



**Деминерализация сыворотки  
с повышенным содержанием сухих веществ  
с применением электродиализного оборудования и технологий MTLT**

**ЗАО "Мембринес Технологиос ЛТ" (МТЛТ)  
ул.Майну, 6 г.Клайпеда LT-94101 Литва**



# Информация о компании

- Основана в 1996 г.
- Основные виды деятельности:
  - Разработка новых технологических процессов на основе принципов классического и биполярного электродиализа, а также электромембранной диффузионно-диализной экстракции
  - Разработка, производство и поставка современного электромембранного оборудования
  - Модернизация существующих электродиализных установок, поставляемых другими производителями
- В производстве используются высококачественные и коммерчески доступные конструкционные материалы и ионообменные мембраны, соответствующие области применения; прочие компоненты ED, такие как прокладки, электроды - разработаны и изготавливаются на основе собственных know-how



# Применение - сегодня и завтра

- Деминерализация растворов с высокой вязкостью и повышенной температурой (до +70 °С)
  - Сырой биоглицерин
  - Полупродукты и отходы сахарного производства
  - Концентрированная безлактозная молочная сыворотка (концентрат сывороточного белка )
  - Все виды сыворотки с различной концентрацией сухих веществ
  - Желатин, цикорий
- Безреагентная рекуперация щелочесодержащих растворов с получением чистой щелочи и последующим концентрированием для повторного использования
- Электрохимический синтез новых веществ
  - Эффективный щелочной гидролиз
  - Электромембранная сепарация с применением биполярного электролиза
  - Непрерывные обменные реакции двойного разложения двух электролитов разных солей и пр.
- Обессоливание/деминерализация и концентрирование водных солевых растворов
  - Природные минерализованные воды
  - Промышленные сточные воды и технологические растворы
- **Наши устремления** - расширение промышленного применения электромембранных процессов в новых отраслях промышленности, где ранее такое оборудование не применялось или использовалось ограниченно.





# Наши электромембранные аппараты

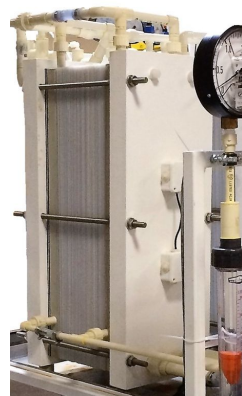
- Мы разрабатываем, изготавливаем и поставляем электродиализные аппараты/модули с уникальными характеристиками, широкого спектра по производительности и для различных целей.
- В каждом типе электромембранного аппарата могут быть установлены 2-х, 3-х или 4-х трактные мембранные пакеты, в зависимости от назначения.
- Наши аппараты используются для демонстрационных, учебных и научно-исследовательских целей развития новых приложений процесса, экспериментальных лабораторных и опытно-промышленных работ, а также для промышленного применения.
- Оборудование изготавливается в ЕС и поставляется со всей необходимой документацией, сертификацией, гарантийным и послегарантийным обслуживанием, технической поддержкой и поставкой запасных частей.



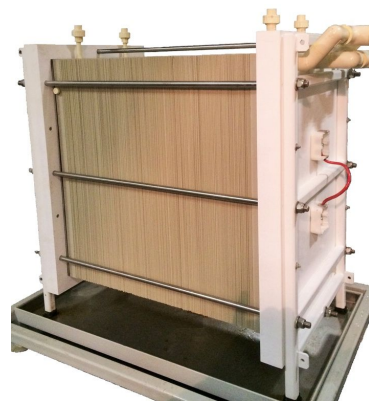
Лабораторный аппарат LEMA



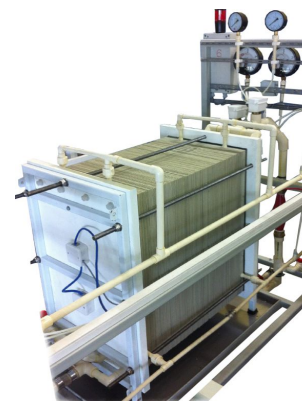
Пилотный аппарат EMA



Малотоннажный аппарат EMA



Промышленные термоустойчивые аппараты типа EMA-TM & EMAC-T



Электромембранный диффузионно-диализный экстрактор DDE



Биполярный аппарат EDBM



# Наше оборудование

Кроме изготовления и продажи электромембранных модулей, мы обеспечиваем поставку комплектных электродиализных установок и промышленных комплексов "под ключ". Наше оборудование установлено и применяется более чем на 60-ти предприятиях различных отраслей промышленности ЕС, СНГ, Южной Америки – металлургической, энергетической, фармацевтической, химической, пищевой и др.

