



**Кафедра физической химии  
Кубанского государственного университета**



**Южный мембранный центр**

## СОДЕРЖАНИЕ



**История кафедры физической химии**

**3**

**Сотрудники кафедры физической химии**

**5**

**Учебная работа**

**6**

**Научная деятельность кафедры**

**7**

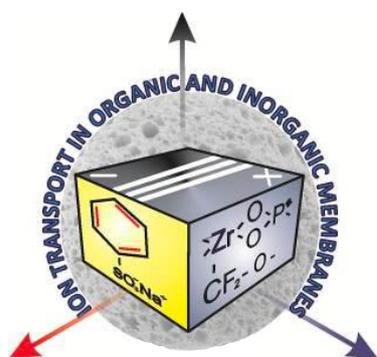


**Научные стажировки**

**8**

**Сотрудничество с научными лабораториями России и мира**

**9**



**Конференции**

**10**



**Практическая реализация разработок кафедры**

**11**

## ИСТОРИЯ КАФЕДРЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ



*Заведующий кафедрой физической химии, доктор химических наук, заслуженный изобретатель РФ, заслуженный деятель науки РФ, профессор Заболоцкий В.И.*

Кафедра физической химии Кубанского государственного университета создана в 1971 году Николаем Петровичем Гнусиным. Научным направлением кафедры стала разработка теоретических основ и прикладных аспектов электрохимии ионитов. Сотрудниками кафедры стали специалисты, приглашенные из других вузов и НИИ: Березина Н.П. (Институт катализа СО АН СССР, г. Новосибирск), Витульская Н.В. (Ленинградский текстильный институт), Заболоцкий В.И. (Ленинградский технологический институт), Демина (Коцюбинская) О.А. (Ленинградский госуниверситет). Первыми успешно защитившимися аспирантами были Борисов Н.П., Туманов А., Бекетова В.П. и Алексеева С.Л.

Коллектив кафедры физической химии приступил к работе по организации лекционных курсов и практикумов, разработке новых дисциплин специализации, организации регулярных научных семинаров. Наиболее способные студенты стали преподавателями университета, получив ученые степени кандидатов химических наук: Никоненко В.В., Дворкина Г.А., Кононенко Н.А., Шельдешов Н.В., Письменская Н.Д. В настоящее время на кафедре 5 профессоров, докторов наук и 7 доцентов, кандидатов наук. С первых дней существования кафедры фундаментальные исследования сочетались с прикладными работами. В короткое время на кафедре удалось наладить выпуск электродиализных аппаратов, и с 1975 года их стали поставлять заказчикам. За прошедшие годы разработаны и собраны десятки установок. Они нашли применение на крупных промышленных объединениях многих городов России (Москва, С.-Петербург, Владивосток, Ставрополь, Ростов и др.), Украины (Краснодон), Белоруссии (Дорогобуж) и Латвии (Олайне). Потребителями электродиализных установок стали предприятия химической, пищевой электронной промышленности, энергетики, а также лечебные учреждения. Разработанная сотрудниками кафедры установка получения воды для гемодиализа оказалась значительно дешевле импортных аналогов. Этот факт, а также возможность быстрой консультации по вопросам ее эксплуатации привлекли внимание специалистов из больниц Краснодар, Твери и других городов. За годы существования кафедра физической химии КубГУ превратилась в крупное научное подразделение, способное решать сложные многоплановые задачи. В настоящее время кафедру возглавляет приемник Николая Петровича Гнусина академик МАН ВШ, профессор, д.х.н. Заболоцкий Виктор Иванович. Кафедра продолжает успешно работать и выполнять свои многообразные функции.

Начиная с 1995 г. исследования сотрудников кафедры финансируются Российским фондом фундаментальных исследований, а с 2014 г. – Российским научным фондом.



*Основатель и первый заведующий кафедрой физической химии профессор, доктор химических наук Гнусин Н.П.*



*Березина Н.П.*



*Заболоцкий В.И.*





*Доктор химических наук, заслуженный деятель науки и техники РФ, профессор Гнусин Н.П.*

Нинель Петровна Березина, выпускница кафедры электрохимии МГУ и ученица Александра Наумовича Фрумкина, попала в Краснодар, на кафедру физической химии Кубанского государственного университета, в 1971 г. Здесь очень пригостило ее превосходное столичное образование и опыт работы с лидером советской электрохимической школы, А.Н. Фрумкиным. Нинель Петровна окунулась в новое направление электрохимии – электрохимию ионообменных материалов и мембран. Самое важное для изучения свойств и приложений новых материалов – научиться их характеризовать. Характеризация ионообменных материалов, мембранное материаловедение стали основным направлением ее исследований и в будущем. Были налажены основные методы характеризации мембранных материалов, разработана система измерений для идентификации параметров микрогетерогенной мембраны. Направление исследований в области связи «структура – свойства» логично привели Нинель Петровну и ее учеников к попыткам модифицировать структуру мембран и оценивать роль модификации в изменении их свойств. В результате совместных работ с ОАО «Пластполимер» были созданы основы электрохимии перфторированных сульфокатионитовых мембран и разработаны способы получения нанокompозитных и гибридных полимерных материалов на их основе.

