

[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-</sup> and cationic polymethine pinacyanol was established in aqueous solution. The energy characteristics of the associates have been determined and the ionic surfactants influence on the associates has been considered.

1. Ларин В.И., Шаповалов С.А. // Укр. хим. журн. -2004. -70, № 5. -С. 10—21.
2. Иценко А.А., Шаповалов С.А. // Журн. прикл. спектроскопии. -2004. -71, № 5. -С. 557—578.
3. Шаповалов С.А. // Журн. прикл. химии. -2007. -74, № 11. -С. 1801—1806.
4. Шапиро Б.И. // Успехи химии. -2006. -69, № 5. -С. 484—509.
5. Evstigneev M.P., Evstigneev V.P., Hernandez Santiago A.A., Davies D.B. // Europ. J. Pharmaceut. Sci. -2006. -28, № 1-2. -P. 59—66.
6. Giménez-Romero D., Bueno P.R., Gabrielli C. et al. // J. Phys. Chem. B. -2006. -110, № 39. -P. 19352—19363.
7. Иценко А.А., Деревянко Н.А., Попов С.В. и др. // Изв. Академии наук. Сер. хим. -1997. -№ 5. -С. 950—955.
8. Шаповалов С.А., Самойлов Е.А. // Изв. вузов. Химия и хим. технология. -2007. -50, № 5. -С. 92—97.
9. Ларин В.И., Самойлов Е.А., Добриян М.А., Шаповалов С.А. // Там же. -2007. -50, № 10. -С. 52—57.
10. Шаповалов С.А. // Журн. физ. химии. -2008. -82, № 9. -С. 1685—1691.
11. Hocking R.K., Wasinger E.C., de Groot F.M.F. et al. // J. Amer. Chem. Soc. -2006. -128, № 32. -P. 10442—10451.
12. Цирилина Г.А., Титова Н.В., Назмутдинов Р.Р., Петрий О.А. // Электрохимия. -2001. -37, № 1. -С. 15—25.
13. Шаповалов С.А., Добриян М.А., Сахно Т.В. // Изв. вузов. Химия и хим. технология. -2008. -51, № 2. -С. 38—43.
14. Шаповалов С.А. // Журн. прикл. химии. -2008. -81, № 7. -С. 1082—1087.
15. Шаповалов С.А., Добриян М.А., Сахно Т.В., Киселева Я.С. // Укр. хим. журн. -2008. -74, № 4. -С. 71—76.
16. Абрамзон А.А., Бочаров В.В., Гаевой Г.М. Поверхностно-активные вещества: Справочник. -Ленинград: Химия, 1979.
17. Herz A.H. // Photogr. Sci. and Eng. -1974. -18, № 2. -P. 207—215.
18. Шаповалов С.А., Самойлов Е.А. // Изв. Академии наук. Сер. хим. -2008. -№ 7. -С. 1379—1389.
19. Шаповалов С.А., Ларин В.И., Гладков Е.С., Черная Т.А. // Укр. хим. журн. -2004. -70, № 4. -С. 84—87.
20. Shapovalov S.A., Kiseliyova Ya.S. // Chem. & Chem. Technol. -2010. -4, № 4. -P. 271—276.
21. Шаповалов С.А. // Журн. общ. химии. -2010. -80, № 5. -С. 783—793.
22. Stewart J.J.P. MOPAC 2000. User's Manual. -New York: Fujitsu Limited, 2000.
23. Шаповалов С.А., Свищева Я.А. // Журн. прикл. химии. -2002. -75, № 3. -С. 463—467.
24. Шаповалов С.А., Киселева Я.С. // Изв. вузов. Химия и хим. технология. -2010. -53, № 6. -С. 22—26.
25. Шаповалов С.А., Свищева Я.А. // Вісн. Харків. націон. ун-ту. Хімія. -2010. -№ 932, вип. 19(42). -С. 62—69.
26. Takeda K., Tatsumoto N., Tatsuma Y. // J. Colloid Interface Sci. -1974. -47, № 1. -P. 128—133.

