.61**

**ультрафильтрация**

в щелевом канале; вязкость, аномалия, влияние **33.МБ.189**

мембраны, структура, свойства; полиэтиленимины; полиакриловая кислота; кислотно-основные свойства; молекулярная масса **33.МБ.130**

- вода очистка; водотоки и водоемы, р. Амур **33.МБ.51**

- поверхности, регенерация; ферменты, использование **33.МБ.40**

- полиэферы, простые, сульфоны; проницаемость, улучшение, снижение необратимого засорения **33.МБ.128**

модули; поляризация, концентрационная, в цилиндрическом канале; моделирование математическое **33.МБ.151**

мясная промышленность; вода техническая, оборотная, очистка; энергия, затраты, расчет **33.МБ.29**

оптим. параметры, определение; сахарное производство, утфель первой кристаллизации, очистка; нанофильтрация, оптим. параметры, определение **33.МБ.164**

ослабление потока; моделирование математическое **33.МБ.62**  
очистка, способ; углеводы; осмос обратный; фильтрация, нано- **33.МБ.192**

рассолы, обработка; мембраны; санация **33.МБ.147**

сахарный тростник, сок; мембраны полимерные, загрязнение; полисахариды, сока, роль **33.МБ.13**

системы, параметры, определение; вода очистка; воды природные **33.МБ.3**

**умягчение**

вода технология; электролизеры; мембраны; керамика; жесткость определение; кальций определение, ионы; магний определение, ионы **33.МБ.24**

**уран**

экстракция; мембраны, псевдо-жидкие; трибутил-фосфат, использование; разделение, урана и тория **33.МБ.184**

**уран диоксид**

таблетки, получение; ядерное горючее производство, топливный цикл; ядерная технология, хим. процессы **33.МБ.116**

**фенактрен**

детоксикация; грибы, *C. elegans*; калориметрия **33.МБ.143**

**фенилендиамин**

1, 3-; полиимиды, со-; пленки полимерные, плотные, пермеационные свойства; мембраны, полволоконные, формование, CO[2]/CH[4] разделение **33.МБ.138**

**ферменты**

использование; мембраны; поверхности, регенерация; ультрафильтрация **33.МБ.40**

**ферриты\*барий-цирконий-кобальт-**

BaZr<sub>x</sub>Co<sub>y</sub>Fe<sub>z</sub>O<sub>3-d</sub>; волокна, перовскитные; мембраны; газопроницаемость; кислород **33.МБ.167**

**физико-химические свойства**

мембраны ионообменные, профилированные гетерогенные; электродиализ **33.МБ.144**

**фильтрация**

мембраны; сточные воды; молочная промышленность, очистка; органические вещества, удаление **33.МБ.12**

нано-; концентрирование; мальтит, очистка; мембраны, типа G и D; давление, влияние **33.МБ.117**

- медь сульфат **33.МБ.54**

- очистка, способ; углеводы; ультрафильтрация; осмос обратный **33.МБ.192**

пиво; мембраны, типа PVDF, очистка; ультразвук, применение **33.МБ.61**

электрофорез, ди-; мембраны; вода; капли, удаление; эмульсии, В/М; разделение **33.МБ.19**

**фильтровальные установки**

фильтрующее устройство; материалы, способ отбора из суспензии образца **33.МБ.198**

**фильтрация**

мембраны, использование; вода технология **33.МБ.206**

-- сточные воды очистка; оптимизация **33.МБ.50**

-- цианиды, удаление; сточные воды очистка **33.МБ.96**

оптимизация; разработка; фильтры, мембранные **33.МБ.153**  
разделение; донные отложения, ил, смеси; мембраны, использование **33.МБ.41**

скорость; реакторы, био; мембраны, использование **33.МБ.176**

сточные воды очистка, установки; мембраны, использование **33.МБ.154**

**фильтры**

мембранные; наночастицы, прикрепление; красители, органические, нанометровые размеры; металлы тяжелые **33.МБ.89**

- фильтрация; оптимизация, разработка **33.МБ.153**

прессы, камерные; флокулянты, рабочие растворы, приготовление; мембраны, использование, фильтраты, применение **33.МБ.185**

трубчатый макропористый из нержавеющей стали; мембраны, плотная тонкая, новый способ изготовления; подложки **33.МБ.38**

**фильтры анализ**

аэрозольные, мембранные, "Epsilon 5"; рентгенофлуоресцентный анализ; возбуждение, поляризованным пучком **33.МБ.149**

**флокулянты**

рабочие растворы, приготовление; фильтры; прессы, камерные; мембраны, использование, фильтраты, применение **33.МБ.185**

**флотация**

пузырьки, микро, производство; газирование; аэрация; жидкости **33.МБ.202**

электро-; обессоливание; сточные воды очистка; мембраны, использование **33.МБ.134**

**фольга**

полимерная; мембраны, пористые, поры; наночастицы,

керамические, нанесение золь-гель способом; титан диоксид  
**33.МБ.155**

#### **форсунки**

топливные; диффузия; метиловый спирт; полиэлектролиты; мембраны; спектроскопия ЯМР **33.МБ.129**

#### **фосфат\*трибутил-**

использование; мембраны, псевдо-жидкие; экстракция; уран; разделение, урана и тория **33.МБ.184**

#### **фосфаты\*кальций**

полимеры; мембраны, Nafion гибридные композитные, свойства **33.МБ.59**

#### **фосфо-вольфрамовые кислоты**

кремний диоксид; топливные элементы, прямые метанольные; мембраны, композиционные нафийон/SiO<sub>2</sub>/ФВК; нафийон **33.МБ.48**

#### **фосфорная кислота**

мембраны полимерные; сополимеры; акрилонитрил; стирол; проницаемость, протонов; механические свойства **33.МБ.64**

#### **хитозаны**

дезацетилованный; натрий альгинат; топливные элементы, содержащие метанол; мембраны, полиионные комплексы; биополимеры **33.МБ.65**

мембраны полимерные, синтез, характеристика; поливиниловый спирт, основа; натрий соединения, альгинат натрия; топливные элементы, метанольные **33.МБ.169**

разделение, перапаративное; азеотропные смеси; этиловый спирт; вода; мембраны, пропитанные целлюлозные; поливиниловый спирт **33.МБ.99**

#### **хлориды**

тримезоилхлорид; полимеризация; бензол-сульфоновая кислота, 2, 5-диамино-; полиэтиленимины; мембраны, мозаичнозаряженные, изготовление **33.МБ.123**

#### **хроматография аффинная**

мембраны, использование; математические методы **33.МБ.159**

#### **целлофан**

разделение; перапарация; вода, смеси; этиловый спирт; пленки; мембраны, использование; сорбция, влияние **33.МБ.28**

#### **целлюлоза**

ацетат, содержащие; мембраны; газы; проницаемость **33.МБ.36**

прозрачные мембраны; сенсоры, кислотно-основные шестикомпонентные, синтез; иммобилизация; красители азо, чувствительные; рН и к иону металла **33.МБ.119**

#### **целлюлоза ацетаты**

мембраны; композиционные материалы; сорбенты, зекарб-225; электрохимические свойства, в водных растворах натрия хлорида **33.МБ.94**

#### **цеолиты**

\_b-, мембраны, получение; перапарация; алканы, ди-и моно-разветвленные **33.МБ.71**

ZSM-5, использование; газы; проницаемость; углерод диоксид, смеси; азот **33.МБ.81**

мембраны; разделение; газы, смеси; молекулярной динамики метод; кислород; углерод диоксид; азот **33.МБ.85**

потенциометрия; щелочные металлы; ионы определение; электроды; мембраны полимерные, ПВХ; обзоры, библиография **33.МБ.163**

#### **церий-иттербий-оксиды\*стронций-**

SrCe[0, 95]Yb[0, 05]O[3-\_a]; мембраны, волоконные; спекание **33.МБ.55**

#### **цианиды**

удаление; сточные воды очистка; фильтрование; мембраны, использование **33.МБ.96**

#### **циклодекстрины**

\_a-, мембраны, состав, получение, применение; поливиниловый спирт **33.МБ.18**

#### **цинк**

удаление; сточные воды очистка; нанофильтрация **33.МБ.95**

#### **цирконий-кобальт-ферриты\*барий-**

BaZr[x]Co[y]Fe[z]O[3-\_d]; волокна, перовскитные; мембраны; газопроницаемость; кислород **33.МБ.167**

#### **частицы**

неорганические, противоположно заряженные; коллоиды; мембраны, сверхтонкие, получение, свойства; осаждение, послойное **33.МБ.69**

#### **щелочные металлы**

потенциометрия; ионы определение; электроды; мембраны полимерные, ПВХ; цеолиты; обзоры, библиография **33.МБ.163**

#### **экстракция**

масла, растительные; разделение; лимонен, \_a-, отделение; углерод диоксид, сверхкритический; мембраны, использование; растения, матрицы **33.МБ.142**

оливковое масло; сепараторы; мембраны; концентраты; полифенолы, получение **33.МБ.208**

разделение; жидкости; мембраны, использование **33.МБ.186**  
уран; мембраны, псевдо-жидкие; трибутил-фосфат, использование; разделение, урана и тория **33.МБ.184**

#### **экструзия**

керамические изделия; реакторы, каталитические мембранные, способ изготовления **33.МБ.210**

#### **электродиализ**

физико-химические свойства; мембраны ионообменные, профилированные гетерогенные **33.МБ.144**

электродиализаторы; металлы гидроксиды; литий гидроксид, способ получения **33.МБ.191**

#### **электродиализаторы**

металлы гидроксиды; электродиализ; литий гидроксид, способ получения **33.МБ.191**

#### **электродные материалы**

азаподанды, фосфорилированные; электроды, ионселективные жидкостные мембранные, чувствительные к Cu(2+) и Hg(2+) **33.МБ.177**

#### **электроды**

ионселективные жидкостные мембранные, чувствительные к Cu(2+) и Hg(2+); азаподанды, фосфорилированные; электродные материалы **33.МБ.177**

ион-селективные, селективность; мембраны, состав, влияние; аммоний, алкил-, катионы, различной степени замещенности **33.МБ.22**

мембранные; глутатион определение **33.МБ.14**

потенциометрия; щелочные металлы; ионы определение; мембраны полимерные, ПВХ; цеолиты; обзоры, библиография **33.МБ.163**

#### **электроды ионселективные**

мембранные; висмут определение, Bi{3+}; ионный обмен **33.МБ.148**

#### **электролизеры**

умягчение; вода технология; мембраны; керамика; жесткость определение; кальций определение, ионы; магний определение, ионы **33.МБ.24**

#### **электролиты**

водные растворы; разделение; мембраны, использование; магнитное поле, влияние; моделирование математическое **33.МБ.80**

переноса процесс; мембраны; композиционные материалы; пористые материалы, тонкослойные; нанофильтрация; поры; энергетика **33.МБ.21**

**электропроводность**

измерение; импедансная спектроскопия с микроэлектродами; мембраны полимерные, электролитные **33.МБ.87**

**электростанции**

атомные; дегазация; вода **33.МБ.197**

**электрофорез**

ди-; фильтрация; мембраны; вода; капли, удаление; эмульсии, В/М; разделение **33.МБ.19**

**электрохимические свойства**

в водных растворах натрия хлорида; мембраны; композиционные материалы; целлюлоза ацетаты; сорбенты, зеокарб-225 **33.МБ.94**  
мембраны полимерные, получение; сополимеры, четвертичные; пиридины, винил-; стирол **33.МБ.139**

мембраны, катионитовые полисульфоновые, получение; полисульфоны **33.МБ.67**

**электрохимический процесс**

адаптация метода электрохимического проникновения; водород, внедрение, транспорт и захват в металлах **33.МБ.43**  
серебро нитрат; натрий гидроксид, одновременное получение **33.МБ.193**

**эмульсии**

В/М; фильтрация; электрофорез, ди-; мембраны; вода; капли, удаление; разделение **33.МБ.19**

**энергетика**

переноса процесс; электролиты; мембраны; композиционные материалы; пористые материалы, тонкослойные; нанофильтрование; поры **33.МБ.21**

**энергия**

затраты, расчет; мясная промышленность; вода техническая, оборотная, очистка; ультрафильтрация **33.МБ.29**

**этилен**

винилацетат; сополимеры; мембраны полимерные, псевдодвух-

слойные; проницаемость, газы и воды **33.МБ.34**

виниловый спирт; сополимеры, получение, свойства; мембраны, полволоконные; глицерин, в охлаждающей ванне, влияние **33.МБ.57**

мембраны, полволоконная, получение; сополимеры; виниловый спирт, смеси, как разбавители, влияние; пропандиол, 1, 3-; глицерин; обзоры, библиография **33.МБ.74**

**этиловый спирт**

вода, смеси; разделение; первапорация; пленки; целлофан; мембраны, использование; сорбция, влияние **33.МБ.28**

- азеотропные смеси; разделение, первапоративное; мембраны, пропитанные целлюлозные; хитозаны; поливиниловый спирт **33.МБ.99**

**эфиры простые**

алкилвиниловые; прививка, при облучении; политетрафторэтилен; мембраны, сульфонируемые, изготовление **33.МБ.126**

**ядерная технология**

хим. процессы; ядерное горючее производство, топливный цикл; уран диоксид, таблетки, получение **33.МБ.116**

**ядерное горючее производство**

топливный цикл; уран диоксид, таблетки, получение; ядерная технология, хим. процессы **33.МБ.116**

**pH**

мембраны полимерные, гидрогелевые волокнистые бикомпонентные; поливиниловый спирт; полиакриловая кислота; набухание **33.МБ.45**

**pH и к иону металла**

красители азо, чувствительные; сенсоры, кислотно-основные шестикомпонентные, синтез; иммобилизация; целлюлоза, прозрачные мембраны **33.МБ.119**

---

## Авторский указатель

Abdellah Frouji M. **33.МБ.171**

Adriaenssens E. **33.МБ.149**

Agarwal Himanshu **33.МБ.148**

Ahmad Suhail **33.МБ.94**

Alfadhel Khaled Ali **33.МБ.39**

Algezawi N. **33.МБ.53**

Almeida e Silva Joao Batista **33.МБ.77**

Aras L. **33.МБ.53**

Asano Masaharu **33.МБ.126**

Asman G. **33.МБ.53**

Bakker Eric **33.МБ.150**

Balachandran U. **33.МБ.26**

Balakrishnan M. **33.МБ.13**

Ball Vincent **33.МБ.122**

Basarir F. **33.МБ.156**

Beaulieu Sylvain **33.МБ.175**

Belikov K. **33.МБ.149**

Ben Frares Naima **33.МБ.95**

Bernal M. Pilar **33.МБ.91**

Besenshard Jurgen O.

