

1. Филков Ю. Я. Растворитель как средство управления химическим процессом. -Л.: Химия, 1990.
2. Зусман Л. Д. // Теорет. и эксперим. химия. -1979. -15, № 3. -С. 227—233.
3. Grampp G., Harrer W., Jaenicke W. // J. Chem. Soc. Faraday Trans. I. -1987. -83, № 1. -P. 161—166.
4. Эмсли Дж., Финей Дж., Сатклиф Л. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса высокого разрешения. -М.: Мир, 1968.
5. Tiffon B., Ancian B., Dubois J. E. // J. Chem. Phys. -1981. -74, № 12. -P. 6981—6983.
6. Kovacs H., Kowalewski J., Maliniak A. // J. Phys. Chem. -1989. -93, № 2. -P. 962—969.
7. Kratochwill V. A., Weidner J. U., Zimmermann H. // Ber. Bunsen. Phys. Chem. -1973. -77, № 6. -S. 408—425.
8. Knozinger E., Leutloff D., Wittenbeck R. // J. Molec. Struct. -1980. -60. -P. 115—120.
9. Whürtenburg S. L., Wang C. H. // J. Chem. Phys. -1977. -66, № 10. -P. 4255—4262.
10. Recommended methods for purification of solvents and tests for impurities. -Pergamon press, 1982.
11. Вайсбергер А., Проскауэр Э., Риддик Дж., Тупс Э. Органические растворители. -М.: Изд-во иностр. лит., 1958.
12. Абрагам А. Ядерный магнетизм. -М.: Изд-во иностр. лит., 1963.
13. Крестов Г. А., Афанасьев В. Н., Ефимова Л. С. Физико-химические свойства бинарных растворителей. -Л.: Химия, 1988.
14. Marcus Y. Ion Solvation. -N. Y.: Wiley-Interscience Publ., 1985.

Институт общей и неорганической химии  
им. В.И. Вернадского НАН Украины, Киев

Поступила 05.05.97

УДК 546.73—546.74—546.56

Л. Г. Рейтер, Ю. И. Павленко, О. А. Тарасенко

## ПОЛИЯДЕРНЫЕ М (II)—СО (III) КОМПЛЕКСЫ С МОСТИКОВЫМИ АТОМАМИ КИСЛОРОДА ДЕПРОТОНИРОВАННОГО ТРИЭТАНОЛАМИНА \*

Спектрофотометрическим методом изучено взаимодействие  $M(NO_3)_2 \cdot nH_2O$  ( $M$  — Co, Ni, Cu) с аминоалкоголятом кобальта (III)  $[CoEntetm]$  ( $En$  —  $NH_2C_2H_4NH_2$ ,  $tetm$  —  $N(C_2H_4O)_3^{3-}$ ) в метанольных растворах. Показано образование полиядерных комплексов состава  $M[CoEntetm]_2^{2+}$  с мостиковыми атомами кислорода депротонированного триэтанолamina. Определена константа устойчивости медьсодержащего соединения. Выделены Cu (II)—Co (III) полиядерные соединения с различными соотношениями этих элементов. Обсуждено различие состава соединений, образующихся в разбавленных метанольных растворах и выделяющихся при кристаллизации из растворов.

Ранее [1—8] описан синтез ряда полиядерных соединений, которые образуются при взаимодействии солей  $MX_2$  с аминоалкоголями кобальта (III). Наиболее изучены полиядерные комплексы, образующиеся при взаимодействии изомеров  $[Co(NH_2C_2H_4O)_3]$  с ионами 3d-металлов. Предполагалось, что в этих реакциях аминоэтилаты кобальта ведут себя как своеобразные лиганды за счет донорных атомов кислорода. Состав и устойчивость таких соединений в растворах не изучались, хотя при практическом применении для приготовления катализаторов их наносят на подходящие подложки из растворов [9]. Лишь в работе [8] было показано, что полиядерные Co (II)—Co (III) комплексы с мостиковыми атомами кислорода аминоалкоголятов действительно существуют в водных растворах

\* Работа была частично финансирована Международной Соросовской программой поддержки образования в области точных наук в Украине (грант АРУ № 063088).

