

РЕЗЮМЕ. Методами потенціометрії та фотометрії досліджено процес комплексоутворення в системі  $\text{Cu}^{2+}$ —1-гідроксіетилідендіфосфонової кислоти і двох основних лігандів – 2-аміноетанолу та етилендіаміну. Доведено утворення різнолігандних комплексних сполук у водних розчинах, встановлено склад комплексів та обчислено їхні константи стійкості.

SUMMARY. The complexation process in a system copper (II)—1-hydroxyethylidene diphosphonic acid with two basic ligands – 2-amino ethanol and ethylene diamine – has been researched by potentiometric and photometric methods. It is confirmed that different-ligand complex compounds form in aqueous solutions; their composition is determined and stability constants are calculated.

1. Дятлова Н.М., Темкина В.Я., Попов К.И. Комплексоны и комплексонаты металлов. -М.: Химия, 1988.
2. Фридман Я.Д., Рысмендеева Н.Э. // Координац. химия. -1990. -**16**, № 11.-С. 1511.
3. Барханова Н.Н., Фридман А.Я., Дятлова Н.М. // Журн. неорган. химии. -1972. -**17**, № 12. -С. 2982—2984.
4. Пырзу Д.Ф., Козловский Е.В., Груздев М.С. // Координац. химия. -2010. -**36**, № 4. -С. 293—297.

5. Корнев В.И., Кеттель Н.В. // Вестн. Удмуртского ун-та. -2009. -№ 2. -С. 25—30.
6. Конова Т.А., Кушниренко М.Д., Майорова Л.А., Штефьрцо А.А. // Тез. докл. III-го Всесоюз. совещания по химии и применению комплексонов и комплексонатов металлов. -Челябинск, 1988. -С. 242.
7. Дятлова Н.М., Фридман А.Я., Барханова Н.Н. // Журн. неорган. химии. -1974. -**19**, № 5. -С. 986—990.
8. Дятлова Н.М., Фридман А.Я., Барханова Н.Н. // Там же. -1973. -**17**, № 11. -С. 2982.
9. Инцеди Я. Применение комплексов в аналитической химии. -М.: Мир, 1979.
10. Hancock R.D. // Inorg. Chim. Acta. -1981. -**49**. -P. 145—148.
11. Барханова Н.Н., Фридман А.Я., Дятлова Н.М. // Журн. неорган. химии. -1974. -**19**, № 5. -С. 1318—1321.
12. Амиров Р.Р., Сапрыкова З.А. // Журн. орган. химии. -1987. -**57**, № 7. -С. 1526—1529.
13. Кутолей Д.А., Штеменко А.В. // Вопр. химии и хим. технологии. -2008. -№ 2. -С. 125—129.
14. Холин Ю.В., Коняев Д.С., Мерный С.А. // Вестн. Харьк. ун-та. Химия. -1999. -**3(26)**, № 437. -С. 17—35.
15. Tauler R., Casassas E. // Inorg. Chim. Acta. -1986. -**114**. -P. 203—209.
16. Petric M., Pohleven F., Turel I. et al. // Polyhedron. -1998. -**17**, № 2–3. -P. 255—260.

Украинский государственный химико-технологический университет, Днепрпетровск  
ООО НПЦ “Реаком”, Днепрпетровск

Поступила 06.12.2010

УДК 546.763:543.22

**О.В. Павлова, В.В. Трачевский, А.К. Мельник, В.И. Супрунович, Д.А. Головко**

## **СОСТОЯНИЕ ХРОМА (III) В КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРАХ**

Методами спектрофотометрии, ЭПР и ЯМР  $^1\text{H}$  спектроскопии описано комплексообразование хрома (III) с такими лигандами, как  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{OH}^-$  и  $\text{O}^{2-}$  в растворах с возрастающей основностью.

