

ПЕРЕРАБОТКА ГАЛИТОВЫХ ОТВАЛОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИЗА

Ю. А. Серокий

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь

Научный руководитель Е. М. Ходько,

Горно-химическая промышленность ОАО «Беларуськалий» оказывает значительное воздействие на окружающую природную среду. В районе складирования отходов калийного производства происходит засоление почв и подземных вод. Повышенное содержание хлоридов в почве, загрязненность атмосферы солевой пылью и токсичными газами отрицательно сказываются на урожае и качестве возделываемых сельскохозяйственных культур, особенно в радиусе до 1 км от рудоуправлений.

Отсутствие научно обоснованных рекомендаций по переработке галитовых отходов обусловило необходимость проведения соответствующих исследований.

Исследования проводили в 2014 г. совместно с О. Д. Врублевской под руководством А. Н. Шубина в Государственном учреждении образования «Гимназия № 2 г. Солигорска» Минской области на базе лаборатории физики. Цель исследований заключалась в определении возможности переработки галитовых отвалов методом электролиза и разработке эффективных направлений использования продуктов электролиза. Галитовый отвал характеризуется следующим химическими показателями, %: KCl – 2,57; NaCl – 95,19; MgCl₂ – 0,15; CaCl₂ – 0,20; CaSO₄ – 0,42; H_xO_x – 1,2 (отмытый продукт содержит NaCl менее 1,3 %).

Для приготовления раствора галитового отвала были взяты 200 г изучаемого образца и 400 мл воды. Исходя из расчета содержания в образце 3 % KCl и 95 % NaCl, соответственно, их массы составили 6 и 190 г. Изучив явления электролитической диссоциации водных растворов хлорида калия и хлорида натрия, были сделаны соответствующие физико-химические расчеты (см. таблицу).

Характеристики водных растворов KCl и NaCl

Параметры	Результаты
Масса взятого образца, кг	0,2
Масса KCl и NaCl, кг	006 0,19
Молярная масса KCl и NaCl, кг/моль	$74,5 \cdot 10^{-3}$ $58,5 \cdot 10^{-3}$
Количество молекул KCl и NaCl	$4,8 \cdot 10^{22}$ $19,5 \cdot 10^{23}$
Количество ионов K ⁺ и Cl ⁻ , Na ⁺ и Cl ⁻	$9,7 \cdot 10^{22}$ $39 \cdot 10^{23}$
Концентрация молекул KCl и NaCl, м ⁻³	$1,2 \cdot 10^{26}$ $4,9 \cdot 10^{27}$
Концентрация ионов, м ⁻³	$2,4 \cdot 10^{26}$ $9,8 \cdot 10^{27}$
Время электролиза, ч	24

Примечание. В числителе – результаты по KCl, в знаменателе – по NaCl.

При исследовании электролиза галитовых отвалов в качестве материала для электродов брался алюминий, железо, медь. При электролизе с применением алюминия в качестве катода и анода под действием электрического тока на электродах силой 0,8 А были получены следующие результаты. Алюминиевый анод полностью растворился: масса анода до исследований составляла $0,8 \cdot 10^{-3}$ кг. При взаимодействии катионов алюминия с ионами в получившейся в растворе щелочи образовался осадок в виде белого коллоидного вещества, представляющий собой смесь комплексных солей: $K_3[Al(OH)_6]$ и $K[Al(OH)_4]$, $Na_3[Al(OH)_6]$ и $Na[Al(OH)_4]$. Масса катода при электролизе уменьшилась на $0,11 \cdot 10^{-3}$ кг и составила $0,7 \cdot 10^{-3}$ кг. Раствор электролита после прохождения электрического тока оказался нейтральным. Масса исследуемого образца галитовых отвалов уменьшилась на 70 % и составила $62,1 \cdot 10^{-3}$ кг. Во время прохождения электрического тока через электролит на электродах выделялись газы: на катоде водород, на аноде хлор. Сбор газов проводился с помощью прибора Гофмана. Электролиз длился практически сутки – 24 ч, тогда как расчетное время электролиза составило 10,8 ч, что связано с присутствием в растворе ионов других солей.