(D<sub>2</sub>O), причем наблюдаются значительные сдвиги сигналов ЯМР <sup>59</sup>Co в сильное поле за счет псевдоконтактного взаимодействия Co (III) и Co (II).

Нами спектрофотометрическим методом в метанольных растворах изучены составы полиядерных комплексов, образующихся при взаимодействии [CoEn tetm] с ионами Co<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup> и Cu<sup>2+</sup>. Определена константа устойчивости медьсодержащего соединения. Синтезированы Cu (II)—Co (III) полиядерные комплексы, сопоставлены составы комплексов, образующихся в растворах и выделяющихся при кристаллизации из растворов.

Выбранный нами разнолигандный комплекс кобальта (III) более устойчив в растворах, чем соединения, содержащие только депротонированные аминоспирты; кроме того, ему отвечает только одна возможная конфигурация [10, 11]. Поэтому исключаются такие побочные реакции, как изомеризация, замещение депротонированного аминоспирта молекулами растворителя и т. п.

Соединение [CoEntetm]·H<sub>2</sub>O синтезировано по методике, приведенной в работе [11]. Нитраты M(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·n H<sub>2</sub>O (M — Co, Ni, Cu) квалификации "х. ч." высушивали до постоянной массы над P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Составы используемых нитратов, по результатам гравиметрического определения M<sup>2+</sup> в виде сульфатов [12], отвечали формулам: Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4.0 H<sub>2</sub>O; Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4.0 H<sub>2</sub>O и Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·2.3 H<sub>2</sub>O.

Использовали метанол квалификации "х. ч.", содержание воды в нем определяли методом Фишера [12]. Концентрация воды составляла 0.03 % (мас.), что отвечает требованиям ГОСТ 6995-77 (не более 0.05 %). При проведении спектрофотометрических исследований в метаноле концентрацию воды с учетом ее содержания в реагентах поддерживали постоянной — 0.3 % (мас.). Следует отметить, что введение воды (5 % (мас.)) в изучаемые метанольные растворы практически не оказывало влияние на коэффициенты молярного поглощения растворов. Диметилсульфоксид квалификации "ч." предварительно очищали перегонкой под вакуумом и затем дробной кристаллизацией.

Для измерения оптической плотности растворов использовали спектрофотометр СФ-46.

В выделенных полиядерных соединениях содержание азота определяли методом Дюма, медь — иодометрическим методом [12], кобальт — потенциометрическим титрованием раствором K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] [13]. При определении содержания кобальта и меди комплекс предварительно разлагали. Для этого к навеске комплекса добавляли 1 г сульфата калия, 2 г концентрированной серной кислоты и 0.5 г 40 %-й хлорной кислоты. После прекращения вспенивания температуру постепенно повышали до 300 °С и выдерживали в течение часа. Медь определяли также фотометрическим методом по поглощению аммиачного комплекса меди при 800 нм [12], который образуется при действии 10 %-го раствора NH<sub>3</sub> непосредственно на полиядерный комплекс. Поглощением комплекса кобальта при этой длине волны можно пренебречь.

На рис. 1 приведен спектр поглощения раствора [CoEntetm] в метаноле. При введении ионов Cu<sup>2+</sup> наблюдается значительное возрастание интенсивности поглощения практически во всей видимой области спектра, наибольшие изменения (в 2.44 и 2.33 раза) наблюдаются, соответственно, при 420 и 630 нм. Положение максимумов поглощения при этом практически не изменяется. Влияние ионов Co<sup>2+</sup> и Ni<sup>2+</sup> на спектр поглощения [CoEntetm] значительно меньше (рис. 1), заметное усиление поглощения наблюдается лишь при λ < 500 нм (Co<sup>2+</sup>) и λ < 460 нм (Ni<sup>2+</sup>). Наибольшее возрастание оптической плотности в 1.51 и 1.53 раза соответственно, происходит при 420 нм. Положение максимума при 520 нм не изменяется, однако, исчезает менее интенсивный максимум при 660 нм. Поглощение ионов Co<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup> и Cu<sup>2+</sup> в данной области спектра намного меньше, чем наблюдаемые

