

DOI: 10.20535/kpi-sn.2019.3.175733

УДК 546.733:546.742:546.06

І.С. Кузеванова*, А.О. Зульфигаров, В.А. Потаскалов, О.О. Андрійко, Н.Е. Власенко

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

*corresponding author: kuzevanova2009@ukr.net

ВПЛИВ ЗМІНИ рН СЕРЕДОВИЩА НА СТІЙКІСТЬ ГЕТЕРОМЕТАЛІЧНИХ КОМПЛЕКСНИХ СПОЛУК НІКЕЛЮ (II)–КОБАЛЬТУ (III) З МОНОЕТАНОЛАМІНОМ У СПИРТОВИХ РОЗЧИНАХ

Проблематика. Недостатньо дослідженими залишаються умови нанесення гетерометалічного комплексу кобальту (III)–нікелю (II) з моноетаноламіном, що використовується як прекурсор для отримання електрокаталітичних матеріалів на інертні носії. Особливо важливим є контролювання діапазону рН реакційного середовища, що може значно вплинути на склад і структуру активних центрів після нанесення та піролітичного розкладу.

Мета дослідження. Експериментальне визначення діапазону рН, у якому склад комплексних сполук 2Co–Ni з моноетаноламіном залишатиметься незмінним, та вивчення перетворень, що відбуваються з комплексними сполуками залежно від зміни значення рН.

Методика реалізації. Синтез $\{Ni[CoEtm_3]_2\}(NO_3)_2$ і дослідження його стійкості залежно від зміни рН методами потенціометричного титрування хлоридною кислотою ($C = 0,1$ М) та гідроксидом натрію ($C = 0,1$ М). Вивчення структурних перетворень отриманої комплексної сполуки та продуктів її деструкції в спиртових розчинах за допомогою електронних спектрів поглинання.

Результати дослідження. Дослідження стійкості спиртових розчинів внутрішньоконкомплексної сполуки кобальту (III) з моноетаноламіном і гетерометалічного комплексу 2Co–Ni з моноетаноламіном у лужному та кислому середовищах дали змогу встановити межі діапазону рН, у яких не відбувається руйнування синтезованих комплексних сполук. За результатами аналізу отриманих спектрів поглинання та окисно-відновного титрування можна стверджувати про відсутність зміни координаційного оточення металів (Co (III), Ni (II)) у межах рН від 7 до 8. При збільшенні рН середовища понад 8 відбувається руйнування комплексних сполук з утворенням солей Co^{2+} і Ni^{2+} . У випадку зниження рН менше 7 вказані комплексні сполуки перетворюються на хлориднокислі аміни. Відповідні перетворення, що відбуваються з $CoEtm_3$ і $\{Ni[CoEtm_3]_2\}(NO_3)_2$ під дією впливу кислоти та лугу в спиртових розчинах, описані запропонованими схемами розкладу.

Висновки. Отримані результати вказують на необхідність контролю рН реакційного середовища при перспективній розробці технології отримання каталітичних матеріалів із використанням як прекурсорів гетероядерного комплексу $\{Ni[CoEtm_3]_2\}(NO_3)_2$ та чітко встановлюють межі рН у діапазоні від 7 до 8 одиниць.

Ключові слова: моноетаноламін; кобальт (III); нікель (II); потенціометричне титрування; електронні спектри поглинання.

Вступ

Каталітичні властивості сполук 3d-металів використовуються у багатьох важливих хіміко-технологічних процесах і продовжують досліджуватися з метою розробки більш ефективних композицій та максимально універсальних методів нанесення [1–4]. Водночас використання продуктів піролітичного розкладу поліядерних комплексних сполук кобальту (III)–нікелю (II) як модифікуючих електрокаталітичних компонентів поверхні вуглецевих матеріалів у процесах інтеркаляції/деінтеркаляції літію та розряду-іонізації водню досліджувалося в роботах [5, 6]. Зокрема, визначалися метод синтезу гетерометалічних комплексних сполук 2Co–Ni з моноетаноламіном як прекурсорів отримання

каталізуючих компонентів та умови температурної обробки модифікованих матеріалів задля отримання каталітично активних центрів [7]. Однак недостатньо дослідженими залишаються умови нанесення синтезованих комплексів на поверхню вуглецевих зразків, зокрема контролювання діапазону рН реакційного середовища, що може значно вплинути на склад і структуру активних центрів після нанесення і термічного розкладу.

