

**Отдел мембранных и сорбционных процессов и материалов**  
**Институт общей и неорганической химии им. В.И. Вернадского**

---

03142, Киев, тел. 424-04-62, факс 424-30-70,  
электронная почта [membrane.igic@gmail.com](mailto:membrane.igic@gmail.com)

## **Оферта**

**«Организация промышленного производства неорганических  
ионообменных материалов и развитие технологий, связанных с  
использованием этих материалов»**

**Киев**

Разработки нашего института, признанные мировым научным сообществом, основанные на новейших технологиях дают возможность реализации научных исследований и технологий в различных отраслях промышленности.

Основной сферой нашей научной деятельности являются разработка и производство многофункциональных гранулированных неорганических материалов на основе соединений циркония, титана, алюминия, олова, а также оксидных и фосфатных материалов высокой чистоты.

Основные области деятельности:

- Научно-исследовательская деятельность по разработке новых неорганических материалов, получаемых по уникальной золь-гель технологии.
- Научно-исследовательская и опытно-конструкторская деятельность по разработке новых методов очистки жидких и газовых сред.
- Изготовление нестандартного (мобильного и стационарного) оборудования для процессов очистки водных сред.

Ионообменные материалы, разработанные нашим отделом при сотрудничестве с опытным производством Института общей и неорганической химии им. В.И. Вернадского, представляют собой композиционные неорганические материалы на основе гидроксидов, оксидов и фосфатов циркония, титана, алюминия и олова.

Новая золь-гель технология, по которой производятся неорганические материалы, позволяет получать их в промышленном масштабе в виде сферических гранул, что выгодно отличает их от мировых аналогов.

Области применения:

- Атомная промышленность
- Очистка питьевой воды
- Очистка и стабилизация вин
- Энергетика (катализ)

Объем потребляемой в мире воды достигает 4 трлн. м<sup>3</sup> в год. Вредные химические элементы и вещества попадают в водоемы, ухудшая их санитарное состояние и вызывая необходимость, специальной глубокой, очистки воды перед использованием ее для хозяйственно-питьевых и промышленных целей.

Многие примеси не извлекаются из воды механически, не нейтрализуются при биологической очистке, не удаляются такими традиционными методами водоочистки, как отстаивание, коагуляция, флотация, обратный осмос, выпарка, электродиализ. Это обуславливает разработку новой комплексной технологической схемы водоподготовки.

Поскольку значительная часть стойких загрязнителей поступают в водоемы с промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми сточными водами, то очистка и повторное использование этих вод имеют большое экономическое и экологическое значение.

К стойким химическим загрязнителям кумулятивного действия со специфическими токсическими свойствами относятся тяжелые металлы. Наиболее экологически опасные из них свинец, ртуть, кадмий. Многие металлы образуют так называемые синергетические смеси, которые оказывают на водные организмы токсическое воздействие, значительно превышающее сумму действий отдельных компонентов.

В связи с этим опреснение дренажных вод, обессоливание продувочных, поверхностных, промывных, рудничных и других сточных вод в промышленности, создание бессточных систем схем водоподготовки и замкнутых схем водоподготовки и замкнутых водооборотных систем с обессоливанием подпиточной воды являются эффективными решениями данной проблемы, в реализации которых главная роль принадлежит комбинации ионного обмена и электродиализа.

Следует выделить из всего спектра неорганических ионообменных материалов трудно растворимые фосфаты металлов, а прежде фосфаты циркония и титана, отличающиеся высокой обменной емкостью, термической и радиационной устойчивостью и высокой селективностью к ионам цезия, стронция, ртути и кадмия. Также стоит отметить трудно растворимые соли поли- и гетерополикислот: фосфомолибдаты, фосфовольфраматы и другие обладающие селективностью к редким щелочным, щелочноземельным и тяжелым металлам.