изменения поглощения комплекса  $\text{Co}(\text{III})$ . Следовательно, приведенные на рис. 1 данные позволяют сделать вывод о химическом взаимодействии между компонентами, в результате которого образуются полиядерные комплексные соединения.

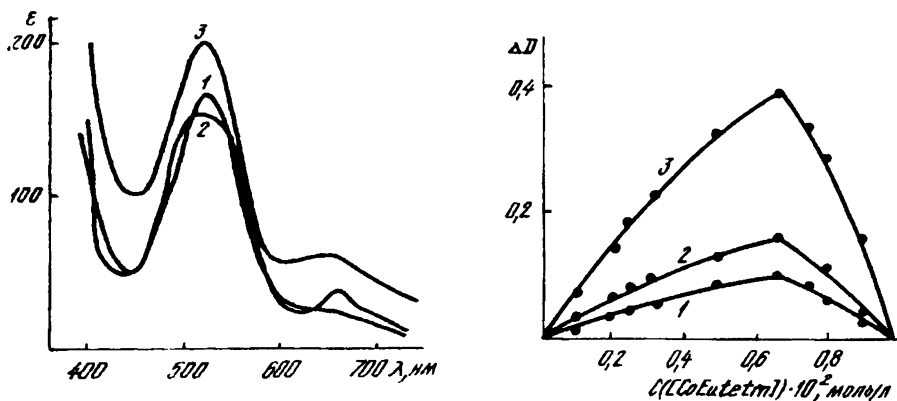


Рис. 1. Спектры поглощения метанольных растворов, содержащих  $[\text{CoEntetm}]$  (1),  $[\text{CoEntetm}]$  и  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  (2),  $[\text{CoEntetm}]$  и  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  (3). Концентрации растворенных веществ 0.01 моль/л.

Рис. 2. Отклонения от аддитивности значений оптической плотности в изомолярных сериях:  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  —  $[\text{CoEntetm}]$ ,  $\lambda = 420$  нм (1);  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  —  $[\text{CoEntetm}]$ ,  $\lambda = 620$  нм (2);  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  —  $[\text{CoEntetm}]$ ,  $\lambda = 420$  нм (3). Суммарная концентрация реагентов 0.01 моль/л.

Альтернативным процессом кислотно-основного взаимодействия, например  $\text{M}^{2+} + [\text{CoEntetm}] + \text{H}_2\text{O} = \text{MOH}^+ + [\text{CoEnHtetm}]^+$ , можно пренебречь, так как переход  $[\text{CoEntetm}]$  в протонированную форму приводит к значительно меньшим изменениям спектра [10]. Так, при добавлении к  $[\text{CoEntetm}]$  эквимольного количества  $\text{HNO}_3$  в метанольном растворе его оптическая плотность при 420 нм возрастала лишь в 1.06 раза. Добавление воды (5 % (мас.)) в метанольные растворы, содержащие  $\text{M}^{2+}$  и  $[\text{CoEntetm}]$ , как указывалось выше, приводило лишь к незначительным изменениям в спектрах поглощения.

Изменение природы растворителя также не оказывало существенного влияния на процессы образования полиядерных комплексов: в водных и диметилформаamidных растворах наблюдались практически такие же изменения спектра поглощения  $[\text{CoEntetm}]$  при действии ионов  $\text{M}^{2+}$ , как и в метанольных растворах.

Дальнейшие исследования состава и устойчивости полиядерных комплексов проведены в метанольных растворах.