**ВВЕДЕНИЕ.** В координационной химии хрома относительно форм существования Cr(III) в щелочной среде классическими являются представления, учитывающие ступенчатое образование моноядерных гидроксокомплексов [1, 2]. Причем гидроксид-ион как монодентатный лиганд может входить в координационную сферу хрома (III) путем конкурентного замещения молекул воды или в результате их протолитической диссоциации.

Для хрома (III) в предположении сохранения

координационного числа, равного шести, и октаэдрической конфигурации описаны аквагидроксо-комплексы различного состава [1—6].

Очевидно, кроме моноядерных комплексов хрома, при рассмотрении равновесий в изучаемой системе необходимо учитывать образование полиядерных частиц (ди-, три-, тетрамеров и т.п.), которым в связи с проблемами идентификации и разделения уделено недостаточно внимания.

Важно отметить, что определение состояния Cr

© О.В. Павлова, В.В. Трачевский, А.К. Мельник, В.И. Супрунович, Д.А. Головко, 2011

(III) проведено в относительно разбавленных растворах ( $C_{OH^-} < 1 \text{ M}$ ) [3, 5—7], данных для щелочных сред (1—10 M) гораздо меньше [4, 5, 8], а системы с диапазоном концентраций основания 10—17 M практически не освещены. Однако именно такие растворы находят широкое применение в аналитической практике при определении оксоферрат (VI)-ионов [9] и являются перспективными для разработки эффективных методик выделения хрома из токсичных отходов [4—7].

Направленность настоящей работы — изучение методами спектрофотометрии, ЭПР и ЯМР  $^1\text{H}$  спектроскопии состояния Cr(III) в щелочных растворах.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.** Водные растворы гидроксидов натрия и калия, а также хлорида хрома (III) приготовлены и стандартизованы согласно [9, 10].

Измерения оптической плотности растворов систем  $\text{MeOH—CrCl}_3\text{—H}_2\text{O}$  проведены на спектрофотометре Specord M-40 в кюветах с толщиной слоя  $l = 1 \text{ см}$  относительно фонового холостого раствора.

Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  записаны с помощью спектрометра Avance 400 (Bruker, Германия) при использовании одноимпульсной последовательности в режиме накопления; химические сдвиги ( $\delta$ , м.д.) определены относительно сигнала тетраметиламмония и пересчитаны с учетом значения для общепризнанного репера (тетраметилсилан,  $\delta = 0 \text{ м.д.}$ ).

Для регистрации спектров ЭПР использовали спектрометр X-диапазона Elexsys E-580 (Bruker, Германия) с высокочастотным цилиндрическим резонатором SHQ1208 (рабочая частота — 9.87 ГГц).

Проведенные измерения осуществлены при температуре 293 К.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.** Кислотно-основные превращения играют определяющую роль в процессах комплексообразования, и многообразие форм Cr(III) в таком буферном растворителе, как вода, обусловлено существованием реакционноспособных форм, равновесно взаимосвязанных согласно схеме:



Известно, что в кислых средах (рН 0—3) ионы хрома (III) существуют в виде мономера состава  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  [11]. При повышении рН наблюдается формирование гидроксокомплексов различного состава, в том числе и полиядерных. Большин-

ство исследований [1, 2, 4, 5] ограничивается областью доминирования комплексов состава  $[\text{Cr}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]^-$  и сопряженными с ними полимерными формами (среды с рН  $\geq 12$ ).

Экстраполяция известных [12] термодинамических характеристик ряда гидроксокомплексов хрома (III) (рис. 1, а) позволила оценить аналогичные значения для комплексов состава  $[\text{Cr}(\text{OH})_5(\text{H}_2\text{O})]^{2-}$  и  $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-}$  и на основании совокупности параметров рассчитать полную диаграмму распределения гидроксоформ в зависимости от рН (рис. 1, б). Хотя приведенная диаграмма и является идеали-

