

Головки Д. А.,
Головки И. Д.

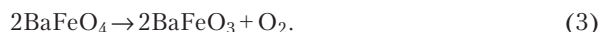
ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ КОБАЛЬТА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ФЕРРАТОВ(VI)

Изучена устойчивость кристаллических ферратов(VI) и их растворов в присутствии некоторых кобальтсодержащих веществ. Установлено, что соединения Co(II) при взаимодействии с анионом FeO_4^{2-} окисляются до Co(III), которые катализируют разложение ферратов. Показано, что твердые ферраты, содержащие примеси кобальта, более стабильны по сравнению с их растворами.

Ключевые слова: устойчивость ферратов(VI), соединения кобальта, катализ, разложение, ферраты калия и бария.

1. Введение

Ферраты(VI) щелочных и щелочноземельных металлов имеют широкую перспективу применения в промышленной экологии, органическом синтезе, производстве источников тока и др. [1–12]. Ввиду высокой реакционной способности Fe(VI) они склонны к самопроизвольному разложению (реакции (1)–(3)):



Изучению кинетики разложения ферратов и повышению их устойчивости посвящено много работ [1, 3–6], и к настоящему времени считается, что она во многом зависит от присутствия в системе незначительных количеств примесей соединений тяжелых металлов, катализирующих течение реакций (1)–(3). Вместе с тем, иногда содержание последних может быть весьма высоким, достигая даже 10 %, как например, описано в [3] для кобальта, когда добавление Co_2O_3 к K_2FeO_4 или $BaFeO_4$ использовано с целью улучшения функциональных характеристик активной массы супер-железных аккумуляторов, но не приводит к заметному разложению ферратов. Однако исследований по изучению влияния соединений Co на свойства ферратов(VI) опубликовано недостаточно.

Понимание процессов, происходящих в системе феррат/соединения кобальта, представляет не только теоретический интерес, но также важно для усовершенствования источников тока и для разработки эффективных технологий получения ферратов(VI) различных металлов.

Данная работа посвящена изучению влияния некоторых соединений кобальта в различных степенях окисления на устойчивость кристаллических ферратов и их щелочных водных растворов.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Еще в [5] показано, что устойчивость ферратных растворов резко снижается при добавлении к ним солей

кобальта(II), и этот эффект, по мнению авторов, вызван именно его каталитическим действием, поскольку известно, что соединения кобальта катализируют разложение многих сильных окислителей. В более поздних работах [3, 4] выводы о роли следовых количеств Co(II) как катализаторов разложения растворов феррата калия были подтверждены, но в то же время отмечено, что твердый K_2FeO_4 стабилен в присутствии даже нескольких процентов Co_2O_3 .

Необходимо заметить, что это противоречие до настоящего времени так и не нашло своего разрешения. Кроме того во многих работах, как правило, не учитывалась возможность протекания химической реакции между производными кобальта и анионом FeO_4^{2-} , который даже в щелочной среде обладает достаточно высокой окислительной способностью. Только в [3], при обсуждении вероятного механизма каталитического разложения ферратов под влиянием соединений кобальта в качестве гипотезы упоминается о теоретической возможности осуществления перехода $Co(III) \rightarrow Co(IV)$ в ходе реакции:



Тем не менее, авторы [3] все же ставят под сомнение образование CoO_2 и протекание этой реакции, поскольку считают, что потенциал Fe(VI) недостаточен для окисления Co(III) в Co(IV).

По непонятным причинам более вероятный переход $Co(II) \rightarrow Co(III)$ (соответствующие реакции и потенциалы приведены в табл. 1) в работах [3–5] не только не изучался, но даже не учитывался. Тем не менее, известно [7, 8], что при окислении солей Co(II) в щелочной среде под действием таких окислителей как, озон, хлор, гипохлорит, персульфат и др. легко образуется гидроксид Co(III). Поэтому логично предположить, что такое же окисление возможно и при взаимодействии производных Co(II) с феррат-анионом, что, естественно, требует экспериментального подтверждения. Кроме того, экспериментально следует также установить, образуются ли при этом соединения Co(IV), хотя очевидно, что их прямая идентификация проблематична, поскольку в из-

учаемых условиях они термодинамически неустойчивы и должны быстро разлагаться.

