

IC₅₀(DPPH) (μM) для аскорбиновой кислоты – 27, для глутатиона – 49, для гидрохинона – 27, для тролокса – 28, для α-токоферола – 28, для кверцетина – 8. Таким образом, данные для объекта сравнения, полученные в нашем исследовании, полностью согласуются с литературными данными.

Литература

1. Fedoseev V.M., Filippovich I.V. Thiourea derivatives. X. Preparation of 2-amino-5-bromo-d2-dihydro-1,3-thiazine // Журналорганическойхимии.- 1964.- Vol.34.-P.1556-1561.

2. Fedoseev V.M., Filippovich I.V. Derivatives of thiourea. XI. On the product of the reaction of 2,3-dibromopropylamine bromide with potassium thiocyanate //Журналорганическойхимии. -1964. Vol.34. P.1561-1565.

3. Fedoseev V.M., Litvinov L.N. Thiourea derivatives. VIII. Synthesis of 2-hydroxy-5-isothiuroniummethylthiazoline //ЖОрХ, 1964. Vol.34. P.557-560.

4. Ibrayev M.K., Nurkenov O.A., Rakhimberlinova Z.B., Takibayeva A.T., Palamarchuk I.V., Turdybekov D.M., Kelmyalene A.A., Kulakov I.V. Synthesis, Structure and Molecular Docking of New 4,5-Dihydrothiazole Derivatives Based on 3,5-Dimethylpyrazole and Cytisine and Salsoline Alkaloids // Molecules 2022, 27, 7598.

5. Bernfeld, P. (1955) Amylase α and β. Methods in Enzymology, 1, 149-158. [http://dx.doi.org/10.1016/0076-6879\(55\)01021-5](http://dx.doi.org/10.1016/0076-6879(55)01021-5).

6. Plattner, S., Erb, R., Chervet, JP. et Oberacher H. Studying the reducing potencies of antioxidants with the electrochemistry inherently present in electrospray ionization-mass spectrometry // Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2014. 406 (1). P. 213–224.

ПОЛУЧЕНИЕ Fe-Cu-КОМПОЗИТОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ И ФЕРРИТА МЕДИ, ИХ ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Иванова Н.М., Висурханова Я.А., Соболева Е.А., Бейсенбекова М.Е.
ТОО «Институт органического синтеза и углехимии Республики Казахстан»

Сегодня успешно развиваются новые перспективные направления синтеза нанометаллов-катализаторов, к которым относятся и электрохимические способы их получения. К основным преимуществам электрохимического способа относится возможность получения чистых металлических частиц, а регулирование электрических параметров процесса электролиза позволяет формировать порошки с заданной дисперсностью, что еще более повышает его практическую ценность. Нами Cu- и Fe-содержащие композиты были получены электрохимическим восстановлением катионов меди и железа из феррита меди (II) [1]. Было показано, что полученные таким способом Fe-Cu-композиты обладают электрокаталитической активностью в электрогидрировании

органических соединений. Выполненными исследованиями также установлено, что введение полимерного стабилизатора в среду соосаждения и частичное сохранение его в составе прекурсоров феррита меди, а также температура термической обработки (ТО) оказывают влияние на фазовый состав и соотношение электрохимически восстановленных металлов в образующихся Fe-Cu-композитах [1, 2].

В данной работе описано получение Fe- и Cu-содержащих композитов из феррита меди (CuFe_2O_4), синтезированного не методом соосаждения из солей металлов, а керамическим методом из оксидов меди (CuO) и железа ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), и изучение их электрокаталитических свойств в процессе электрогидрирования 5-нитросалициловой кислоты (5-НСК) с образованием основного продукта – 5-аминосалициловой кислоты, применяемой в синтезах ряда лекарственных препаратов.

Оксиды металлов CuO (0,06 моль) и $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (0,06 моль) предварительно диспергировали в 200 мл дистиллированной воды или в растворе поливинилового спирта (ПВС) как полимерного стабилизатора, подвергая полученную суспензию ультразвуковой обработке в течение 60 мин. Затем смесь оксидов металлов отделяли фильтрованием, промывали дистиллированной водой. Высушенную смесь оксидов металлов подвергали термической обработке при 500°C , 700°C и 900°C в течение 2 ч. Электрохимическое восстановление термически обработанных композитов и электрокаталитическое гидрирование 5-НСК проводили в диафрагменной ячейке в водно-щелочной среде католита при силе тока 2,5 А и температуре 30°C , катод – медная пластина, анод – Pt-сетка.

