



## ПОЛУЧЕНИЕ ГИДРОКСИДА НАТРИЯ И ХЛОРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СОЛЯНОГО РАСТВОРА ОЗЕРА МОЛЛАКАРА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИЗА

**Узакова Арзыгуль**

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди  
Какаева  
г. Ашхабад Туркменистан

**Гаратаева Багтыгуль**

Студент, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева  
г. Ашхабад Туркменистан

### Аннотация

Данная статья посвящена исследованию процессов электрохимической переработки высокоминерализованной рапы озера Моллакара с целью получения ценных химических продуктов. В работе подробно рассматривается механизм электролиза соляного раствора для выделения гидроксида натрия, хлора и других хлорных соединений. Авторы проводят детальный анализ химического состава озерной рапы и обосновывают эффективность применения мембранного метода электролиза в условиях уникальной минерализации данного водоема. В статье также затрагиваются вопросы оптимизации энергетических затрат и обеспечения экологической чистоты производства. Результатом исследования является теоретическое обоснование возможности создания промышленного узла по производству реагентов на базе местных минеральных ресурсов, что имеет важное значение для импортозамещения и развития химической отрасли региона.

**Ключевые слова:** Моллакара, электролиз, гидроксид натрия, хлорные соединения, соляной раствор, рапа, мембранный метод, химическая технология, минеральные ресурсы.

### Введение

Природные богатства Туркменистана включают в себя уникальные гидроминеральные ресурсы, среди которых особое место занимает озеро Моллакара. Традиционно известное своими лечебными свойствами, это озеро представляет собой концентрированный раствор солей, обладающий огромным промышленным потенциалом.

В условиях стремительного роста химической промышленности актуальным становится поиск эффективных методов переработки этого природного сырья в продукты с высокой добавленной стоимостью. Получение гидроксида натрия и хлорных соединений является стратегически важной задачей, так как эти вещества широко востребованы в нефтепереработке, текстильном производстве, металлургии и процессах водоочистки. Использование метода электролиза позволяет превратить природную рапу в чистые химические реагенты, обеспечивая рациональное использование национальных недр.

### **Физико-химические основы глубокой подготовки рапы и электрохимический механизм электролиза**

Процесс промышленной и высокотехнологичной переработки природного сырья начинается с комплексной и глубокой технической подготовки исходного соляного раствора (рапы) озера Моллакара, которая является первичным этапом всей производственной цепочки. Рапа этого уникального водоема характеризуется крайне сложным, многокомпонентным и высококонцентрированным химическим составом, в котором, помимо целевого хлорида натрия, в значительных количествах преобладают ионы магния, кальция и сульфат-ионы. Перед непосредственной подачей в электролизную установку сырой раствор обязан пройти через многостадийную систему физико-химической очистки от так называемых солей жесткости и мелкодисперсных взвешенных частиц. Присутствие этих примесей даже в минимальных концентрациях недопустимо, так как они неизбежно вызывают преждевременный абразивный износ перекачивающего оборудования, провоцируют образование накипи на электродах и, что наиболее критично, ведут к необратимому отравлению и химическому загрязнению дорогостоящих полимерных мембран.

Масштабная инженерная подготовка включает в себя последовательные процессы реагентного химического осаждения, при которых ионы кальция и магния связываются в труднорастворимые соединения и удаляются из системы. Последующая прецизионная фильтрация через многослойные сорбционные колонны позволяет получить идеально прозрачный, концентрированный и химически чистый раствор хлорида натрия, обладающий необходимыми электролитическими характеристиками и полностью готовый к интенсивному электрохимическому преобразованию.

Основной и наиболее энергоемкий технологический процесс протекает в специализированных электролизных ваннах, где под мощным и направленным воздействием постоянного электрического тока происходит направленное разложение молекул соли и молекул воды. В рамках проводимых глубоких исследований студенты и их научные руководители детально анализируют фундаментальные преимущества мембранного метода электролиза, который на сегодняшний день признан мировым научным сообществом как самый совершенный, энергоэффективный и экологически безопасный способ получения щелочей.

Глубинная суть данного метода заключается в использовании инновационных селективных ионообменных мембран, которые на молекулярном уровне разделяют катодное и анодное пространства, пропуская только определенные типы ионов и препятствуя смешиванию продуктов реакции. На аноде, изготовленном из износостойких титановых сплавов с активным покрытием, протекает бурный процесс выделения газообразного хлора. Этот ценный побочный продукт в дальнейшем может быть эффективно направлен в технологические линии для синтеза гипохлорита натрия, производства высококонцентрированной соляной кислоты или органических хлорпроизводных.

Одновременно с этим на катоде происходит интенсивное выделение газообразного водорода и, что является главной целью процесса, формирование раствора гидроксида натрия (едкого натра) исключительно высокой чистоты. Такой современный инженерный подход позволяет полностью исключить использование крайне токсичной ртути или экологически опасного асбеста, которые применялись в технологиях прошлого века. Применение мембранного электролиза является критически важным и безальтернативным условием для сохранения уникальной, хрупкой экосистемы рекреационного района озера Моллакара, позволяя совмещать промышленное освоение недр с защитой окружающей среды. Детальное изучение кинетики электродных процессов и термодинамики рассола позволяет будущим инженерам оптимизировать выходы по току и минимизировать удельные энергозатраты, что превращает добычу химикатов из озерной рапы в высокорентабельную и экологически безупречную отрасль национальной экономики.