В процессе получения производных Fe(VI) в системе присутствует некоторое количество соединений кобальта либо в виде примесей или, как упоминалось выше, кобальтсодержащие вещества специально вводятся в нее. Представляло интерес изучить их влияние на кинетику разложения твердых ферратов и их растворов, поскольку ранее систематических исследований в этом направлении не проводилось.

3. Объект, цель и задачи исследований

Объект исследований — химические процессы, происходящие с ферратами под влиянием различных производных кобальта.

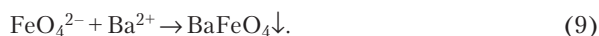
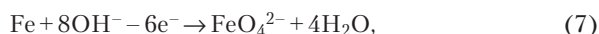
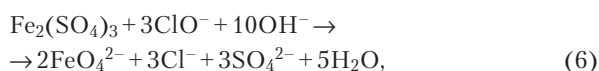
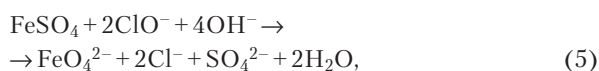
Цель исследований — изучить особенности разложения ферратов щелочных и щелочноземельных металлов в присутствии соединений кобальта.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить влияние соединений Co на разложение ферратных растворов щелочных металлов;
- изучить устойчивость кристаллических ферратов бария и калия в присутствии соединений кобальта.

4. Материалы и методы для исследования влияния соединений кобальта на устойчивость ферратов

4.1. Способы получения твердых ферратов и их щелочных растворов. Кристаллические ферраты и их водные растворы синтезировали двумя способами (гипохлоритным и комбинированным) по методикам, подробно описанным в [1], в основе которых лежат следующие уравнения химических реакций:



4.2. Материалы и вещества, применяемые для синтеза ферратов в присутствии соединений кобальта. Для получения ферратов(VI) гипохлоритным способом использовали следующие вещества: $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, BaCl_2 , KOH и NaOH . В качестве кобальтсодержащих реагентов применяли $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Co}(\text{OH})_2$, Co_2O_3 , $\text{CoO}(\text{OH})$. Все реактивы имели квалификацию чистоты не ниже х. ч. В качестве окислителей применяли щелочные растворы гипохлорита и ферратов натрия и калия.

Для комбинированного способа синтеза ферратов использовали металлические электроды, изготовленные из стандартных образцов с известным содержанием кобальта.

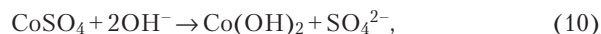
Растворы солей и гидроксидов металлов готовили на воде, которая прошла две стадии дистилляции.

4.3. Аналитическое определение ферратов и соединений кобальта. Концентрацию анионов FeO_4^{2-} в растворе устанавливали путем прямого потенциометрического титрования пробы, содержащей соединения Fe(VI), пользуясь специально разработанной методикой, подробно описанной в [9].

Определение кобальта и идентификация его соединений выполнялась в соответствии с [7, 10].

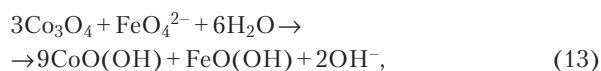
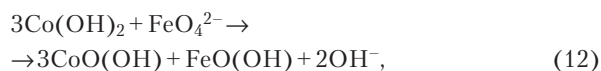
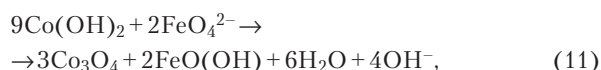
5. Результаты исследований по изучению влияния соединений кобальта на разложение ферратов(VI)

5.1. Термодинамические закономерности окисления соединений кобальта анионами ClO^- и FeO_4^{2-} . Очевидно, что примеси кобальта, присутствующие в исходном сырье, в процессе синтеза ферратов могут претерпевать определенные изменения, вызванные прежде всего высокой концентрацией OH^- ионов:



а также наличием в системе сильных окислителей, таких как ClO^- и FeO_4^{2-} .