Николай Петрович Гнусин создал кафедру физической химии в 1971 году и заведовал ею до 1988 г. Он прошел войну от первого дня до победы, защищал Ленинград и после войны получил диплом Ленинградского технологического института. Стал профессором в Гомеле, где заведовал кафедрой химии в Белорусском институте инженеров железнодорожного транспорта. Затем руководил лабораторией электрохимии в Институте физико-химических основ переработки минерального сырья СО АН СССР (г. Новосибирск) и отделом электрохимических методов деминерализации воды в Институте коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского (г. Киев). Он создал за эти годы теорию неоднородности электрических полей и одним из первых в нашей стране понял перспективность изучения электрохимических свойств ионообменных материалов. Вместе со своими учениками он провел первые исследования ионообменных материалов и создал эффективные электродиализные установки для получения ультрачистой воды. Это научное направление Гнусин Н.П. назвал электрохимией ионитов. Его ученики продолжают разработку теоретических основ и прикладных аспектов электрохимии ионитов.



*Доктор химических наук, заслуженный деятель науки Кубани, профессор Березина Н.П.*

*«Жизнь много грустного таит,  
Всем расставание предстоит...»  
Надежда Перминова*

## СОТРУДНИКИ КАФЕДРЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ



**Д.х.н., профессор  
Шельдешов Н.В.**



**Д.х.н., профессор  
Кононенко Н.А.**



**Д.х.н., профессор  
Никоненко В.В.**



**Д.х.н., профессор  
Письменская Н.Д.**



**К.х.н., доцент  
Лоза С.А.**



**К.х.н., доцент  
Фалина И.В.**



**К.х.н., доцент  
Шудренко А.А.**



**К.х.н., доцент  
Шкирская С.А.**



**К.х.н., доцент  
Лоза Н.В.**



**К.х.н., доцент  
Мельников С.С.**



**К.х.н., доцент  
Мареев С.А.**



**К.х.н., доцент  
Козмай А.Э.**



**К.х.н., вед. науч. сотр.  
Демина О.А.**



**Зав. учебной лаб.  
Соловьева Т.Т.**



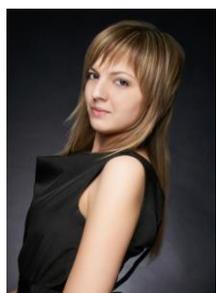
**Зав. отделом информации  
Етеревскова С.И.**



**К.х.н., науч. сотр.  
Фоменко М.А.**



**К.х.н.,  
преподаватель  
Небавская К.А.**



**Преподаватель  
Гиль В.В.**



**Ассистент  
Порожный М.В.**



**Ассистент  
Андреева М.А.**



**Млад. науч. сотр.  
Ачох А.Р.**

## УЧЕБНАЯ РАБОТА

### Бакалавриат

**04.03.01 Химия**  
**Профиль – Физическая химия**

**20.03.01 Техносферная безопасность**  
**Профиль – Безопасность технологических процессов и производств**

#### Основные дисциплины

Физическая химия	Теория горения и взрыва
Коллоидная химия	Аспекты техносферной безопасности при планировании и выполнении НИОКР
Физическая химия ионполимеров	Процессы и аппараты водоподготовки в техносфере
Мембраны и каталитические системы	Техника и технология предотвращения газопылевых выбросов
Физико-химия поверхности и наночастиц	Системы защиты гидросферы
Моделирование физико-химических систем и процессов	Теоретические основы экозащитных процессов
Электрохимическая кинетика	Моделирование физико-химических процессов в техносфере
Проблемы внедрения наукоемких технологий	Физико-химические основы функционирования и разрушения материалов
Процессы и аппараты в мембранной технологии	Мембранные технологии в обеспечении техносферной безопасности
Современные энерго- и ресурсосберегающие технологии	Процессы переноса техногенных загрязнений в окружающей среде
Композитные и гибридные материалы в электрохимии	и др.
Процессы переноса в проводниках второго рода	
Электрохимическая энергетика и др.	