Общий вид типовых электромембранных установок и комплексов на реальных промышленных объектах показан ниже.



Лабораторная установка



Пилотное оборудование



Малотоннажные установки



Специальные комплексные установки



Установка с 3-мя последовательно подключенными аппаратами



Установка с 4-мя последовательно подключенными аппаратами



Комплекс с 8-ю аппаратами, установленными в одну ступень



Комплекс с 18-ю аппаратами, установленными в одну ступень



# Основные особенности и преимущества

- ✓ **МЫ РАБОТАЕМ ПРИ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ.** Наши аппараты эксплуатируются в широком диапазоне температуры растворов - от + 10°C до + 70°C. Традиционные системы электродиализа работают при температуре в границах +15÷40°C;
- ✓ **МЫ РАБОТАЕМ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ СУХИХ ВЕЩЕСТВ.** Обессоливание вязких растворов с 40-45%TS напрямую, без разбавления водой. Традиционные системы электродиализа нуждаются в разбавлении сырья до 20-23% TS;
- ✓ **НИЗКОЕ ДАВЛЕНИЕ.** Низкие рабочие давления подаваемых растворов - 0,5-0,7 бар при работе в одну ступень. В большинстве электродиализных систем рабочее давление может достигать 3,5-4 бар;
- ✓ **ОТСУТСТВИЕ ВНУТРЕННИХ ПЕРЕТОКОВ.** Уникальная конструкция прокладок исключает физические внутренние перетоки между продуктом и концентратом. В большинстве систем электродиализа потери продуктов именно по этой причине достигают значительных объемов, и это реальная проблема;
- ✓ **ОТСУТСТВИЕ ВНЕШНИХ ПРОТЕЧЕК.** Отсутствие внешних подтеков и "потения" поверхности мембранных аппаратов (сборки с "сухой поверхностью"). В большинстве электродиализных модулей внешняя поверхность мембранных сборок обычно влажная, часто наблюдаются струйные протёки. В результате под модулями возникают существенные разливы растворов, а в некоторых случаях на поверхности образуется даже плесень;
- ✓ **ИНСТАЛЛЯЦИЯ ДО 4-х МОДУЛЕЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО.** Возможность последовательного подключения 2-х, 3-х и 4-х модулей в технологической линии без промежуточных баков и дополнительных насосов в целях обеспечения проточной ("однопроходной") схемы глубокой деминерализации;
- ✓ **ПОДАЧА РАСТВОРОВ В РЕЖИМЕ «ПРОТИВОТОКА».** Растворы подаются в прямом ("истинном") противотоке внутри мембранного пакета, что обеспечивает более высокий уровень деминерализации за счет повышения эффективности процесса. Такой вариант мембранной сборки устанавливается в новой серии электромембранных модулей ЕМА-ТМН, предназначенных для специальных процессов.



# Технологии МТЛТ для переработки сыворотки

Для специалистов компании МТЛТ изучение технологий переработки молочной сыворотки в части её деминерализации и корректирования рН началось в 2016 г. В результате собственных многочисленных экспериментальных и опытно-промышленных работ как на технологической базе компании, так и непосредственно на предприятиях-переработчиках кислой и сладкой сывороток с различными концентрациями СВ, получены положительные результаты. Это позволило определить направления собственного последующего развития и совершенствования технологий переработки сыворотки, а также разработать и создать новое поколение аппаратного обеспечения для этих целей.

Перспективные направления, в которых сегодня развивается наша компания, выглядят следующим образом:

## 1. Разработка новых технологий переработки сыворотки на основе комплексного использования сырья.

Получение основного продукта обязано сопровождаться производством попутных полезных и коммерчески ценных продуктов: солей кислот (в частности – молочной) и фосфатов, с одновременным возвратом в технологический цикл основного объема потребляемой воды, что в конечном счёте ведет к снижению объемов сбрасываемого количества образующихся солевых концентратов и повышает экологичность процесса.