### Атомная энергетика

За весь период развития атомной энергетики и атомного военно-промышленного комплекса в мире накопилось огромное количество жидких радиоактивных отходов (ЖРО), настоятельно требующих своей утилизации. Как правило, ЖРО представляют собой смесь нескольких типов загрязнителей разной химической природы. Во всех видах водных ЖРО вода является средой, в которой распределены как крупнодисперсные компоненты, так и водорастворимые низко- и высокомолекулярные соединения. Радионуклиды обычно присутствуют во всех этих формах, поэтому любая технологическая схема переработки ЖРО должна обеспечивать возможность выделения из воды каждой из перечисленных форм загрязнителей.

Загрязнение пресных вод радионуклидами и промышленными стоками привело к необходимости разработки технологий для их дезактивации и очистки. Технологии для очистки питьевой воды от радионуклидов и воды с высоким солевым составом в настоящее время разрабатываются и предлагаются к производству и реализации многими организациями. Сложность проблемы заключается в том, что наиболее эффективные ионно-мембранные методы требуют использования материалов, к которым предъявляются очень высокие требования. Из разработанных материалов данного класса большинство осталось на уровне лабораторных или опытных применений без промышленного использования. Только единичные образцы высокоселективных ионообменных материалов доступны для коммерческого использования, однако они имеют очень большую стоимость и не могут быть широко востребованными.

Селективное удаление радионуклидов может привести к значительной экономии затрат на очистку различных жидкостей. После проведения селективной очистки загрязненные жидкости могут быть перекалифицированы для их последующей очистки более дешевыми способами, а при соответствии их солевого состава ПДК, просто сброшены. Перекалификация жидкостей может дать большую экономию в случае, когда за счет селективного удаления радионуклидов можно отказаться от остекловывания отходов или даже сооружения новых систем.

Мы предлагаем новое направление, которое относится к процессам обработки жидких сред, содержащих радиоактивные изотопы металлов, к технологическим линиям для их осуществления и к ионообменным материалам для селективного извлечения радиоактивных металлов.

Такие процессы, линии и ионообменные материалы могут быть использованы для извлечения долгоживущих радиоактивных изотопов цезия, кобальта, стронция и т.д. из ЖРО, которые обычно возникают как побочные продукты работы систем охлаждения ядерных реакторов на атомных электростанциях.

Нами решена задача синтеза высокоселективного ионообменного материала, обладающего высокой термической, химической и радиационной стабильностью и имеющего невысокую стоимость при промышленном производстве. Такой ионообменный материал обладает высокой сорбционной емкостью, которая практически не зависит от присутствия в ЖРО ионов кобальта и иных нещелочных металлов.

Дополнительным преимуществом нашего высокоселективного ионообменного материала является то, что он на 100% неорганический, и может применяться в большинстве случаев, особенно там, где не допускаются органические материалы.

### Очистка питьевой воды

Подготовка качественной питьевой воды является проблемой для всех стран. Примеси в воде контролируются, их состав и концентрация нормируются. Всего насчитывается 6 групп таких примесей: органолептические, обобщенные, неорганические, органические, биологические, радиологические. Общее же число контролируемых показателей качества воды превышает 50. В конкретном источнике воды может находиться лишь часть компонентов общего списка в зависимости от региона.

Установки для получения кондиционной воды весьма громоздки и дороги в эксплуатации. В практике малых сообществ схему водоподготовки упрощают. Например, в США используют технологии очистки и умягчения воды на ионообменных смолах или минеральных адсорбентах с последующим кондиционированием по ионам солей. Такая обработка не позволяет получить воду с нормальными вкусовыми качествами и требует постоянной регенерации фильтра с захоронением отходов.

Мембранные и сорбционные технологии занимают видное место в процессах подготовки питьевой воды. Сегодня используют, в основном, мембранную фильтрацию и обратный осмос.

К числу мембранных технологий относится электродиализ. В нем обессоливание происходит за счет миграции ионов солей в камеры концентрирования под действием электрического тока. Преимущества электродиализа перед иными системами водоподготовки очевидны:

- Отсутствие химических реагентов и регенерационных растворов;
- Непрерывность процесса;
- Возможность регулирования степени обессоливания.