#### Магистратура

**04.04.01 Химия**  
**Профиль – Электрохимия**

**20.04.01 Техносферная безопасность**  
**Профиль – Безопасность технологических процессов и производств**

#### Основные дисциплины

Термодинамика и кинетика электродных процессов	Актуальные задачи техносферной безопасности
Мембранная электрохимия и мембранные материалы новых поколений	Математическое моделирование аварийных и экозащитных процессов
Явления на межфазных границах	Физика-химия природных и производственных процессов
Современные методы исследования в электрохимии	Физико-химические процессы в техносфере
Математическое моделирование и оптимизация процессов электропереноса в электрохимических системах	Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности
Кинетика ионообменных процессов и массоперенос в ионных проводниках	Мембранные технологии защиты человека и окружающей среды
Электромембранные и гибридные технологии синтеза, очистки и разделения	НИОКР в промышленной безопасности
Применение электролиза с биполярными ионообменными мембранами в электрохимической технологии и др.	Методология ведения НИР и ОКР в области защитных процессов
<b>Область профессиональной деятельности:</b> производственно-технологическая, педагогическая и организационно-управленческая сфера деятельности; научно-исследовательская работа, связанная с использованием химических явлений и процессов.	<b>Область профессиональной деятельности:</b> обеспечение безопасности человека в современном мире, формирование комфортной для жизни и деятельности человека техносферы, минимизацию техногенного воздействия на окружающую среду, сохранение жизни и здоровья человека за счет использования современных технических средств, методов контроля и прогнозирования.

#### Аспирантура

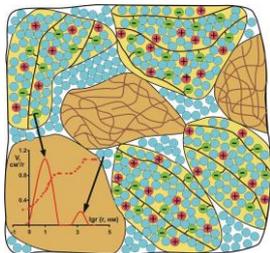
**04.06.01 Химические науки, профиль – 02.00.05 Электрохимия**

Профессора кафедры проводят обучение аспирантов и соискателей по специальности 02.00.05 – электрохимия. Тематика диссертационных работ связана с фундаментальными и прикладными исследованиями в области электрохимии мембранных процессов. С момента образования (1970 год) кафедрой физической химии подготовлено 20 кандидатов химических наук, 6 докторов химических наук и 2 доктора физико-математических наук.

## НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАФЕДРЫ

### Лаборатория мембранного материаловедения

- Разработка физико-химических основ характеристики мембран.



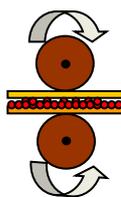
- Исследование электротранспортных и структурных свойств мембран с помощью оригинальных, стандартных и аттестованных методик.
- Создание банка данных по транспортным характеристикам всех известных коммерческих структурных типов ионообменных мембран отечественного и зарубежного производства.
- Тестирование и диагностика ионообменных материалов: смол, волокон, мембран после эксплуатации.
- Исследования взаимосвязи структурных особенностей ионообменных мембран и электротранспорта в них ионов и воды.
- Синтез, морфология и электрохимическое поведение нанокompозитных материалов на основе ионообменных мембран, электронпроводящих полимеров и металлических дисперсий.
- Поиск новых областей применения для модифицированных мембранных материалов.

### Российско-французская международная ассоциированная лаборатория «Ионообменные мембраны и процессы»



- Экспериментальное и теоретическое изучение явлений переноса ионов и воды в ионообменных мембранах и мембранных системах.
- Выявление тенденций, формулирование прогнозов коммерческого развития в области синтеза, модифицирования и применения мембран и связанных с ними технологий.
- Выбор перспективных мембранных и связанных с ними технологий очистки, разделения и кондиционирования газовых смесей и водных растворов с учетом научно-технического потенциала предприятий и возможностей коммерческой реализации произведенных товаров.
- Экспертиза проектов, направленных на внедрение мембранно-сорбционных технологий.
- Инженерные расчеты мембранных, сорбционных и комбинированных установок, предназначенных для очистки воды и газов, а также концентрирования солей и кислот.
- Формирование баз данных и составление патентных отчетов по мембранно-сорбционным и комбинированным процессам и технологиям, а также способам изготовления и совершенствования ионообменных материалов и заряженных мембран.

### Лаборатория электромембранного синтеза



- Исследование механизма диссоциации воды в области пространственного заряда биполярных мембран.
- Исследование генерации ионов  $H^+$  и  $OH^-$  на границе мембрана-раствор.
- Измерение подвижности ионов в моно- и полиионных формах катионита.
- Исследование процесса электрохимической регенерации ионообменных смол в форме тяжелых металлов.
- Разработка и исследование новых электрохимических процессов с использованием биполярных мембран.

### Лаборатория проектирования и оптимизации электромембранных процессов

- Исследование процессов массопереноса в электромембранных аппаратах.
- Разработка технологий электродиализной переработки сточных вод, получения питьевой воды из поверхностной, электромембранного синтеза и др.
- Проектирование и создание электродиализных модулей предназначенных для синтеза кислот и щелочей, глубокого обессоливания растворов, корректировки рН, разделения веществ и выделения слабосерийных органических кислот.
- Изучение характеристик индивидуальных мембран современными электрохимическими методами, поиск путей улучшения электрохимических характеристик ионообменных мембран и их внедрение в мелкосерийное производство.
- Математическое моделирование процессов переноса в мембранном канале.