В результате электролиза водного раствора галитового отвала при использовании катода и анода из железной проволоки были получены следующие результаты. Сила тока на электродах составила 0,5 А. Железный анод массой $1,7 \cdot 10^{-3}$ кг полностью растворился. Масса катода уменьшилась на 0,003 кг и составила $2,77 \cdot 10^{-3}$ кг. При прохождении электрического тока через электролит в растворе образовались щелочи (гидроксид калия и гидроксид натрия) и осадок оксида железа (III) бурого цвета. Водородный показатель pH раствора был равен 10. Масса образца составила $62,1 \cdot 10^{-3}$ кг. На электродах выделялись газы: водород (на катоде) и хлор (на аноде). Время электролиза составило 24 ч, расчетное — 17,24 ч.

Электролиз водного раствора галитового отвала, когда в качестве материала для электродов была взята медь, показал, что медь в качестве анода и катода подходит идеально. При исследовании масса анода и катода практически не изменилась и составила, соответственно, $2,9 \cdot 10^{-3}$ и $3,05 \cdot 10^{-3}$ кг (до электролиза масса анода была равна массе катода и составляла $3 \cdot 10^{-3}$ кг). Продукты электролиза – смесь щелочей (KOH и NaOH) и гидроксид меди в виде осадка оранжевого цвета. Величина pH раствора электролита была равна 12. Масса остатка галитового образца – $62,1 \cdot 10^{-3}$ кг. Во время прохождения электрического тока через электролит на катоде выделялся водород, на аноде – хлор. Время электролиза было равно расчетному времени и составило 172,4 ч.

Было выделено три направления промышленного использования продуктов электролиза водного раствора галитовых отвалов: продукты электролиза (осадки и остатки галитовых отвалов) использовать в качестве компонентов для производства тротуарной плитки; полученные в растворе щелочи использовать в качестве сырья для получения мыла; извлечение газов водорода и хлора с последующим промышленным использованием.

Предлагаем создать следующие предприятия по переработке галитовых отходов:

1. *Электрохимическое производство.* В составе основного оборудования могут использоваться электролизеры типа электрохимических реакторов, предназначенных для получения газов (водорода, хлора), металлов (меди, алюминия, магния и др.), неорганических продуктов (щелочей калия и натрия) и органических продуктов электролиза. Полученный хлор в дальнейшем может использоваться для очистки воды, водород – в производстве мыла.

2. *Предприятие по производству плитки тротуарной.* Основными компонентами плитки могут служить отходы электролиза (осадки и остатки), цемент и вода. Используя пластификаторы, можно улучшать физические свойства плитки.

3. *Мыловаренный завод.* В составе предприятия могут быть: цех по производству мыла туалетного, хозяйственного; цех по производству жидкого мыла и др. Основными компонентами для производства мыла могут быть щелочи, полученные в процессе электролиза галитовых отвалов, а также жировой фарш Солигорской птицефабрики.

Создание территориально-производственный комплекса в районе добычи и переработки сырья даст возможность получать значительный экономический, экологический и социальный эффекты. Будет решен важнейший вопрос формирования благоприятной экологической обстановки в районах размещения отходов производства.

Заключение. Добыча и переработка хлористого калия сопровождается образованием разнообразных отходов, которые оказывают заметное техногенное влияние на окружающую среду. В то же время отходы переработки могут рассматриваться в качестве потенциального сырья для повторного использования.

Исследования по переработке галитовых отходов методом электролиза показали, что оптимальный металл для проведения электролиза галитовых отвалов в водном растворе – медь. Продукты электролиза могут служить сырьем для получения тротуарной плитки, мыла, а также таких веществ, как водород и хлор.

Создание Солигорского территориально-производственного комплекса обеспечит рациональное использование природных и трудовых ресурсов на основе единой производственной и социальной инфраструктуры.

В целом переработка галитовых отходов методом электролиза вполне может относиться к природоохранным и ресурсосберегающим мероприятиям.