По результатам рентгенофазового анализа установлено, что образцы после термической обработки при 500 и 700°C имеют в своих составах кристаллические фазы исходных оксидов металлов (рисунки 1, 1а и 2, 1а). И только термическая обработка смеси оксидов металлов при 900°C сопровождается частичным формированием феррита меди и сохранением остаточных кристаллических фаз оксидов металлов (рисунки 1, 2а и 2, 2а).

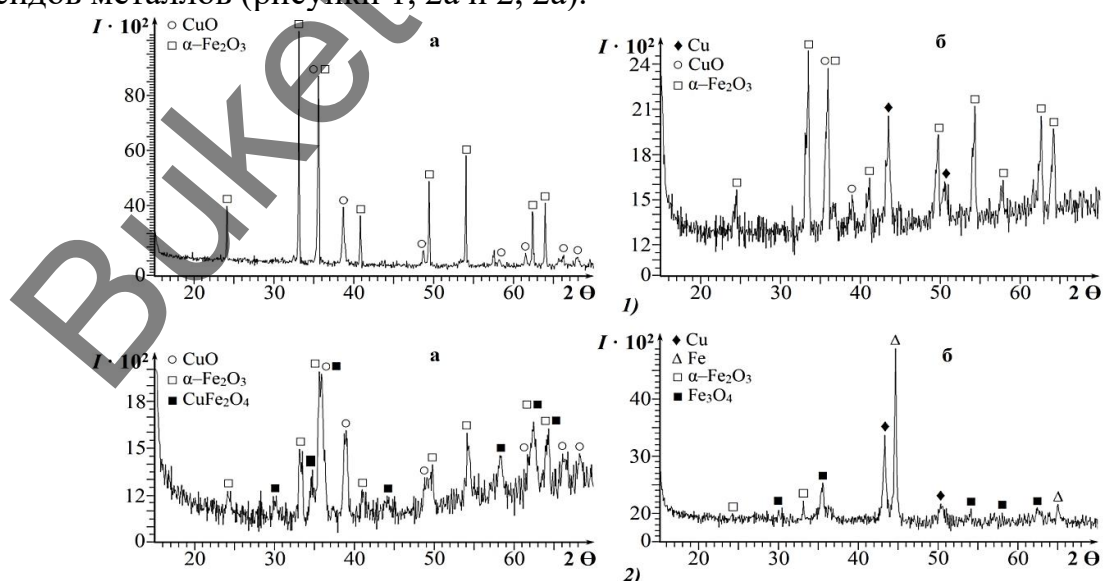


Рисунок 1 – Фазовые составы образцов оксидов металлов, термически обработанных при 700°C (1) и 900°C (2) (а), и после электрогидрирования 5-НСК (б)

В результате электрохимического восстановления образцов из оксидов металлов после ТО при 700°C в их составах частично сохраняются либо оба оксида металлов, как в случае без применения ПВС (рисунок 1, 2б), либо только оксид железа, как при использовании ПВС (рисунок 2, 1б). При этом в первом случае в составе образованного композита появляются кристаллические фазы восстановленной меди (Cu^0), во втором – восстанавливаются катионы и меди, и железа.

Электрохимическое восстановление образцов, обработанных при 900°C и имеющих в своих составах феррит меди помимо кристаллических фаз оксидов металлов, сопровождается образованием обоих металлов с соответствующими пиками на рентгенограммах высокой интенсивности (рисунки 1, 2б и 2, 2б). Это указывает на более полное восстановление металлов, но без применения полимерного стабилизатора восстановленного железа образуется больше, как и следовало ожидать, а с ПВС, наоборот, образуется в большем количестве медь. Это, по-видимому, обусловлено различным содержанием феррита меди, образующегося в ходе ТО при 900°C.