## НАУЧНЫЕ СТАЖИРОВКИ

На кафедре предусмотрены научные стажировки специалистов в области мембран и мембранных технологий, в том числе и на английском языке. Программа стажировки разработана и реализуется профессорско-преподавательским составом Кубанского государственного университета и Института Мембран при КубГУ, имеющим высокий профессиональный авторитет и международную известность в данной научной области. На английском языке проводятся краткосрочные (3-4 недели) интенсивные курсы «Fundamentals of electro-transport processes in membrane systems» и «Electrochemical characterization of ion-exchange membranes: measurements and interpretation». Рассматриваются фундаментальные вопросы структуры и свойств наноструктурированных полимерных мембран, методы их исследования, особенности функционирования, а также прикладные аспекты мембранной технологии, связанные с водоподготовкой и переработкой жидких сред пищевой промышленности. Слушателям читаются лекции, проводятся семинарские и лабораторные занятия (в том числе измерения электропроводности и диффузионной проницаемости мембран), они обеспечиваются информацией в электронном виде, доступом к базе данных по свойствам мембран и стендам для экспериментального исследования (вольтамперометрия, хронопотенциометрия, импедансная электрохимическая спектроскопия). Возможно также проведение научно-исследовательских стажировок (1-3 месяца) с использованием имеющегося оборудования по согласованной программе.



### Стажировки и обучение сотрудников и аспирантов кафедры физической химии за рубежом в 2012-2017 гг.:

Университет Париж-Восток, г.Тье, Франция;  
Европейский институт мембран, г. Монпелье, Франция;  
Университет Франш-Конте, г.Безансон, Франция;  
Каталонский политехнический университет, г.Барселона, Испания;  
Университет имени Бен-Гуриона, г.Безр-Шева, Израиль;  
Университета Лавалья, г.Квебек, Канада.



## СОТРУДНИЧЕСТВО С НАУЧНЫМИ ЛАБОРАТОРИЯМИ РОССИИ И МИРА

Москва, ИОНХ  
РАН

ИОНХ РАН

Москва, ИФХЭ  
РАН



Москва, РГУ  
нефти и газа им.  
И.М. Губкина



Воронеж, ВГУ



Карачаевск, КЧГУ  
им. У.Д. Алиева



Университет Париж-  
Восток, Франция



МЕГА, Чехия



Европейский институт  
мембран (Монпелье),  
Франция



ОАО «Мембранные технологии  
С.А.», Казахстан



Университет Лавалья  
(Квебек), Канада



Университет Аахена, Германия



Институт физико-  
органической химии НАН  
Беларуси (Минск),  
Белоруссия



*Зав. кафедрой физической химии Заболоцкий В.И., ректор Кубанского госуниверситета Астапов М.Б., почетный профессор Кубанского госуниверситета Roucellly Gérald, первый проректор Иванов А.Г., Никоненко В.В., проректор по научной работе и инновациям Барышев М.Г.*

### ВЫПУСКНИКИ КАФЕДРЫ ЗА РУБЕЖОМ



*Комкова Елена,  
к.х.н., научный  
сотрудник  
Университета  
Мак-Мастера (г.  
Гамильтон,  
Канада)  
Выпускница 1993 г.*



*Грабовский Андрей,  
научный сотрудник  
международной  
корпорации  
Millipore S.A.S.  
(Франция)  
Выпускник 1999 г.*



*Карпенко Лариса,  
к.х.н., научный  
сотрудник Karl-  
Franzens-University  
(Graz, Austria).  
Выпускница 1995 г.*



*Сычёва (Кубайси)  
Анна, к.х.н.,  
научный сотрудник  
Венгерской  
Академии наук (г.  
Мишкольц,  
Венгрия)  
Выпускница 2003 г.*



*Анникова Лидия,  
к.х.н., научный  
сотрудник  
Исследовательской  
фирмы  
«MetBrain»  
(Чешская  
Республика).  
Выпускница 2005 г.*



*Михайлин Сергей,  
профессор  
Университета  
Лавалья, Квебек,  
Канада.  
Выпускник 2006 г.*

## КОНФЕРЕНЦИИ

Кафедра физической химии проводит конференции по электрохимии ионитов и мембранной электрохимии начиная с 1975 г. Первый Всесоюзный семинар по электрохимии ионитов состоялся в 1975 г. в поселке Горячий Ключ, в 1976 году Конференция переместилась в п. Дзубга, а затем в города Анапа, Туапсе, Сочи. У ее истоков стояли выдающиеся ученые и неординарные личности, такие как проф. Николаев Н.И. (НИФХИ им. Л.Я.Карпова, Москва), проф. Шаталов А.Я. (ВГУ, Воронеж), проф. Гребенюк В.Д. (ИКХХВ им. А.В.Думанского, Киев), проф. Салдадзе К.М. (НИИПМ, Москва), проф. Фридрихсберг Д.А. (ЛГУ, Ленинград). Они сумели создать особую творческую атмосферу, где высокая требовательность к докладываемым результатам и бескомпромиссность при их обсуждении сочетались с доброжелательностью и демократичностью. Конференция собрала и объединила вокруг себя специалистов в области