Ниже приведены уравнения некоторых химических реакций, которые отражают возможные превращения кобальтсодержащих частиц по схеме $\text{Co}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Co}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{CoO}(\text{OH}) \rightarrow \text{CoO}_2$ под влиянием ферратов:



О термодинамической вероятности осуществления этих реакций судили по значениям величин стандартной константы равновесия (K^0), рассчитанных по уравнению (17), с учетом стандартных значений окислительно-восстановительных потенциалов соответствующих реакций, приведенных в табл. 1.

$$\ln K^0 = \frac{(E_{ox}^0 - E_{red}^0)nF}{RT}. \quad (17)$$

Величины $\ln K^0$, рассчитанные по уравнению (17) для предполагаемых реакций (11)–(16), приведены в табл. 2.

Таблица 1

Стандартные электродные потенциалы в водных растворах при 25 °С

№	Реакция	E, В
1	$3\text{Co}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- - 2e^- \rightarrow \text{Co}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$	-0,192 [11]
2	$\text{Co}(\text{OH})_2 + \text{OH}^- - e^- \rightarrow \text{CoO}(\text{OH}) + \text{H}_2\text{O}$	-0,054 [11]
3	$\text{Co}_3\text{O}_4 + \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} - e^- \rightarrow 3\text{CoO}(\text{OH})$	+0,222 [11]
4	$\text{Co}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- - 2e^- \rightarrow \text{CoO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,254 [11]
5	$\text{CoO}(\text{OH}) + \text{OH}^- - e^- \rightarrow \text{CoO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+0,562 [11]
6	$\text{Co}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- - e^- \rightarrow \text{CoO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,700 [12]
7	$\text{FeO}_4^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 3e^- \rightarrow \text{FeO}(\text{OH}) + 5\text{OH}^-$	+0,720 [1]

Таблица 2

Стандартная константа равновесия для реакций окисления соединений кобальта анионом феррата(VI)

Константа равновесия	№ реакции					
	11	12	13	14	15	16
$\ln K^0$	213,1	90,4	58,2	108,9	18,5	2,3

Следует добавить, что в [3] высказываются сомнения относительно возможности протекания реакции (16).

5.2. Влияние соединений кобальта на кинетику разложения ферратов в щелочной среде. Соединения кобальта в степенях окисления +2 и +3 выбирались для экспериментов исходя из следующих соображений: сульфат кобальта $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — основная примесь в исходном сырье для получения ферратов, гидроксид кобальта $\text{Co}(\text{OH})_2$ — продукт, который образуется при внесении солей кобальта в щелочные растворы (реакция (10)), оксид кобальта Co_2O_3 — специальная добавка для модификации свойств кристаллических ферратов, оксогидроксид кобальта $\text{CoO}(\text{OH})$ — соединение, образующееся из производных кобальта(II) в щелочной среде под воздействием сильных окислителей.

На рис. 1 приведены данные, иллюстрирующие изменение концентрации раствора феррата натрия при внесении в него эквимольных количеств некоторых соединений кобальта в различных степенях окисления.

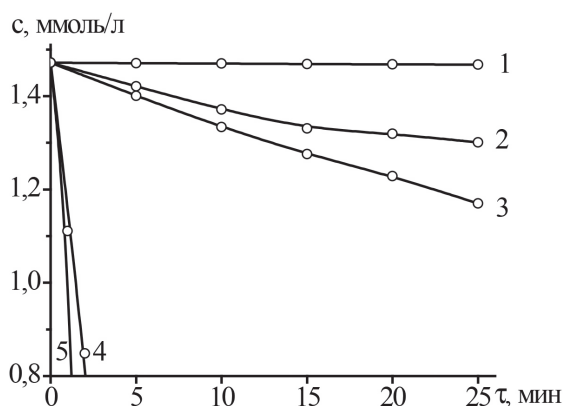


Рис. 1. Изменение концентрации FeO_4^{2-} во времени в 14,2 М NaOH (1) и в присутствии $2,0 \cdot 10^{-3}$ моль: 2 — Co_2O_3 ; 3 — $\text{CoO}(\text{OH})$; 4 — $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 5 — $\text{Co}(\text{OH})_2$

На основании этих данных была рассчитана относительная константа скорости разложения аниона FeO_4^{2-}

в предположении, что кинетика реакции (1) подчиняется кинетическому уравнению первого порядка (табл. 3).