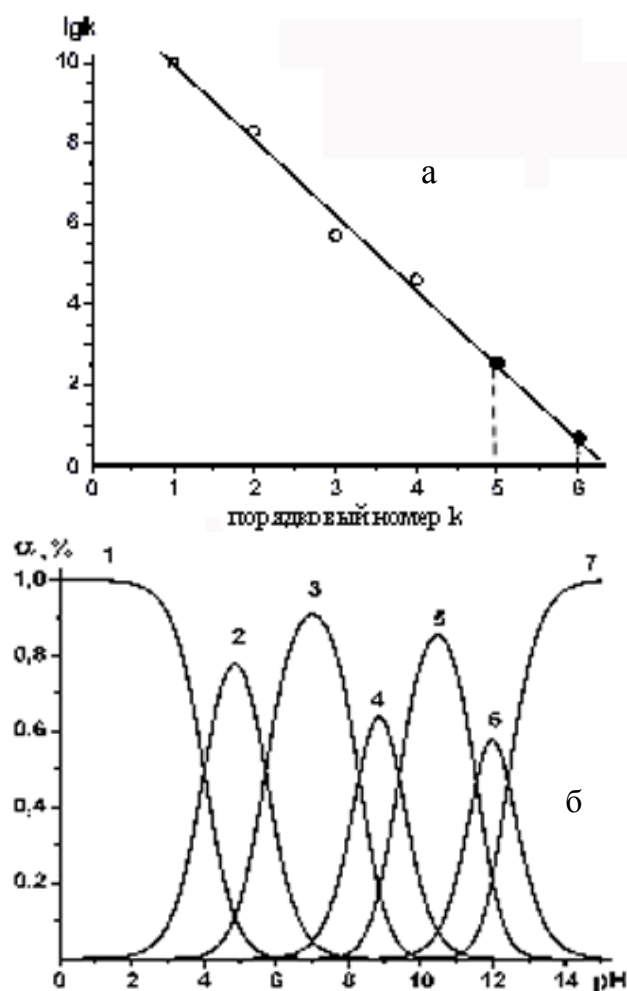
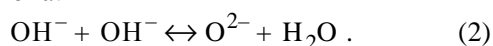


Рис. 1. Экстраполяция значений ступенчатых констант устойчивости гидроксокомплексов хрома (III) (а) и рассчитанное на их основе распределение форм хрома (III) в зависимости от рН (б): 1 —  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ ; 2 —  $[\text{Cr}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$ ; 3 —  $[\text{Cr}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_4]^+$ ; 4 —  $[\text{Cr}(\text{OH})_3(\text{H}_2\text{O})_3]$ ; 5 —  $[\text{Cr}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]^-$ ; 6 —  $[\text{Cr}(\text{OH})_5(\text{H}_2\text{O})]^{2-}$ ; 7 —  $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-}$ .

зированной, поскольку не учитывает процессы полимеризации, однако показывает, что конечным продуктом направленно инициируемых превращений является  $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-}$ . Комплексы с меньшим числом гидроксогрупп склонны к образованию полимерных частиц, и оптимальные для их существования условия среды определяют область существования хрома (III) преимущественно в виде полиядерных комплексов: от pH ~ 11 до  $C_{\text{OH}^-}$  ~ 7 М. Дальнейшее увеличение концентрации  $\text{OH}^-$ -ионов способствует их деполимеризации.

Системы с высоким содержанием основания (10—17 М), исходя из оценки их свойств, занимают промежуточное положение между растворами и расплавами [13, 14]. Для преодоления искусственного барьера в представлениях об этих системах при описании исследуемых взаимодействий использованы некоторые положения теории расплавов и дополнительно рассмотрены кислотно-основные равновесия, контролируемые активностью  $\text{O}^{2-}$ -иона:



Учитывая равновесие (2), можно ожидать, что с ростом содержания гидроксида в системе будет возрастать концентрация  $\text{O}^{2-}$ -ионов, вхождение которых в координационную сферу хрома (III) будет сопровождаться формированием моно- и полиядерных комплексов с высоким межлигандным отталкиванием. Доминирование в координационной сфере  $\text{Cr}(\text{III})$   $\text{O}^{2-}$ -лигандов приведет к полной деполимеризации, уменьшению координационного числа хрома и к конечной форме существования хрома (III) в виде оксоформ, как это и наблюдается в расплавах щелочей [4].