Для определения состава использовали метод изомолярных серий. Наиболее надежные результаты получены для системы  $\text{Cu}^{2+}$  —  $[\text{CoEntetm}]$ , где процесс комплексообразования приводит к наиболее значительным изменениям в спектрах. Из данных, приведенных на рис. 2, можно сделать вывод об образовании соединения состава 1:2, то есть  $\text{Cu}[\text{CoEntetm}]_2$ . Аналогичный состав имеет и соединение, образующееся при взаимодействии  $\text{Ni}^{2+}$  с  $[\text{CoEntetm}]$  (рис. 2), хотя отклонения значений оптической плотности от аддитивности были сравнительно небольшими. Такие же стехиометрические соотношения установлены по результатам изучения изомолярной серии  $\text{Ni}^{2+}$  —  $[\text{CoEntetm}]$  в водных растворах и  $\text{Co}^{2+}$  —  $[\text{CoEntetm}]$  в метанольных растворах.

Для определения константы устойчивости  $\text{Cu}[\text{CoEntetm}]_2$  использовали метод молярных отношений. Значения оптической плотности метанольных растворов определяли при 420 нм, при этом концентрация окрашенного  $[\text{CoEntetm}]$  была постоянной, а практически не поглощающих ионов  $\text{Cu}^{2+}$  — переменной. Зависимость оптической плотности от концентрации  $\text{Cu}^{2+}$  для этой серии растворов имеет вид кривой с насыщением (рис. 3). Значение

углового коэффициента этой кривой при малых концентрациях ионов  $\text{Cu}^{2+}$  отвечает сделанному выше выводу об образовании комплекса состава  $\text{Cu}[\text{CoEntetm}]_2$ . Значение константы устойчивости ( $\beta = [\text{CuL}_2]/[\text{Cu}][\text{L}]^2$ ) рассчитано, исходя из предположения о существовании в растворе одного этого

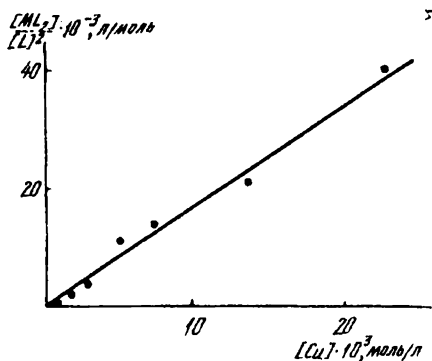
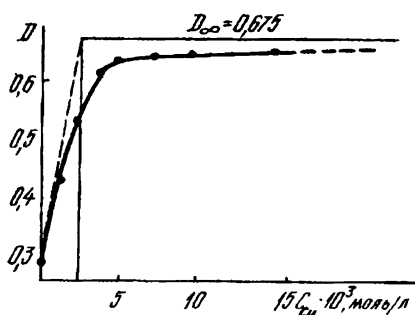


Рис. 3. Изменение оптической плотности ( $\lambda = 420$  нм) метанольных растворов при постоянной концентрации  $[\text{CoEntetm}] (5 \cdot 10^{-3}$  моль/л) и переменной  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ . Максимальная концентрация  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  0.05 моль/л.

Рис. 4. Корреляция  $[\text{CuL}_2]/[\text{L}]^2 - [\text{Cu}]$ .

комплекса. В выражении для  $\beta$  равновесные концентрации обозначены следующим образом: полиядерного комплекса —  $\text{CuL}_2$ , ионов меди —  $\text{Cu}$  и исходного комплекса кобальта —  $\text{L}$  (заряды частиц для упрощения опущены). Для расчета равновесных концентраций использованы соотношения:  $[\text{CuL}_2] = (D - D_0)/(\epsilon_2 - 2\epsilon_1)$ ,  $[\text{L}] = C_0 - 2[\text{CuL}_2]$ ,  $[\text{Cu}] = C_{\text{Cu}} - [\text{CuL}_2]$ , где  $D_0$  и  $D$  — начальное и текущие значения оптической плотности,  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$  — молярные коэффициенты поглощения  $\text{L}$  и  $\text{CuL}_2$ , найденные по значениям  $D_0$  и  $D_\infty$ ;  $C_{\text{Cu}}$  — общая концентрация меди (II) в растворе.