Научно-исследовательский институт химии  
при Харьковском национальном университете  
им. В.Н. Каразина

Поступила 11.02.2011

УДК 546.56:54—386

Д.А. Кутолей, А.В. Штеменко

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОКСИЭТИЛИДЕНДИФОСФОНАТОВ МЕДИ С ЭТИЛЕНДИАМИНОМ И 2-АМИНОЭТАНОЛОМ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Методами потенциометрии и фотометрии исследован процесс комплексообразования в системе Cu<sup>2+</sup>—1-гидроксиэтилидендифосфоновой кислоты и двух основных лигандов — 2-аминоэтанола и этилендиамина. Доказано образование в водных растворах разнолигандных комплексных соединений, установлен их состав и рассчитаны их константы устойчивости.

**ВВЕДЕНИЕ.** Карбоксил- и фосфорсодержащие комплексоны образуют с биометаллами (Fe<sup>3+</sup>, Fe<sup>2+</sup>,

Ca<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>) комплексы высокой устойчивости. Физико-химическое изуче-

© Д.А. Кутолей, А.В. Штеменко, 2011

ние процессов комплексообразования с биометаллами и сопоставление с данными биологов и агрохимиков показало, что влияние комплексонов на поведение биометаллов в организме растения и животного симбатно константам устойчивости их комплексов в растворах, то есть в растениях не нарушаются общие физико-химические закономерности [1].

Используя принципы смешанолигандного комплексообразования, когда каждый из лигандов имеет свои специфические функциональные группы, связываемые с ионом металла-комплексообразователя, можно проводить направленное изменение координационной сферы. Такой принцип в природе реализован в виде смешанолигандных соединений биометаллов с аминокислотами и витаминами в форме простейших ферментных систем [2].

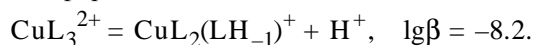
В литературе описано большое количество работ, посвященных образованию гетеролигандных комплексонов [3, 4]. Большая часть этих работ описывает соединения, содержащие в качестве комплекса молекулу этилендиаминтетрауксусной кислоты — ЭДТА или аналогичные полиаминокислоты [5]. Имеются также литературные данные о применении таких препаратов в сельском хозяйстве, где указывается на большую биологическую эффективность гетеролигандных комплексонов по сравнению с гомолигандными [6].

Целью данной работы является исследование взаимодействия моноядерных и биядерных комплексов оксиэтилидендифосфонатов меди(II) с 2-аминоэтанолом и этилендиамином в водных растворах.

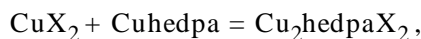
1-гидроксиэтилидендифосфоновая кислота — ОЭДФ, помимо устойчивых простых комплексов с большинством переходных металлов, также может образовывать биядерные комплексы. В литературе подробно описаны механизмы формирования и свойства аналогичных биядерных комплексонов ЭДТА, как наиболее изученного комплекса. По данным литературы [7], такие биядерные комплексы могут взаимодействовать в растворе с дополнительными лигандами, переходя в биядерные разнолигандные смешанные по лиганду комплексы. Для ЭДТА образование таких комплексов было показано для комплексонов  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  [8]. Для ОЭДФ сведений об образовании таких комплексных соединений в растворах не обнаружено.

Для исследования представляют интерес два таких лиганда как этилендиамин (en) и 2-амино-

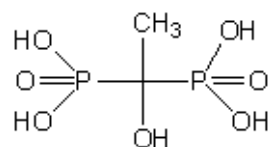
этанол (mea), поскольку оба лиганда образуют несколько типов гомолигандных комплексов в растворе. Логарифмы констант устойчивости ( $\lg\beta$ ) комплексных форм  $[\text{Cu(en)}]^{2+}$  и  $[\text{Cu(en)}_2]^{2+}$  соответственно составляют 10.55 и 19.6 [9]. С ионами меди(II) 2-аминоэтанол, согласно литературным данным, образует комплексные частицы  $[\text{Cu(mea)}]^{2+}$ ,  $[\text{Cu(mea)}_2]^{2+}$  и  $[\text{Cu(mea)}_3]^{2+}$  с логарифмами констант устойчивости, соответственно равными 4.50, 4.05 и 3.33 [10]. Причем присоединение четвертого лиганда является маловероятным, а плоско-квадратное окружение реализуется за счет хелатного эффекта при присоединении третьего лиганда в депротонированной форме:



*ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.* Образование двухъядерных смешанных соединений оксиэтилидендифосфонатов меди(II) с азотсодержащими лигандами этилендиамином и 2-аминоэтанолом в растворе изучали методом, разработанным в работе [11]. Суть его заключается в измерении отклонения зависимости оптической плотности растворов, содержащих различные соотношения гомолигандных моноядерных комплексов меди(II), от аддитивности. Таким образом, изучалась реакция:



где X — азотсодержащий лиганд, 2-аминоэтанол или этилендиамин; hedpa — анион оксиэтилидендифосфоновой кислоты:



ОЭДФ ( $\text{H}_4\text{hedpa}$ )

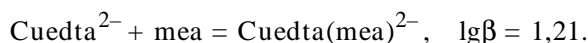
Для этого готовили изомольярные серии растворов  $\text{Cu hedpa}$  и  $\text{CuX}_2$ . Общая концентрация ионов меди(II) в растворе составляла 0.01 моль/л, концентрация оксиэтилидендифосфоната менялась в широком интервале. Концентрацию лигандов X в рабочих растворах определяли соотношением  $C_X^0 = 2(C_{\text{Cu}^{2+}}^0 - C_{\text{hedpa}}^0) + [\text{X}]$ , где [X] — равновесная концентрация лиганда X, представляющая такой избыток лиганда, который необходим, чтобы обеспечить максимальную мольную долю комплекса:

$$\alpha_{\text{CuX}_2} = \beta_2[\text{X}]^2 / (1 + \beta_1[\text{X}] + \beta_2[\text{X}]^2) \approx 1,$$

где  $\beta$  — константы образования моно- и билигандных комплексов.

Ионную силу растворов поддерживали равной 0.2 с помощью  $KNO_3$ . Оптическую плотность растворов измеряли при  $\lambda=740$  нм на спектрофотометре СФ-46 в кюветах с толщиной оптического слоя 1.0 см.

**ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ.** Исследования образования моноядерных комплексов меди(II) с оксиэтилидендифосфоновой кислотой и этилендиамином проведены авторами работы [12] и нами в статье [13]. Показано, что комплексные частицы, содержащие одновременно оксиэтилидендифосфонат-ионы и этилендиамин, образуются в широком диапазоне рН водных растворов. С 2-аминоэтанолом для комплексонатов ЭДТА известны смешанные комплексы. Логарифм константы реакции присоединения:



Данные спектрофотометрии свидетельствуют о том, что при добавлении 2-аминоэтанола к растворам, содержащим оксиэтилидендифосфонат меди(II), наблюдается гипсохромный сдвиг полосы поглощения при увеличении концентрации 2-аминоэтанола в растворах с  $\text{pH} \geq 8.5$  (рис. 1).

Для изучения реакции моноядерного комплекса ОЭДФ с 2-аминоэтанолом проведено потенциметрическое титрование растворов, содержащих ионы меди(II), оксиэтилидендифосфоновою