Высокая степень обессоливания обеспечивается межмембранной засыпкой, которая представляет собой ионообменный материал с повышенной селективностью к ионам жесткости и цветных металлов.

При выборе метода обессоливания воды решающее значение имеет экономическая эффективность процессов, показателями которой являются объем капитальных вложений и величина эксплуатационных затрат. В связи с этим интересно сопоставить экономичность различных методов дименерализации воды, выявить области их целесообразного применения.

Параметр	Ионный обмен	Обратный осмос	Электродиализ	Электродеионизация
Надежность	3	2	1	3
Степень обессоливания	3	2	1	3
Удаление органики	1	3	1	2
Удаление взвесей	1	3	1	2
Требования к подготовке	3	1	1	2
Энергозатраты	3	1	1	2
Расход реагентов	1	3	3	3
Расход питающей воды	3	1	1	3
Возможность сброса отходов	1	3	2	3
Среднее взвешенный параметр эффективности метода	4,2	4,3	2,6	5,1

Разработан макет комбинированного сорбционно-мембранного электрохимического устройства. Оно предназначено для эффективного обессоливания воды в необходимой степени, с удалением при этом нацело токсичных и нежелательных примесей. Все компоненты оборудования выполнены из функциональных неорганических материалов, которые являются стойкими к агрессивным средам и не подлежат отравлению веществами – загрязнителями.

Главным компонентом такого устройства являются ионообменные сорбенты, способные к одновременному поглощению, как катионов, так и анионов, то есть к процессу обессоливания. Поскольку при обессоливании особое внимание отводится умягчению воды, эти сорбенты должны владеть повышенной сорбционной способностью относительно ионов жесткости. Необходима также высокая селективность к ионам токсичных металлов, таких как Cd(II), Cr(IV), As(V), и высокая подвижность ионов в фазе сорбента при наложении электрического тока. Выполнение этих требований обеспечивает непрерывную безреагентную регенерацию сорбента в процессе обессоливания воды методом электродеионизации.

Цель предлагаемого проекта – дизайн, изготовление и испытания пилотного образца устройства для водоподготовки в условиях малых сообществ.

Конечным результатом работы должен стать промышленный выпуск устройства для водоподготовки электромембранным методом, конкурентоспособного на рынке услуг.

Для каждого объекта применяется индивидуальный подход. Разработка технологических схем ведется при участии Заказчика. Учитываются все параметры эксплуатации комплекса. При принятии решения о выборе той или иной технологии основной акцент делается на качество выходного продукта и стоимости его получения.

### Очистка и стабилизация вин

Электродеионизационная технология, основанная на использовании новых неорганических ионообменных материалов на основе фосфата циркония, характеризующаяся высокими кинетическими и емкостными характеристиками, дает широкие возможности по водоподготовке воды для производства винно-водочной продукции.

### **Производство вин**

«Винный камень

Это кристаллы, осаждающиеся на стенках бочек, чанов и бутылок и образующие на них твердые корки.

Появление винного камня может начаться под воздействием холода или механического состояния (встречаются в некоторых белых винах).

Качество и вкус от этого не меняются.

При образовании винного камня в бутылке, может возникнуть неприятность при ее откупоривании, половина содержимого может вылететь вместе с пробкой.»

<http://www.wineworld.ru/voc/article325.html>

Мы предлагаем сорбционную технологию стабилизации вин против кальциевых помутнений, вызванных избыточным содержанием кальция. Кроме того, технология обеспечивает эффективную очистку вин от калия, тяжелых и токсичных металлов, радионуклидов.

Данная сорбционная технология основана на использовании нового неорганического сорбента, представляющего собой полимерный материал на основе труднорастворимого соединения – фосфата циркония. Используемая золь-гель технология получения сорбента позволяет получать его в виде механически прочных гранул, устойчивых к истиранию и обладающих хорошими кинетическими и емкостными характеристиками.