Усредненное значение константы устойчивости найдено по величине углового коэффициента зависимости  $[\text{CuL}_2]/[\text{L}]^2$  от  $[\text{Cu}]$ . Эта зависимость является линейной (рис. 4), коэффициент линейной корреляции составляет 0.99. Методом наименьших квадратов рассчитано значение  $\beta = (1.78 \pm \pm 0.07) \cdot 10^6$  л<sup>2</sup>/моль<sup>2</sup>. Приведенные значения коэффициента линейной корреляции зависимости  $[\text{CuL}_2]/[\text{L}]^2$  от  $[\text{Cu}]$  и дисперсии подтверждают сделанное предположение о том, что в изучаемых растворах содержится практически только один комплекс  $\text{CuL}_2$ , а само значение  $\beta$  позволяет сделать вывод о средней устойчивости этого комплекса.

Состав комплексов, образующихся при взаимодействии  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$  и  $[\text{CoEntetm}] \cdot \text{H}_2\text{O}$  в метанольном растворе, изучен также препаративным методом. Полиядерные соединения синтезировали при различных соотношениях реагентов, изменяя их в интервале от 3:1 до 1:3 (см. таблицу). Во всех случаях при получении комплексов к насыщенному метанольному раствору  $[\text{CoEntetm}] \cdot \text{H}_2\text{O}$  при перемешивании быстро приливали метанольный раствор  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ . Сразу же образовывались красно-фиолетовые кристаллы, которые оставляли с маточным раствором на 3—5 сут, затем отфильтровывали и 6—7 раз промывали смесью метанола и изопропанола, взятых в объемном соотношении 1:2. Высушивали в эксикаторе над серной кислотой и кристаллическим  $\text{KOH}$ . Состав и результаты элементного анализа полученных соединений приведены в таблице.

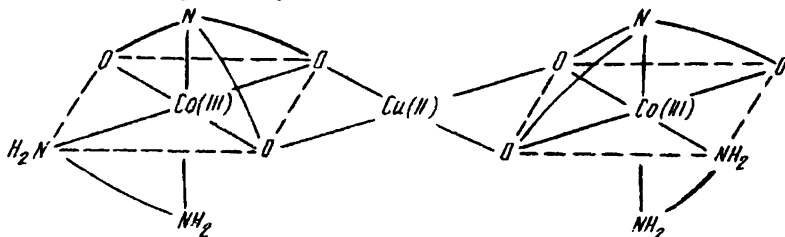
Комплекс  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2[\text{CoEntetm}] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  хорошо растворим в воде, слабо растворим в метаноле и этаноле, нерастворим в изопропаноле. Его спектр поглощения в метаноле мало отличается от приведенного на рис. 1 спектра комплекса, образующегося при смешивании метанольных растворов нитрата

Номер соединения	Состав соединения*	Co, %		Cu, %		N, %	
		найде-но	вычис-лено	найде-но	вычис-лено	найде-но	вычис-лено
1	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2[\text{CoEntetm}] \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	14.8	14.9	8.14** 8.30***	8.05	14.0	14.2
2	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot [\text{CoEntetm}] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	10.3	10.5	11.5**	11.3	12.6	12.5
3	$3 \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2[\text{CoEntetm}] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	9.80	9.82	15.9** 16.1***	15.9	14.2	14.0

\* Соединение 1 получено при соотношениях нитрата меди и комплекса кобальта 1:2 и 1:3, соединение 2 — 1:1, соединение 3 — 2:1 и 3:1; \*\* использован фотометрический метод; \*\*\* — иодометрический.