## 2. Совершенствование классического электродиализа.

Помимо создания нового, более эффективного поколения электродиализаторов с улучшенными технологическими и эксплуатационными характеристиками, оправданным является переход на “теплый” процесс деминерализации в целях повышения эффективности собственно электродиализа. Целесообразной представляется переработка более концентрированных растворов сыворотки, что позволяет (а) снизить расходы на транспортировку исходного сырья, (б) уменьшить общее энергопотребление, (в) сократить время переработки и (г) повысить качество продукции до D90 и D90+ только на основе электродиализа. Возможность бесконтактного реагентного раскисления кислой сыворотки (без непосредственного добавления щелочи в продукт) - дополнительная возможность повышения не только качества, но и безопасности продукта для потребителя.

3. Биполярный электродиализ в комбинации с классическим ЭД открыл новые возможности. Безреагентная переработка сыворотки позволяет полностью отказаться от применения дополнительных реагентов в при корректировке рН, а также на месте производить необходимые для СІР-мойки регенерационные растворы из соответствующей соли.



# Технологии МТЛТ для переработки сыворотки

(продолжение)

На основании собственного опыта переработки разных видов сыворотки с различными концентрациями СВ, компания МТЛТ разработала, испытала и предлагает к промышленному применению новые, гибкие технологические решения, отличающиеся от находящихся в эксплуатации систем с использованием электродиализа, а также поставку соответствующего аппаратного оформления к ним.

## Безреагентная Технология ED-EDBM переработки кислой молочной сыворотки.

Технология основана на комбинации классического и биполярного электродиализа. Главные отличия Технологии:

- Процесс деминерализации и коррекции pH происходит без использования дополнительных реагентов.
- Проточный режим обеспечивает минимальное время нахождения сыворотки в технологической схеме.
- Переработка кислой сыворотки проводится при низких значениях pH, что сокращает потери белка, их отложение на мембранах, упрощает обслуживание и увеличивает общий срок службы оборудования.
- Реагенты для СІР-мойки производятся на том же оборудовании, без закупки у сторонних поставщиков.
- Объем сбросных концентратов значительно снижается: в зависимости от вида перерабатываемой сыворотки – на 1<sup>у</sup> тонну сбрасываемого солевого концентрата приходится 2,0\* ÷ 5 тонн производимой продукции.
- Образующийся в процессе переработки кислый концентрат представляет собой водный раствор солей молочной кислоты и фосфатов, который является исходным сырьем для попутного получения коммерчески востребованных химических продуктов.

*\*Примечание: минимальное значение соотношения **концентрат:дилюат** = 1:2 возникает в случае переработки сырья без использования комплексной переработки образующихся кислых концентратов.*





# Технологии МТЛТ для переработки сыворотки

(продолжение)

Технология ED-EDBM переработки кислой молочной сыворотки прошла все этапы проверки работоспособности – от лабораторных экспериментов на собственной базе и на предприятиях заказчиков до промышленных испытаний непосредственно у производителей.

В качестве примера приводим опыт деминерализации и безреагентной корректировки pH одного из самых сложных для переработки типов сыворотки – моцарелльной.

Особенностями предварительно сконцентрированной баромембранными методами сыворотки моцареллы являются низкое содержание одновалентных и повышенное содержание двухвалентных катионов, в частности - кальция, а также существенно большее количество фосфатов и органических кислот в отличие от других видов сыворотки.

Опытно-промышленные работы проводились непосредственно на производственной площадке итальянского предприятия-переработчика распространенной в этом регионе сыворотки моцареллы, с использованием мобильного промышленного малотоннажного электродиализного комплекса для Технологии ED-EDBM, изготовленного компанией МТЛТ.

По заданию заказчика переработаны несколько видов исходного сырья:

- концентрат сыворотки моцареллы после NF с концентрацией СВ до 26,85%, содержанием золы 1,03-1,16% и pH 4,15-4,31;
- концентрат сыворотки моцареллы после RO с концентрацией СВ до 22,69%, содержанием золы 1,42-2,49% и pH 4,73-5,82;
- UF пермеата с концентрацией СВ 24,07%, содержанием золы 2,0% и pH 4,05



Мобильный малотоннажный электродиализный комплекс МТЛТ по Технологии ED-EDBM.