Корректность развиваемых представлений о комплексообразовании хрома (III) в щелочных растворах можно оценить при диагностике процессов методами спектроскопии.

Примечательно, что растворы хрома (III), отличающиеся концентрацией щелочи, имеют различную окраску. Систематические исследования спектров поглощения этих растворов в видимой области показали, что для  $\text{Cr}(\text{III})$  характеристичным является наличие двух полос поглощения с максимумами в интервалах значений  $\lambda_1 = 420\text{—}430$  нм и  $\lambda_2 = 585\text{—}595$  нм (рис. 2). Известно [5—7], что полимеризация обуславливает рост интенсивности в области  $\lambda_1$  и смещение максимума поглощения в длинноволновую область. Наблюдаемое в изучаемых системах антибатное изменение указанных

параметров спектров свидетельствует об уменьшении степени полимеризации с увеличением концентрации NaOH (рис. 2).

Особенности динамики атомов водорода в водных системах зависят от состава растворов и могут быть выявлены методом ЯМР-спектроско-

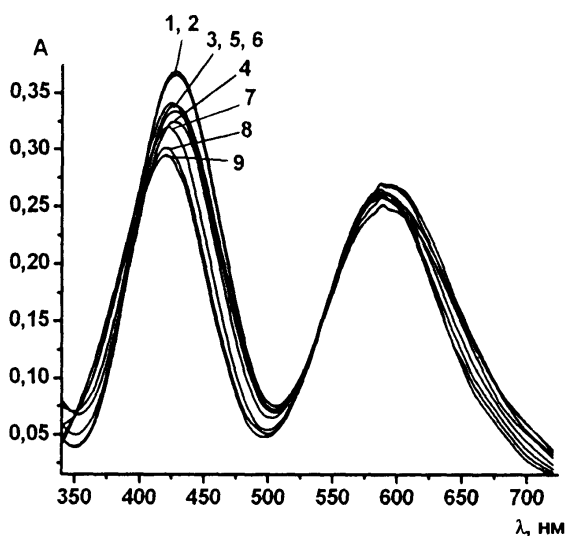


Рис. 2. Электронные спектры поглощения 0.01 М растворов  $\text{Cr}(\text{III})$  с  $C_{\text{NaOH}}$  (М): 1 — 0.5; 2 — 1.0; 3 — 3.0; 4 — 5.0; 5 — 7.0; 6 — 9.0; 7 — 11.0; 8 — 13.0; 9 — 15.0.

пии. При этом необходимо учитывать число протонов в первой координационной сфере парамагнитного иона, характер его связи с молекулами растворителя, а также изменение структурно-функциональных характеристик среды в процессе комплексообразования [15].

В спектрах ЯМР  $^1\text{H}$  серии растворов с увеличением концентрации NaOH или KOH наблюдается смещение суммарного сигнала протонов системы в область слабого поля (рис. 3, а, кривые 1,2) при практически неизменной полуширине линии  $\Delta H$  (рис. 3, б, кривые 1,2). При введении в указанную систему  $\text{Cr}(\text{III})$  регистрируется как смещение сигнала в слабое поле, так и уширение линии ЯМР  $^1\text{H}$  (рис. 4), свидетельствующие о возрастающей релаксационной эффективности доминирующих в соответствующих условиях форм хрома (III). Необходимо отметить особенности эволюции параметров ЯМР  $^1\text{H}$  с увеличением концентрации  $\text{OH}^-$ -ионов: монотонный ход зависимости  $\delta\text{—}C_{\text{OH}^-}$  нарушается как для растворов KOH, так и для NaOH при  $C_{\text{OH}^-} = 11\text{—}13$  М (рис. 3, а, кривые 3, 4); зависимость  $\Delta H\text{—}C_{\text{OH}^-}$  характе-