**33.МБ.87**

Bhattacharjee Subir **33.МБ.19**

Bhattacharya A. **33.МБ.83**

Birbaum Karin **33.МБ.150**

Bird Michael R. **33.МБ.111**

Bitterlich Stefan **33.МБ.212**

Bixio D. **33.МБ.73**

Blanpain Patrick **33.МБ.116**

Bolzan Ariovaldo **33.МБ.142**

Bonapace Bernhard

**33.МБ.12**

Bonnelye Veronique

**33.МБ.206**

Bouchard Christian **33.МБ.7**

Bouchtalla S. **33.МБ.18**

Boulmedais Fouzia

**33.МБ.122**

Braeken Leen **33.МБ.102**

Bryk M. **33.МБ.23**

Butler Blaine C. **33.МБ.158**

Cabot Christophe **33.МБ.34**

Caldarella Giuseppe **33.МБ.10**

Calrson Luiz Henrique

Castelan **33.МБ.142**

Camarillo Rafael **33.МБ.130**

Canilha Larissa **33.МБ.77**

Canizares Pablo **33.МБ.130**

Cao Chun **33.МБ.138**

Cao Jian-Hua **33.МБ.25**

Capus Georges **33.МБ.116**

Caro J. **33.МБ.167**

Carofiglio Tommaso

**33.МБ.119**

Carter David **33.МБ.88**

Carvalho Walter **33.МБ.77**

Caspary K. J. **33.МБ.167**

Chandra Sulekh **33.МБ.148**

Chang Hyuk **33.МБ.114**

Chappey C. **33.МБ.171**

Chartier Thierry **33.МБ.210**

Chaudry Ashraf M.

**33.МБ.136**

Chellam Shankararaman

**33.МБ.21**

Chen Guangming **33.МБ.60**

Chen Jinhua **33.МБ.126**

Chen L. **33.МБ.26**

Chen Rui **33.МБ.61**

Chen V. **33.МБ.6**

Chen Wei-hang **33.МБ.123**

Chen Wen-mei **33.МБ.75**

Chen Xinhua **33.МБ.60**

Chen Y. L. **33.МБ.125**

Chen Yan-xi **33.МБ.44**

Chen Yu-Chiang **33.МБ.141**

Cheng Quan **33.МБ.88**

Cho Churl Hee **33.МБ.81**

Choi E. Y. **33.МБ.156**

Choudhary V. **33.МБ.112**

Christ Gunther **33.МБ.211**

Chu Liang-yin **33.МБ.75**

Chung Tai-Shung

**33.МБ.138, 33.МБ.16**

Clark Mark M. **33.МБ.66**

Cojocar Costel Sorin

**33.МБ.145**

Colas Frederic **33.МБ.206**

Corner-Walker N. **33.МБ.172**

Coronas Joaquin **33.МБ.91**

Csetneki Ildiko **33.МБ.76**

Davydov A. D. **33.МБ.152**

De Kee D. **33.МБ.31**

De Koning J. **33.МБ.73**

de Lucas Antonio **33.МБ.130**

De Roeck F. **33.МБ.149**

De Wilde W. **33.МБ.73**

Dekany Imre **33.МБ.69**

Del Gallo Pascal **33.МБ.210**

Deratani A. **33.МБ.18**

Dhahbi Mahmoud **33.МБ.15**

- Discher Dennis E. **33.МБ.9**  
 Djilali N. **33.МБ.115**  
 Dong Yi **33.МБ.88**  
 Dorange Gerard **33.МБ.95**  
 Dorris S. E. **33.МБ.26**  
 Du Prez F. E. **33.МБ.121**  
 Dubey Vinita **33.МБ.99**  
 Duncan Scott **33.МБ.132**  
 Edrohelyi Andras **33.МБ.69**  
 Egger Bernhard **33.МБ.87**  
 El Sayed A. Mounir  
**33.МБ.136**  
 El-Hashani Ashraf **33.МБ.161**  
 El-Kosasy Amira M.  
**33.МБ.14**  
 El-Zeany Badr A. **33.МБ.14**  
 Escandar G. M. **33.МБ.90**  
 Eszterle Matild **33.МБ.164**  
 Every Hayley A. **33.МБ.129**  
 Fafilek Gunter **33.МБ.87**  
 Fan Guo-dong **33.МБ.123**  
 Fane A. G. **33.МБ.6**  
 Fayed Ahmad S. **33.МБ.14**  
 Feng Chunsheng **33.МБ.101**  
 Feron P. H. M. **33.МБ.52**  
 Fersi Cheima **33.МБ.15**  
 Filipcsei Geneveva  
**33.МБ.76**  
 Fink D. **33.МБ.155**  
 Fontcuberta i Morral Anna  
**33.МБ.145**  
 Freeman Benny D. **33.МБ.5**  
 Fregonese Carlo **33.МБ.119**  
 Freman B. D. **33.МБ.127**  
 Frenkel Daan **33.МБ.46**  
 Fu Xue-qi **33.МБ.61**  
 Fu Xun Yao **33.МБ.170**  
 Gao Bo **33.МБ.61**  
 Gauthier Sylvie F. **33.МБ.7**  
 Germain Albert **33.МБ.10**  
 Gesan-Guiziou Genevieve  
**33.МБ.175**  
 Gohil G. S. **33.МБ.20,**  
**33.МБ.67**  
 Gora L. **33.МБ.71**  
 Gora Leszek **33.МБ.86**  
 Gunko S. **33.МБ.23**  
 Gyura Julianna **33.МБ.164**  
 Gzara Lassaad **33.МБ.15**  
 Hagg May-Britt **33.МБ.162**  
 Hallbauer Dieter K. **33.МБ.93**  
 Hamad F. **33.МБ.108**  
 Han Binbing **33.МБ.77,**  
**33.МБ.96**  
 Han Moon Hee **33.МБ.81**  
 Hanson Jonathan C.  
**33.МБ.82**  
 Haraya Kenji **33.МБ.118,**  
**33.МБ.30, 33.МБ.38**  
 Hassan Nagiba Y. **33.МБ.14**  
 Hassoune H. **33.МБ.171**  
 Hay A. S. **33.МБ.125**  
 Hayamizu Kikuko **33.МБ.32**  
 Hayashi Akitoshi **33.МБ.63**  
 Helm G. S. **33.МБ.172**  
 Henry Laurence L. **33.МБ.131**  
 Hickner Michael A.  
**33.МБ.129**  
 Hilal N. **33.МБ.23**  
 Hill A. J. **33.МБ.127**  
 Hinestroza J. **33.МБ.31**  
 Hirata Yuichi **33.МБ.34**  
 Hong Suk-In **33.МБ.100**  
 Hornok Viktoria **33.МБ.69**  
 Horsfall J. A. **33.МБ.124**  
 Howe Kerry J. **33.МБ.66**  
 Hrabanek Pavel **33.МБ.86**  
 Hsieh You-Lo **33.МБ.11,**  
**33.МБ.45**  
 Hu Changlai **33.МБ.137**  
 Hu Chien-Chieh **33.МБ.56**  
 Hua Wen-qing **33.МБ.72**  
 Huang Aibin **33.МБ.139**  
 Huang Wenbo **33.МБ.98**  
 Hughes Ronald **33.МБ.135**  
 Hyun Sang Hoon **33.МБ.81**  
 Ibanez G. A. **33.МБ.90**  
 Ibarra Alvin **33.МБ.208**  
 Inagaki Daisuke **33.МБ.64**  
 Isiklan Nuran **33.МБ.110**  
 Ito Iko **33.МБ.64**  
 Jaffe M. **33.МБ.127**  
 Jahromi Shabab **33.МБ.201**  
 Jansen J. C. **33.МБ.71,**  
**33.МБ.8**  
 Jansen Jacobus Cornelis  
**33.МБ.200**  
 Jaskierowicz Gerard  
**33.МБ.145**  
 Javaid Zaidi S. M. **33.МБ.27**  
 Jefferson B. **33.МБ.6,**  
**33.МБ.73**  
 Jeong Hae-Kwon **33.МБ.82**  
 Jerome Robert **33.МБ.10**  
 Jezowska A. **33.МБ.165**  
 Jia W. **33.МБ.85**  
 Jian Xigao **33.МБ.33**  
 Jiang Lei **33.МБ.60**  
 Jiang Zhongyi **33.МБ.137**  
 Jiang Zhong-yi **33.МБ.128**  
 Jin Wanqin **33.МБ.160**  
 Jin Xing **33.МБ.45**  
 Kaneko Keiichi **33.МБ.64**  
 Kanzaki Yoshio **33.МБ.64**  
 Kapteijn Frederik **33.МБ.200**  
 Kapteijn Freek **33.МБ.86**  
 Kasai Hitoshi **33.МБ.89**  
 Kawakita Hidetaka  
**33.МБ.178**  
 Kelly Michael J. **33.МБ.87**  
 Kerbe F. **33.МБ.166**  
 Khan A. A. **33.МБ.1,**  
**33.МБ.169, 33.МБ.65**  
 Khayet M. **33.МБ.17**  
 Khulbe K. C. **33.МБ.108**  
 Kilgus M. **33.МБ.167**  
 Kim Hae Kyung **33.МБ.114**  
 Kim Hyunjoon **33.МБ.100**  
 Klein Michael L. **33.МБ.9**  
 Koh Melvin **33.МБ.66**  
 Kohpeyma Aliasghar  
**33.МБ.62**  
 Konosu Yuichi **33.МБ.141**  
 Kostanian Artak E. **33.МБ.184**  
 Kothare Mayuresh V.  
**33.МБ.39**  
 Kronberger Hermann  
**33.МБ.87**  
 Kubota Noboru **33.МБ.57,**  
**33.МБ.74**  
 Kuhlmann J. W. **33.МБ.124**  
 Kumar Pankaj **33.МБ.148**  
 Lai Juin-Yih **33.МБ.56**  
 Lai Zhiping **33.МБ.82**  
 Lakshmi Muthu R. T. S.  
**33.МБ.112**  
 Lapointe Jean-Francois  
**33.МБ.7**  
 Lavallo Philippe **33.МБ.122**  
 Lazaro Elisabet **33.МБ.47**  
 Le Clech P. **33.МБ.6**  
 Lee Jae Sung **33.МБ.114**  
 Lee Kueir-Rarn **33.МБ.56**  
 Lee T. H. **33.МБ.26**  
 Lequieu W. **33.МБ.121**  
 Li Jianxin **33.МБ.93**  
 Li K. **33.МБ.107,**  
**33.МБ.120, 33.МБ.55**  
 Li Lei **33.МБ.11**  
 Li Xinhong **33.МБ.60**  
 Liang D. T. **33.МБ.52**  
 Liang Weiqiang **33.МБ.135**  
 Lim Choonwon **33.МБ.100**  
 Lin Haiqing **33.МБ.5**  
 Lindbrathen Arne **33.МБ.162**  
 Liu An-qing **33.МБ.72**  
 Liu Bang-wei **33.МБ.44**  
 Liu Changpeng **33.МБ.48**  
 Liu Guojun **33.МБ.132**  
 Liu Jin-dun **33.МБ.123**  
 Liu Lifeng **33.МБ.78**  
 Liu Meilin **33.МБ.26**  
 Liu Ruixue **33.МБ.16**  
 Liu Shaomin **33.МБ.107**  
 Liu Shengzhou **33.МБ.78**  
 Liu Te-Cheng **33.МБ.56**  
 Liu Xiang **33.МБ.44**  
 Liu Yutie **33.МБ.55**  
 Lloyd Douglas R. **33.МБ.57,**  
**33.МБ.74**  
 Lopez Fausto **33.МБ.91**  
 Lopez-Manchado M. A.  
**33.МБ.17**  
 Lovell K. **33.МБ.124**  
 Lu Hong **33.МБ.25**  
 Lu Lianyu **33.МБ.137**  
 Lu Tianhong **33.МБ.48**  
 Lu Zhihua **33.МБ.132**  
 Lyko S. Wintgens T. **33.МБ.41**  
 Ma Yongmei **33.МБ.60**  
 MacDonald Noel C.  
**33.МБ.158**  
 Machado Ricardo Antonio  
 Francisco **33.МБ.142**  
 Maekawa Yasunari **33.МБ.68**  
 Maeyama Katsuya **33.МБ.68**  
 Mallada Reyes **33.МБ.91**  
 Malon Adam **33.МБ.150**  
 Maloncy M. L. **33.МБ.71,**  
**33.МБ.8**  
 Mandoli Corrado **33.МБ.145**  
 Manttari M. **33.МБ.54**  
 Marais Sphane **33.МБ.34**  
 Marzinkowski Joachim M.  
**33.МБ.109**  
 Maschmeyer Th. **33.МБ.8**  
 Masliyah Jacob H. **33.МБ.19**  
 Matsuda Atsunori **33.МБ.63**  
 Matsumoto Hidetoshi  
**33.МБ.141**  
 Matsumoto Moritoshi  
**33.МБ.157**  
 Matsumura Yasuyuki  
**33.МБ.118, 33.МБ.30,**  
**33.МБ.38**  
 Matsuura T. **33.МБ.108**  
 Matsuyama Hideto  
**33.МБ.170, 33.МБ.57,**  
**33.МБ.74**  
 Mayer Ingo **33.МБ.109**  
 Mayr Bernhard **33.МБ.12**  
 McGrath James E.  
**33.МБ.129**  
 McMillan James D.  
**33.МБ.77**  
 Meier-Haack Jochen  
**33.МБ.112**  
 Melin T. **33.МБ.41,**  
**33.МБ.73**  
 Meng Y. Z. **33.МБ.125**  
 Mengual J. I. **33.МБ.17**  
 Merkel T. C. **33.МБ.127**  
 Michel Françoise **33.МБ.175**  
 Minagawa Mie **33.МБ.141**  
 Miyata Takashi **33.МБ.157**  
 Mizier Marie-Odile  
**33.МБ.42**  
 Mohammadi Toraj **33.МБ.62**  
 Mohr Gerhard J. **33.МБ.119**  
 Molla Shahnawaz H.  
**33.МБ.19**  
 Moon S. H. **33.МБ.156**  
 Moulijn Jacob A. **33.МБ.86**  
 Muller Christian **33.МБ.106**  
 Murad S. **33.МБ.80,**  
**33.МБ.85**  
 Mutterer Jerome **33.МБ.122**  
 Myasoedov Boris F.  
**33.МБ.184**  
 Nagai Hideki **33.МБ.170**  
 Nagarale R. K. **33.МБ.20,**  
**33.МБ.67**  
 Nakai Y. **33.МБ.36**  
 Nakamura Kazuho  
**33.МБ.153**  
 Nakanishi Hachiro **33.МБ.89**