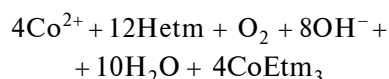
Постановка задачі

Основною метою проведених досліджень стало експериментальне визначення діапазону рН, у якому склад комплексних сполук 2Co–Ni з моноетаноламіном буде залишатися

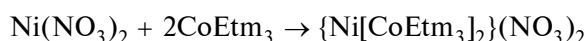
незмінним, та вивчення перетворень, що відбуваються з комплексними сполуками залежно від зміни значення рН.

Результати досліджень і їх обговорення

Як вихідні речовини для отримання комплексних сполук використовували нітрати кобальту (II) та нікелю (II) марки “х.ч.”, гідроксид калію марки “х.ч.”, моноетаноламін (МЕА) марки “ч” та ізопропанол марки “х.ч.”. Синтез поліядерного комплексу 2Co–Ni з МЕА проводився у дві стадії. Спершу отримували внутрішньокмлексну сполуку (ВКС) Co (III) з МЕА (де Hetm – $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$) окисненням киснем повітря Co^{2+} у лужному середовищі до 1,2,3fac – CoEtm_3 за реакцією



На другому етапі проводили синтез поліядерного комплексу 2Co–Ni з аміноспиртами. Для цього розчиняли нітрат нікелю в ізопропіловому спирті при нагріванні і після охолодження розчину до кімнатної температури додавали його до розчину раніше приготованої внутрішньокмлексної сполуки при постійному перемішуванні. Отриману суміш залишали для визрівання поліядерного комплексу на 3 доби. Хімічна реакція



відповідає утворенню триядерної комплексної сполуки з моноетаноламіном.

За результатами елементного хімічного аналізу, що проводили газохроматографічним методом на приладі Carlo Erba Elemental Analyzer 1106 (на С, N, H) і методом атомно-емісійної спектроскопії з індукційно зв'язаною плазмою на спектрометрі Jobin Yvon-Horiba 180 Ultrase (на Co та Ni), було встановлено склад отриманих комплексних сполук кобаль-

ту (III)–нікелю (II), який достатньо близько корелює з розрахунковими значеннями (таблиця). Таким чином, синтезований гетерометалічний комплекс (ГМК) відповідає складу $\{\text{Ni}[\text{CoEtm}_3]_2\}(\text{NO}_3)_2$.

Стійкість CoEtm_3 та $\{\text{Ni}[\text{CoEtm}_3]_2\}(\text{NO}_3)_2$ залежно від рН середовища досліджувалася за допомогою цифрового рН-метра Аквилон рН410 методом потенціометричного титрування водними розчинами хлоридної кислоти та гідроксиду натрію.

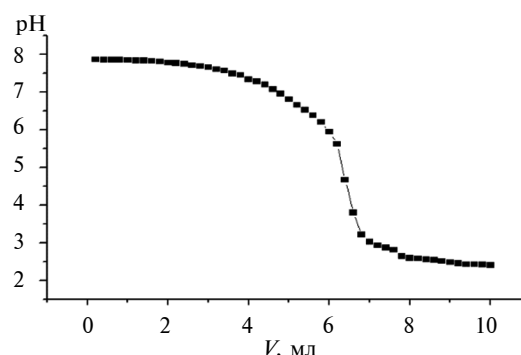


Рис. 1. Крива потенціометричного титрування ($C(\text{HCl}) = 1 \text{ моль/дм}^3$) спиртового розчину CoEtm_3

Отриманий у результаті синтезу спиртовий розчин ВКС мав рН 7,84. При виконанні потенціометричного титрування (рис. 1) вказаного розчину хлоридною кислотою на отриманих кривих титрування в кислому середовищі було визначено дві точки еквівалентності за значень рН 7 та 4,3 відповідно. Окисно-відновне титрування гексаціанофератом (III) калію з аміачним буфером [8] вказало на наявність у розчині іонів Co^{2+} .

