

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.

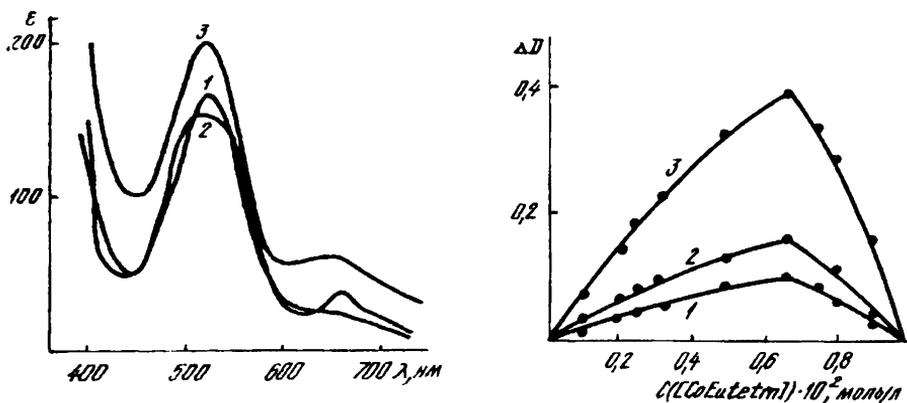


Рис. 1. Спектры поглощения метанольных растворов, содержащих  $[\text{CoEntetm}]$  (1),  $[\text{CoEntetm}]$  и  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  (2),  $[\text{CoEntetm}]$  и  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  (3). Концентрации растворенных веществ 0.01 моль/л.

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

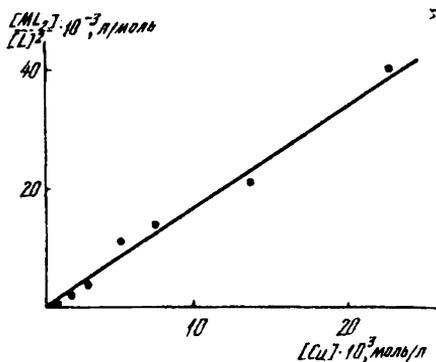
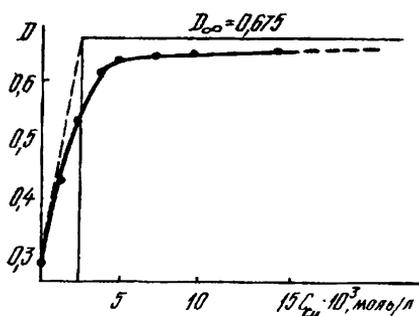


Рис. 3. Изменение оптической плотности ( $\lambda = 420$  нм) метанольных растворов при постоянной концентрации  $[\text{CoEntetm}] (5 \cdot 10^{-3}$  моль/л) и переменной  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ . Максимальная концентрация  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  0.05 моль/л.

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.

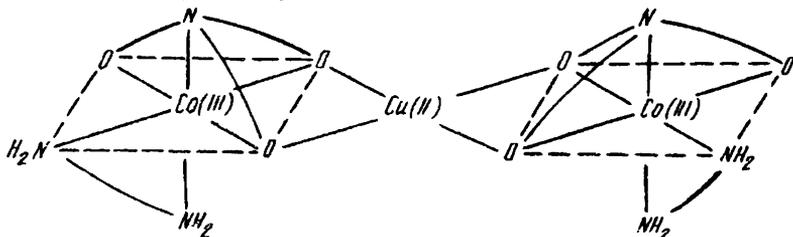
Комплекс  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2[\text{CoEntetm}] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  хорошо растворим в воде, слабо растворим в метаноле и этаноле, нерастворим в изопропаноле. Его спектр поглощения в метаноле мало отличается от приведенного на рис. 1 спектра комплекса, образующегося при смешивании 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  $\text{Cu}(\text{II})-\text{Co}(\text{III})$  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 bridge oxygen has been established. Stability constants of compound that contains copper have been obtained. Polynuclear  $\text{Cu}(\text{II})-\text{Co}(\text{III})$  compounds with various 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-