- Nakao Shin-ichi **33.МБ.32**  
 Natau F. **33.МБ.41**  
 Nauer Gerhard E. **33.МБ.87**  
 Nguyen Quang Trong **33.МБ.34**  
 Nijkamp Marije G. **33.МБ.106**  
 Nystrom M. **33.МБ.54**  
 Nystrom Marianne **33.МБ.111**  
 Ohshima Tadahiro **33.МБ.157**  
 Okuno Junpei **33.МБ.74**  
 Paddison Stephen J. **33.МБ.70**  
 Padovani Jean Marie **33.МБ.145**  
 Pagnoulle Christophe **33.МБ.10**  
 Palmeri J. **33.МБ.18**  
 Palussiere Jean-Claude **33.МБ.116**  
 Pandey Lokesh Kumar **33.МБ.99**  
 Park Young-Sun **33.МБ.59**  
 Pashley R. M. **33.МБ.79**  
 Paul Reginald **33.МБ.70**  
 Peng Fubing **33.МБ.137**  
 Peng Fu-bing **33.МБ.128**  
 Peng Angel **33.МБ.130**  
 Peter S. **33.МБ.167**  
 Petrov A. **33.МБ.155**  
 Petry Marc **33.МБ.206**  
 Phillips K. Scott **33.МБ.88**  
 Pinnau I. **33.МБ.127**  
 Pouliot Yves **33.МБ.7**  
 Praptowidodo Veronica S. **33.МБ.140**  
 Pretsch Erno **33.МБ.150**  
 Pribat Didier **33.МБ.145**  
 Psoch C. **33.МБ.176**  
 Puri P. **33.МБ.31**  
 Putter Hermann **33.МБ.191**  
 Qi Limin **33.МБ.105**  
 Qiao Xiangyi **33.МБ.16**  
 Qin Jian-Jun **33.МБ.138**  
 Rabiller-Baudry Murielle **33.МБ.175**  
 Rafols Clara **33.МБ.47**  
 Rangarajan R. **33.МБ.20, 33.МБ.67**  
 Rastrelli Federico **33.МБ.119**  
 Reynaud Christophe **33.МБ.210**  
 Rhee Chang Houn **33.МБ.114**  
 Rhlalou T. **33.МБ.171**  
 Rick Manfred **33.МБ.190**  
 Rikukawa Masahiro **33.МБ.64**  
 Rojas-Chapana J. A. **33.МБ.155**  
 Roldan-Calbo Daniel **33.МБ.175**  
 Roorda Jelle H. **33.МБ.50**  
 Roses Marti **33.МБ.47**  
 Roy S. **33.МБ.124**  
 Ruaan Ruoh-Chyu **33.МБ.56**  
 Rzechowicz M. **33.МБ.79**  
 Sadrzadeh Mohtada **33.МБ.62**  
 Safinya Cyrus R. **33.МБ.158**  
 Safiulina Alfia M. **33.МБ.184**  
 Saha N. K. **33.МБ.13**  
 Saito Kyoichi **33.МБ.178**  
 Sanderson Ron D. **33.МБ.93**  
 Sanli O. **33.МБ.53**  
 Sanli Oya **33.МБ.110**  
 Santamaria Jesus **33.МБ.91**  
 Sanui Kohei **33.МБ.64**  
 Sauvage Jean-Paul **33.МБ.34**  
 Saxena Chhaya **33.МБ.99**  
 Schaaf Pierre **33.МБ.122**  
 Schiestel T. **33.МБ.167**  
 Schiewer S. **33.МБ.176**  
 Schipolowski T. **33.МБ.165**  
 Schlenstedt K. **33.МБ.112**  
 Schnepf Judit **33.МБ.161**  
 Scott K. **33.МБ.124**  
 Seoane B. **33.МБ.17**  
 Seres Zita **33.МБ.164**  
 Shahi Vinod K. **33.МБ.20, 33.МБ.67**  
 Shang Mengxian **33.МБ.57, 33.МБ.74**  
 Sharma Ramesh R. **33.МБ.21**  
 Shehata Mostafa A. **33.МБ.14**  
 Shen M. **33.МБ.124**  
 Shen Zhisong **33.МБ.96**  
 Shi Baoli **33.МБ.101**  
 Shi Wei **33.МБ.159**  
 Shin Dong Wook **33.МБ.81**  
 Shtanko N. I. **33.МБ.121**  
 Sikder Swapan K. **33.МБ.93**  
 Silva Silvio Silverio da **33.МБ.77**  
 Sindhu Susheel Kumar **33.МБ.148**  
 Singh K. **33.МБ.83**  
 Sivertsen B. R. **33.МБ.115**  
 Smitha B. **33.МБ.1, 33.МБ.169, 33.МБ.65**  
 Sobiesiak Andrzej **33.МБ.98**  
 Song K. C. **33.МБ.156**  
 Song S.-J. **33.МБ.26**  
 Song Yujun **33.МБ.131**  
 Spolnik Z. **33.МБ.149**  
 Sridhar S. **33.МБ.1, 33.МБ.169, 33.МБ.65**  
 Srinivas Goundla **33.МБ.9**  
 Strous Sander Adriaan **33.МБ.200**  
 Su Yan-lei **33.МБ.128**  
 Suda Hiroyuki **33.МБ.118, 33.МБ.30, 33.МБ.38**  
 Sugo Takano **33.МБ.178**  
 Sun Benhui **33.МБ.131**  
 Sun Luyi **33.МБ.58**  
 Sun Patricia **33.МБ.131**  
 Suzuki Toshishige M. **33.МБ.89**  
 Suzuki Yasuyuki **33.МБ.68**  
 Suzumura Masahiro **33.МБ.2**  
 Tadanaga Kiyoharu **33.МБ.63**  
 Taha Samir **33.МБ.95**  
 Takaba Hiromitsu **33.МБ.32**  
 Takahashi Yukiko **33.МБ.89**  
 Takeoka Yuko **33.МБ.64**  
 Tamada Masao **33.МБ.178**  
 Tan Xiaoyao **33.МБ.107**  
 Tananaev Ivan G. **33.МБ.184**  
 Tanioka Akihiko **33.МБ.141**  
 Tanninen J. **33.МБ.54**  
 Tarnacki K. **33.МБ.41**  
 Tatsumisago Masahiro **33.МБ.63**  
 Te Poele Sandy **33.МБ.40**  
 Teo W. K. **33.МБ.107**  
 Teramoto Masaaki **33.МБ.170, 33.МБ.57, 33.МБ.74**  
 Tezuka Teruaki **33.МБ.63**  
 Thate Sven **33.МБ.191**  
 Thoeve C. **33.МБ.73**  
 Thomassin Jean-Michel **33.МБ.10**  
 Thrasher Joseph S. **33.МБ.58**  
 Tian Jian-hua **33.МБ.44**  
 Tieke Bernd **33.МБ.160, 33.МБ.161**  
 Tingry S. **33.МБ.18**  
 Tiwari A. K. **33.МБ.94**  
 Togami Kazuki **33.МБ.136**  
 Tompa Karoly **33.МБ.150**  
 Tonellato Umberto **33.МБ.119**  
 Tong Jianhua **33.МБ.118, 33.МБ.30, 33.МБ.38**  
 Touil S. **33.МБ.18**  
 Toutianoush Ali **33.МБ.160, 33.МБ.161**  
 Tributsch H. **33.МБ.155**  
 Tsapatsis Michael **33.МБ.82**  
 Tsujita Y. **33.МБ.36**  
 Tsuneda Satoshi **33.МБ.178**  
 Uensal Oemer **33.МБ.211**  
 Uezu Kazuya **33.МБ.178**  
 Ulbricht M. **33.МБ.13**  
 Uragami Tadashi **33.МБ.157**  
 Valentin J. L. **33.МБ.17**  
 van den Berg A. W. C. **33.МБ.71**  
 Van der Bruggen Bart **33.МБ.102**  
 Van der Graaf J. **33.МБ.73**  
 Van der Graaf Jaap **33.МБ.40**  
 Van der Graaf Jaap H. J. M. **33.МБ.50**  
 Van Grieken R. **33.МБ.149**  
 Van Meel K. **33.МБ.149**  
 Vandecasteele Carlo **33.МБ.102**  
 Varma I. K. **33.МБ.112**  
 Verbych S. **33.МБ.23**  
 Verchere F. **33.МБ.171**  
 Vigassy Tamas **33.МБ.150**  
 Villaluenga J. P. G. **33.МБ.17**  
 Voegel Jean-Claude **33.МБ.122**  
 Vogel C. **33.МБ.112**  
 Vogt Dieter **33.МБ.106**  
 Volgin V. M. **33.МБ.152**  
 Vora R. H. **33.МБ.138**  
 VoSS Hartwig **33.МБ.212**  
 Wade Travis **33.МБ.145**  
 Wang Bin **33.МБ.72**  
 Wang Fosong **33.МБ.60**  
 Wang Guang-jin **33.МБ.75**  
 Wang H. **33.МБ.167**  
 Wang Ji Xiao **33.МБ.84**  
 Wang R. **33.МБ.52**  
 Wang Shi Chang **33.МБ.84**  
 Wang Shiyong **33.МБ.117**  
 Wang Ting **33.МБ.128**  
 Wang Xiao-li **33.МБ.61**  
 Wang Yan-qiang **33.МБ.128**  
 Wang Zhi **33.МБ.84**  
 Wang Zun-Jing **33.МБ.46**  
 Wegrowe Jean Eric **33.МБ.145**  
 Wei J. **33.МБ.172**  
 Wei Ju **33.МБ.33**  
 Weis Andreas **33.МБ.111**  
 Wickramasinghe Ranil S. **33.МБ.77, 33.МБ.96**  
 Wintgens T. **33.МБ.73**  
 Wirth Kathrin **33.МБ.211**  
 Wozny G. **33.МБ.165**  
 Wright Christopher **33.МБ.111**  
 Wu Chunri **33.МБ.33**  
 Wu Hong **33.МБ.128, 33.МБ.137**  
 Wu Ho-Shing **33.МБ.92**  
 Wu Yonglie **33.МБ.101**  
 Wu Yu-Kai **33.МБ.92**  
 Xiao Chaobo **33.МБ.139**  
 Xing Guo-ping **33.МБ.72**  
 Xing Wei **33.МБ.48**  
 Xu Li **33.МБ.117**  
 Xu Weilin **33.МБ.48**  
 Xu You-Yi **33.МБ.25**  
 Yamaki Tetsuya **33.МБ.126**  
 Yamamoto Atsushi **33.МБ.32**  
 Yamamoto Ryotaro **33.МБ.141**  
 Yamauchi Akira **33.МБ.136**  
 Yamazaki Yohtarō **33.МБ.59**  
 Yan Chun **33.МБ.33**  
 Yang Yan-hong **33.МБ.123**  
 Ye Y. **33.МБ.6**  
 Yeow M. L. **33.МБ.120**  
 Yin Jie **33.МБ.78**  
 Yonezawa Noriyuki **33.МБ.68**