меди (II) и комплекса кобальта (III). Остальные два полученные полиядерные соединения разлагаются водой и практически нерастворимы в спиртах.

Комплекс  $\text{Cu}[\text{CoEntetm}]_2^{2+}$ , обнаруженный в метанольном растворе и имеющий достаточно высокую устойчивость, выделен из этого раствора в виде нитрата также и в кристаллическом состоянии. Можно предположить, что в этом соединении медь (II) координирует расположенные в *цис*-положении атомы кислорода двух комплексов кобальта (III):



(дужками обозначены группы  $-\text{C}_2\text{H}_4-$ ).

Далее возможно взаимодействие не связанных с медью атомов кислорода с избыточными ионами  $\text{Cu}^{2+}$ , в результате чего образуются соединения, в которых атомные соотношения Cu:Co составляют 1:1 (точнее, 2:2) и 3:2. Это взаимодействие является более слабым, чем при образовании соединений 1:2, так как ионы  $\text{Cu}^{2+}$  связываются только одним атомом кислорода депротонированного триэтанолamina. Кроме того, вероятно, следует учесть взаимное отталкивание положительно заряженных ионов меди. Поэтому образование соединений 1:1 и 3:2 не обнаружено в растворе, но реализуется при кристаллизации соединений из растворов в связи с низкой растворимостью соответствующих комплексных соединений.

**РЕЗЮМЕ.** Спектрофотометричним методом досліджено взаємодію  $\text{M}(\text{NO}_3)_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$  (M — Co, Ni, Cu) з аміноалкоголятом кобальту  $[\text{CoEntetm}]$  (En —  $\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_2$ , tetm —  $\text{N}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_3^{3-}$ ) в метанольних розчинах. Показано утворення поліядерних комплексів складу  $\text{M}[\text{CoEntetm}]_2^{2+}$  з місточковими атомами кисню депротонізованого триетаноламіну. Визначена константа стійкості сполуки, що містить мідь. Синтезовано Cu(II)—Co(III) поліядерні сполуки з різними співвідношеннями цих елементів. Обговорено різницю складу сполук, що утворюються в розбавлених метанольних розчинах і тих, що виділяються при кристалізації з розчинів.

**SUMMARY.** Interaction between  $\text{M}(\text{NO}_3)_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$  (M — Co, Ni, Cu) and  $[\text{CoEntetm}]$  (En —  $\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_2$ , tetm —  $\text{N}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_3^{3-}$ ) in methanol solution has been studied. The formation of the polynuclear complexes  $\text{M}[\text{CoEntetm}]_2^{2+}$  with brige oxygen has been established. Stability constants of compound that contains copper have been obtained. Polynuclear Cu(II)—Co(III) compounds with variuos ratios of the elements have been synthesized. The difference of chemical composition of compounds which form in diluted methanol solutions and precipitate from a solution has been discussed.

1. Степаненко О. Н., Рейтер Л. Г. // Укр. хим. журн. -1992. -58, № 12. -С. 1047—1052.
2. Герасенкова А. Н., Удовенко В. В. // Журн. неорган. химии. -1973. -18, № 9. -С. 2446—2449.
3. Герасенкова А. Н., Удовенко В. В. // Там же. -1974. -19, № 8. -С. 2478—2481.
4. Герасенкова А. Н., Удовенко В. В. // Там же. -1972. -17, № 8. -С. 2185—2188.
5. Герасенкова А. Н., Удовенко В. В. // Там же. -1972. -№ 2. - С. 444—446.
6. Герасенкова А. Н., Померанц Г. Б., Удовенко В. В. // Координац. химия. -1975. -1, № 11. -С. 1468—1471.
7. Герасенкова А. Н., Померанц Г. Б., Удовенко В. В. // Там же. -1977. -3, № 4. -С. 492.
8. Капанадзе Т. Ш., Гуля А. П., Новоторцев А. И. и др. // Там же. -1991. -17, № 7. -С. 934—940.
9. Пирский Ю. К., Степаненко О. Н., Чередник Е. О., Рейтер Л. Г. // Тез. доп. I Укр. електрохім. з'їзду. -Київ, 15-17 травня 1995 р. - С. 163.
10. Удовенко В. В., Рейтер Л. Г., Голубкова В. В. // Журн. неорган. химии. -1975. -20, № 6. -С. 1623—1626.
11. Рейтер Л. Г., Голубкова В. В. // Вестн. Киев. политехн. ин-та. Хим. машиностроение и технология. -1975. -Вып. 12. -С. 18—19.
12. Шарло Г. Методы аналитической химии. -М. -Л.: Химия, 1965.
13. Удовенко В. В., Евреев В. Н. // Известия вузов СССР. Химия и хим. технология. -1963. -6, № 1. -С. 8—12.