ризуется двумя участками с различной кривизной. При изменении концентрации щелочи в интервале ~1—9 М величина  $\Delta H$  возрастает незначительно, а при дальнейшем повышении  $C_{OH^-}$  наблюдается резкое увеличение  $\Delta H$  (рис. 3, б, кривые 3,4), что может свидетельствовать об уменьшении степени полимеризации соединений Cr(III) и возрастании эффективности контакта парамагнитных ионов хрома со средой [15, 16]. Замедление возрастания релаксационной эффективности в области  $C_{OH^-} = 13$ —14 М, по-видимому, обусловлено образованием полиядерных комплексов с  $O^{2-}$  в качестве мостиковых лигандов.

Анализ данных ЭПР для серии растворов с постоянной концентрацией хрома (III) показал, что при увеличении  $C_{OH^-}$  в интервале от 1 до 15 М зна-

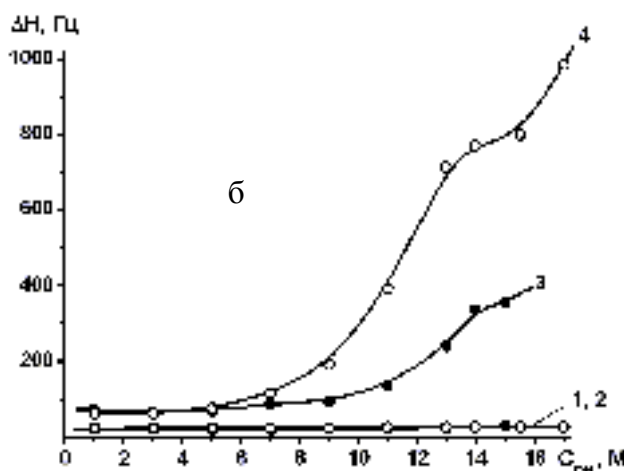
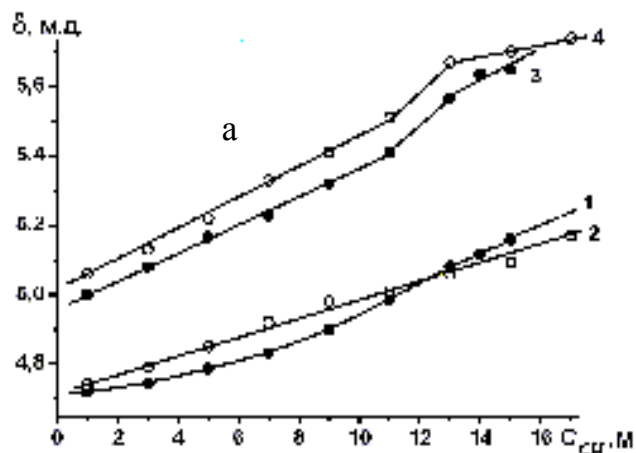


Рис. 3. Зависимость химсдвига  $\delta$  (а) и полуширины линии  $\Delta H$  (б) ЯМР  $^1H$  спектров от концентрации  $OH^-$  в растворах: 1 — KOH; 2 — NaOH; 3 — KOH и 0.01 М Cr(III); 4 — NaOH и 0.01 М Cr(III).

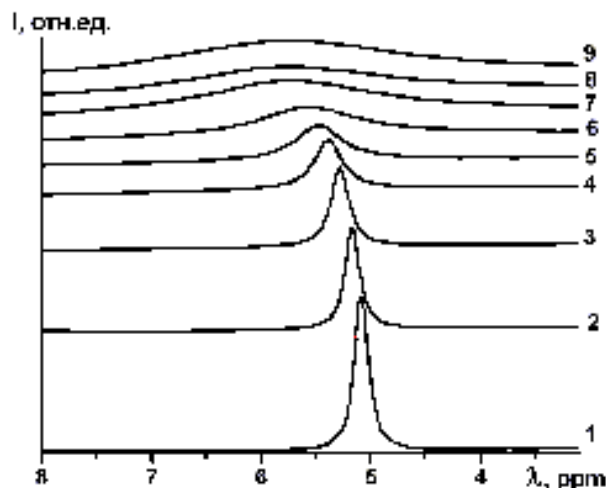


Рис. 4. ЯМР  $^1H$  спектры 0.01 М растворов Cr(III) с  $C_{NaOH}$  (М): 1 — 1.0; 2 — 3.0; 3 — 5.0; 4 — 7.0; 5 — 9.0; 6 — 11.0; 7 — 13.0; 8 — 15.0; 9 — 17.0.