- Yoon T.H. **33.МБ.156**  
 Yoshida Masaru **33.МБ.126, 33.МБ.68**  
 Yoshimizu H. **33.МБ.36**  
 Yutie Liu **33.МБ.120**  
 Zachary Nold Sniderman **33.МБ.208**  
 Zakroczymski T. **33.МБ.43**
- Zawodzinski Thomas A. (Jr) **33.МБ.129**  
 Zeng Xianyou **33.МБ.117**  
 Zhang Dayong **33.МБ.105**  
 Zhang Fengbao **33.МБ.159**  
 Zhang Guoliang **33.МБ.159**  
 Zhang H.Y. **33.МБ.52**  
 Zhang Hao-qin **33.МБ.123**
- Zhang Shouhai **33.МБ.33**  
 Zhang Xingpeng **33.МБ.78**  
 Zhang Ying **33.МБ.84**  
 Zhao Juan **33.МБ.84**  
 Zhou Biao **33.МБ.98**  
 Zhou Ming-yu **33.МБ.75**  
 Zhu Bao-Ku **33.МБ.25**  
 Zhu Ke **33.МБ.44**
- Zhu Weidong **33.МБ.86**  
 Zhuang Lin **33.МБ.139**  
 Zrinyi Miklos **33.МБ.76**  
 Zuo Chendong **33.МБ.26**  
 Zuruzi Abu Samah **33.МБ.158**
- Агайе Х. **33.МБ.163**
- 
- Агашичев С.П. **33.МБ.151**  
 Андрианов А. **33.МБ.3**  
 Арванд М. **33.МБ.163**  
 Архипова Е.Е. **33.МБ.51**  
 Бабкина О.В. **33.МБ.180**  
 Багрий В.А. **33.МБ.24**  
 Баранова Е.Ю. **33.МБ.182**  
 Барсуков Р.В. **33.МБ.203**  
 Баскин З.Л. **33.МБ.183**  
 Баштан С.Ю. **33.МБ.24**  
 Болотин А.А. **33.МБ.22**  
 Бредихин С.А. **33.МБ.147, 33.МБ.29**  
 Бредихина О.В. **33.МБ.146, 33.МБ.147, 33.МБ.29**  
 Бурлинов А.Н. **33.МБ.182**  
 Васильева В.И. **33.МБ.179**  
 Васильева О.Г. **33.МБ.183**  
 Вересов А.Г. **33.МБ.143**  
 Виноградов С.Н. **33.МБ.193**  
 Володина Е.И. **33.МБ.103, 33.МБ.143**  
 Воротынцев И.В. **33.МБ.188**  
 Гарифзянов А.Р. **33.МБ.177**  
 Генне Д.В. **33.МБ.203**  
 Герасимов М.М. **33.МБ.51**  
 Гиахи М. **33.МБ.163**  
 Головашин В.Л. **33.МБ.104**  
 Гончарова С.И. **33.МБ.185**
- Гончарук В.В. **33.МБ.24**  
 Григорчук О.В. **33.МБ.179**  
 Гукасян А.В. **33.МБ.186**  
 Гусев Е.Е. **33.МБ.51**  
 Домнин К.В. **33.МБ.51**  
 Егоров В.В. **33.МБ.22**  
 Ельяшевич Г.К. **33.МБ.180**  
 Заболоцкий В.И. **33.МБ.144**  
 Зубарева Г.И. **33.МБ.187**  
 Изаак Т.И. **33.МБ.180**  
 Ильин В.И. **33.МБ.134**  
 Ильина С. **33.МБ.35**  
 Киристаев А.В. **33.МБ.97**  
 Кичигин В.И. **33.МБ.187**  
 Кичик В.А. **33.МБ.113**  
 Климов В.А. **33.МБ.97**  
 Ковалев С.В. **33.МБ.104**  
 Кокоулина Е.В. **33.МБ.28**  
 Колесников В.А. **33.МБ.134**  
 Косачев В.С. **33.МБ.186**  
 Космодемьянский Ю.В. **33.МБ.29**  
 Кошевой Е.П. **33.МБ.186**  
 Кузина Ж.И. **33.МБ.146, 33.МБ.147**  
 Кузнецов А.Г. **33.МБ.193**  
 Кузнецов В.М. **33.МБ.28**  
 Лавринов А.А. **33.МБ.183**  
 Лазарев С.И. **33.МБ.104**  
 Лаптев А.Л. **33.МБ.183**
- Ларин Б.М. **33.МБ.37**  
 Лебедев А.Н. **33.МБ.203**  
 Лоза С.А. **33.МБ.144**  
 Лутфуллина Г.Н. **33.МБ.189**  
 Мамонтов В.В. **33.МБ.104**  
 Мелик-Нубаров Н.С. **33.МБ.181**  
 Морозова К.М. **33.МБ.97**  
 Муштаев В.И. **33.МБ.182**  
 Настапова Н.В. **33.МБ.4**  
 Никольский А.А. **33.МБ.185**  
 Никоненко В.В. **33.МБ.103**  
 Новиков С.В. **33.МБ.185**  
 Новикова С.А. **33.МБ.143**  
 Нуриазданова Г.Х. **33.МБ.177**  
 Овчаров А.В. **33.МБ.49**  
 Павлов Д.Н. **33.МБ.181**  
 Перлов А. **33.МБ.3**  
 Письменская Н.Д. **33.МБ.103, 33.МБ.143**  
 Растунова И.Л. **33.МБ.49**  
 Ремез С.В. **33.МБ.24**  
 Розенкевич М.Б. **33.МБ.49**  
 Рубан В.С. **33.МБ.186**  
 Смирнов А.Д. **33.МБ.51**  
 Стеблевский В.И. **33.МБ.51**  
 Стенина И.А. **33.МБ.143**  
 Судиловский П.С. **33.МБ.113**
- Сухина М.И. **33.МБ.186**  
 Талалаев С.А. **33.МБ.51**  
 Таранцев К.В. **33.МБ.193**  
 Тойкка А.М. **33.МБ.28**  
 Торопчина А.В. **33.МБ.4**  
 Трифонов С.А. **33.МБ.182**  
 Тураев Д.Ю. **33.МБ.168**  
 Халдеев Г.В. **33.МБ.187**  
 Хаханов С. **33.МБ.35**  
 Хейри А.М. **33.МБ.163**  
 Хмелев В.Н. **33.МБ.203**  
 Цыганок С.Н. **33.МБ.203**  
 Чеботарева Р.Д. **33.МБ.24**  
 Чевыкалова Т.Н. **33.МБ.49**  
 Черкасов Р.А. **33.МБ.177**  
 Шапошник В.А. **33.МБ.179**  
 Шарафан М.В. **33.МБ.144**  
 Швецов В.Н. **33.МБ.97**  
 Шибяева О.А. **33.МБ.51**  
 Юрчевский Е.Б. **33.МБ.37**  
 Явтушенко М.В. **33.МБ.97**  
 Янилкин В.В. **33.МБ.4**  
 Ярославцев А.Б. **33.МБ.143**

### Указатель источников

- Anal. Chem. 2005. 77, №23 **33.МБ.150**  
 Anal. Chem. 2005. 77, №9 **33.МБ.88**  
 Angew. Chem. Int. Ed. 2006. 45, №6 **33.МБ.89**  
 Appl. Spectrosc. 2005. 59, №12 **33.МБ.149**  
 Appl. Surface Sci. 2005. 246, №4 **33.МБ.160, 33.МБ.161**  
 Chem. Commun. 2005, №21 **33.МБ.105**  
 Chem. Eng. and Process. 2005. 44, №1 **33.МБ.53**  
 Chem. Eng. and Process. 2005. 44, №9 **33.МБ.110**  
 Chem. Eng. J. 2005. 106, №3 **33.МБ.8**  
 Chem. Eng. J. 2005. 112, №1–3 **33.МБ.135**  
 Chem. Eng. Sci. 2005. 60, №11 **33.МБ.39**  
 Chem. Eng. Sci. 2005. 60, №23 **33.МБ.16**  
 Chem. Eng. 2005. 112, №12 **33.МБ.174**  
 Chem. Mater. 2005. 17, №7 **33.МБ.114**  
 Chem. Phys. Lett. 2006. 417, №4–6 **33.МБ.80**  
 Chimia. 2005. 59, №12 **33.МБ.116**  
 Chin. Chem. Lett. 2006. 17, №2 **33.МБ.84**  
 Colloid and Polym. Sci. 2006. 284, №6 **33.МБ.69**
- Desalination. 2005. 175, №1 **33.МБ.6, 33.МБ.111, 33.МБ.175, 33.МБ.176**  
 Desalination. 2005. 179, №1–3 **33.МБ.40, 33.МБ.41, 33.МБ.50**  
 Desalination. 2005. 183, №1–3 **33.МБ.25**  
 Desalination. 2005. 184, №1–3 **33.МБ.62, 33.МБ.117**  
 Desalination. 2005. 185, №1–3 **33.МБ.15, 33.МБ.95**  
 Desalination. 2006. 187, №1–3 **33.МБ.73**  
 Desalination. 2006. 189, №1–3 **33.МБ.13, 33.МБ.54, 33.МБ.165, 33.МБ.171**  
 Desalination. 2006. 190, №1–3 **33.МБ.23**  
 Desalination. 2006. 191, №1–3 **33.МБ.172**  
 Desalination. 2006. 193, №1–3 **33.МБ.56, 33.МБ.77**  
 Dianyan jishu=Chin. J. Power Sources. 2005. 29, №3 **33.МБ.44**  
 Eau, ind., nuisances. 2005, №281 **33.МБ.42**  
 Electrochem. and Solid-State Lett. 2005. 8, №12 **33.МБ.26**  
 Electrochim. acta. 2005. 50, №16–17 **33.МБ.48**  
 Electrochim. acta. 2005. 50, №24 **33.МБ.27**  
 Electrochim. acta. 2006. 51, №11 **33.МБ.43**

- Environ. Sci. and Technol. 2005. 39, №18 **33.МБ.93**  
 Ernährungsindustrie. 2005, №11 **33.МБ.133**  
 Eur. Chem. News. 2005. 83, №2161 **33.МБ.173**  
 Eur. Dairy Mag. 2005. 15, №6 **33.МБ.12**  
 Eur. J. Inorg. Chem. 2005, №20 **33.МБ.106**  
 Eur. Polym. J. 2005. 41, №8 **33.МБ.65**  
 Gongye yongshui yu feishui=Ind. Water and Wastewater. 2005. 36, №3 **33.МБ.72**  
 Huadong ligong daxue xuebao. Ziran kexue ban=J. E. China Univ. Sci. and Technol. Nat. Sci. Ed. 2005. 31, №2 **33.МБ.123**  
 Hydrometallurgy. 2006. 81, №3–4 **33.МБ.178**  
 Ind. and Eng. Chem. Res. 2005. 44, №5 **33.МБ.118**  
 Ind. and Eng. Chem. Res. 2005. 44, №6 **33.МБ.92**  
 Ind. and Eng. Chem. Res. 2005. 44, №20 **33.МБ.91**  
 Ind. and Eng. Chem. Res. 2006. 45, №2 **33.МБ.86**  
 Int. J. Energy Res. 2005. 29, №12 **33.МБ.98**  
 International Solvent Extraction Conference (ISEC'05), Beijing, 19–23 Sept., 2005. 2005 **33.МБ.184**  
 J. Appl. Polym. Sci. 2005. 95, №2 **33.МБ.74**  
 J. Appl. Polym. Sci. 2005. 95, №4 **33.МБ.101**  
 J. Appl. Polym. Sci. 2005. 95, №5 **33.МБ.169**  
 J. Appl. Polym. Sci. 2005. 96, №4 **33.МБ.31**  
 J. Appl. Polym. Sci. 2005. 96, №6 **33.МБ.139, 33.МБ.67**  
 J. Chem. Phys. 2005. 122, №23 **33.МБ.85**  
 J. Chem. Phys. 2005. 123, №15 **33.МБ.46**  
 J. Chem. Phys. 2005. 123, №22 **33.МБ.70**  
 J. Chromatogr. A. 2005. 1081, №2 **33.МБ.159, 33.МБ.47**  
 J. Colloid and Interface Sci. 2005. 287, №1 **33.МБ.19, 33.МБ.20**  
 J. Colloid and Interface Sci. 2006. 298, №1 **33.МБ.21, 33.МБ.79, 33.МБ.94**  
 J. Food Eng. 2005. 66, №1 **33.МБ.164**  
 J. Indian Chem. Soc. 2005. 82, №10 **33.МБ.148**  
 J. Indian Chem. Soc. 2006. 83, №2 **33.МБ.83**  
 J. Membr. Sci. 2005. 249, №1–2 **33.МБ.136**  
 J. Membr. Sci. 2005. 250, №1–2 **33.МБ.129, 33.МБ.132, 33.МБ.138**  
 J. Membr. Sci. 2005. 251, №1–2 **33.МБ.99, 33.МБ.124, 33.МБ.131**  
 J. Membr. Sci. 2005. 253, №1–2 **33.МБ.7, 33.МБ.122, 33.МБ.130**  
 J. Membr. Sci. 2005. 256, №1–2 **33.МБ.33, 33.МБ.34, 33.МБ.36, 33.МБ.66, 33.МБ.108, 33.МБ.121, 33.МБ.126,**  
 J. Membr. Sci. 2005. 257, №1–2 **33.МБ.96**  
 J. Membr. Sci. 2005. 258, №1–2 **33.МБ.120, 33.МБ.167**  
 J. Membr. Sci. 2005. 259, №1–2 **33.МБ.1, 33.МБ.137, 33.МБ.152, 33.МБ.162**  
 J. Membr. Sci. 2005. 260, №1–2 **33.МБ.38, 33.МБ.156**  
 J. Membr. Sci. 2005. 261, №1–2 **33.МБ.59, 33.МБ.112**  
 J. Mol. Struct. 2005. 739, №1–3 **33.МБ.5, 33.МБ.64, 33.МБ.127, 33.МБ.140, 33.МБ.141**  
 J. Nanosci. and Nanotechnol. 2006. 6, №3 **33.МБ.60**  
 J. Pharm. and Biomed. Anal. 2005. 37, №1 **33.МБ.90**  
 J. Phys. Chem. B. 2005. 109, №29 **33.МБ.32**  
 J. Phys. Chem. B. 2006. 110, №6 **33.МБ.102**  
 J. Porous Mater. 2005. 12, №3 **33.МБ.155**  
 J. Power Sources. 2005. 141, №1 **33.МБ.115**  
 J. Sol-Gel Sci and Technol. 2005. 36, №2 **33.МБ.100**  
 J. Supercrit. Fluids. 2005. 34, №2 **33.МБ.142**  
 KA-Abwasser, Abfall. 2006. 53, №3 **33.МБ.109**  
 Kagaku to kogyo=Sci. and Ind. 2005. 79, №2 **33.МБ.153**  
 Keram. Z. 2006. 58, №1 **33.МБ.166**  
 Kommunalwirtschaft. 2005, №9 **33.МБ.154**  
 Langmuir. 2005. 21, №25 **33.МБ.128**  
 Langmuir. 2006. 22, №6 **33.МБ.68**  
 Macromol. Chem. and Phys. 2005. 206, №4 **33.МБ.157**  
 Macromolecules. 2005. 38, №9 **33.МБ.125**  
 Macromolecules. 2006. 39, №5 **33.МБ.76**  
 Microporous and Mesoporous Mater. 2005. 84, №1–3 **33.МБ.82**  
 Microporous and Mesoporous Mater. 2005. 85, №1–2 **33.МБ.71**  
 Microporous and Mesoporous Mater. 2005. 85, №3 **33.МБ.81**  
 Nano Lett. 2005. 5, №4 **33.МБ.145**  
 Nano Lett. 2005. 5, №12 **33.МБ.9**  
 Nanotechnology. 2005. 16, №12 **33.МБ.11**  
 Nanotechnology. 2006. 17, №2 **33.МБ.158**  
 Polym. Degrad. and Stab. 2005. 89, №1 **33.МБ.58**  
 Polymer. 2005. 46, №6 **33.МБ.78**  
 Polymer. 2005. 46, №14 **33.МБ.45**  
 Polymer. 2005. 46, №23 **33.МБ.17, 33.МБ.18**  
 Polymer. 2005. 46, №25 **33.МБ.10**  
 Separ. and Purif. Technol. 2005. 45, №3 **33.МБ.57, 33.МБ.170**  
 Separ. and Purif. Technol. 2005. 46, №1–2 **33.МБ.30, 33.МБ.52, 33.МБ.107**  
 Sichuan daxue xuebao. Gongcheng kexue ban=J. Sichuan Univ. Eng. Sci. Ed. 2005. 37, №5 **33.МБ.75**  
 Solid State Ionics. 2005. 176, №25–28 **33.МБ.87**  
 Solid State Ionics. 2005. 176, №39–40 **33.МБ.63**  
 Talanta. 2005. 66, №2 **33.МБ.2**  
 Talanta. 2005. 66, №3 **33.МБ.14**  
 Tetrahedron. 2006. 62, №7 **33.МБ.119**  
 Tianjin gongye daxue xuebao=J. Tianjin Polytechn. Univ. 2005. 24, №5 **33.МБ.61**  
 Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 4. 2005, №3 **33.МБ.28**  
 Вода и экол.: пробл. и решения. 2005, №3 **33.МБ.113**  
 Вода и экол.: пробл. и решения. 2005, №4 **33.МБ.51**  
 Водоочистка. 2005, №4 **33.МБ.35**  
 Водоочистка. 2005, №7 **33.МБ.3**  
 Вопр. атом. науки и техн. Сер. Материаловед. и нов. матер. 2005, №2 **33.МБ.49**  
 Ж. анал. химии. 2006. 61, №3 **33.МБ.22**  
 Ж. общ. химии. 2006. 76, №2 **33.МБ.177**  
 Ж. прикл. химии. 2005. 78, №10 **33.МБ.168**  
 Изв. вузов. Химия и хим. технол. 2006. 49, №1 **33.МБ.104**  
 Мяс. индустрия. 2005, №8 **33.МБ.29**  
 Наука, техника и технология в XXI века (НТТ-2005):  
 Материалы 2 Всероссийской научно-технической  
 конференции, Нальчик, 29–30 сент., 2005. 2005. Ч. 1  
**33.МБ.186.** Нижегород. гос. техн. ун-т, Нижний Новгород, 2006,  
 23 с., ил. Библ. 23. Рус. **33.МБ.188.** Казан. гос. технол. ун-т,  
 Казань, 2005, 16 с., ил. Библ. 11. Рус. **33.МБ.189**  
 Оборон. комплекс – науч.-техн. прогрессу России. 2005, №4  
**33.МБ.134**  
 Перераб. молока. 2005, №5 **33.МБ.147**  
 Рос. хим. ж. 2005. 49, №5 **33.МБ.4**  
 Рыб. пром-сть. 2005, №4 **33.МБ.146**  
 Структура и динамика молекулярных систем: Сборник статей  
 12 Всероссийской конференции "Яльчик-2005", [Яльчик, 27  
 июня–2 июля, 2005]. 2005. Вып. 12 **33.МБ.181**  
 Теор. основы хим. технол. 2006. 40, №2 **33.МБ.151**  
 Теория и практика хроматографии. Применение в нефтехимии:  
 Всероссийская конференция, Самара, 3–8 июля, 2005:  
 Сборник тезисов. 2005 **33.МБ.183**  
 Теплоэнергетика. 2005, №7 **33.МБ.37**  
 Технологии очистки воды "ТЕХНОВОД-2005": Материалы