Тому, з метою подальшого вивчення перетворень, що відбуваються з ВКС при додаванні кислоти, було застосовано метод електронних спектрів поглинання (ЕСП) із використанням VIS-спектрофотометра UNICO2100 у кюветах з $l = 1 \text{ см}$. Отримані спектральні криві наведені на рис. 2.

Таблиця. Результати елементного аналізу

| Сполука | С, % | | N, % | | H, % | | Co, % | | Ni, % | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Розр. | Експ. | Розр. | Експ. | Розр. | Експ. | Розр. | Експ. | Розр. | Експ. |
| CoEtm_3 | 30,1 | 29,9 | 17,6 | 17,9 | 7,51 | 7,42 | 24,69 | 24,5 | – | – |
| $\{\text{Ni}[\text{CoEtm}_3]_2\}(\text{NO}_3)_2$ | 21,78 | 21,2 | 16,94 | 17,0 | 5,45 | 5,37 | 17,84 | 17,7 | 8,92 | 8,81 |

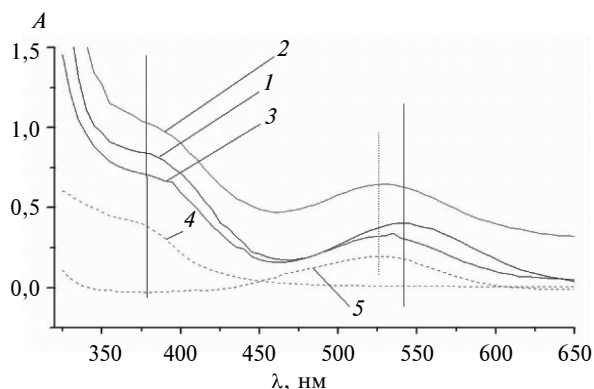
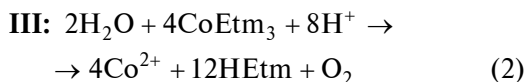
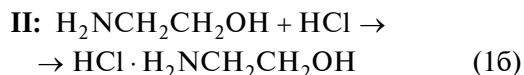


Рис. 2. Електронні спектри поглинання внутрішньокмплесної сполуки кобальту (III) та прекурсорів його синтезу в кислому середовищі: 1 – pH 7,84; 2 – pH 6,16; 3 – pH 2,56; 4 – моноетаноламін; 5 – метанольний розчин солі Co^{2+}

ЕСП зразків, відібраних у різних частинах потенціометричної кривої (за pH 7,84; 6,16; 2,56), підтверджують появу Co^{2+} , на що вказує гіпсхромний зсув максимуму поглинання з 545 нм (для спектра вихідного ВКС Co^{3+} з моноетаноламіном) до 535 нм вже за pH 6,16 (що збігається з максимумом поглинання йону Co^{2+} у спиртовому розчині нітрату кобальту (II), зумовленим $d-d$ -переходом ${}^4\text{T}_{1g}(\text{F}) \rightarrow {}^4\text{T}_{1g}(\text{P})$). При подальшому підкисленні розчину характер спектральної кривої та положення максимуму поглинання не змінюються. Отримані результати дають можливість описати ймовірну схему розкладу ВКС Co^{3+} з моноетаноламіном у кислому середовищі, що відбувається у три етапи:



Спочатку (реакція (1a)) відбувається часткова протонізація аміноспиртових ланцюгів ВКС з подальшою взаємодією моноетаноламіну, що утворюється (а також потрапляє до досліджуваного зразка в процесі синтезу внаслідок використання у невеликому надлишку), з хлоридною кислотою з утворенням хлористоводневих солей моноетаноламіну (реакція (16)). Далі (реакція (2)) відбувається процес відновлення Co^{3+} до Co^{2+} .

При виконанні потенціометричного титрування розчину ВКС гідроксидом натрію (рис. 3) уже при додаванні невеликої кількості реагенту спостерігається випадання рожевого осаду, а на потенціометричній кривій можна зафіксувати одну точку еквівалентності при pH 9. У подальшому розчин світлішає і забарвлення змінюється з рожевого на слабо-жовте.