В результате удаления металлов из вин происходит замена их солей на соответствующие органические кислоты (винную и др.) и натриевые соли, которые не вызывают помутнений. Сорбент является катионообменником и вследствие этого не поглощает из вин органических составляющих. Объем вина, обрабатываемого за одну стадию сорбции, принимается из такого расчета, чтобы обеспечить среднее содержание кальция в обработанном вине в пределах 80-90 мг/дм<sup>3</sup>, что обеспечивает предотвращение кальциевых помутнений. Обработанное за одну стадию сорбции вино или виноматериал собирается вместе, усредняется (перемешивается) и используется в дальнейших технологических процессах в качестве одной партии.

### **Производство водки**

Разработана технология улучшения качества водки с использованием неорганических сорбентов.

Применение сорбентов при производстве водки позволяет снизить щелочность и стабилизировать нейтральное или слабощелочное значение рН. Сорбенты осуществляют

доочистку водки от солей жесткости, аммиака, тяжелых металлов (железа, марганца, свинца, хрома, цинка и других) и радионуклидов, а также органических примесей (альдегидов, сложных эфиров и тяжелых спиртов).

Использование сорбентов позволяет снизить посторонние запахи, улучшает органолептические показатели и придает водке мягкость во вкусе.

Циркониевая водка – уникальный продукт способствующий удалению радионуклидов. Вода, подготовленная по специальной технологии, разработанной украинскими учеными не содержит в себе  $\text{Sr}^{90}$ ,  $\text{Cs}^{137}$ , и соли жесткости. Мягкий вкус и крепость напитка дают незабываемые ощущения.

### Энергетика (катализ)

Электрохимические методы получения, разделения и аккумулярования водорода являются одним из перспективнейших методов водородной энергетики. Широкое применение водорода в топливных элементах только подчеркивает важность данного направления в решение важнейших проблем энергетической промышленности. Мы предполагаем исследование и внедрение ряда новых материалов для получения и накопления водорода. Необходимость данного направления вызвана низкой эффективностью использования природного газа, что может привести к кризовым явлениям в экономике страны. Следовательно, возникает вопрос поиска альтернативных источников энергии.

В настоящее время в Украине одним из крупнейших производителей водорода являются коксохимические заводы (КХЗ). При этом деятельность данных предприятий приводит к тому, что при выработке коксового газа в год 10 млрд. м<sup>3</sup> содержащего (58-62% водорода): 5 млрд. м<sup>3</sup> коксового газа идет на внутренние потребности КХЗ, 1,5 млрд. м<sup>3</sup> идет как товарный продукт, а 3,5 млрд. м<sup>3</sup> коксового газа просто сжигается.

Другими источниками получения водорода могут быть электрохимические системы с каталитически активными материалами, которые позволяют получать высокочистый водород. Одними из перспективных материалов, которые широко применяются в качестве катализаторов различных химических реакций и электрохимических генераторах водорода, являются оксидные соединения металлов, широкий спектр которых мы готовы предоставить для тестовых испытаний.

Для решения проблемы получения и накопления водорода, необходимы высокоэффективные и селективные катализаторы, их носители и новые гидридообразующие материалы. Эти неорганические материалы будут использоваться как катализаторы выделения водорода и дальнейшего его накопления в этих материалах. Углеродные нанотрубки (УНТ) являются именно тем материалом, который может быть использован в качестве носителей катализаторов для различных электрокаталитических процессов. Существующие методы получения УНТ очень дороги, цена одного килограмма наиболее дешевых нанотрубок составляет в данный момент \$800. Предлагаемый нами метод каталитического пиролиза позволяет в несколько раз снизить цену УНТ. Модифицирование УНТ наноразмерными частицами металлов катализаторов дает новые уникальные возможности для получения и накопления водорода.

Экономический анализ показывает, что эффективность использования неорганических мембран в сравнении с их полимерными аналогами будет ниже, только в том случае, если их цена будет выше в 180 раз. Учитывая, что цена непористых полимерных волокнистых материалов находится в пределах \$5-20 /м<sup>2</sup>, то эффективная цена водородпроницаемых неорганических мембран может находиться в интервале \$900-3600 /м<sup>2</sup>. Расчетная цена наших материалов, с учетом промышленного производства может составлять \$600-900 /м<sup>2</sup>.