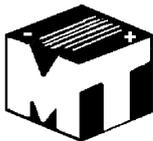


электрохимии, физикохимии полимеров и ионного обмена, разработчиков мембранных и электромембранных методов разделения и очистки природных вод и промышленных растворов из учебных учреждений и научно-исследовательских институтов России, Украины, Белоруссии, Латвии, Эстонии, Грузии и Казахстана. В настоящее время Семинар перерос в международную Конференцию, ее тематика существенно расширилась и включает ионообменные, сорбционные и мембранные процессы. Постоянными участниками Конференции являются ведущие специалисты научных центров России: Московского, Санкт-Петербургского, Воронежского, Саратовского, Вятского государственных университетов;

Института нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева РАН, Института общей и неорганической химии им. Н.С.Курнакова РАН, Института физической химии и электрохимии им. А.Н.Фрумкина РАН, Института кристаллографии им. А.В.Шубникова РАН, Института проблем химической физики РАН, НИФХИ им. Л.Я.Карпова, РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина и др. В ее работе принимали участие ученые Франции, США, Испании, Германии, Нидерландов, Израиля, Австрии, Венгрии, Чешской Республики, Китая, Чили и др. В задачу Конференции входит координация научных исследований в области мембранных и сорбционных процессов, развитие научных связей внутри России и с ведущими зарубежными школами. Большой интерес к проведению Конференции проявляют Европейская сеть "Наномембранные процессы" (NanoMemPro), Европейское мембранное общество, Национальный центр научных исследований Франции, Мембранный Клуб Франции, Европейский Институт Мембран (Монпелье, Франция), Университет г. Твента (Нидерланды) и ряд других международных организаций. В работе Конференции принимают участие также представители предприятий, изготавливающих мембранные материалы и использующие мембранные технологии (ОАО "Пластполимер", ОАО "Щекиноазот", ОАО "Полимерсинтез", ОАО "Каменскволокно", Кирово-Чепецкий химический комбинат, ОАО Новосибирский завод химконцентратов, ООО "Хенкель-Юг", "Айоникс" (США), "Мега" (Чехия) и др., что позволяет сократить разрыв между фундаментальной наукой и практической реализацией.

Традиционно на конференциях рассматриваются фундаментальные и прикладные вопросы, связанные с синтезом, структурой и свойствами монополярных, модифицированных и биполярных ионообменных органических и неорганических мембран; транспорт ионов и воды в мембранах и мембранных системах; явления на межфазной границе мембрана/раствор; способы интенсификации массопереноса в электромембранных модулях; процессы электродиализного обессоливания, концентрирования, разделения и очистки жидких смесей, электромембранного синтеза, а также гибридные мембранные методы, направленные на решение вопросов, связанных с охраной окружающей среды. Для широкого привлечения к участию в Конференции молодых ученых из России с 2003 г. в рамках конференции проводится школа по мембранной электрохимии. С этой целью в программу Конференции ежегодно включаются обзорные лекции по современным проблемам мембранной науки с приглашением профессоров университетов, ведущих ученых академических институтов и зарубежных специалистов в данной области.





## КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ООО «Иновационное предприятие «МЕМБРАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ»

### *Разработанные технологии и оборудование:*

- процесс и установка электрохимического умягчения воды;
- процесс и электромембранные установки для обессоливания, деионизации (пищевая промышленность, электронная);
- процесс и установки для получения воды для медицинских целей (гемодиализ, апиrogenная вода);
- процесс и электродиализные установки для получения деионизованной воды из водопроводной, а также кондиционирования воды (жилищные комплексы, прачечные аккумуляторные станции);
- процесс рекуперации терефталевой кислоты из отходов, содержащих полиэтилентерефталат;
- процесс глубокой очистки биологических и медицинских препаратов электромембранными методами (аминокислоты, витамины и др.);
- процесс очистки воздуха от углекислого газа в системах замкнутого обеспечения (космические корабли, подводные лодки, бомбоубежища и т.д.).



### *Внедренные разработки*

Среди крупнейших разработок в области электромембранных технологий, завершившихся изготовлением электромембранных модулей и внедрением их в производство, установки для получения деионизованной воды марки В производительностью 1-5 м<sup>3</sup>/ч (ЛОЭП "Светлана", НПО "Северная заря", Санкт-Петербург, СКТБ "Прогресс", Москва, ПО "Гранит", Ростов-на-Дону. На ПО "Азот" (Невинномысск) внедрена установка для очистки конденсата сокового пара аммиачной селитры. Примерами применения разработок в медицинской промышленности являются: обессоливание альбумина (Ставропольская биофабрика), аминокислот (НПО "Биолар", Латвия), эфира пиридоксина (Краснодарский комбинат биохимических и витаминных препаратов), рекомбинантного инсулина (ГНЦА, Москва), супероксидсмутазы (ГНИИ ОЧБ, Москва), а также синтез милдроната (ИОС ЛАН, Латвия) и др.