Национальный технический университет Украины  
“Киевский политехнический институт”

Поступила 05.02.97

УДК 546.661.665

А. И. Харламов, Н. В. Кириллова, В. В. Фоменко

## ХИМИЧЕСКАЯ СТОЙКОСТЬ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БОРСОДЕРЖАЩИХ ФАЗ АЛЮМИНИЯ

Исследована устойчивость к окислению на воздухе и в жидких реагентах синтезированных из простых веществ ультрадисперсных ( $< 2 \mu\text{m}$ ) порошков боридов и борокарбидов алюминия состава  $\text{AlB}_2$ ,  $\alpha\text{-AlB}_{12}$ ,  $\text{Al}_3\text{B}_{48}\text{C}_2$ ,  $\text{Al}_8\text{B}_4\text{C}_7$ ,  $\text{AlB}_{24}\text{C}_4$ . В соответствии с химической устойчивостью эти соединения можно расположить в ряд:  $\text{AlB}_{24}\text{C}_4 > \text{Al}_3\text{B}_{48}\text{C}_2 \gg \text{AlB}_{12} > \text{Al}_8\text{B}_4\text{C}_7 = \text{AlB}_2$ . Химические свойства борокарбида  $\text{AlB}_{24}\text{C}_4$  подобны таким для  $\text{B}_4\text{C}$ .

Алюминий — один из немногих металлов, склонных к образованию тройного соединения с бором и углеродом (борокарбида), и единственный элемент, для которого надежно определены три борокарбидные фазы —  $\text{Al}_3\text{B}_{48}\text{C}_2$ ,  $\text{Al}_8\text{B}_4\text{C}_7$ ,  $\text{AlB}_{24}\text{C}_4$ . Это совместно с известными боридными фазами  $\text{AlB}_2$ ,  $\alpha\text{-AlB}_{12}$  открывает возможности для устанавления отличительных особенностей не только в свойствах, но и в образовании этого нового типа соединений по сравнению с хорошо исследованными боридными фазами. Интерес к данным соединениям в последнее время заметно повышается еще и потому, что некоторые из них относятся к сверхтвердым. Однако свойства и борокарбидов, и боридов алюминия мало изучены из-за отсутствия способов их синтеза в однофазном состоянии.

Поскольку ранее нами [1—5] предложены оригинальные способы синтеза высокодисперсных порошков всех борсодержащих фаз алюминия, целесообразно провести систематическое исследование свойств, в частности химической устойчивости боридов и борокарбидов алюминия.

В данной работе исследована химическая устойчивость высокодисперсных порошков боридов и борокарбидов алюминия по отношению к разнообразным жидким реагентам и кислороду воздуха при повышенных температурах. В исследовании использованы диборид  $\text{AlB}_2$ , додекаборид  $\alpha\text{-AlB}_{12}$  и борокарбиды  $\text{Al}_3\text{B}_{48}\text{C}_2$ ,  $\text{AlB}_{24}\text{C}_4$ ,  $\text{Al}_8\text{B}_4\text{C}_7$  алюминия, синтезиро-