Параметры ЭПР 0.01 М растворов Cr(III)

$C(NaOH)$ , М	$g_{эф}$	$\Delta H$ , Гс
1.0	1.974	335
3.0	1.969	350
5.0	1.964	360
7.5	1.960	410
10.0	1.956	480
12.5	1.942	475
15.0	1.935	475

чение  $g_{эф}$  наблюдаемого сигнала хрома (III) уменьшается (таблица), что обычно свойственно соединениям с возрастающей степенью ионности связи металл–лиганд. Сопутствующее этому непоследовательное уширение линий хрома (таблица) можно объяснить изменением симметрии полиэдра координационной сферы Cr(III) при переходе от  $[Cr(OH)_4(H_2O)_2]^-$  до  $[Cr(OH)_6]^{3-}$ . Таким образом, рассмотрение эволюции состояния Cr(III) в растворах с pH в широком интервале значений позволяет констатировать, что с увеличением основности доминирующих в разных условиях лигандов [17] ( $H_2O < OH^- < O^{2-}$ ) мономерные формы Cr(III) можно представить как  $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$ ,  $[Cr(OH)_6]^{3-}$  и  $[CrO_4]^{5-}$ . Переходными между указанными мономерами могут быть полиядерные аквагидрокси- и гидроксооксокомплексы.

По-видимому, наблюдаемое в спектрах ЭПР

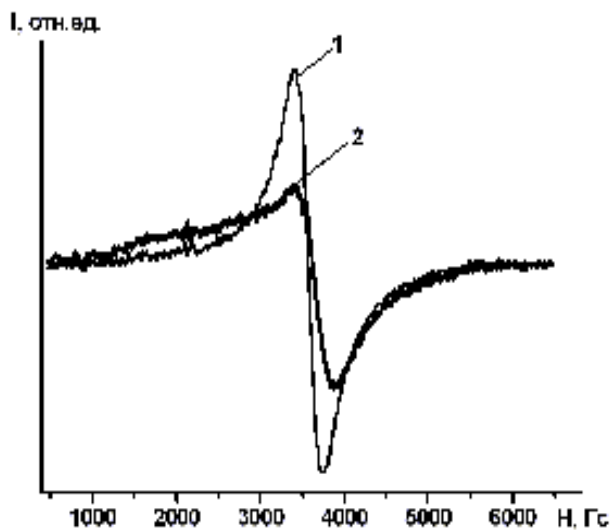
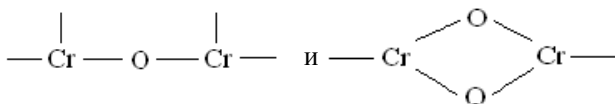


Рис. 5. Спектры ЭПР 0.01 М растворов Cr(III) с  $C_{\text{NaOH}}$ , М: 1 — 1.0; 2 — 15.0.