### *Электромембранные установки получения деионизованной воды*



*Станция получения питьевой воды высшей категории качества (г. Горячий Ключ)*



*Модуль апиrogenной воды мобильного отряда специального назначения*

Разработанная электромембранная технология получения деионизованной и сверхчистой воды позволяет исключить потребление химических реагентов (кислот и щелочей), образование токсичных сильноминерализованных сточных вод, снизить в 10-100 раз затраты электроэнергии и себестоимость очищенной воды по сравнению с традиционными технологиями, основанными на дистилляции и ионном обмене.



## ГИБРИДНАЯ БАРОЭЛЕКТРОМЕМБРАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДЫ ДЛЯ ПОДПИТКИ ПАРОВОДОЯНОГО КОНТУРА ПАРОВЫХ КОТЛОВ



### Области применения:

- снижение минерализации до требуемого уровня;
- удаление свободной и связанной углекислоты;
- повышение pH питательной воды до требуемого уровня без дополнительного дозирования щелочи;
- сокращение потерь воды и тепла с продувками котла.

### Потребители:

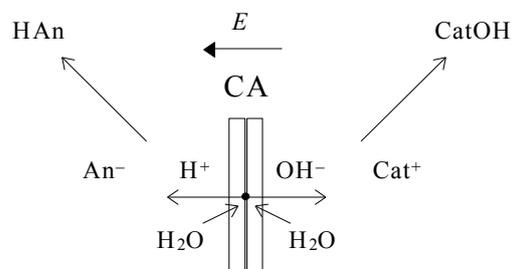
- тепловые электрические станции;
- предприятия ЖКХ;
- промышленные предприятия, эксплуатирующие паровые котельные установки.

Важным фактором, оказывающим влияние на коррозионную устойчивость паровых котлов, является pH питательной воды. Требования к значению pH строго регламентируются в требованиях к водно-химическому режиму котлов. Во многих случаях необходимо корректировать значения pH дозированием щелочи в воду, подготовленную для питания котла, что приводит к увеличению потерь воды и тепла, связанных с продувкой котла. Кроме того, дополнительное введение щелочи приводит к резкому увеличению соледержания подпиточной воды. Разработанная гибридная бароэлектромембранная установка позволяет получать подпиточную воду с заданным соледержанием и значением pH с одновременным удалением свободной и связанной углекислоты. Использование технологий обратного осмоса и электродиализа с биполярными мембранами позволяет исключить дозирование щелочи для коррекции pH. Применение разработанной технологии позволяет существенно уменьшить солевые и тепловые загрязнения окружающей среды.

## БИПОЛЯРНЫЕ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНЫЕ АППАРАТЫ ДЛЯ СИНТЕЗА КИСЛОТ И ЩЕЛОЧЕЙ

### Основы электродиализа с применением биполярных мембран

Биполярный электродиализ основан на использовании способности биполярных ионообменных мембран генерировать ионы водорода и гидроксила при наложении на них электрического поля. На границе катионообменного и анионообменного слоя биполярной мембраны под действием электрического поля высокой напряженности и с участием ионогенных групп с высокой скоростью происходит диссоциация молекул воды на ионы водорода и гидроксила. Плотность тока генерации этих ионов на практике ограничена только допустимым тепловым разогревом мембраны и прилегающих к ней растворов.



*Процессы, происходящие в биполярной мембране, когда на нее наложено электрическое поле*

Ионы водорода, переходящие из катионообменного слоя мембраны в раствор, образуют с анионами соли кислоты, а анионы гидроксила, переходящие из ее анионообменного слоя в раствор, образуют с катионами соли щелочь (основание).