Таблица 3

Влияние добавок некоторых соединений кобальта на относительная константа скорости разложения $1,47 \cdot 10^{-3}$ М раствора Na_2FeO_4

Добавка	без добавки	Co_2O_3	$\text{CoO}(\text{OH})$	$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	$\text{Co}(\text{OH})_2$
k/k_0	1	46	86	2599	2655

В табл. 4 представлено влияние добавки Co_2O_3 на устойчивость твердых ферратов калия и бария, при хранении в затемненном месте без доступа воздуха.

Таблица 4

Степень разложения кристаллов K_2FeO_4 и BaFeO_4 после контакта с оксидом кобальта Co_2O_3 в течение 1 месяца

№	$\omega(\text{Co}_2\text{O}_3)$, %	$\alpha(\text{K}_2\text{FeO}_4)$, %	$\alpha(\text{BaFeO}_4)$, %
1	0,01	0,8	1,3
2	0,10	0,9	1,5
3	1,00	2,2	2,8
4	10,00	3,6	5,7

Как следует из этих данных, кристаллические ферраты в присутствии оксида кобальта(III) разлагаются медленнее, чем ферратные растворы.

5.3. Взаимодействие соединений кобальта(II) с анионом FeO_4^{2-} . Было изучено взаимодействие сульфата кобальта $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и свежесажженного гидроксида $\text{Co}(\text{OH})_2$ с анионом FeO_4^{2-} в присутствии большого избытка гидроксида натрия (~14 М), обеспечивающего стабильное состояние Fe(VI). В табл. 5 представлены экспериментальные данные, необходимые для установления стехиометрии химического взаимодействия между феррат-анионом и Co(II) в сравнении с теоретическими соотношениями $n(\text{Co}(\text{II}))/n(\text{Fe}(\text{VI}))$ для предполагаемых реакций (11), (12) и (14).

Таблица 5

Теоретическая и экспериментальная стехиометрия взаимодействия соединений кобальта(II) с ферратами

Реакционная схема	№ реакции	Соотношение $n(\text{Co}(\text{II}))/n(\text{Fe}(\text{VI}))$	
		теоретическое	экспериментальное
$\text{Co}(\text{II}) + \text{Fe}(\text{VI}) \rightarrow \text{Co}(\text{II, III}) + \text{Fe}(\text{III})$	11	9 : 2	5,7 : 2
$\text{Co}(\text{II}) + \text{Fe}(\text{VI}) \rightarrow \text{Co}(\text{III}) + \text{Fe}(\text{III})$	12	6 : 2	
$\text{Co}(\text{II}) + \text{Fe}(\text{VI}) \rightarrow \text{Co}(\text{IV}) + \text{Fe}(\text{III})$	14	3 : 2	

Установлено, что в изучаемых условиях окисление соединений кобальта(II) протекает довольно интенсивно и во всех случаях заканчивается образованием темно-коричневого осадка, который по качественным признакам [7, 10] может быть идентифицирован, как оксогидроксид кобальта. На дериватограмме последнего выявлено два эндотермических эффекта — первый связанный с потерей воды, а второй при ~310 °С обусловлен разложением соединений Co(III).

5.4. Влияние соединений кобальта на выход ферратов.

Поскольку рассматриваемые вопросы непосредственно связаны с усовершенствованием технологий получения

ферратов, то представляло интерес исследовать влияние соединений кобальта на эффективность синтеза ферратов различными способами. Данные по степени превращения железа(II) в феррат(VI) при химическом способе, когда соли $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ с переменным содержанием $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ добавляли к щелочному раствору гипохлорита натрия, представлены на рис. 2.

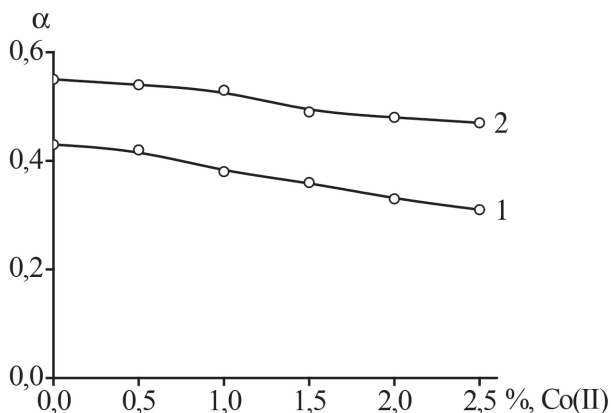


Рис. 2. Зависимость степени превращения α $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (1) и $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (2) в Fe(VI) от содержания соединений кобальта(II)

Результаты по транспассивному растворению обычной низкоуглеродистой стали с различным содержанием кобальта в концентрированном растворе гидроксида натрия (комбинированный способ синтеза ферратов) приведены в табл. 6.