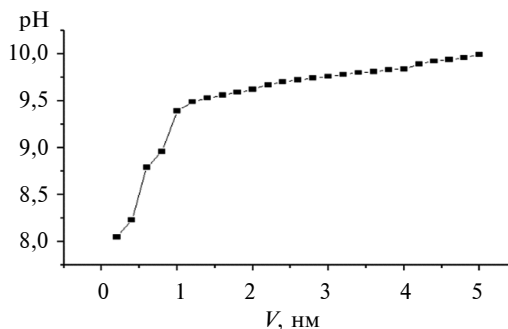


Рис. 3. Крива потенціометричного титрування ($C(\text{NaOH}) = 1 \text{ моль/дм}^3$) спиртового розчину CoEtM_3

Водночас на електронних спектрах поглинання (рис. 4) спостерігається зменшення смуги Co^{3+} при 545 нм (що відповідає $d-d$ -переходу ${}^1\text{A}_{1g} \rightarrow {}^1\text{T}_{2g}$), а при pH 11,67 максимум зникає повністю. Окисно-відновне титрування гексацианофератом (III) калію з аміачним буфером вказало на відсутність у розчині йонів Co^{3+} .

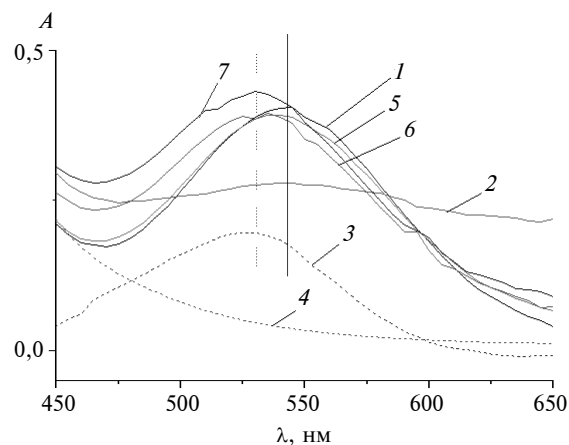
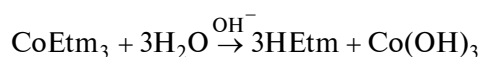


Рис. 4. Електронні спектри поглинання внутрішньокмплесної сполуки кобальту (III) та прекурсорів його синтезу в лужному середовищі: 1 – pH 7,84; 2 – pH 11,67; 3 – метанольний розчин солі Co^{2+} ; 4 – моноетаноламін; 5 – pH 8,01; 6 – pH 9,02; 7 – pH 10,01

Осад, що утворюється, розчиняється в HCl з утворенням рожевого розчину. Дослідження утвореного зразка методом ЕСП зафіксувало появу максимуму поглинання при 545 нм, що відповідає Co^{3+} .

Таким чином, схема перетворення ВКС Co^{3+} з моноетаноламіном у лужному середовищі матиме вигляд



Наступним етапом проведених досліджень стало вивчення процесів впливу рН середовища на стійкість і перетворення у спиртовому розчині ГМК кобальту (III)–нікелю (II).

Отриманий унаслідок синтезу спиртовий розчин ГМК мав рН 7,87. При виконанні потенціометричного титрування вказаного розчину хлоридною кислотою ($\text{C}(\text{HCl}) = 1$ моль/л) на отриманих кривих титрування в кислому середовищі було визначено дві точки еквівалентності за значень рН 6,8 і 4,5 відповідно (рис. 5).

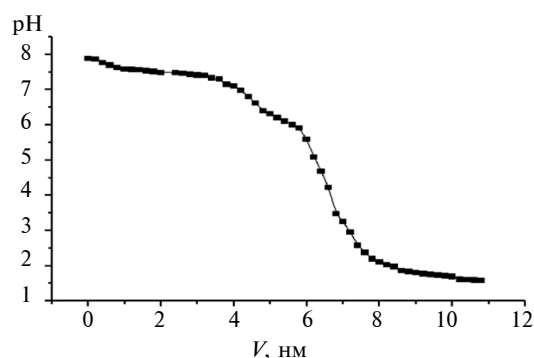


Рис. 5. Крива потенціометричного титрування ($\text{C}(\text{HCl}) = 1$ моль/дм³) спиртового розчину $\{\text{Ni}[\text{CoEtm}_3]_2\}(\text{NO}_3)_2$

З використанням методу окисно-відновного титрування гексаціанофератом (III) калію з аміачним буфером [8] встановлено відсутність у розчині йонів Co^{2+} після закінчення титрування.

