**Развитие водородной энергетики в Китае и разработка катализатора на основе никеля для выделения водорода при электролизе воды**

**Дун Шичжань**

*Студент (магистр)*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,*

*Институт русского языка и культуры, Москва, Россия*

*E–mail: 2623687240@qq.com*

В 2022 году мощности по производству водорода в Китае составили около 48,82 млн. т. Проекты по производству водорода с использованием возобновляемых источников энергии были ускорены: запланировано более 300 новых проектов, из которых 36 завершены и введены в эксплуатацию, с общей мощностью производства водорода около 56 000 тонн в год. Наиболее масштабные демонстрационные проекты по производству водорода реализуются в Северо-Западном и Северном Китае.

По показателям выбросов углерода производство водорода можно разделить на три типа: зеленый водород, голубой водород и серый водород. Зеленый водород – водород, получаемый такими методами, как электролиз воды или разложение аммиака без выделения CO2. Голубой водород – получаемый конверсией природного газа с утилизацией выделяемого CO2 (до 10 кг на килограмм произведенного водорода). Серый водород – при переработке угля и углеводородов, сопровождается выделением от 15 до 20 килограммов CO2 на килограмм произведенного водорода [1].

Для производства водорода из воды в существующих щелочных электролизёрах широко используются катализаторы на основе драгоценных металлов (обычно платины), которые позволяют снизить перенапряжение и, как следствие, затраты на электроэнергию.

Для того чтобы уменьшить затраты на производство, необходимо заменить катализаторы из драгоценных металлов на более дешёвые. В идеале такой катализатор должен сочетать в себе низкую стоимость, простоту массового производства и высокие каталитические характеристики.

Мы решили повысить каталитическую активность за счёт подбора биметаллических катализаторов с максимальной эффективной площадью реакционной поверхности. В качестве основы таких катализаторов были выбраны сотовые пеноструктуры, которые являются идеальным и недорогим носителем, для выращивания на них наностержней меди [2].

Никель часто используется в электрокатализе в качестве основы для металлических катализаторов (например, никель-платиновых катализаторов), или поверхностного покрытия носителем.

На основе литературных данных мы выбрали в качестве электрокатализаторов медные наностержни с никелевым покрытием. В катализаторах такого типа никелевое покрытие используется в качестве каталитического центра, а медный субстрат – для формирования структуры с большой реакционной поверхность.

Для оптимизации процесса получения катализаторов вместо гидротермального синтеза использовали метод электроосаждения. Гипофосфит и цитрат натрия были выбраны как восстановитель и комплексообразователь, а хлорид никеля использовали в качестве источника никеля. Небольшое количество этаноламина добавляли для ускорения реакции и регулирования рН реакционной среды. Время осаждения 2 мин и плотность тока 20 мА/см2 были выбраны в качестве исходных параметров синтеза катализаторов. Наши эксперименты по оптимизации условий приготовления катализаторов показали, что наилучшие образцы получаются при использовании электролита состава хлорид никеля (1,8 г), гипофосфит натрия (2,0 г), цитрат натрия (0,5 г), этаноламин (1,0 мл), плотности тока 10 мА/см2 и времени осаждения 6 мин.

Исследование каталитической активности проводили на образцах размером 1 х 0,5 см. В качестве противоэлектрода был графитовый стержень, а электродом сравнения был Hg/HgO. Наилучшие образцы показали перенапряжение 108 мВ, что близко к перенапряжению платинового катализатора в тех же условиях (102 мВ).

**Литература**

1.National Development and Reform Commission, National Energy Administration // "Mid- and long-term plan for the development of hydrogen energy industry (2021-2035)", **2022**-03-14.

2. Zhou P, Xing D, Liu Y, et al. Accelerated electrocatalytic hydrogen evolution on non-noble metal containing trinickel nitride by introduction of vanadium nitride // J. Mater. Chem. A, **2019**, 7(10):5513-5521.

3. Fang Y, Sun D, Niu S, et al. Orbital-regulated interfacial electronic coupling endows Ni3N with superior catalytic surface for hydrogen evolution reaction // Sci. China Chem., **2020**, 63(11):1563-