Таблица 6

Значения выхода по току Вт феррата(VI), полученные при растворении стальных образцов в 14,3 М NaOH

№	Исходные образцы	$\omega(\text{Co})$, %	Вт(FeO_4^{2-}), %
1	Сталь низкоуглеродистая	0,04	44,1
2	Сталь низкоуглеродистая	0,09	43,2
3	Сталь низкоуглеродистая	0,13	44,7

Примечание: плотность тока 50 А/м², $\tau = 2$ ч, $T = 298$ К

Важно отметить, что в ходе, как кратковременных (время процесса до 2 ч), так и длительных ($\tau > 8$ ч) экспериментов не было зафиксировано перехода кобальта в раствор. В последнем случае практически весь примесный кобальт накапливался в анодном шламе, в котором концентрация Co в процессе электролиза существенно увеличивалась (табл. 7).

Таблица 7

Содержание кобальта в растворе и анодном шламе после электролиза

№	Исходные образцы	Содержание Co, %		
		сырье	раствор	шлам
1	Сталь низкоуглеродистая	0,04	0,00	0,47
2	Сталь низкоуглеродистая	0,09	0,00	0,64
3	Сталь низкоуглеродистая	0,13	0,00	1,12

Примечание: плотность тока 50 А/м², $\tau = 8$ ч, $T = 298$ К

Очевидно, что использование сталей с повышенным содержанием кобальта в качестве анодов нецелесообразно по экономическим соображениям, поэтому эксперименты со специальными сталями не проводились.

6. Обсуждение результатов исследований по влиянию соединений кобальта на устойчивость ферратов

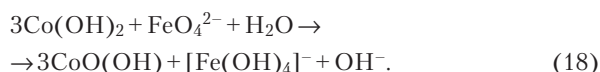
При получении производных Fe(VI) соединения кобальта, присутствующие в исходном сырье, контактируя с твердыми ферратами или их растворами, могут оказывать определенное влияние на показатели синтеза, которое обычно связывают с протеканием реакций типа (1)–(3). Как следует из данных табл. 6, 7 в процессе транспассивного растворения низкоуглеродистых сталей (именно такие стали чаще всего применяются для синтеза ферратов) в щелочной среде эффективность процесса по Fe(VI) практически не зависит от наличия Co в исходных образцах и кобальт не загрязняет раствор. Вместе с тем, при длительном электролизе кобальт накапливается в анодном шламе и его содержание в нем значительно увеличивается. Анализируя данные, приведенные на рис. 2, можно заключить, что повышенное содержание кобальта в системе все же негативно сказывается на степени превращения солей Fe(II) и Fe(III) в Fe(VI), причем α монотонно снижается с ростом $C(\text{Co(II)})$.

Экспериментально также установлено, что скорость разложения кристаллических ферратов с ростом концентрации оксида кобальта(III) увеличивается, причем феррат бария проявляет меньшую стабильность по сравнению с K_2FeO_4 (табл. 4). Обнаружено, что растворы ферратов щелочных металлов в присутствии соединений кобальта в различных степенях окисления разлагаются быстрее, чем твердые соли. Показано, что скорость разложения Fe(VI) возрастает при внесении в систему соединений Co в следующем ряду: $\text{Co}_2\text{O}_3 - \text{CoO}(\text{OH}) - \text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - \text{Co}(\text{OH})_2$ (рис. 1, табл. 3). Необходимо обратить внимание, что именно степень окисления Co оказывает определяющее значение на стабильность аниона FeO_4^{2-} . Как следует из этих данных, наибольшее дестабилизирующее действие оказывают вещества, содержащие Co(II).