2 Международной научно-практической конференции, посвященной 1000-летию Казани, Казань, 4–6 окт., 2005. 2005 **33.МБ.185**  
Труды 9 Международной научно-технической конференции "Композиты – в народное хозяйство" ("Композиты-2005"), Барнаул, нояб., 2005. 2005 **33.МБ.180**  
Физико-химические основы новейших технологий XXI века: Международная конференция, посвященная 60-летию создания Института физической химии Российской академии наук, Москва, 30 мая–4 июня, 2005: Сборник тезисов. 2005. Т. 1 **33.МБ.179**  
Химия и технол. воды. 2005. 27, №5 **33.МБ.24**  
Экол. пр-ва. 2006, №5 **33.МБ.97**  
Электрохимия. 2005. 41, №10 **33.МБ.143**  
Электрохимия. 2005. 41, №10 **33.МБ.144**  
Электрохимия. 2005. 41, №11 **33.МБ.103**  
Электрохимия. 2005. 41, №12 **33.МБ.163**  
18 Международная научная конференция "Математические методы в технике и технологиях" (ММТТ-18), Казань, 31 мая–2 июня, 2005: Сборник трудов. 2005. Т. 4 **33.МБ.182**  
Заявка:102004003033:Германия, МПК<sup>7</sup> В 01 F 3/04, 03 D 1/14. Kurtze Ingolf. №102004003033.2; Заявл. 21.01.2004; Опубл. 11.08.2005. Нем. **33.МБ.202**  
Заявка:102004007548:Германия, МПК<sup>7</sup> В 01 D 61/00. BASF AG, Bitterlich Stefan, VoSS Hartwig. №102004007548.4; Заявл. 17.02.2004; Опубл. 01.09.2005. Нем. **33.МБ.212**  
Заявка:102004012334:Германия, МПК<sup>7</sup> С 25 В 1/16. BASF AG, Thate Sven, Putter Hermann. №102004012334.9; Заявл. 11.03.2004; Опубл. 22.09.2005. Нем. **33.МБ.191**  
Заявка:102004013587:Германия, МПК<sup>7</sup> С 25 В 9/10, С 25 В 1/02. Ajhar George. №102004013587.8; Заявл. 19.03.2004; Опубл. 06.10.2005. Нем. **33.МБ.204**  
Заявка:10361932:Германия, МПК<sup>7</sup> В 01 D 7/62. Celanese Ventures GmbH, Uensal Oemer, Wirth Kathrin, Christ Gunther. №10361932.1; Заявл. 30.12.2003; Опубл. 28.07.2005. Нем. **33.МБ.211**  
Заявка:1524254:ЕПВ, МПК<sup>7</sup> С 07 С 7/114. Technische Univ., Jansen Jacobus Cornelis, Kapteijn Frederik, Strous Sander AdriaanPrins, Adrianus Willem, Mr. Ir. Vereenigde, Nieuwe Parklaan 97 2587 NU Den Haag. №030782874; Заявл. 17.10.2003; Опубл. 20.04.2005. Англ. **33.МБ.200**  
Заявка:1541620:ЕПВ, МПК<sup>7</sup> С 08 J 9/06, С 08 J 9/10. DSM IP Assets B. V., Jahromi Shabab. №03078882.2; Заявл. 12.12.2003; Опубл. 15.06.2005. Англ. **33.МБ.201**  
Заявка:1547977:ЕПВ, МПК<sup>7</sup> С 02 F 1/02, С 02 F 9/00. Ford Global Technologies, LLC, A subsidiary of Ford Motor Co., Rick Manfred. №03104877.0; Заявл. 22.12.2003; Опубл. 29.06.2005. Нем. **33.МБ.190**  
Заявка:2415136:Великобритания, МПК<sup>7</sup> А 61 К 35/78. Natraceutical S.A. Autovia A-3, Ibarra Alvin, Zachary Nold Sniderman. №04136230; Заявл. 17.06.2004; Опубл. 21.12.2005. Англ. **33.МБ.208**  
Заявка:2867394:Франция, МПК<sup>7</sup> В 01 D 65/02, В 01 D 69/08.

DEGREMONT SA, Bonnelye Veronique, Petry Marc, Colas Frederic. №0402492; Заявл. 10.03.2004; Опубл. 16.09.2005. Фр. **33.МБ.206**  
Заявка:2870161:Франция, МПК<sup>7</sup> В 32 В 31/30, С 04 В 35/622. L'air liquide SA pour l'etude et l'exploitation des procedes georges claude, Reynaud Christophe, Del Gallo Pascal, Chartier Thierry. №0405124; Заявл. 12.05.2004; Опубл. 18.11.2005. Фр. **33.МБ.210**  
Пат.:2252979:Россия, МПК<sup>7</sup> С 25 В 1/00, 1/16. Пензен. Гос. Ун-т, Виноградов С. Н., Таранцев К. В., Кузнецов А. Г. №2004109404/15; Заявл. 29.03.2004; Опубл. 27.05.2005. Рус. **33.МБ.193**  
Пат.:2267648:Россия, МПК<sup>7</sup> F 04 В 43/04. Васин Владимир Анатольевич. №2004112247/06; Заявл. 22.04.2004; Опубл. 10.01.2006. Рус. **33.МБ.209**  
Пат.:2272670:Россия, МПК<sup>7</sup> В 01 J 19/10, В 06 В 3/00. Гос. образ. учрежд. высш. проф. образ. Алтайск. ГТУ, Хмелев В. Н., Барсуков Р. В., Цыганок С. Н., Лебедев А. Н., Генне Д. В. №2004117679/15; Заявл. 10.06.2004; Опубл. 27.03.2006. Рус. **33.МБ.203**  
Пат.:6844097:США, МПК<sup>7</sup> Н 01 М 8/10. Honda Giken Kogyo KK, Fukuda Kaoru, Asano Yoichi, Kanaoka Nagayuki, Saito Nobuhiro, Nanaumi Masaaki. №10/089077; Заявл. 13.08.2001; Опубл. 18.01.2005: Приор. 11.08.2000, №2000–245013(Япония); НПК 429/30. Англ. **33.МБ.205**  
Пат.:6881364:США, МПК<sup>7</sup> В 29 С 67/20, В 29 С 71/00. U. S. Environmental Protection Agency, Vane Leland Morris, Ponangi Ravi Prasad. №10/145383; Заявл. 15.05.2002; Опубл. 19.04.2005; НПК 264/41. Англ. **33.МБ.196**  
Пат.:6905594:США, МПК<sup>7</sup> В 01 L 11/00. G6 Science Corp., Ferguson Gary William. №10/269220; Заявл. 11.10.2002; Опубл. 14.07.2005. Англ. **33.МБ.198**  
Пат.:6936173:США, МПК<sup>7</sup> В 01 D 61/00. Neose Technologies, Inc., DeFrees Shawn. №10/104609; Заявл. 22.03.2002; Опубл. 30.08.2005; НПК 210/653. Англ. **33.МБ.192**  
Пат.:6949293:США, МПК<sup>7</sup> В 32 В 9/04. NGK Insulators, Ltd, Korekazu Ueyama, Nishiyama Norikazu, Egashira Yasuyuki, Ueyama Korekazu. №10/068491; Заявл. 05.02.2002; Опубл. 27.09.2005; НПК 428/446. Англ. **33.МБ.207**  
Пат.:6949315:США, МПК<sup>7</sup> Н 01 М 2/16. Samii Gariin, Samii Abbas M., Veno Dave C. №10/709545; Заявл. 12.05.2004; Опубл. 27.09.2005; НПК 429/251. Англ. **33.МБ.195**  
Пат.:6955706:США, МПК<sup>7</sup> В 01 D 19/00. Dominion Engineering INC, Robert D. Varrin Jr., Sotaro Kaneda. №10/408781; Заявл. 08.04.2003; Опубл. 18.10.2005; НПК 95/46. Англ. **33.МБ.197**  
Пат.:6966995:США, МПК<sup>7</sup> С 02 F 1/465, С 02 F 1/68. Kawano Ichizo, Tanimoto Kayohiko. №10/297029; Заявл. 31.05.2000; Опубл. 22.11.2005; НПК 210/748. Англ. **33.МБ.199**  
Пат.:6974705:США, МПК<sup>7</sup> G 01 N 1/22. Datalog Technology Inc., Brumboiu A., Norquay D. №09/519741; Заявл. 06.03.2000; Опубл. 13.12.2005; НПК 436/181. Англ. **33.МБ.194**

### Патентный указатель

Великобритания	ЕПВ	США	6966995 – <b>33.МБ.199</b>
2415136 – <b>33.МБ.208</b>	1524254 – <b>33.МБ.200</b>	6844097 – <b>33.МБ.205</b>	6974705 – <b>33.МБ.194</b>
Германия	1541620 – <b>33.МБ.201</b>	6881364 – <b>33.МБ.196</b>	Франция
102004003033 – <b>33.МБ.202</b>	1547977 – <b>33.МБ.190</b>	6905594 – <b>33.МБ.198</b>	2867394 – <b>33.МБ.206</b>
102004007548 – <b>33.МБ.212</b>	Россия	6936173 – <b>33.МБ.192</b>	2870161 – <b>33.МБ.210</b>
102004012334 – <b>33.МБ.191</b>	2252979 – <b>33.МБ.193</b>	6949293 – <b>33.МБ.207</b>	
102004013587 – <b>33.МБ.204</b>	2267648 – <b>33.МБ.209</b>	6949315 – <b>33.МБ.195</b>	
10361932 – <b>33.МБ.211</b>	2272670 – <b>33.МБ.203</b>	6955706 – <b>33.МБ.197</b>	

## Список сокращений

ААС – атомно-адсорбционная спектроскопия	ПЛ – пленка
АД – адсорбция	ПММА – полиметилметакрилат
АРУ – ароматические углеводороды	ПП – полипропилен
БПК – биологическое потребление кислорода	ПР – проводимость
ВА – вольтамперометрия	ПРО – предел обнаружения
ВЧ – высокая частота	ПС – полистирол
ГГ – градуировочный график	ПТ – потенциал
ГК – гексан	ПТФЭ – политетрафторэтилен
ГХ – газовая хроматография	ПУ – полиуретан
ДДС – додецилсульфат	ПФ – подвижная фаза
ДИП – детектор с ионизацией в пламени	ПФО – полифениленоксид
ДМФА – диметилформамид	ПЭ – полиэтилен
ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота	ПЭГ – полиэтиленгликоль
ДС – десорбция	ПЭО – полиэтиленоксид
ДСК – дифференциальная сканирующая калориметрия	ПЭТФ – полиэтилентерефталат
ДТА – дифференциальный термический анализ	ПЭФ – полиэфиры
ЖК – жидкий кристалл	ПЭФС – полиэфиры сложные
ЖХ – жидкостная хроматография	РЗЭ – редкоземельный элемент
ИК – инфракрасный	РК – реактор
ИКС – инфракрасная спектроскопия	РНК – рибонуклеиновая кислота
ИО – ионный обмен	РСТА – рентгеноструктурный анализ
ИОХ – ионообменная хроматография	РФЛА – рентгеновский флуоресцентный анализ
ИСЭ – ионоселективный электрод	РЭС – рентгеновская электронная спектроскопия
ИХ – ионная хроматография	СВ – сточные воды
ККМ – критическая концентрация мицеллообразования	СГ – силикагель
КЛ – колонка	СК – синтетический каучук
КМЦ – карбоксиметилцеллюлоза	СП – степень полимеризации
КТ – катализатор	СПЛ – сополимер
ЛМ – люминесценция	СТ – сталь
ЛОС – летучее органическое соединение	СФМ – спектрофотометрия
МБ – мембрана	СЭ – селективный электрод
МДФ – мелко-дисперсные фракции	СЭМ – сканирующая электронная микроскопия
МКП – молярный коэффициент погашения	ТБФ – трибутилфосфат
ММ – молекулярная масса	ТГА – термогравиметрический анализ
ММА – метилметакрилат	ТГФ – тетрагидрофуран
МНК – метод наименьших квадратов	ТСХ – тонкослойная хроматография
МС – масс-спектрометрия	ТТ – титрование
МСВИ – масс-спектрометрия вторичных ионов	ТЭ – топливный элемент
НПАВ – неионогенное поверхностно-активное вещество	ТЭС – теплоэлектростанция
НФ – неподвижная фаза	УВ – углеводород
НЧ – низкая частота	УЗ – ультразвук
ОП – оптическая плотность	УФ – ультрафиолетовый
ПА – полиамиды	ФЛ – флуоресценция
ПАВ – поверхностно-активное вещество	ФЭС – фотоэлектронная спектроскопия
ПАК – полиакриловая кислота	ХГ – хроматография
ПАН – полиакрилонитрил	ХМС – хроматомасс-спектрометрия
ПВ – поверхность	ХПК – химическое потребление кислорода
ПВДФ – поливинилиденфторид	Ц – целлюлоза
ПВС – поливиниловый спирт	ЦВА – циклическая вольтамперометрия
ПВХ – поливинилхлорид	ЦТ – цеолит
ПДК – предельно допустимая концентрация	Э – электрод
ПДМС – полидиметилсилоксан	Vz – бензоил
ПИ – полиимиды	Et – этил
ПИА – проточно-инжекционный анализ	
ПК – покрытие	