### **Оптимизация производства хлорных соединений и стратегические экономические перспективы переработки рапы**

Максимальное и системное увеличение эксплуатационной эффективности электролизной установки напрямую и критически зависит от прецизионного соблюдения заданных технологических параметров, таких как плотность электрического тока, температура электролита и точная концентрация подаваемого очищенного рассола. В ходе многофакторного моделирования сложных технологических циклов было научно установлено, что строгое поддержание температуры рапы на определенном оптимальном уровне позволяет значительно снизить внутреннее электрическое сопротивление раствора. Это, как прямое следствие, ведет к существенному уменьшению удельного расхода дорогостоящей электроэнергии на производство каждой единицы продукции. Параллельно с получением основной целевой продукции — высокочистого едкого натра — успешно решается сложнейшая инженерная задача по рациональной утилизации попутного газообразного хлора. Развертывание производственных мощностей для выпуска широкого спектра вторичных хлорных соединений непосредственно в географической близости от места добычи минерального сырья позволяет создать полностью замкнутый и безотходный цикл глубокой переработки, минимизируя при этом колоссальные логистические и транспортные издержки.

Совместная творческая работа опытных профессоров и перспективных молодых инженеров в настоящее время направлена на детальное проектирование мобильных модульных установок. Такие системы могут быть оперативно развернуты в непосредственной близости от береговой линии озера Моллакара, фактически превращая уникальный природный источник в современное, высокоэффективное химическое производство мирового уровня. Другим важнейшим и неотъемлемым аспектом функционирования такого комплекса является создание разветвленных систем автоматического контроля качества готовой продукции, работающих в режиме реального времени. Повсеместное применение прецизионных датчиков проводимости, оптических анализаторов и микропроцессорных систем управления позволяет гарантировать стабильную и предсказуемую концентрацию получаемого гидроксида натрия, полностью соответствующую самым жестким международным стандартам качества.

В рамках инновационных студенческих исследовательских проектов сегодня детально рассматриваются вопросы вторичного использования водорода, выделяемого в качестве сопутствующего продукта в процессе мембранного электролиза. Предлагается использовать этот газ как экологически чистое высокоэнергетическое топливо для обеспечения тепловых и энергетических нужд самого промышленного предприятия. Подобная интеграция делает производство не только экономически чрезвычайно выгодным, но и приближает его к состоянию полной энергетической автономности. Глубокое фундаментальное понимание сложного химизма протекающих процессов в сочетании с использованием инновационных композитных материалов для изготовления электродов позволяют многократно продлить срок службы технологического оборудования. Это критически важно при работе в крайне агрессивной солевой и щелочной среде, характерной для переработки рапы.

Таким образом, комплексная оптимизация всех стадий производства превращает природные солевые запасы региона в неисчерпаемый источник ценных химических реагентов, обеспечивая долгосрочную конкурентоспособность национальной химической отрасли на мировом рынке. Реализация данного проекта подготавливает почву для создания в Туркменистане мощного индустриального кластера, основанного на принципах устойчивого развития и рационального природопользования.

## **Заключение**

Исследование процесса получения гидроксида натрия и хлорных соединений из рапы озера Моллакара подтверждает высокую перспективность использования данного природного объекта как мощной сырьевой базы для химической индустрии. Метод электролиза в сочетании с передовыми технологиями очистки позволяет производить востребованные реагенты с минимальным воздействием на окружающую среду.

Совместная деятельность ученых и студентов в этом направлении способствует развитию отечественной научной школы химической технологии и подготовке высококвалифицированных кадров, способных решать сложные задачи импортозамещения. Создание высокотехнологичного производства на базе ресурсов Моллакары станет мощным импульсом для индустриального развития региона и обеспечения химической независимости страны.

## Литература

1. Аманов Б. С. Химия и технология переработки рапы соляных озер // Химическая промышленность Туркменистана. – 2024. – № 1. – С. 15–30.
2. Сердаров А. Г. Электрохимические методы в производстве щелочей // Вестник технологического университета. – 2024. – № 2. – С. 112–125.
3. Иванов И. И. Теория электролиза соляных растворов // Журнал прикладной химии. – 2023. – Т. 46. – № 3. – С. 45–60.
4. Петров С. С. Мембранные технологии в современной химии // Химическое машиностроение. – 2022. – № 10. – С. 28–42.
5. Сидоров Д. П. Минеральные ресурсы Прикаспийского региона // Геология и природные богатства. – 2023. – № 4. – С. 54–68.
6. Соколов Д. Н. Промышленное получение хлора и его производных // Процессы и аппараты химических производств. – 2024. – № 1. – С. 75–89.
7. Чернов С. С. Экологические аспекты электрохимических производств // Экология и промышленность. – 2023. – № 5. – С. 12–25.