

Исследование колебательных реакций осаждения гидроксидов кобальта

Гудзеров Л.И. (ИТМО), Булаткина Д.К. (ИТМО), Власова И.П. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат химических наук, доцент Уласевич С.А. (ИТМО)

Введение

Современные исследования в области реакционно-диффузионных процессов демонстрируют возможность создания градиентных структур из нерастворимых соединений, в том числе из гидроксидов кобальта [1–3]. Особый интерес к таким структурам обусловлен перспективой их использования в электрохимии (суперконденсаторы, сенсоры, накопители энергии) и в биомедицине. Ионы Co^{2+} при контролируемом высвобождении способны стимулировать ангиогенез и процессы регенерации тканей [2,4], что дает основание для разработки имплантатов и покрытий с заранее заданной скоростью растворения гидроксидов кобальта.

Цель данной работы – исследовать влияние pH (в диапазоне 3,0–5,5) и концентраций реагентов на формирование фазового состава и морфологии осадков гидроксида кобальта при реакционно-диффузионных процессах и оценить возможность целенаправленного контроля скоростью высвобождения ионов кобальта для биомедицинских применений.

Основная часть

В качестве модельной системы использовали 1% агаровый гель (NeoFroxx) с растворенным хлоридом кобальта (CoCl_2 , 0,045 М). Величину pH в геле варьировали на уровне 3,0; 4,8 и 5,5 путем добавления раствора HCl. После застывания полимерной матрицы сверху приливали раствор NaOH с концентрацией 0,37 моль/л. Последующее формирование колец Лизеганга исследовали при постоянной температуре 37,2 °C в течение 14 дней. В ходе эксперимента возникали периодические осадки либо концентрические кольца, соответствующие осаждению следующих фаз: голубой $\alpha\text{-Co}(\text{OH})_2$, розовый $\beta\text{-Co}(\text{OH})_2$, зеленый хлоргидроксид кобальта $\text{CoCl}(\text{OH})$, темно – коричневый метагидроксид $\text{CoO}(\text{OH})$.

Зависимость фазового состава от pH.

При $\text{pH} \approx 3$ наблюдалась преимущественно фаза $\alpha\text{-Co}(\text{OH})_2$, которая постепенно трансформировалась в $\beta\text{-Co}(\text{OH})_2$. При $\text{pH}=4,8$ и 5,5 возрастала доля $\text{CoCl}(\text{OH})$ и $\text{CoO}(\text{OH})$, свидетельствуя о более высоком уровне окислительных процессов [3–5].

Формирование градиентных структур.

Наблюдаемая самоорганизация в виде кольцевых паттернов указывает на типичную колебательную реакцию осаждения. Контроль pH и концентрации реагентов позволяет «настраивать» толщину и число слоёв.

Биомедицинский аспект.

Контролируя фазовый состав периодических осадков, можно управлять их растворимостью в биологических средах, а значит — скоростью высвобождения ионов Co^{2+} , необходимых для стимуляции ангиогенеза и регенерации тканей. Это открывает возможности для создания

имплантатов, биосенсоров и антимикробных покрытий с дозированным выделением кобальта [2,4].

Таким образом, метод «ограниченной диффузии» способен обеспечить относительно простую и экономичную технологию получения градиентных материалов, позволяющую переходить от фундаментальных исследований к прикладным разработкам в электрохимии и биомедицине. Дальнейшие эксперименты будут направлены на изучение влияния температуры, состава внешнего электролита и присутствия биомолекул на стабильность и морфологию образующихся фаз.

Выводы

1. Установлено, что варьирование pH (3,0–5,5) позволяет менять фазовый состав и морфологию осадков кобальта, образующихся в условиях ограниченной диффузии.
2. Обнаружено формирование многослойных структур с распределением цветов.
3. Продемонстрирована перспективность исследований материалов в биомедицине: управляемая растворимость осадков обеспечивает предсказуемое высвобождение ионов Co^{2+} , способствующее регенеративным процессам.

Список литературы

1. Dimble et al. *Hydroxide source-dependent polymorphism and phase stability of cobalt(II) hydroxides in diffusion*. Journal of Materials Chemistry A, 2024.
2. Badr, L., & Sultan, R. *Ring Morphology and pH Effects in 2D and 1D $\text{Co}(\text{OH})_2$ Liesegang Systems*. J. Phys. Chem. A, 2009, 113, 6581–6586.
3. Zhao et al. *Controlling cobalt hydroxide phases for advanced energy storage applications*. Nature Energy, 2022.
4. Ahmed et al. *Phase stability of layered cobalt hydroxides under various pH conditions*. Journal of Molecular Liquids, 2019.
5. Badr, L., & Sultan, R. *Liesegang pattern formation in cobalt(II) hydroxide systems: Experimental and theoretical perspectives*. Journal of Colloid and Interface Science, 2015.