Аналізуючи отримані точки потенціометричної кривої за допомогою методу ЕСП, ми встановили появу гіпсохромного зміщення максимуму поглинання ГМК з 540 до 530 нм уже при зниженні рН до 5,55 без зміни характеру спектральної кривої. Найімовірніше, це вказує на приєднання молекул хлоридної кислоти до залишків моноетаноламіну з утворенням хлориднокислих амінів. При подальшому підкисленні змінюються положення максимумів по-

глинання не спостерігається навіть при досягненні рН 1,58 (рис. 6).

Отримані результати дають можливість описати ймовірну схему розкладу ГМК 2Co-Ni з моноетаноламіном у кислому середовищі, що відбувається у два етапи:

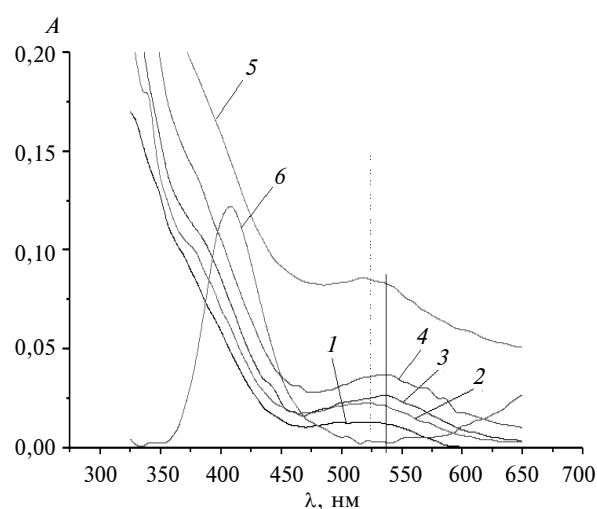
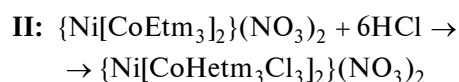
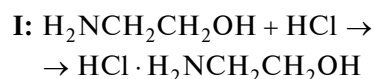
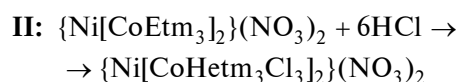
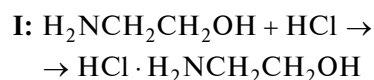


Рис. 6. Електронні спектри поглинання гетерометалічного комплексу кобальту (III) та прекурсорів його синтезу в кислому середовищі: 1 – рН 1,58; 2 – рН 2,95; 3 – рН 6,99; 4 – рН 7,87; 5 – рН 5,55; 6 – метанольний розчин солі Ni^{2+}

Отримані результати дають можливість описати ймовірну схему розкладу ГМК 2Co-Ni з моноетаноламіном у кислому середовищі, що відбувається у два етапи:



При виконанні потенціометричного титрування спиртового розчину ГМК розчином гідроксидом натрію ($\text{C}(\text{NaOH}) = 1$ моль/дм³) спостерігається зміна кольору розчину з темно-рожевого на зелений та випадіння рожевого осаду, а на потенціометричній кривій можна зафіксувати одну точку еквівалентності при рН 10 (рис. 7).