(рис. 5) перераспределение интегральных интенсивностей между линией, соответствующей  $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-}$  ( $g_{\text{эф}} = 1.942$ ), и линиями с  $g_{\text{эф}} \sim 2.1$  и  $2.3$  подтверждает факт формирования оксигидроксоформ, включающих фрагменты:



Наряду с этим, поскольку имеет место уширение линии и уменьшение значения  $g$ -фактора при увеличении  $C_{\text{NaOH}}$  а также известно [18], что мономерные формы хрома (III) имеют значения  $g_{\text{эф}} < 2$ , наблюдаемые изменения могут свидетельствовать, что действительно конечной формой существования Cr(III) в растворах с  $C_{\text{NaOH}} > 15$  М является  $[\text{CrO}_4]^{5-}$ . Такого рода высокозарядные анионы обычно [19] проявляют склонность к внешнесферному комплексообразованию с конечной формой существования  $\{[\text{CrO}_4](\text{Kat})_n\}^{(5-n)-}$ . В таком случае свойства образующихся соединений Cr(III) должны зависеть от природы катиона, вводимого со щелочью. Действительно, при замене  $\text{Na}^+$  на  $\text{K}^+$  в диапазоне  $C_{\text{OH}^-} = 10\text{—}15$  М в спектрах ЭПР соотношение интегральных интенсивностей линий со значениями  $g$ -фактора 1.956, 2.10 и 2.30 существенно отличаются: доминирует  $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-}$ , а выход полиядерных комплексов и  $\{[\text{CrO}_4](\text{Kat})_n\}^{(5-n)-}$  значительно меньше. Последнее явление может быть обусловлено особенностями гидратации ионов

$\text{K}^+$  и  $\text{Na}^+$  и сопряженной с ней их склонностью к внешнесферному комплексообразованию. Как видно, в присутствии ионов натрия равновесие в большей степени смещается в сторону оксосоединений хрома (III).

Следует отметить, что, в отличие от систем с низкими значениями pH [8, 11], равновесие в изучаемых системах устанавливается за период достижения теплового равновесия со средой. В процессе проведения экспериментальных исследований замечено, что параметры спектров ЯМР  $^1\text{H}$  и ЭПР растворов с  $C_{\text{Cr(III)}} > 10^{-3}$  М при  $C_{\text{OH}^-} > 3$  М в течение суток оставались неизменными.

Таким образом, совокупность известных и оригинальных экспериментальных данных позволяет констатировать эволюцию состояния Cr(III) от мономерных аквакомплексов, через полиядерные аквагидроксокомплексы, мономерные гидроксокомплексы и полимерные оксигидроксокомплексы до мономерных оксокомплексов с внешнесферными катионами при изменении кислотно-основных характеристик среды в широком диапазоне значений.

**РЕЗЮМЕ.** Методами спектрофотометрії, ЕПР та ЯМР  $^1\text{H}$  спектроскопії описано комплексоутворення хрому (III) з такими лігандами, як  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{OH}^-$  і  $\text{O}^{2-}$  у розчинах з основністю, що зростає.

**SUMMARY.** The chromium (III) complexation with such ligands as  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{OH}^-$  and  $\text{O}^{2-}$  in solutions with growth of alkalinity was described by methods of spectrophotometry, EPR and NMR  $^1\text{H}$  spectroscopy.

1. Zink S., Schoenberg R., Staubwasser M. // Geochim. Cosmochim. Acta. -2010. -74, № 20. -P. 5729—5745.
2. Аникін В.Ю., Басаргін Н.Н., Косолапова Н.И., Розовский Ю.Г. // Завод. лаборатория. Диагностика материалов. -2008. -74, № 6. -С. 15—19.
3. Смирнова В.В. // Химия и хим. технология. -Алма-Ата, 1976. -Вып. 20. -С. 88—93.
4. Rai D., Hess N.J., Rao L. et al. // J. Sol. Chem. -2002. 31, № 5. -P. 343—367.
5. Friese J.I. Dis. for the degree of doctor of philosophy. -Wash. St. Univ., 2002.
6. Rao L., Zhang Z., Friese J.I. et al. // J. Chem. Soc. Dalton Trans. -2002. -P. 267—274.
7. Jiang H., Rao L., Zhang Z., Rai D. // Inorg. Chem. Acta. -2006. -359. -P. 3237—3242.
8. Данилина А.Е., Павлов И.М., Калинина Н.А. // Журн. неорган. химии. -1980. -25, -№ 10. -С. 2826—2831.
9. Супрунович В.И., Павлова О.В., Головки И.Д., Головки Д.А. // Вопросы химии и хим. технологии.