---

**Journal of Membrane Science, Volume 286, Issues 1-2, Pp. 1-350**

*Rapid communications*

**In situ desorption in a 1H NMR tube: A simple method for determining membrane sorption selectivity**

*Pp. 3-6*

Michel Awkal, Anne Jonquieres, Olivier Fabre, Robert Clement and Pierre Lochon

**The relationship between porosity and kinetics parameter of membrane formation in PSF ultrafiltration**

*Pp. 7-11*

Qing-Zhu Zheng, Peng Wang, Ya-Nan Yang and De-Jie Cui

**Ship-in-a-bottle synthesis of a cobalt phthalocyanine/porous glass composite membrane for oxygen separation**

*Pp. 12-14*

Koji Kuraoka, Takeshi Ueda, Masahiro Fujiwara and Masa-aki Sato

**Pore-filling solvent-free polymer electrolytes based on porous P(VdF-HFP)/P(EO-EC) membranes for rechargeable lithium batteries**

*Pp. 15-21*

Jae-Deok Jeon and Seung-Yeop Kwak

*Original research papers*

**Stability and oxygen permeation behavior of  $Ce_{0.8}Sm_{0.2}O_{2-\delta}-La_{0.8}Sr_{0.2}CrO_{3-\delta}$  composite membrane under large oxygen partial pressure gradients**

*Pp. 22-25*

Bo Wang, Jianxin Yi, Louis Winnubst and Chusheng Chen

**Development of large-scale applications in organic solvent nanofiltration and pervaporation for chemical and refining processes**

*Pp. 26-35*

Lloyd S. White

**Performance evaluation of a simultaneous electrocoagulation and electrofiltration module for the treatment of Cu-CMP and oxide-CMP wastewaters**

*Pp. 36-44*

Gordon C.C. Yang and Chi-Ming Tsai

**Boron removal from water by complexation to polyol compounds**

*Pp. 45-51*

Nitzan Geffen, Raphael Semiat, Moris S. Eisen, Yael Balazs, Ilan Katz and Carlos G. Dosoretz

**Role of electrostatic interactions in the retention of pharmaceutically active contaminants by a loose nanofiltration membrane**

*Pp. 52-59*

Long D. Nghiem, Andrea I. Schaefer and Menachem Elimelech

**A transport model for organophilic nanofiltration**

*Pp. 60-68*

M.F.J. Dijkstra, S. Bach and K. Ebert

**Trans-membrane pressure in nanofiltration**

*Pp. 69-76*

J. Gilron, N. Daltrophe and O. Kedem

**Impact of different spacer filaments geometries on 2D unsteady hydrodynamics and concentration polarization in spiral wound membrane channel**

*Pp. 77-92*

A.L. Ahmad and K.K. Lau

**Experimental study of ammonia removal from water by membrane distillation (MD): The comparison of three configurations**

*Pp. 93-103*

Zhongwei Ding, Liying Liu, Zhaoman Li, Runyu Ma and Zurong Yang

**Characterization of nanofibrous membranes with capillary flow porometry**

*Pp. 104-114*

Dapeng Li, Margaret W. Frey and Yong L. Joo

- Poly(ether-block-amide) membrane for pervaporative separation of pyridine present in low concentration in aqueous solution**  
*Pp. 115-124*  
 Mrinal Kanti Mandal and P.K. Bhattacharya
- Reduction and control of flux decline in cross-flow membrane processes modeled by artificial neural networks**  
*Pp. 125-132*  
 Stefano Curcio, Vincenza Calabr- and Gabriele Iorio
- Integrated modelling of lysozyme ultrafiltration**  
*Pp. 133-143*  
 V-ntor Magueijo, Viriato Semiao and Maria Norberta de Pinho
- Gas and water liquid transport through nanoporous block copolymer membranes**  
*Pp. 144-152*  
 William A. Phillip, Javid Rzayev, Marc A. Hillmyer and E.L. Cussler
- Development of an electroosmotic pump for high performance actuation**  
*Pp. 153-160*  
 Prakhhar Prakash, Michael D. Grissom, Christopher D. Rahn and Andrew L. Zydney
- Enhancement of gas permeation properties of polybenzimidazoles by systematic structure architecture**  
*Pp. 161-169*  
 Santosh C. Kumbharkar, Prasad B. Karadkar and Ulhas K. Kharul
- Development of melt-spun Ni–Nb–Zr–Co amorphous alloy for high-performance hydrogen separating membrane**  
*Pp. 170-173*  
 Yoichiro Shimpō, Shin-Ichi Yamaura, Motonori Nishida, Hisamichi Kimura and Akihisa Inoue
- The reassembled behavior of bilayer lipid membranes supported by Pt electrode**  
*Pp. 174-179*  
 Yong Ma, Jianguo Wang, Fei Hui and Shuliang Zang
- Oxygen permeability of nanocrystalline  $Ce_{0.8}Gd_{0.2}O_{1.9}$ – $CoFe_2O_4$  mixed-conductive films**  
*Pp. 180-184*  
 Isao Kagomiya, Takashi Iijima and Hitoshi Takamura
- Fundamental studies of a new series of anion exchange membranes: Membranes prepared through chloroacetylation of poly(2,6-dimethyl-1,4-phenylene oxide) (PPO) followed by quaternary amination**  
*Pp. 185-192*  
 Liang Wu, Tongwen Xu and Weihua Yang
- Plasma treatment of polypropylene and polysulfone supports for thin film composite reverse osmosis membrane**  
*Pp. 193-201*  
 Hyun Il Kim and Sung Soo Kim
- Effect of oxygen concentration on biological nitrification and microbial kinetics in a cross-flow membrane bioreactor (MBR) and moving-bed biofilm reactor (MBBR) treating old landfill leachate**  
*Pp. 202-212*  
 Roberto Canziani, Valeria Emondi, Massimiliano Garavaglia, Francesca Malpei, Eleonora Pasinetti and Gianluigi Buttiglieri
- Template-free synthesis of MFI-type zeolite membranes: Permeation characteristics and thermal stability improvement of membrane structure**  
*Pp. 213-222*  
 Masakoto Kanezashi, Jessica O'Brien and Y.S. Lin
- Preliminary investigation of low pressure membrane distillation of methyl bisulphate from its solutions in fuming sulphuric acid combined with hydrolysis to methanol**  
*Pp. 223-227*  
 Beata Michalkiewicz, Janusz Ziebro and Maria Tomaszewska
- Generation of anti-biofouling ultrafiltration membrane surface by blending novel branched amphiphilic polymers with polyethersulfone**  
*Pp. 228-236*  
 Yan-Qiang Wang, Yan-Lei Su, Qiang Sun, Xiao-Le Ma and Zhong-Yi Jiang

**Studies on nanofiltration membrane formed by diisocyanate cross-linking of quaternized chitosan on poly(acrylonitrile) (PAN) support**

*Pp. 237-244*

Ruihua Huang, Guohua Chen, Mingkun Sun, Yingmo Hu and Congjie Gao

**Preparation and properties of trimesoyl chloride crosslinked poly(vinyl alcohol) membranes for pervaporation dehydration of isopropanol**

*Pp. 245-254*

Shude Xiao, Robert Y.M. Huang and Xianshe Feng

**Preparation of  $\text{Sm}_{0.2}\text{Ce}_{0.8}\text{O}_{1.9}$  membranes on porous substrates by a slurry spin coating method and its application in IT-SOFC**

*Pp. 255-259*

Na Ai, Zhe Lü, Kongfa Chen, Xiqiang Huang, Yanwei Liu, Ruifang Wang and Wenhui Su

**Cake resistance of aggregates formed in the diffusion-limited-cluster-aggregation (DLCA) regime**

*Pp. 260-268*

**Albert S. Kim and Rong Yuan**

**A mechanistic study on boron rejection by sea water reverse osmosis membranes**

*Pp. 269-278*

Hoon Hyung and Jae-Hong Kim

**Fabrication of superhydrophilic  $\text{Cu}_2\text{O}$  and  $\text{CuO}$  membranes**

*Pp. 279-284*

Kangjian Tang, Xiaofang Wang, Wenfu Yan, Jihong Yu and Ruren Xu

**Silicone-coated polymeric membrane for separation of hydrocarbons and nitrogen at sub-ambient temperatures**

*Pp. 285-292*

Xin Jiang and Ashwani Kumar

**Modeling of enhanced penetrant diffusion in nanoparticle-polymer composite membranes**

*Pp. 293-300*

Liping Xue, Oleg Borodin and Grant D. Smith

**Copper recovery and spent ammoniacal etchant regeneration based on hollow fiber supported liquid membrane technology: From bench-scale to pilot-scale tests**

*Pp. 301-309*

Qian Yang and N.M. Kocherginsky

**$\text{CO}_2$ -selective polymeric membranes containing amines in crosslinked poly(vinyl alcohol)**

*Pp. 310-321*

Jian Zou and W.S. Winston Ho

**Hydrolysis of whey protein isolate in a tangential flow filter membrane reactor: II. Characterisation for the fate of the enzyme by multivariate data analysis**

*Pp. 322-332*

Seronei Chelulei Cheison, Zhang Wang and Shi-Ying Xu

**Preparation of nanofiltration membranes from polyacrylonitrile ultrafiltration membranes**

*Pp. 333-341*

Jinwen Wang, Zhongren Yue, Jeffrey Scott Ince and James Economy

**New UV-photografted nanofiltration membranes for the treatment of colored textile dye effluents**

*Pp. 342-350*

A. Akbari, S. Desclaux, J.C. Rouch, P. Aptel and J.C. Remigy

**Journal of Membrane Science, Volume 287, Issue 1, Pp. 1-156 (5 January 2007)**

*Rapid communications*

**Modification for CAAM approach for simulation of binary gas mixture separation in nanometric tubular membranes**

*Pp. 1-5*

A. Razmjoo and A.A. Babaluo

**Mesoporous MCM-48 silica membrane synthesized on a large-pore  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic tube**

*Pp. 6-8*

Chunyan Liu, Jinqu Wang and Zhihong Rong

*Original research papers*

**Transmission analysis in ultrafiltration of ternary protein mixture through a hydrophilic membrane**

*Pp. 9-18*

K. Narsaiah and G.P. Agarwal

**Morphology and permeability of cellulose/chitin blend membranes**

*Pp. 19-28*

Songmiao Liang, Lina Zhang and Jian Xu

**Membrane thickness and preparation temperature as key parameters for controlling the macrovoid structure of chiral activated membranes (CAM)**

*Pp. 29-40*

Aleix Conesa, T-ania Gum-и and Cristina Palet

**Application of relaxation periods during electro dialysis of a casein solution: Impact on anion-exchange membrane fouling**

*Pp. 41-50*

Benjamin Ruiz, Philippe Sizat, Patrice Huguet, G-йrald Pourcelly, Monica Araya-Farias and Laurent Bazinet

**PAMAM dendrimer composite membrane for CO<sub>2</sub> separation: Formation of a chitosan gutter layer**

*Pp. 51-59*

Takayuki Kouketsu, Shuhong Duan, Teruhiko Kai, Shingo Kazama and Koichi Yamada

**Dehydration of tetrafluoropropanol (TFP) by pervaporation via novel PBI/BTDA-TDI/MDI co-polyimide (P84) dual-layer hollow fiber membranes**

*Pp. 60-66*

Kai Yu Wang, Tai-Shung Chung and Raj Rajagopalan

**Influence of polypropylene membrane surface porosity on the performance of membrane distillation process**

*Pp. 67-78*

Marek Gryta

**Spatial distribution of foulants on membranes during ultrafiltration of protein mixtures and the influence of spacers in the feed channel**

*Pp. 79-87*

V. Chen, R. Chan, H. Li and M.P. Bucknall

**Evaluation of asymmetrical structure dialysis membrane by tortuous capillary pore diffusion model**

*Pp. 88-93*

Ken-ichiro Yamamoto, Masayo Hayama, Masato Matsuda, Taiji Yakushiji, Makoto Fukuda, Takehiro Miyasaka and Kiyotaka Sakai

**Periodic air/water cleaning for control of biofouling in spiral wound membrane elements**

*Pp. 94-101*

E.R. Cornelissen, J.S. Vrouwenvelder, S.G.J. Heijman, X.D. Viallefont, D. Van Der Kooij and L.P. Wessels

**Identification of dielectric effects in nanofiltration of metallic salts**

*Pp. 102-110*

A. Szymczyk, N. Fatin-Rouge, P. Fievet, C. Ramseyer and A. Vidonne

**Measurement of sorption and diffusion in nonporous membranes by transient permeation experiments**

*Pp. 111-118*

Mitesh R. Shah, Richard D. Noble and David E. Clough

**Blocking of capillaries as fouling mechanism for dead-end ultrafiltration**

*Pp. 119-125*

S.G.J. Heijman, M. Vantieghem, S. Raktoc, J.Q.J.C. Verberk and J.C. van Dijk

**Water transport coefficient distribution through the membrane in a polymer electrolyte fuel cell**

*Pp. 126-131*

Fuqiang Liu, Guoqiang Lu and Chao-Yang Wang

**On the unusual solvent retention and the effect on the gas transport in perfluorinated Hyflon AD-o membranes**

*Pp. 132-137*

Johannes Carolus Jansen, Marialuigia Macchione and Enrico Drioli

**Influence of inorganic scalants and natural organic matter on nanofiltration membrane fouling**

*Pp. 138-145*

Chalor Jarusutthirak, Supatpong Mattaraj and Ratana Jiraratananon

**Probing the nano- and micro-scales of reverse osmosis membranes: A comprehensive characterization of physiochemical properties of uncoated and coated membranes by XPS, TEM, ATR-FTIR, and streaming potential measurements**

*Pp. 146-156*

Chuyang Y. Tang, Young-Nam Kwon and James O. Leckie

**Journal of Membrane Science, Volume 287, Issue 2, Pp. 157-310 (15 January 2007)**

*Rapid communication*

**Anodic alumina supported dual-layer microporous silica membranes**

*Pp. 157-161*

G. Xomeritakis, N.G. Liu, Z. Chen, Y.-B. Jiang, R. K-hn, P.E. Johnson, C.-Y. Tsai, P.B. Shah, S. Khalil, S. Singh, et al.