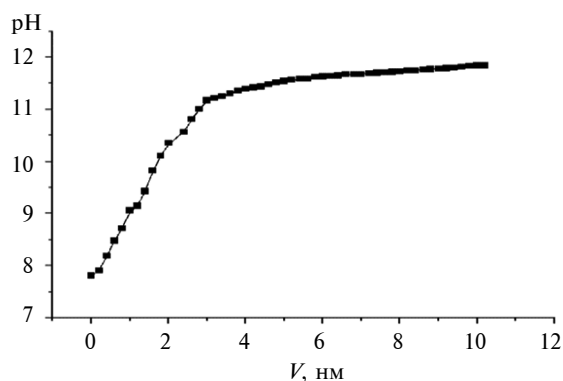


Рис. 7. Крива потенціометричного титрування ($C(\text{NaOH}) = 1 \text{ моль/дм}^3$) спиртового розчину $\{\text{Ni}[\text{CoHem}_3\text{Cl}_3]_2\}(\text{NO}_3)$

Водночас на електронних спектрах поглинання (рис. 8) спостерігається поява максимумів поглинання Ni^{2+} при 410 нм (що відповідає $d-d$ -переходу ${}^3A_{2g} \rightarrow {}^3T_{1g}(\text{F})$) та одночасне зменшення смуги Co^{3+} при 540 нм, що зникає при pH 11,96. Окисно-відновне титрування гексаціанофератом (III) калію з аміачним буфером вказало на відсутність у розчині йонів Co^{2+} після закінчення титрування.

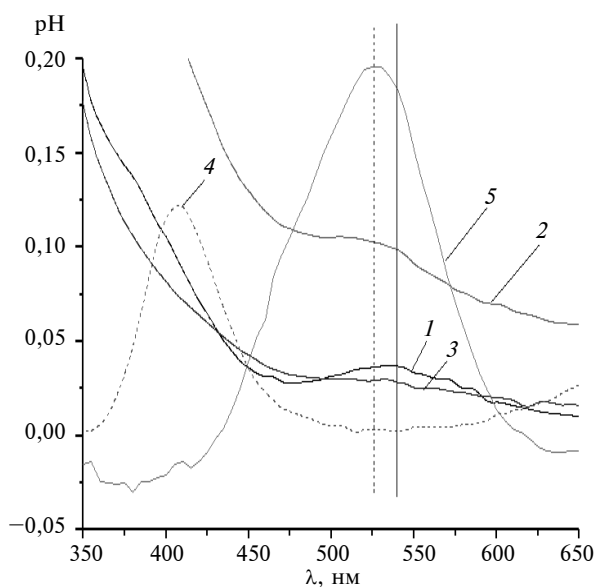
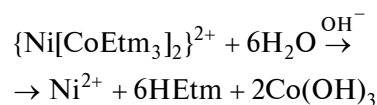


Рис. 8. Електронні спектри поглинання гетерометалічного комплексу кобальту (III) та прекурсорів його синтезу в лужному середовищі: 1 – pH 7,87; 2 – pH 10,01; 3 – pH 11,96; 4 – метанольний розчин солі Ni^{2+} ; 5 – метанольний розчин солі Co^{2+}

Осад, що утворюється, розчиняється в HCl з утворенням рожевого розчину. Дослідження утвореного зразка методом електронних спектрів поглинання виявило появу максимуму поглинання Co^{3+} .

Отримані результати ЕСП і потенціометричного титрування дають змогу запропонувати таку схему розкладу ГМК 2Co–Ni з моноетаноламіном у лужному середовищі:



Висновки

Дослідження стійкості спиртових розчинів внутрішньокмплесної сполуки кобальту (III) з моноетаноламіном та ГМК 2Co–Ni з моноетаноламіном у лужному та кислому середовищах дали змогу встановити межі діапазону pH, у яких не відбувається руйнування синтезованих комплексних сполук. За результатами аналізу отриманих спектрів поглинання та окисно-відновного титрування можна стверджувати про відсутність зміни координаційного оточення металів Co (III) та Ni (II) у межах pH від 7 до 8. При збільшенні pH середовища понад 8 відбувається руйнування комплексних сполук з утворенням солей Co^{2+} і Ni^{2+} . У випадку зниження pH менше 7 наведені комплексні сполуки перетворюються на хлориднокислі аміни. Відповідні перетворення, що відбуваються з CoEtm_3 і $\{\text{Ni}[\text{CoEtm}_3]_2\}(\text{NO}_3)_2$ під дією впливу кислоти та лугу в спиртових розчинах, описані запропонованими схемами розкладу.