### Области применения

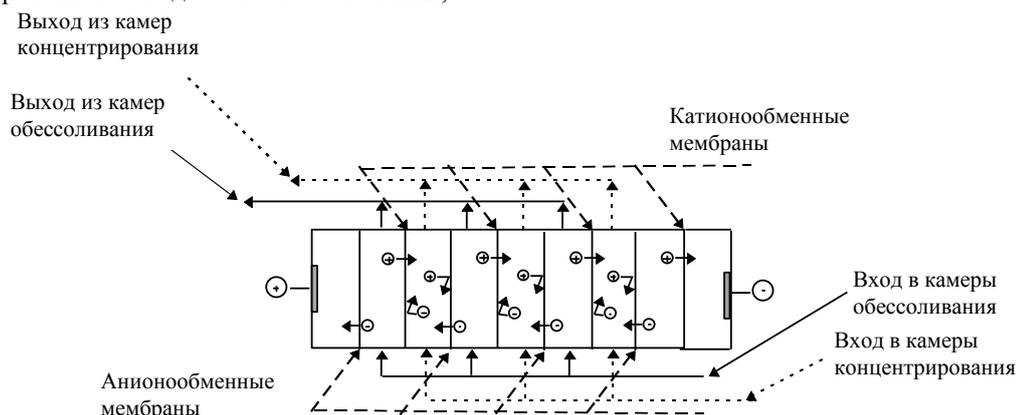
Электродиализные аппараты с применением биполярных мембран предназначены для получения растворов кислот и щелочей из растворов солей и могут найти применение в технологических процессах:

- получения неорганических кислот и щелочей (оснований) (растворимых и малорастворимых): утилизация солевых растворов после электродиализа, технологических растворов с одновременным получением кислот и щелочей и их возвратом в технологический процесс;
- получения органических кислот и щелочей (оснований) (растворимых и малорастворимых): органический синтез, переработка поликонденсационных пластмасс;
- получения аминокислот из их солей: синтез аминокислот, выделение аминокислот из их смесей;
- коррекции pH растворов: водоподготовка;
- очистки воздушных (газовых) смесей от примесей кислых и основных газов с их одновременным концентрированием: санитарная очистка газов.

## ЭЛЕКТРОМЕМБРАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОБЕССОЛИВАНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОДЫ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ЛИКЕРНО-ВОДОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Электродиализ и система фильтров позволяет получать обессоленную и кондиционированную воду для производства высококачественной продукции. Применение электродиализа позволяет отказаться от регенерации ионообменных колонн кислотами и щелочами. На установку подается  $\text{Na}^+$ -катионированная вода после колонны,

содержащей катионообменную смолу (КУ-2-8 или КБ-4), которая регенерируется обычной поваренной солью. Вода после регенерации считается условно чистой и может сбрасываться в канализацию без дополнительной очистки.



**Принцип работы электродиализного аппарата**

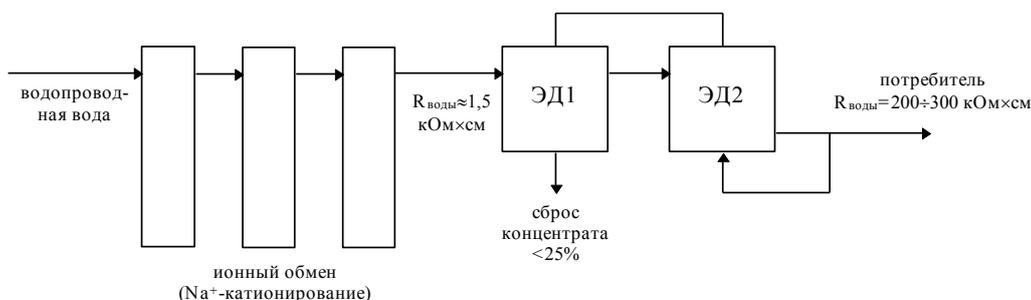
**Потребляемая мощность** 1-2 кВт при производительности 2 м<sup>3</sup>/час. **Сопrotивление** получаемой воды 10-30 кОм×см. **Электропитание** однофазное 220 В. Установки работают в Усть-Лабинске, Черкесске, Краснодарском ЛВЗ, Тимашевском ЛВЗ и других ликеро-водочных заводах края.

## МАЛОГАБАРИТНАЯ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДЕИОНИЗОВАННОЙ ВОДЫ ИЗ ВОДОПРОВОДНОЙ

**Области применения:** малая энергетика и аккумуляторные хозяйства; химические и аналитические лаборатории; микроэлектроника; производство ювелирных изделий.

Малогабаритная электродиализная установка, имеющая производительностью 100 л/час потребляет 0,3 кВт; удельные энергозатраты при этом составляют 0,003 кВт×ч/л, что в 300 раз ниже, чем при выпарной дистилляции.

Электроэнергия расходуется только на перенос ионов через мембраны. По сравнению с ионным обменом электродиализ не требует применения кислот и щелочей на регенерацию ионитов. Электромембранная установка работает в прямоточном режиме от водопроводной сети (без насосов).



**Блок-схема малогабаритной электродиализной установки**

Установки работают в Ростове (РОТЭП), Краснодаре (КТТУ), Москве (Государственный научный центр антибиотиков), Набережных Челнах (Медицинская санитарная часть КАМАЗа).