# Технологии МТЛТ для переработки сыворотки

(продолжение)

## Переработка NF концентрата сыворотки.

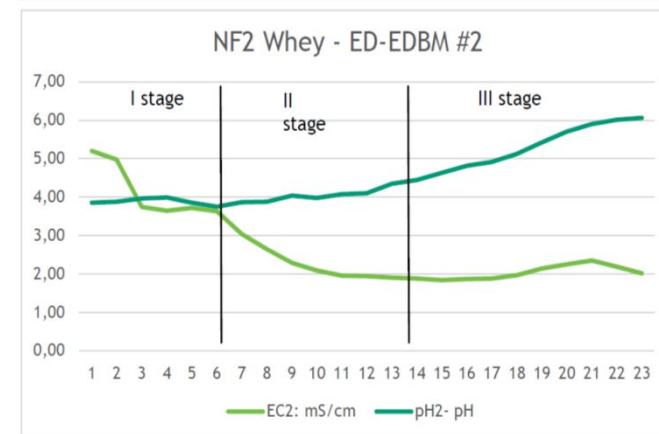
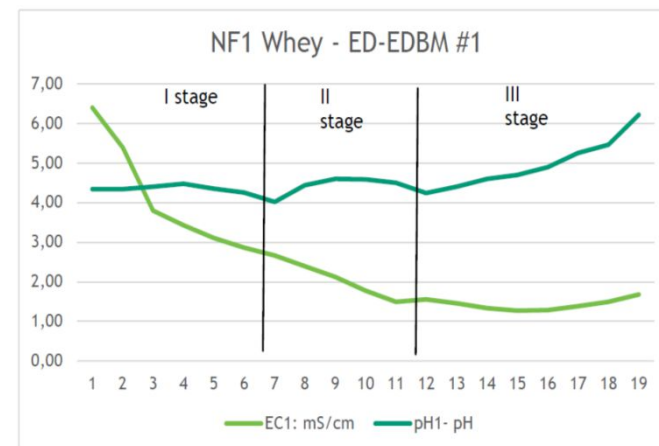
-В процессе переработки NF концентрата моцареллы проведены все стадии переработки, соответствующие промышленной технологической схеме Технологии ED-EDBM. Характерная динамика процесса проиллюстрирована на приводимых диаграммах.

-Переработка сырья производилась без дополнительного разбавления водой.

-Для коррекции кислотности продукта и удаления органических кислот не использовались дополнительные химические реагенты со стороны.

-Продемонстрирована устойчивая повторяемость процесса безреагентной деминерализации и коррекции pH, несмотря на существенное изменение качественных характеристик исходного сырья, подававшегося на переработку.

-В результате промышленных испытаний по Технологии ED-EDBM получен дилуат (продукт), соответствующий по параметрам деминерализованной сыворотке D90 и D90+, что подтверждено аналитическими данными как лаборатории заказчика, так и данными независимой лаборатории.





# Технологии МТЛТ для переработки сыворотки

(продолжение)

## Концентраты, получаемые при переработке сыворотки после NF.

В процессе переработки сыворотки получены водные концентраты, количественно и по химическому составу соответствующие расчетным параметрам Технологии ED-EDBM. Согласно технологической схеме переработки такого специфического вида продукта, как сыворотка моцареллы, образовались и получены отдельно три ED концентрата:

- ED концентрат первой ступени, используемый в самой Технологии ED-EDBM;
- ED концентраты второй и третьей ступеней (объемами 30% и 15% соответственно к общему объему деминерализованного NF концентрата сыворотки моцареллы).

Заказчику продемонстрирована утилитарная возможность получения на месте трифосфата кальция в качестве побочного коммерческого продукта из концентратов второй и третьей ступеней (см. фотографию) с возможностью возврата концентрата в технологический процесс, что ведет как снижению общего водопотребления, так и сбросных объемов концентрата.

Технологические потери СВ в концентрате ниже расчетных, принятых для Технологии ED-EDBM. Потери полезных компонентов сыворотки в концентрат по всем видам переработанных продуктов не превысили 1,5-2,0% по массе при концентрации перерабатываемого сырья 26% СВ, что подтверждено аналитическими данными как лаборатории заказчика, так и данными независимой лаборатории. В целом потери СВ по Технологии ED-EDBM ниже среднеотраслевых.

В процессе переработки, на этом же комплексе оборудования, получены химические реагенты собственного производства, (щелочно-солевой и кислотно-солевой растворы, с концентрацией не менее 2,5-3%), использованные для CIP-мойки оборудования.