Отримані результати вказують на необхідність контролю pH реакційного середовища в процесі синтезу гетероядерного комплексу $\{\text{Ni}[\text{CoEtm}_3]_2\}(\text{NO}_3)_2$ та чітко встановлюють межі pH у діапазоні від 7 до 8 одиниць. Таким чином, указаний параметр буде враховуватись при подальшій розробці перспективної технології отримання ефективних каталітичних матеріалів з активними центрами на основі шпінелеподібних змішаних оксидів кобальту та нікелю із використанням як прекурсорів їх отримання $\{\text{Ni}[\text{CoEtm}_3]_2\}(\text{NO}_3)_2$.

References

- [1] Z. Wang *et al.*, “High-performance catalytic perovskite hollow fiber membrane reactor for oxidative propane dehydrogenation”, *J. Membrane Sci.*, no. 578, pp. 36–42, 2019. doi: 10.1016/j.memsci.2019.02.012
- [2] S. Badoga *et al.*, “Combined effects of EDTA and heteroatoms (Ti, Zr, and Al) on catalytic activity of SBA-15 supported NiMo catalyst for hydrotreating of heavy gas oil”, *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 53, no. 6, pp. 2137–2156, 2014. doi: 10.1021/ie400695m
- [3] J. Santander *et al.*, “Ni–Nb mixed oxides: One-pot synthesis and catalytic activity for oxidative dehydrogenation of ethane”, *Chem. Eng. J.*, vol. 255, pp. 185–194, 2014. doi: 10.1016/j.cej.2014.06.048
- [4] Z. Li *et al.*, “Fine-tuning the activity of metal-organic framework-supported Cobalt Catalysts for the oxidative dehydrogenation of propane”, *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 139, no. 42, pp. 15251–15258, 2017. doi: 10.1021/jacs.7b09365
- [5] A.A. Andriiko *et al.*, Discharge-ionization of hydrogen on modified carbon nanotube electrodes”, *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 38, no. 14, pp. 5983–5988. 2013. doi: 10.1016/j.ijhydene.2013.02.088
- [6] A.O. Zulfigarov *et al.*, “Synthesis route for preparation of precursor solutions”, in *Promising Materials and Processes in Applied Electrochemistry*. Kyiv, Ukraine, 2017, pp. 235–240.
- [7] A.O. Zulfigarov *et al.*, “Structure and thermal destruction trinuclear complexes 2Co(+3):Ni(+2) with aminoalcohols”, *Ukrainian Chemistry Journal*, vol. 82, no. 7, pp. 46–53, 2016.
- [8] I.V. Pyatnickui, *Cobalt Analytical Chemistry*. Moscow. SU: Nauka, 1965.

И.С. Кузеванова, А.О. Зульфигаров, В.А. Потаскалов, А.А. Андрейко, Н.Е. Власенко

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ pH СРЕДЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ГЕТЕРОМЕТАЛИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НИКЕЛЯ (II)–КОБАЛЬТА (III) С МОНОЭТАНОЛАМИНОМ В СПИРТОВЫХ РАСТВОРАХ

Проблематика. Недостаточно исследуемыми остаются условия нанесения гетерометаллического комплекса кобальта (III)–никеля (II) с моноэтаноломином, который используется как прекурсор для получения электрокаталитических материалов на инертных носителях. Особенно важным является контролирование диапазона pH реакционной среды, что значительно может повлиять на состав и структуру активных центров после нанесения и пиролизического разложения.

Цель исследования. Экспериментальное определение диапазона pH, в котором состав комплексных соединений 2Co–Ni с моноэтаноломином будет оставаться неизменным, и изучение превращений, которые происходят с комплексными соединениями в зависимости от изменения значения pH.

Методика реализации. Синтез $\{Ni[CoEtM_3]_2\}(NO_3)_2$ и исследования его стойкости методами потенциометрического титрования хлоридной кислотой ($C = 0,1$ М) и гидроксидом натрия ($C = 0,1$ М). Изучение структурных преобразований полученного комплексного соединения и продуктов его деструкции в спиртовых растворах с помощью электронных спектров поглощения.