Традиционно при трактовке влияния соединений кобальта(II) на стабильность ферратов считалось [3, 5], что снижение устойчивости Fe(VI) вызвано каталитическими эффектами. Однако, если следовать такому подходу, то весьма проблематично объяснить существенные различия в каталитической активности Co(II) и Co(III) по отношению к реакциям (1) и (2) (табл. 3). Совокупность полученных экспериментальных данных, представленных выше, позволяет развить несколько иной подход, который учитывает возможность протекания окислительно-восстановительной реакции между Co(II) и Fe(VI). Действительно, исходя из расчетов, приведенных в табл. 2, следует, что реакции окисления Co(II) анионом FeO_4^{2-} термодинамически возможны, и их равновесие должно быть существенно смещено в сторону образования соединений кобальта в степенях окисления больше, чем +2, о чем свидетельствуют большие значения $\ln K^0$. Очевидно, что при этом могут образовываться такие вещества как, Co_3O_4 , Co_2O_3 , $\text{CoO}(\text{OH})$. Противоречивые термодинамические данные по

Co(IV) и близкие потенциалы для пар E(Co(II)/Co(IV)) и E(Fe(VI)/Fe(III)) не позволяют сделать однозначный вывод относительно образования оксида CoO₂.

Эксперименты показали, что в результате взаимодействия ферратов с соединениями кобальта(II) (сульфат CoSO₄·7H₂O или гидроксид Co(OH)₂) образуется темно-коричневый осадок, анализ физико-химических свойств которого позволяет идентифицировать его как оксогидроксид кобальта CoO(OH). В пользу последнего утверждения свидетельствует также найденное опытное значение n(Co(II))/n(Fe(VI))=5,7:2 (табл. 5), позволившее установить искомую реакцию: 3Co(II)+Fe(VI)→3Co(III)+Fe(III). Следовательно, можно утверждать, что при внесении соединений кобальта(II) в ферратный раствор имеет место химическая реакция (12). Если же концентрация FeO₄²⁻ значительно превышает концентрацию Co(II), как это и бывает в подавляющем числе случаев, то эту реакцию можно записать в следующем виде:



Таким образом, на основании проведенных экспериментов можно заключить, что утверждения о каталитическом действии соединений Co(II) на процесс разложения ферратов (реакции (1) и (2)) несостоятельны. Напротив, соединения Co(III) в определенном смысле можно рассматривать в качестве катализаторов разложения ферратов, если предположить, что при восстановлении Fe(VI) в Fe(III) протекает окисление Co(III) в Co(IV), который ввиду своей нестабильности быстро восстанавливается до Co(III). Однако для подтверждения такого механизма необходимо проведение дополнительных исследований.

7. Выводы

1. Экспериментально установлено, что соединения Co(II) в щелочном среде быстро окисляются феррат(VI)-анионами преимущественно до оксогидроксида кобальта CoO(OH).

2. Кристаллические ферраты, в частности K₂FeO₄ и BaFeO₄, содержащие примеси кобальта в виде Co₂O₃, более стабильны по сравнению с растворами с аналогичной концентрацией соединений Co.

3. В ходе транспассивного растворения низкоуглеродистой стали в щелочной среде не обнаружено перехода кобальта в раствор, причем практически весь кобальт накапливается в анодном шламе.

4. Показано, что при получении ферратов гипохлоритным методом примеси кобальта, содержащиеся в исходных реагентах не загрязняют ни раствор, ни кристаллические ферраты.

Литература

- Sharma, V. K. Ferrates: Synthesis, Properties, and Applications in Water and Wastewater Treatment [Text] / V. K. Sharma. — ACS Symposium Series, 2008. — 524 p. doi:10.1021/bk-2008-0985
- Delaude, L. A novel oxidizing reagent based on potassium ferrate(VI) [Text] / L. Delaude, P. Laszlo // Journal of Organic Chemistry. — 1996. — Vol. 61, № 18. — P. 6360–6370. doi:10.1021/jo960633p