- 2009. -№ 6. -С. 83—87.
10. Тулюпа Ф.М., Панченко І.С. Аналітична хімія: Навчальний посібник. -Дніпропетровськ: Вид-во УДХТУ, 2002.
  11. Миронов И.В. // Журн. неорган. химии. -1988. -33. -№ 6. -С. 1455—1459.
  12. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. -М.: Химия. -1989.
  13. Делимарский Ю.К. Химия ионных расплавов. - Киев: Наук. думка, 1980.
  14. Волков С.В., Грищенко В.Ф., Делимарский Ю.К. Координационная химия солевых расплавов. - Киев: Наук. думка, 1977.
  15. Попель А.А. Магнитно-релаксационный метод анализа неорганических веществ. -М.: Химия, 1978.
  16. Ваиман А.А., Пронин И.С. Ядерная магнитная релаксация и ее применение в химической физике. -М.: Наука, 1979.
  17. Гарновский А.Д., Садименко А.П., Осипов О.А., Цинцадзе Г.В. Жестко-мягкие взаимодействия в координационной химии. -Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1986.
  18. Кармангужина Л.К., Маров И.Н., Евтикова Г.А., Факеев А.А. // Журн. неорган. химии. -1983. -28, № 10. -С. 2538—2541.
  19. Волков С.В., Засуха В.А. Квантовая химия координационных конденсированных систем. -Киев: Наук. думка, 1985.

Украинский государственный химико-технологический университет, Днепрпетровск  
Институт металлофизики НАН Украины  
им. Г.В. Курдюмова, Киев  
Институт сорбции и проблем эндоэкологии  
НАН Украины, Киев

Поступила 25.02.2011

УДК 542.973: 542.92: 546.289

**М.Н. Дорошенко, О.В. Набока, Е.А. Мазуренко, В.М. Огенко**

### **СИНТЕЗ КАТАЛИТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПОДЛОЖЕК ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУР ГЕРМАНИЯ (IV)**

Изложены перспективы применения наноматериалов на основе германия в нанoeлектронике. Определены свойства германиевых наноструктур (ГНС) согласно теоретическим расчетам. С учетом затрудненности образования ГНС на открытой поверхности для синтеза наногермания предложен темплатный *rf* PE MOCVD-метод — высокочастотное металлоорганическое, активированное плазмой химическое осаждение из газовой фазы с использованием каталитически активных подложек и легколетучих прекурсоров — координационных соединений германия ( $\beta$ -дикетонатов). Приведен синтез нанопористых матриц кремнезема и оксида алюминия, с наращиванием на их поверхности каталитически активных наночастиц комбинации оксидов кобальта (II) и (III), а также золота методом термического испарения в вакууме (ТИВ). Представлены первые попытки получения ГНС методом *rf* PE MOCVD.

**ВВЕДЕНИЕ.** Развитие современных технологий требует разработки новых функциональных материалов. В последнее время синтезировано большое число неорганических наноматериалов — нанотрубки, нанопроволоки, наножгуты, наноленты, наноремни, наногвозди, нанопрутики и т.п. Известны работы по синтезу наноструктур как соединений [1—5], так и простых элементов [6—10].

Наименее исследованной, но многообещающей и перспективной является проблема получения наноразмерных материалов на основе элементов IV группы — кремния и германия. Современ-

ный научно-технический прогресс несомненно определяется развитием электроники. Известно, что германий входит в состав полупроводниковых материалов, применяемых в микроэлектронике. Последние достижения науки показывают, что в отличие от традиционной микроэлектроники, потенциальные возможности которой в ближайшее десятилетие, по-видимому, будут исчерпаны, дальнейшее развитие электроники возможно только на базе принципиально новых физических и технологических идей.

При переходе от микроразмерности к разме-

© М.Н. Дорошенко, О.В. Набока, Е.А. Мазуренко, В.М. Огенко, 2011