Результаты исследования. Исследования стойкости спиртовых растворов внутрикомплексного соединения кобальта (III) с моноэтаноломином и гетерометаллического соединения 2Co–Ni с моноэтаноломином в щелочной и кислой средах дали возможность установить пределы диапазона pH, в которых не происходит разрушения синтезированных комплексных соединений. За результатами анализа полученных спектров поглощения и окислительно-восстановительного титрования можно утверждать об отсутствии изменения координационного окружения металлов (Co (III), Ni (II)) в пределах pH от 7 до 8. При увеличении pH среды выше 8 происходит разрушение комплексных соединений с образованием солей Co^{2+} и Ni^{2+} . В случае снижения pH ниже 7 указанные комплексные соединения превращаются в хлорокислые амины. Соответствующие превращения, которые происходят с $CoEtM_3$ и $\{Ni[CoEtM_3]_2\}(NO_3)_2$ под воздействием кислоты и щелочи в спиртовых растворах, описаны предложенными схемами разложения.

Выводы. Полученные результаты указывают на необходимость контроля pH реакционной среды при перспективной разработке технологии получения каталитических материалов с использованием в качестве прекурсоров гетероядерного комплекса $\{Ni[CoEtM_3]_2\}(NO_3)_2$ и четко устанавливают пределы pH в диапазоне от 7 до 8 единиц.

Ключевые слова: моноэтаноламин; кобальт (III); никель (II); потенциометрическое титрование; электронные спектры поглощения.

I.S. Kuzevanova, A.O. Zulfigarov, V.A. Potaskalov, A.A. Andriiko, N.E. Vlasenko

EFFECT OF pH CHANGE ON THE STABILITY OF HETEROMETALIC COMPLEX COMPOUNDS OF NICKEL (II)–COBALT (III) WITH MONOETHANOLAMINE IN ALCOHOL SOLUTIONS

Background. The application of the cobalt (III) nickel (II) heterometallic complex with monoethanolamine, which is used as a precursor for the preparation of electrocatalytic materials on inert carriers, remain insufficiently studied. Of particular importance is the control of the pH range of the reaction medium, which can significantly affect the composition and structure of the active centers after deposition and pyrolytic decomposition.

Objective. The purpose of the paper is the experimental determination of the pH range in which the composition of 2Co–Ni complex compounds with monoethanolamine will remain unchanged and study of the transformations that occur with complex compounds depending on the change in pH value.

Methods. Synthesis of $\{Ni[CoEtM_3]_2\}(NO_3)_2$ and studies of its durability by methods of potentiometric titration with chloride acid ($C = 0.1$ M) and sodium hydroxide ($C = 0.1$ M). Studying the structural transformations of the obtained complex compound and its decomposition products in alcohol solutions using electronic absorption spectra.

Results. The study of the stability of alcoholic solutions of the intracomplex cobalt (III) compound with monoethanolamine and the heterometallic compound 2Co–Ni with monoethanolamine in alkaline and acidic media made it possible to establish the limits of the pH range in which the synthesis of the synthesized complex compounds does not occur. For the results of the analysis of the obtained absorption spectra and redox titration, it can be argued that there is no change in the coordination environment of metals (Co (III), Ni (II)) in the range of 7 to 8 pH. With an increase in the pH of the medium above 8, the complex compounds are destroyed with the formation of Co^{2+} and Ni^{2+} salts. In the case of lowering the pH below 7, the above complex compounds are converted to chloroacidic amines. The corresponding transformations that occur with CoEt_3 and $\{\text{Ni}[\text{CoEt}_3]_2\}(\text{NO}_3)_2$ under the influence of acid and alkali in alcohol solutions are described by the proposed decomposition schemes.

Conclusions. The obtained results indicate the need to control the pH of the reaction medium with the promising development of technology for producing catalytic materials using the $\{\text{Ni}[\text{CoEt}_3]_2\}(\text{NO}_3)_2$ heteronuclear complex as precursors and clearly set the pH limits in the range from 7 to 8 units.

Keywords: monoethanolamine; cobalt (III); nickel (II); potentiometric titration; electronic absorption spectra.

Рекомендована Радою
хіміко-технологічного факультету
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Надійшла до редакції
26 квітня 2019 року

Прийнята до публікації
20 червня 2019 року