- Licht, S. Solid phase modifiers of the Fe(VI) cathode: Effects on the super-iron battery [Text] / S. Licht, B. Wang, G. Xu, J. Li, V. Naschitz // Electrochemistry Communications. — 1999. — Vol. 1, № 11. — P. 527–531. doi:10.1016/S1388-2481(99)00106-X
- Licht, S. Energetic Iron(VI) Chemistry: The Super-Iron Battery [Text] / S. Licht, B. Wang, S. Ghosh // Science. — 1999. — Vol. 285, № 5430. — P. 1039–1042. doi:10.1126/science.285.5430.1039
- Veprek-Siska, J. Reactions of very pure substances: Decomposition of Manganese (VII), Iron (VI) and Ruthenium (VII) oxyanions in alkaline solution [Text] / J. Veprek-Siska, V. Eitel // Chemistry and Industry. — 1967. — Vol. 1. — P. 548–549.
- Yang, W. Physical characteristics, electrochemical behavior, and stability of BaFeO₄ [Text] / W. Yang, J. Wang, T. Pan, F. Cao, J. Zhang, C. Cao // Electrochimica Acta. — 2004. — Vol. 49, № 21. — P. 3455–3461. doi:10.1016/j.electacta.2004.03.013
- Пятницкий, И. В. Аналитическая химия кобальта [Текст] / И. В. Пятницкий. — М.: Наука, 1965. — 260 с.
- Tian, Q. Kinetics of oxidation-precipitation of cobalt(II) from solution by ozone [Text] / Q. Tian, X. Guo, Y. Yi, Z. Li // Transactions of Nonferrous Metals Society of China. — 2010. — Vol. 20. — P. 42–45. doi:10.1016/S1003-6326(10)60009-X
- Golovko, D. A. A Simple Potentiometric Titration Method to Determine Concentration of Ferrate(VI) in Strong Alkaline Solutions [Text] / D. A. Golovko, V. K. Sharma, V. I. Suprunovich, O. V. Pavlova, I. D. Golovko, K. Bouzek, R. Zboril // Analytical Letters. — 2011. — Vol. 44, № 7. — P. 1333–1340. doi:10.1080/00032719.2010.511748
- Pralong, V. Oxidation mechanism of cobalt hydroxide to cobalt oxyhydroxide [Text] / V. Pralong, A. Delahaye-Vidal, B. Beaudoin, B. Gerard, J.-M. Tarascon // Journal of Materials Chemistry. — 1999. — Vol. 9, № 4. — P. 955–960. doi:10.1039/A807689H
- Behl, W. K. Anodic oxidation of cobalt in potassium hydroxide electrolytes [Text] / W. K. Behl, J. E. Toni // Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry. — 1971. — Vol. 31, № 1. — P. 63–75. doi:10.1016/S0022-0728(71)80043-8
- Göhr, H. Über anodisch gebildete oxidische deckschichten auf kobalt in wässriger lösung — I. Zur thermodynamik des systems kobalt-wässrige lösung [Text] / H. Göhr // Electrochimica Acta. — 1966. — Vol. 11, № 7. — P. 827–834. doi:10.1016/0013-4686(66)87058-5

ВЛИВ СПОЛУК КОБАЛЬТУ НА СТІЙКІСТЬ ФЕРАТІВ(VI)

Вивчено стійкість кристалічних фератів(VI) та їх розчинів у присутності деяких кобальтовмісних речовин. Встановлено, що сполуки Co(II) при взаємодії із аніоном FeO₄²⁻ окиснюються до Co(III), які каталізують розкладання фератів. Показано, що тверді ферати, що містять домішки кобальту, більш стабільні у порівнянні з їх розчинами.

Ключові слова: стійкість фератів(VI), сполуки Кобальту, каталіз, розкладання, барій та калій ферат.

Головко Дмитрій Аркадьєвич, кандидат хімічних наук, доцент, кафедра технології неорганічних речовин та екології, Український державний хіміко-технологічний університет, Дніпропетровськ, Україна, e-mail: golovkod@mail.ru.
Головко Ігорь Дмитрієвич, асистент, кафедра аналітичної хімії та хімічної технології харчових добавок та косметических средств, Український державний хіміко-технологічний університет, Дніпропетровськ, Україна.

Головко Дмитро Аркадійович, кандидат хімічних наук, доцент, кафедра технології неорганічних речовин та екології, Український державний хіміко-технологічний університет, Дніпропетровськ, Україна.

Головко Ігор Дмитрович, асистент, кафедра аналітичної хімії і хімічної технології харчових добавок та косметических засобів, Український державний хіміко-технологічний університет, Дніпропетровськ, Україна.

Golovko Dmitriy, Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: golovkod@mail.ru.

Golovko Igor, Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipropetrovsk, Ukraine