# Технологии МТЛТ для переработки сыворотки

(продолжение)

## Переработка RO концентрата.

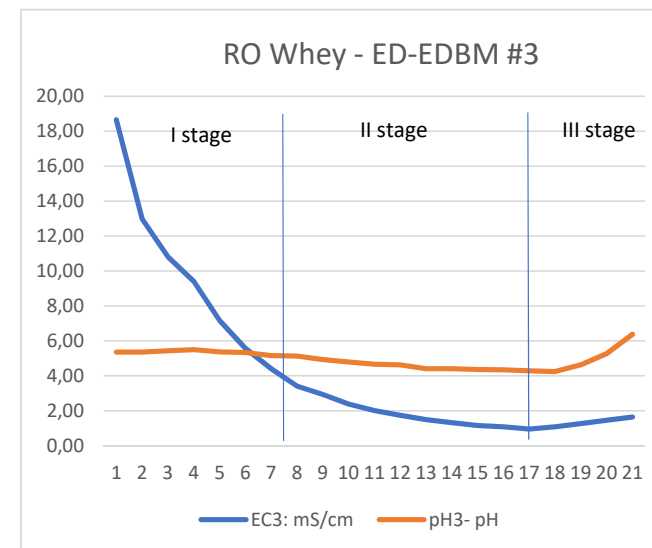
-В процессе переработки RO концентрата моцареллы также смоделированы все стадии переработки, соответствующие промышленной технологической схеме Технологии ED-EDBM. Динамика процесса проиллюстрирована на приводимой диаграмме.

-Переработка сырья производилась без дополнительного разбавления водой.

-В процессе деминерализации RO концентрата сыворотки как промежуточный продукт получен частично обессоленный дилюат (уровень деминерализации около 50%), соответствующий по своему химическому составу концентрату NF.

-Для коррекции кислотности продукта и удаления органических кислот не использовались дополнительные химические реагенты.

-В результате промышленных испытаний по Технологии ED-EDBM получен дилюата (продукт), соответствующий по параметрам деминерализованной сыворотке Д90, что подтверждено аналитическими данными как лаборатории заказчика, так и данными независимой лаборатории.





# Технологии МТЛТ для переработки сыворотки

(продолжение)

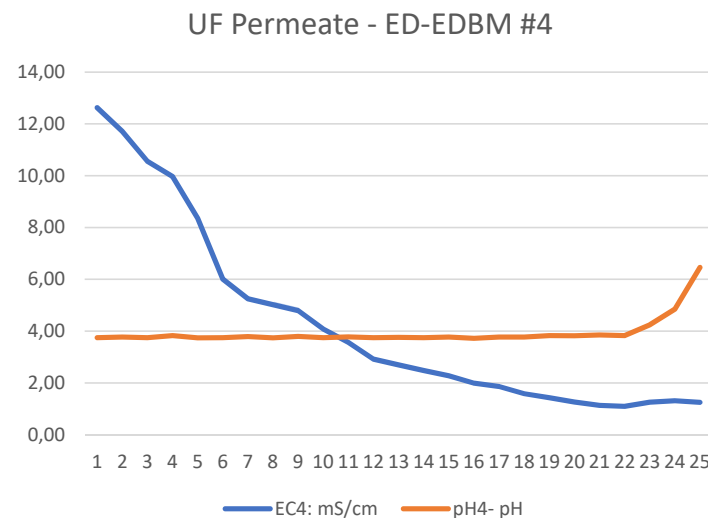
## Переработка UF пермеата.

-В процессе переработки UF пермеата с высоким содержанием лактозы, фосфатов и органических кислот, смоделированы требуемые стадии переработки, соответствующие промышленной технологической схеме Технологии ED-EDBM для переработки вышеназванного продукта. Динамика процесса проиллюстрирована на приводимой диаграмме.

-Переработка сырья производилась без дополнительного разбавления водой при повышенной температуре растворов – 39-40°C.

-Для коррекции кислотности продукта и удаления органических кислот не использовались дополнительные химические реагенты.

В результате промышленных испытаний по Технологии ED-EDBM требуемые технологические параметры достигнуты и получен дилуат (продукт), соответствующий по параметрам деминерализованной сыворотке D90, что подтверждено аналитическими данными как лаборатории заказчика, так и данными независимой лаборатории.