*Review article*

**Polymeric membrane pervaporation**

*Pp. 162-179*

P. Shao and R.Y.M. Huang

*Original research papers*

**Effect of heating and stretching membrane on ionic conductivity of sulfonated poly(phenylene oxide)**

*Pp. 180-186*

Cuihua Li, Jianhong Liu, Rong Guan, Peixin Zhang and Qianling Zhang

**Ozonation pretreatment for ultrafiltration of the secondary effluent**

*Pp. 187-191*

Xudong Wang, Lei Wang, Ying Liu and Wensong Duan

**The polyurethane membranes with temperature sensitivity for water vapor permeation**

*Pp. 192-197*

Yi Chen, Yan Liu, Haojun Fan, Hui Li, Bi Shi, Hu Zhou and Biyu Peng

**Enhanced concentration polarization by unstirred fouling layers in reverse osmosis: Detection by sodium chloride tracer response technique**

*Pp. 198-210*

T.H. Chong, F.S. Wong and A.G. Fane

**Effects of sludge retention time on membrane fouling and microbial community structure in a membrane bioreactor**

*Pp. 211-218*

Zubair Ahmed, Jinwoo Cho, Byung-Ran Lim, Kyung-Guen Song and Kyu-Hong Ahn

**Optimum design of reverse osmosis system under different feed concentration and product specification**

*Pp. 219-229*

Yan-Yue Lu, Yang-Dong Hu, Xiu-Ling Zhang, Lian-Ying Wu and Qing-Zhi Liu

**Chitosan/poly(tetrafluoroethylene) composite membranes using in pervaporation dehydration processes**

*Pp. 230-236*

Ying-Ling Liu, Chung-Hao Yu, Kueir-Rarn Lee and Juin-Yih Lai

**Anti-trade-off in dehydration of ethanol by novel PVA/APTEOS hybrid membranes**

*Pp. 237-245*

Qiu Gen Zhang, Qing Lin Liu, Zhong Ying Jiang and Yu Chen

**Asymmetric bipolar membrane: A tool to improve product purity**

*Pp. 246-256*

J. Balster, R. Sumbharaju, S. Srikantharajah, I. P-nt, D.F. Stamatialis, V. Jordan and M. Wessling



**Preparation of pH-responsive phenolphthalein poly(ether sulfone) membrane by redox-graft pore-filling polymerization technique**

*Pp. 257-263*

Meng Wang, Quan-Fu An, Li-Guang Wu, Jian-Xiong Mo and Cong-Jie Gao

**Structural characterisation of heat-treated anodic alumina membranes prepared using a simplified fabrication process**

*Pp. 264-270*

A. Kirchner, K.J.D. MacKenzie, I.W.M. Brown, T. Kemmitt and M.E. Bowden

**Novel method for human serum albumin adsorption/separation from aqueous solutions and human plasma with Cibacron Blue F3GA-Zn(II) attached microporous affinity membranous capillaries**

*Pp. 271-279*

Gu Jin, Lei Zhang and Qizhi Yao

**Intra-layer flow in fouling layer on membranes**

*Pp. 280-286*

Z. Yang, X.F. Peng, Ming-Yuan Chen, Duu-Jong Lee and J.Y. Lai

**Analysis of particle fouling during microfiltration by use of blocking models**

*Pp. 287-293*

Kuo-Jen Hwang, Chien-Yao Liao and Kuo-Lun Tung

**Characteristics of aerobic biogranules from membrane bioreactor system**

*Pp. 294-299*

Xiufen Li, Yanjun Li, He Liu, Zhaozhe Hua, Guocheng Du and Jian Chen

**Single gas permeation through compositionally different zeolite NaA membranes: Observations on the intercrystalline porosity in an unconventional, semicrystalline layer**

*Pp. 300-310*

Jaco Zah, Henning M. Krieg and Jaco C. Breytenbach

**Journal of Membrane Science, Volume 288, Issues 1-2, Pp. 1-336 (1 February 2007)**

*Review article*

**Application of electrodialysis to the production of organic acids: State-of-the-art and recent developments**

*Pp. 1-12*

Chuanhui Huang, Tongwen Xu, Yaping Zhang, Yanhong Xue and Guangwen Chen

*Original research papers*

**Influence of nanostructure on light gas separations in cross-linked lyotropic liquid crystal membranes**

*Pp. 13-19*

Jason E. Bara, Alice K. Kaminski, Richard D. Noble and Douglas L. Gin

**Co-sintering synthesis of tubular bilayer  $\alpha$ -alumina membrane**

*Pp. 20-27*

Jun Feng, Yiqun Fan, Hong Qi and Nanping Xu

**Effect of pH on the fractionation of whey proteins with a ceramic ultrafiltration membrane**

*Pp. 28-35*

M. Carmen Almécija, Rubén Ibáñez, Antonio Guadix and Emilia M. Guadix

**A novel iron(III) selective membrane electrode based on benzo-18-crown-6 crown ether and its applications**

*Pp. 36-40*

Güler Ekmekci, Demet Uzun, Güler Somer and Şükrü Kalaycı

**Novel solvent-resistant hydrophilic hollow fiber membranes for efficient membrane solvent back extraction**

*Pp. 41-50*

P.B. Kosaraju and K.K. Sirkar

**Synthesis and characterization of the cross-linked PVA/TiO<sub>2</sub> composite polymer membrane for alkaline DMFC**

*Pp. 51-60*

Chun-Chen Yang

**Microfiltration of umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) juice**

*Pp. 61-66*

Fernanda Yumi Ushikubo, Anna Paula Watanabe and Luiz Antonio Viotto

**Electroless plating and permeation features of Pd and Pd/Ag hollow fiber composite membranes**

*Pp. 67-84*

Balamurali Krishna R. Nair, Jun Choi and Michael P. Harold

**Simulation of removing permeable cryoprotective agents from cryopreserved blood with hollow fiber modules**

*Pp. 85-93*

Weiping Ding, Jianping Yu, Erik Woods, Shelly Heimfeld and Dayong Gao

**Modeling submerged hollow-fiber membrane filtration for wastewater treatment**

*Pp. 94-111*

Jan Busch, Andreas Cruse and Wolfgang Marquardt

**Mass transport on composite dense PDMS membranes with palladium nanoclusters**

*Pp. 112-122*

L-*cia* Brand-ro, Luis M. Madeira and Adélio M. Mendes

**Preparation and characterization of PVDF–PFSA blend hollow fiber UF membrane**

*Pp. 123-131*

Wan-Zhong Lang, Zhen-Liang Xu, Hu Yang and Wei Tong

**One-step lactoferrin purification from bovine whey and colostrum by affinity membrane chromatography**

*Pp. 132-138*

F.J. Wolman, D. Gonz-ólez Maglio, M. Grasselli and O. Cascone

**Extraction of Co(II) by supported liquid membrane and solvent extraction using Cyanex 272 as an extractant: A comparison study**

*Pp. 139-148*

Basudev Swain, Jinki Jeong, Jae-chun Lee and Gae-Ho Lee

**Effect of membrane fouling reducer on cake structure and membrane permeability in membrane bioreactor**

*Pp. 149-156*

Byung-Kook Hwang, Woo-Nyoung Lee, Pyung-Kyu Park, Chung-Hak Lee and In-Soung Chang

**Via surface functionalization by photograft copolymerization to low-fouling polyethersulfone-based ultrafiltration membranes**

*Pp. 157-167*

Heru Susanto, Malini Balakrishnan and Mathias Ulbricht

**Evaluation of new ion exchange membranes for direct borohydride fuel cells**

*Pp. 168-174*

H. Cheng, K. Scott, K.V. Lovell, J.A. Horsfall and S.C. Waring

**Air separation using a catalytically modified mixed conducting ceramic hollow fibre membrane module**

*Pp. 175-187*

Alan Thursfield and Ian S. Metcalfe

**Organic/inorganic hybrid membranes for direct methanol fuel cells**

*Pp. 188-194*

HaeKyoung Kim and Hyuk Chang

**Mixed matrix hollow fiber membranes made with modified HSSZ-13 zeolite in polyetherimide polymer matrix for gas separation**

*Pp. 195-207*

Shabbir Husain and William J. Koros

**Permselectivity of a nickel/ceramic composite membrane at elevated temperatures: A new prospect in hydrogen separation?**

*Pp. 208-217*

Barbara Ernst, Stéphane Haag and Michel Burgard

**Salinity-gradient power: Evaluation of pressure-retarded osmosis and reverse electro dialysis**

*Pp. 218-230*

Jan W. Post, Joost Veerman, Hubertus V.M. Hamelers, Gerrit J.W. Euverink, Sybrand J. Metz, Kitty Nymeyer and Cees J.N. Buisman

**The influence of nano-sized TiO<sub>2</sub> fillers on the morphologies and properties of PSF UF membrane**

*Pp. 231-238*

Yanan Yang, Huixuan Zhang, Peng Wang, Qingzhu Zheng and Jun Li

**A new membrane process for the selective fractionation and total recovery of polyphenols, water and organic substances from vegetation waters (VW)**

*Pp. 239-246*

Claudio Russo

**A liposome-based nanodevice for sequestering siderophore-bound Fe**

*Pp. 247-254*

K.M. Orcutt and M.L. Wells

**Synthesis of hyperbranched polybenzimidazoles and their membrane formation**

*Pp. 255-260*

Hongjie Xu, Kangcheng Chen, Xiaoxia Guo, Jianhua Fang and Jie Yin

**Synthesis and properties of poly(ether urethane) membranes filled with isophorone diisocyanate-grafted carbon nanotubes**

*Pp. 261-267*

Jinni Deng, Xiaoqin Zhang, Ke Wang, Hao Zou, Qin Zhang and Qiang Fu

**Characterization of membrane blood oxygenation devices using computational fluid dynamics**

*Pp. 268-279*

Juntao Zhang, Timothy D.C. Nolan, Tao Zhang, Bartley P. Griffith and Zhongjun J. Wu

**Swelling behavior of palygorskite/polyacrylamide hybrid membrane in xylene mixtures and its pervaporation performance for separating the xylene isomers**

*Pp. 280-289*

Peng Zhang, Jin-wen Qian, Yang Yang, Yun-Xiang Bai, Quan-Fu An and Wei-dong Yan

**Silicon carbide membranes for gas separation applications**

*Pp. 290-297*

Bahman Elyassi, Muhammad Sahimi and Theodore T. Tsotsis

**Effects of collapsible-tube-induced pulsation vigour on membrane filtration performance**

*Pp. 298-306*

Wanxin Wang, Christopher D. Bertram and Dianne E. Wiley

**Dean vortices applied to membrane process: Part I. Experimental approach**

*Pp. 307-320*

R. Moll, D. Veyret, F. Charbit and P. Moulin

**Dean vortices applied to membrane process: Part II: Numerical approach**

*Pp. 321-335*

R. Moll, D. Veyret, F. Charbit and P. Moulin

**Journal of Membrane Science, Volume 289, Issues 1-2, Pp. 1-296 (15 February 2007)**

*Rapid communication*

**Microstructure of PVdF-co-HFP based electrolyte prepared by preferential polymer dissolution process**

*Pp. 1-6*

N.T. Kalyana Sundaram and A. Subramania

*Original research papers*

**Structural development of asymmetric cellulose acetate microfiltration membranes prepared by a single-layer dry-casting method**

*Pp. 7-14*

Melanie Sossna, Markus Hollas, Jörg Schaper and Thomas Scheper

**Measurement and modeling of hydrogen transport through high-flux Pd membranes**

*Pp. 15-25*

F.C. Gielens, H.D. Tong, M.A.G. Vorstman and J.T.F. Keurentjes

**Development of a dynamic model for cleaning ultra filtration membranes fouled by surface water**

*Pp. 26-31*

Edwin Zondervan, Ben H.L. Betlem and Brian Roffel

**NaCl rejection by an inorganic nanofiltration membrane in relation to its central pore potential**

*Pp. 32-39*

Joanna M. Skluzacek, M. Isabel Tejedor and Marc A. Anderson

**Prediction of permeate fluxes and rejections of highly concentrated salts in nanofiltration membranes**

*Pp. 40-50*

A.W. Mohammad, N. Hilal, H. Al-Zoubi and N.A. Darwish

**Permeabilities of methanol, ethanol and dimethyl ether in new composite membranes: A comparison with Nafion membranes**

*Pp. 51-57*

Song Xue, Geping Yin, Kedi Cai and Yuyan Shao

**Demulsification of water/sunflower oil emulsions by a tangential filtration process using chemically impregnated ceramic tubes**

*Pp. 58-66*

R. Del Colle, E. Longo and S.R. Fontes

**A novel membrane reactor for ozone water treatment**

*Pp. 67-75*

Samuel Heng, King Lun Yeung, Malik Djafer and Jean-Christophe Schrotter

**Preparation of thermo-responsive gating membranes with controllable response temperature**

*Pp. 76-85*

Rui Xie, Yan Li and Liang-Yin Chu

**Carbon molecular sieve membranes derived from phenol formaldehyde novolac resin blended with poly(ethylene glycol)**

*Pp. 86-91*

Xiaoyong Zhang, Haoquan Hu, Yudong Zhu and Shengwei Zhu

**Comparison of solvent extraction and supported liquid membrane permeation using an ionic liquid for concentrating penicillin G**

*Pp. 92-96*

Michiaki Matsumoto, Tokihito Ohtani and Kazuo Kondo

**Selective dehydrogenation of unsaturated alcohols and hydrogen separation with a palladium membrane reactor**

*Pp. 97-105*

Takafumi Sato, Hiroyuki Yokoyama, Hideaki Miki and Naotsugu Itoh

**NELF model prediction of the infinite dilution gas solubility in glassy polymers**

*Pp. 106-122*

M.G. De Angelis, G.C. Sarti and F. Doghieri

**High recovery membrane desalting of low-salinity brackish water: Integration of accelerated precipitation softening with membrane RO**