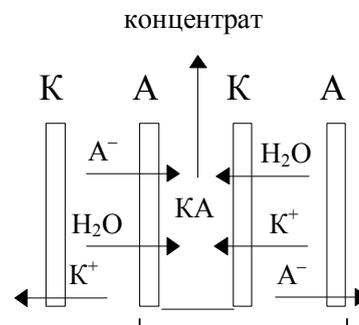
## ЭЛЕКТРОМЕМБРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДЕЛЬНОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

### Области применения:

- химическая промышленность;
- переработка и предельное концентрирование стоков, содержащих электролиты.

### Принцип работы электродиализаторов-концентраторов

Для достижения максимально возможной концентрации электролита при его концентрировании в электродиализаторах-концентраторах используются непроточные камеры концентрирования, в которые не подается раствор извне. В этом случае содержание электролита в концентрате определяется совместным действием всех механизмов переноса через мембраны: электромиграцией и диффузией ионов, электроосмотическим и осмотическим переносом воды.



**Элементарная ячейка  
электродиализатора-  
концентратора**

### Основные технические характеристики электродиализаторов-концентраторов

Тип мембран	МК-40, МА-40
Рабочая площадь мембраны	0,4 м <sup>2</sup> ; 0,7 м <sup>2</sup>
Электролит	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , LiCl, NaOH и другие
Концентрация электролита: обессоливаемый раствор	0,24 – 560 г/л (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> )
концентрат	168 – 650 г/л (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> )



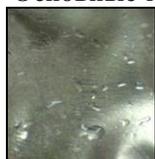
*Блок обратного осмоса и установки электродиализного концентрирования (ЭДК) «Арамид-5» для производства сверхпрочных параарамидных волокон «РУСАР-С»  
ОАО «Каменскволокно»*

## ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, СЕНСОРОВ И ЭЛЕКТРОМЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

### Области применения:

- в электрохимических устройствах очистки воды, электродиализного концентрирования солевых растворов и разделения многокомпонентных смесей;
- в водородно-кислородных топливных элементах в качестве твердого электролита;
- в сенсорных устройствах.

### Основные технические характеристики:



Композит с частицами платины



Композит с частицами золота



Композит с полианилином

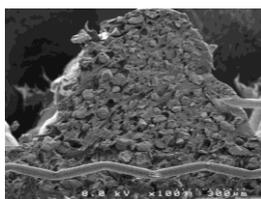
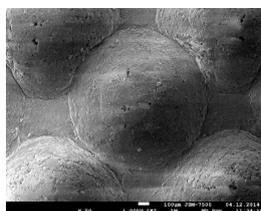
Применение композитов на основе ионообменных перфторированных мембран и полианилина в качестве твердого полимерного электролита в низкотемпературном кислородно-водородном топливном элементе показало, что удельная мощность этих источников тока увеличивается от 15% до 50%. Разработанный способ нанесения полианилина на перфторированную матрицу позволяет создать оптический сенсор для определения pH-среды. Мембрана МФ-4СК/ПАН с барьерным слоем полианилина повышает эффективность концентрирования растворов солей и кислот в процессах электродиализа на 25-40%. Модифицирование полианилином анионообменных мембран приводит к увеличению их электропроводности на 30%, что делает их перспективными для снижения энергозатрат электродиализных аппаратов. Разработанные методы получения композитов на основе ионообменных мембран и полианилина защищены 10 патентами РФ.



## ЭЛЕКТРОДИАЛИЗ С ПРОФИЛИРОВАННЫМИ МЕМБРАНАМИ

**Области применения:** химическая промышленность, обессоливание растворов электролитов.

**Основные достоинства:** Разработана и защищена патентом РФ технология профилирования гетерогенных ионообменных с развитой поверхностью и улучшенным комплексом электрохимических характеристик. Профилированные мембраны можно получать на основе относительно недорогих промышленно выпускаемых гетерогенных ионообменных мембран. Электродиализаторы с профилированными мембранами обеспечивают повышенный массоперенос при обессоливании разбавленных растворов электролитов за счет развития электроконвекции и увеличения электропроводности. Данная технология внедрена на ОАО «Каменскволокно» и ООО «Водолей-2000».



СЭМ изображение поверхности и среза профилированной мембраны



Установка получения подпиточной воды для пароводяного котла на ОАО «Каменскволокно»



**Кафедра физической химии**  
**Кубанского государственного университета**  
350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149  
Тел.: +7-861-219-95-73  
<https://kubsu.ru/ru/node/899>  
E-mail: [vizab@chem.kubsu.ru](mailto:vizab@chem.kubsu.ru)

**Южный мембранный центр**  
<http://mtc.kubsu.ru/>

Отпечатано в типографии «BestPrint».  
Краснодар. ул. Селезнева, 4/А, оф.49-50. т/ф 210-20-16.  
ИП Капустина И.В. тел: 8-909-45-48-515  
[www.bestprint.info](http://www.bestprint.info), e-mail: [office@bestprint.info](mailto:office@bestprint.info), [kapirka@mail.ru](mailto:kapirka@mail.ru)