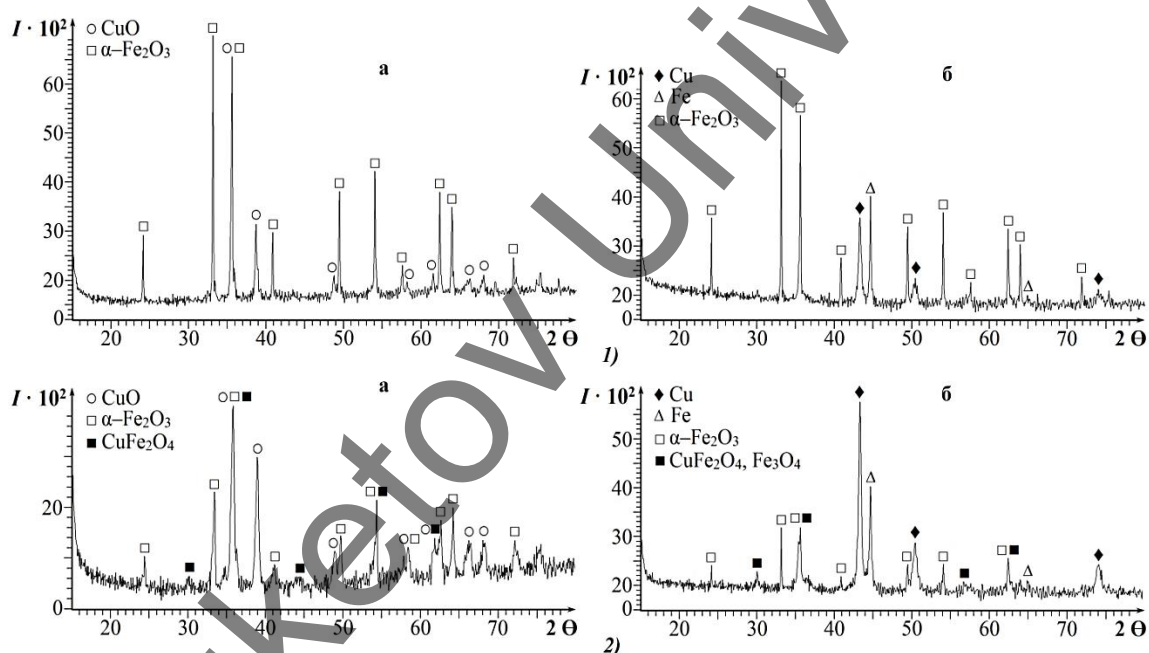


Рисунок 2 – Фазовые составы образцов оксиды металлов + ПВС, термически обработанных при 700°C (1) и 900°C (2)(а), и после электрогидрирования 5-НСК (б)

Из образца, диспергированного без ПВС, феррита меди получается больше при ТО, а адсорбция ПВС на частицах исходных оксидов, несмотря на его термическое разложение, может снижать межмолекулярное взаимодействие оксидов металлов.

Полученные после электрохимического восстановления Fe-Cu-композиты были применены в качестве катализаторов в электрогидрировании 5-НСК. Выполненными экспериментами установлено, что электрохимическое

восстановление 5-НСК на Cu-катоде (без катализатора) осуществляется со скоростью 7,2 мл Н₂/мин, и полной конверсией гидрируемого вещества. Электрокаталитическое гидрирование 5-НСК на композитах, термически обработанных при 500, 700 и 900°C, проходит со скоростями 9,3; 9,9 и 14,4 мл Н₂/мин, соответственно. В аналогичных условиях скорость гидрирования 5-НСК на композитах, полученных с добавлением ПВС и после ТО при 500, 700 и 900°C, составляет 8,9; 11,7 и 14,2 мл Н₂/мин, соответственно. Степень превращения 5-НСК в 5-аминосалициловую кислоту почти для всех композитов также достигает 100%.

Таким образом, Fe-Cu-композиты получены из оксидов металлов и феррита меди в ходе их электрохимического восстановления. Установлено влияние полимера ПВС, используемого при диспергировании исходных оксидов, на формирование фазового состава композитов как в ходе их термической обработки, так и после электрохимического восстановления. Электрокаталитическая активность полученных Fe-Cu-композитов в электрогидрировании 5-НСК возрастает с повышением температуры ТО исходной смеси оксидов.

Литература

1. Иванова Н.М., Соболева Е.А., Висурханова Я.А., Мулдахметов З.М. Электрохимическое получение Fe-Cu-композитов на основе феррита меди (II) и их электрокаталитические свойства // Электрохимия. – 2020. – Т. 56. – С. 579-590.
2. Vissurkhanova Ya.A., Ivanova N.M., Soboleva E.A., Muldakhmetov Z.M., Abulyaissova L.K., Minaev B.F. Fe-Cu composites preparation using Cu-Zn ferrite and their electrocatalytic application // Materials Letters. – 2023. – Vol. 333. – Article number: 133521.

ХИМИЯ ПӘНІН ОҚЫТУДАҒЫ ВИРТУАЛДЫ ЛАБОРАТОРИЯЛАРДЫҢ МАҢЫЗЫ

Искандарова М.Б.* , Жаксимаева Ж.М.

Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті*
Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті

Аңдатпа. Мақалада цифрлық технологиялардың білім беру үдерісіне әсері туралы ақпарат беріледі. Химия пәнін оқытуда виртуалды лабораторияларды қолданудың маңыздылығы жайлы мәлімет келтіріледі. Сонымен қатар, қазіргі кездегі жаһандық деңгейдегі виртуалды зертханалардың тізімі мен олардың химия пәнін оқытудағы артықшылықтарын ашып көрсетіледі.

Кілт сөздер: виртуалды зертхана, эксперимент, оқу үрдісі, реактивтер, химия пәні.