# Технологии МТЛТ для переработки сыворотки

## **Выводы.**

Проведенный компанией МТЛТ комплекс работ, включающий лабораторные, пилотные и промышленные испытания безреагентной Технологии ED-EDBM, в том числе – непосредственно на предприятиях ЕС и СНГ, убедительно подтвердил применимость предлагаемой технологии для глубокого обессоливания и безреагентной корректировки кислотности высококонцентрированных технологических растворов любых видов сыворотки, в том числе – сыворотки моцареллы, без дополнительного разбавления водой при минимальном пребывании растворов в технологической схеме, с получением продуктов, соответствующих по качеству стандарту D-90.

Установлено, что NF концентрат сывороток может перерабатываться совместно с RO концентратом или в смеси с предварительно частично деминерализованным RO концентратом.

Подтверждено, что UF пермеат высокой концентрации также может успешно перерабатываться по Технологии ED-EDBM, при этом концентрации могут иметь более высокие значения – до 35%СВ.

Отметим, что наиболее предпочтительной является переработка NF концентратов с высоким содержанием СВ (или смесей различных технологических растворов, близких к ним по химическому составу: СВ -26-28%, зола 1-1,6%, органические кислоты до 1,2%). Именно при переработке таких продуктов объективно достигаются наилучшие технико-экономические показатели.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что безреагентная Технология ED-EDBM работоспособна, эффективна, экологична, является технологически гибкой, легко адаптируется к любым видам продуктов, в соответствии с реально имеющимися у заказчиков, позволяет осуществлять комплексную переработку сыворотки с получением коммерчески востребованных продуктов, значительно снизить объем сбрасываемых сточных вод и может быть масштабирована в промышленном оборудовании любой производительности, согласно требованиям потребителей.



# Технологии МТЛТ для переработки сыворотки

## Новая технология и ED-полишер для регулирования минерального состава сыворотки на основе электродиализа.

При деминерализации сыворотки с применением классического электродиализа, производители-переработчики зачастую сталкиваются с проблемой регулирования минерального состава при производстве ингредиентов детского питания, в частности по содержанию Са и Mg. Предлагаемые сегодня на рынке технологии и комплексы оборудования для решения этих задач являются дорогостоящими и малодоступными для небольших производителей.

Используемые компанией МТЛТ современные конструкционные материалы и новые высококачественные гетерогенные мембраны, изготавливаемые с применением IPN-технологии, позволили разработать и создать новое поколение электродиализаторов. На этой базе создана новая технология и электродиализный полишер для регулирования минерального состава сыворотки. Целью являлось получение глубоко деминерализованных продуктов с низким содержанием Са и Mg при достаточно низком уровне потерь полезных компонентов сывороток в концентрат и небольших капитальных затратах.

Предлагаемая технология прошла все этапы лабораторных и опытно-промышленных испытаний. В результате проведенных работ получены продукты, соответствующие по параметрам деминерализованной сыворотке Д90-премиум, что подтверждено аналитическими данными лабораторий заказчиков, а также данными независимых лабораторий.

Разработанная технологическая схема и промышленный комплекс оборудования предназначен для глубокого обессоливания и коррекции минерального состава частично деминерализованных сывороток D70+, D90, получаемых на распространенных в промышленности электродиализных линиях.

Оборудование работает в однопроводном режиме. В качестве исходного сырья может использоваться высококонцентрированный продукт. Температурный режим процесса обессоливания – 25-35°C. Потери полезных компонентов сыворотки в концентрат не более 1-2 % СВ.

Соотношение объемов *концентрат:продукт = 1:1*. Образующийся концентрат после ED-полишера содержит незначительное количество солей может использоваться в качестве входного концентрата для работы стандартной ЭД линии деминерализации, установленной у заказчика.

Производительность – любая, по запросу потребителя.



## Сведения об авторах и исполнителях проекта



Леонид Толмачев,  
директор



Андрей Бондарчук,  
технолог



Валерий Пинчук,  
руководитель  
производства



Александр Шабунин,  
специалист

Коллектив компании МТЛТ выражает искреннюю благодарность Северо-Кавказскому федеральному университету и лично профессору Евдокимову И.А (г. Ставрополь, РФ) за всестороннюю консультационную и организационную помощь, оказанную при реализации проекта.





**Благодарим за внимание!**

**UAB Membraninės Technologijos LT  
JSC Membranes Technologies LT**

Mainu St., 6, Klaipėda, LT-94101, Lithuania

phone +370 68049076

skype: membranines

e-mail: [membrane@mtlt.lt](mailto:membrane@mtlt.lt)

Web: [www.mtlt.lt](http://www.mtlt.lt)