*Pp. 123-137*

Anditya Rahardianto, Junbo Gao, Christopher J. Gabelich, Mark D. Williams and Yoram Cohen

**Effects of activators on mass-transfer enhancement in a hollow fiber contactor using activated alkanolamine solutions**

*Pp. 138-149*

Jian-Gang Lu, You-Fei Zheng, Min-Dong Cheng and Lian-Jun Wang

**Development and characterization of hybrid membranes based on an organic matrix modified with silanes for metal separation**

*Pp. 150-158*

M. Resina, J. Macan-6s, J. de Gyves and M. Mu-oz

**Functional properties of wheat gluten/montmorillonite nanocomposite films processed by casting**

*Pp. 159-168*

S. Tunc, H. Angellier, Y. Cahyana, P. Chalier, N. Gontard and E. Gastaldi

**Study of a new membrane evaporator with a hydrophobic metallic membrane**

*Pp. 169-177*

N. Hengl, A. Mourgues, E. Pomier, M.P. Belleville, D. Paolucci-Jeanjean, J. Sanchez and G. Rios

**Role of ozone for reducing fouling due to pharmaceuticals in MF (microfiltration) process**

*Pp. 178-186*

Byung Soo Oh, Ha Young Jang, Tae Mun Hwang and Joon-Wun Kang

**Transport mechanism of chromium(III) through the unmixed bulk liquid membrane containing dinonylnaphthalenesulfonic acid as a carrier**

*Pp. 187-190*

R. Gawro-Дski and P. Religa

**Pervaporation separation of ethylene glycol/water mixtures through surface crosslinked PVA membranes: Coupling effect and separation performance analysis**

*Pp. 191-198*

Ruili Guo, Changlai Hu, Ben Li and Zhongyi Jiang

**Development of an antimicrobial microporous polyurethane membrane**

*Pp. 199-209*

Kuitian Tan and S. Kay Obendorf

**Electrospun nanofibrous polysulfone membranes as pre-filters: Particulate removal**

*Pp. 210-219*

Renuga Gopal, Satinderpal Kaur, Chao Yang Feng, Casey Chan, Seeram Ramakrishna, Shahram Tabe and Takeshi Matsuura

**Influence of membrane and colloid characteristics on fouling of nanofiltration membranes**

*Pp. 220-230*

K. Boussu, A. Belpaire, A. Volodin, C. Van Haesendonck, P. Van der Meeren, C. Vandecasteele and B. Van der Bruggen

**Pre-treatments to reduce fouling of low pressure micro-filtration (MF) membranes**

*Pp. 231-240*

Rolando Fabris, Eun Kyung Lee, Christopher W.K. Chow, Vicki Chen and Mary Drikas

**Flux criticality and sustainability in a hollow fibre submerged membrane bioreactor for municipal wastewater treatment**

*Pp. 241-248*

G. Guglielmi, D. Chiarani, S.J. Judd and G. Andreottola

**Study of mass and heat transfer in the osmotic evaporation process using hollow fibre membrane contactors**

*Pp. 249-257*

V.D. Alves and I.M. Coelho

**Polyamide thin film composite membranes prepared from 3,4,5-biphenyl triacyl chloride, 3,3',5,5'-biphenyl tetraacyl chloride and m-phenylenediamine**

*Pp. 258-267*

Lei Li, Suobo Zhang, Xiaosha Zhang and Guodong Zheng

**Pulse injection technique for membrane characterization: Ultrafiltration of dextran solutions**

*Pp. 268-276*

David R. Latulippe, Raja Ghosh and Carlos D.M. Filipe

**Fabrication of new fullerene composite membranes and their application in proton exchange membrane fuel cells**

*Pp. 277-283*

Hengbin Wang, Ryan DeSousa, Jeffrey Gasa, Ken Tasaki, Galen Stucky, Bruno Joussemle and Fred Wudl

**Modeling of ionic transport in electric-stimulus-responsive hydrogels**

*Pp. 284-296*

Hua Li, Rongmo Luo and K.Y. Lam

**Journal of Membrane Science, Volume 290, Issues 1-2, Pp. 1-266 (1 March 2007)**

**Quantitative analysis of membrane morphology, microstructure, and polycrystallinity via laser scanning confocal microscopy: Application to NaX zeolite membranes**

*Pp. 1-18*

M.A. Snyder, D.G. Vlachos and V. Nikolakis

**Interfacially formed poly(N,N-dimethylaminoethyl methacrylate)/polysulfone composite membranes for CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> separation**

*Pp. 19-28*

Runhong Du, Amit Chakma and Xianshe Feng

**Chitosan solubilization by bipolar membrane electroacidification: Reduction of membrane fouling**

*Pp. 29-35*

F. Lin Teng Shee, J. Arul, S. Brunet and L. Bazinet

**Visualisation of polysaccharide fouling on microporous membrane using different characterisation techniques**

*Pp. 36-45*

Pierre Le-Clech, Yulita Marselina, Yun Ye, Richard M. Stuetz and Vicki Chen

**Negatively charged poly(vinylidene fluoride) microfiltration membranes by sulfonation**

*Pp. 46-54*

Garry Nathaniel B. Baro- a, Bong Jun Cha and Bumsuk Jung

**Modeling manganese removal in chelating polymer-assisted membrane separation systems for water treatment**

*Pp. 55-61*

Sang-Chul Han, Kwang-Ho Choo, Sang-June Choi and Mark M. Benjamin

**Polymer inclusion membranes: The concept of fixed sites membrane revised**

*Pp. 62-72*

Cl-audia Font-as, Rafik Tayeb, Mahmoud Dhahbi, Emmanuelle Gaudichet, Francette ThomINETte, Pascale Roy, Karine Steenkeste, Marie-Pierre Fontaine-Aupart, Sophie Tingry, Emmanuel Tronel-Peyroz, et al.

**Mechanical stability and transport properties of the Sn-promoted  $\text{SrCo}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$  ceramic membrane**

*Pp. 73-77*

Chuangang Fan, Wei Liu, Zengqiang Deng, Yanbo Zuo, Chusheng Chen and Dongsik Bae

**Functionalization of cellulose dialysis membranes for chiral separation using beta-cyclodextrin immobilization**

*Pp. 78-85*

Youchang Xiao and Tai-Shung Chung

**Fouling of reverse osmosis and nanofiltration membranes by humic acid – Effects of solution composition and hydrodynamic conditions**

*Pp. 86-94*

Chuyang Y. Tang, Young-Nam Kwon and James O. Leckie

**Crack formation in  $\alpha$ -alumina supported MFI zeolite membranes studied by in situ high temperature synchrotron powder diffraction**

*Pp. 95-104*

Magdalena Lassinantti Gualtieri, Charlotte Andersson, Fredrik Jareman, Jonas Hedlund, Alessandro F. Gualtieri, Matteo Leoni and Carlo Meneghini

**Shell-side mass transfer of hollow fibre modules in osmotic distillation process**

*Pp. 105-113*

R. Thanedgunbaworn, R. Jiraratananon and M.H. Nguyen

**Dynamic optimization of a dead-end filtration trajectory: Non-ideal cake filtration**

*Pp. 114-124*

Bastiaan Blankert, Carolien Kattenbelt, Ben H.L. Betlem and Brian Roffel

**Whey protein concentrate production by continuous ultrafiltration: Operability under constant operating conditions**

*Pp. 125-137*

Kevin W.K. Yee, Dianne E. Wiley and Jie Bao

**Synthesis, characterization and gas permeation properties of a silica membrane prepared by high-pressure chemical vapor deposition**

*Pp. 138-145*

Sadao Araki, Norito Mohri, Yuichi Yoshimitsu and Yoshikazu Miyake

**Nano-structured proton exchange membranes molded by polymerizing bi-continuous microemulsion**

*Pp. 146-152*

Tze Han Lim, Mun Pun Tham, Zhaolin Liu, Liang Hong and Bing Guo

**Tailoring pore size and pore size distribution of kidney dialysis hollow fiber membranes via dual-bath coagulation approach**

*Pp. 153-163*

Qian Yang, Tai-Shung Chung and Y.E. Santoso

**Influence of operating conditions on the retention of phosphate in water by nanofiltration**

*Pp. 164-172*

Guy Tiama Ballet, Amor Hafiane and Mahmoud Dhahbi

**Fouling of reverse osmosis membranes by biopolymers in wastewater secondary effluent: Role of membrane surface properties and initial permeate flux**

*Pp. 173-181*

Qilin Li, Zhihua Xu and Ingo Pinnau

**Pd encapsulated and nanopore hollow fiber membranes: Synthesis and permeation studies**

*Pp. 182-195*

Balamurali Krishna R. Nair and Michael P. Harold

**The effect of gel layer thickness on the salt rejection performance of polyelectrolyte gel-filled nanofiltration membranes**

*Pp. 196-206*

Sriram Suryanarayan, Alicja M. Mika and Ronald F. Childs

**A constant flux based mathematical model for predicting permeate flux decline in constant pressure protein ultrafiltration**

*Pp. 207-215*

Dharmesh M. Kanani and Raja Ghosh

**Influence of inorganic electrolytes on the retention of polyethyleneglycol by a nanofiltration ceramic membrane**

*Pp. 216-221*

Saliha Bouranene, Anthony Szymczyk, Patrick Fievet and Alain Vidonne

**Porous membranes modified by hyperbranched polymers: I. Preparation and characterization of PVDF membrane using hyperbranched polyglycerol as additive**

*Pp. 222-229*

Yong-Hong Zhao, Bao-Ku Zhu, Xiao-Ting Ma and You-Yi Xu

**Transmission and fractionation of micro-sized particle suspensions**

*Pp. 230-240*

G. Brans, A. van Dinther, B. Odum, C.G.P.H. Schro-лн and R.M. Boom

**Nitrate and chloride transport through a smart membrane**

*Pp. 241-249*

Мар-на J. Ariza and Toribio F. Otero

**Novel CO<sub>2</sub> selectively permeating membranes containing PETEDA dendrimer**

*Pp. 250-258*

Zhi Wang, Meng Li, Yan Cai, Jixiao Wang and Shichang Wang

**Isolation of lysozyme from hen egg albumen using glass fiber-based cation-exchange membranes**

*Pp. 259-266*

Hsin-Chieh Chiu, Chi-Wen Lin and Shing-Yi Suen

---

## СОДЕРЖАНИЕ

Юбилей И.Б. Бесфамильного .....	3
<i>Г.Ф. Терещенко, Н.В. Орехова, М.М. Ермилова.</i> Металлосодержащие мембранные реакторы .....	4
<i>А.О. Чугунов, В.Н. Новоселецкий, А.С. Арсеньев, Р.Г. Ефремов</i> Интегральные мембранные белки: подход к созданию реалистичных моделей in silico .....	21
<i>Л.Г. Гасанова, Э.Р.-К. Садраддинова, А.И. Нетрусов, В.В. Тепляков, В.Б. Зенькевич, М. Модигель</i> Мембранные биореакторы для получения горючих газов.....	32
<i>Т.А. Седнева</i> Гидролиз солей циркония в электромембранном процессе.....	43
<i>В.Г. Дзюбенко</i> Специализированная выставка по технологиям фильтрации и сепарации FILTSEP.....	48
<i>В.В. Волков, Ю.П. Ямпольский</i> О международной конференции Euromembrane 2006 .....	50
Реферативный раздел	
Обзоры и общие вопросы .....	52
Статьи .....	52
Патенты.....	79
Указатели	
Предметный указатель .....	83
Авторский указатель .....	98
Указатель источников .....	101
Патентный указатель.....	103
Список сокращений.....	104
Journal of Membrane Science, 2006-2007, VV. 286-290.....	105

## CONTENTS

Anniversary of I.B. Besfamil'nyj.....	3
<i>G.F. Tereshchenko, N.V. Orekhova, M.M. Ermilova</i> Metal-containing membrane reactors .....	4
<i>A.O. Chugunov, V.N. Novoseletsky, A.S. Arseniev, R.G. Efremov</i> Integral membrane proteins: an approach to design of realistic in Silico models.....	21
<i>L.G. Gasanova, E.R. Sadraddinova, A.I. Netrusov, V.V. Teplyakov, V.B. Zenkevich, M. Modigell</i> Membrane bioreactors for fuel gases production. ....	32
<i>T.A. Sedneva</i> Hydrolysis of zirconium's salts in electromembranous process.....	43
<i>V.G. Dzyubenko</i> The International specialized exhibition on filtration and separation technologies FILTSEP.....	48



---

*V.V. Volkov, Yu.P. Yampol'skij*  
Euromembrane 2006.....48

References

    Reviews & Generals .....52

    Articles.....52

    Patents.....79

Indexes

    Subject Index .....83

    Author Index.....98

    Bibliographical Index .....101

    Patent Index .....103

    Abbreviations.....104

Journal of Membrane Science, 2006-2007, VV. 286-290.....105



**ВИНИТИ РАН**  
ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ НАУЧНОЙ  
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ  
продолжает подписку на  
Информационно-аналитический журнал  
**«Мембраны»**  
Серия Критические технологии

В информационно-аналитическом журнале «Мембраны» Серия Критические технологии 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 ~15 усл. печ. л. Периодичность – 4 номера в год.

Индекс «Роспечати» 55813

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**

Подписка проводится:

- в агентствах и отделениях службы почтовой связи по каталогам: Агентства «Роспечать», «Издания органов научно-технической информации» и Объединенному каталогу «Пресса России», Том 2 на квартал и полугодие;
- в ВИНИТИ:

Все расчеты проводятся через ООО «НТИ-КОМПАКТ». Заказчики могут оформить подписку с любого номера, а также на издания журналов предыдущих лет, начиная с 1999 г.

Адрес: 125190, Россия, г. Москва, ул. Усиевича, 20, ООО «НТИ-КОМПАКТ».

Телефоны: (495)152-5492, 152-6441

Факс: (495)152-5492

<http://www.viniti.ru>

E-mail: [market@viniti.ru](mailto:market@viniti.ru)

---

Подписано в печать 12.03.2007

Формат 60×84 1/8

15,0 печ. л.

15 уч.-изд. л.

Тираж 220 экз.

Заказ №

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 с разрешением не меньше 300 dpi.

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.