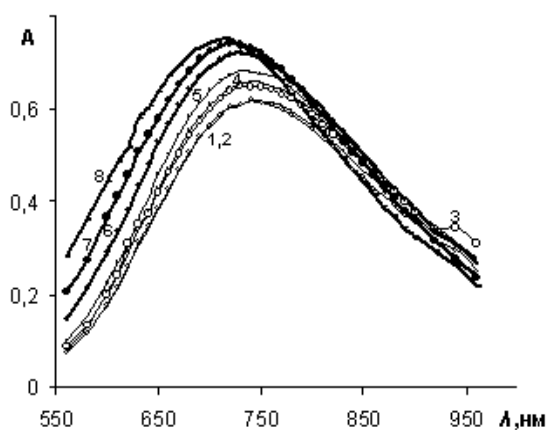


Рис. 1. Спектры поглощения растворов, содержащих ионы  $Cu^{2+}$  (0.0097 моль/л), ОЭДФ (hedpa) и дополнительный лиганд 2-аминоэтанол (mea), моль/л: 1 — 0.01 hedpa, 0 mea; 2 — 0 hedpa, 0.01 mea; 3 — 0.01 hedpa, 0.005 mea; 4 — 0.01 hedpa, 0.01 mea; 5 — 0.01 hedpa, 0.015 mea; 6 — 0.01 hedpa, 0.04 mea; 7 — 0.01 hedpa, 0.08 mea.  $\text{pH} 8.5$ ,  $I = 0.2 \text{ M } KNO_3$ .

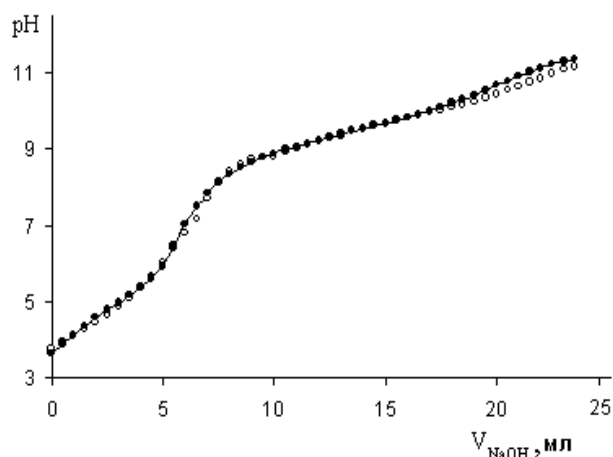


Рис. 2. Кривая рН-метрического титрования раствора, содержащего, моль/л: ионы  $Cu^{2+}$  — 0.0055, hedpa — 0.01, mea — 0.01 и аналогичная кривая, рассчитанная с помощью математической модели.

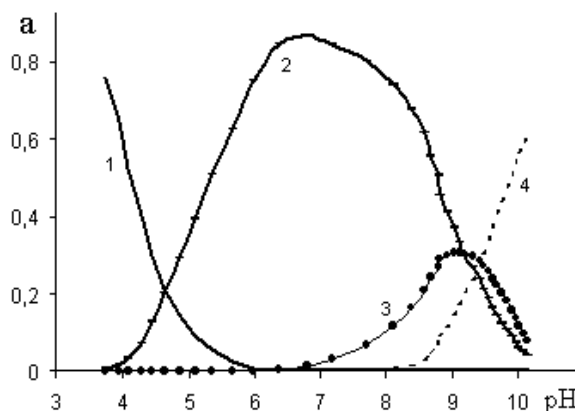
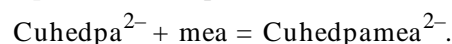


Рис. 3. Диаграмма распределения комплексов в системе  $Cu^{2+}$ —hedpa—mea.  $C_{Cu^{2+}} = 0.0055$  моль/л: 1 —  $H_4\text{hedpa}$ ; 2 —  $Cu\text{hedpa}2$ ; 3 —  $Cu\text{hedpamea}2$ ; 4 —  $Cu\text{hedpamea}3$ .

кислоту и 2-аминоэтанол в соотношении 1:1:1 (рис. 2). Используя эти данные, с помощью программы CLINP [14] была смоделирована система, содержащая ряд комплексных частиц, и распределение их в зависимости от рН водных растворов (рис. 3). Логарифм константы присоединения ( $\lg\beta_{\text{прис}}$ ) 2-аминоэтанола к депротонированному комплексу  $Cu\text{hedpa}^{2-}$  оказался равным 2.42:



Смешанолигандный комплекс образуется при  $\text{pH} \geq 9$ , в том диапазоне, где могут существовать два комплекса с 2-аминоэтанолом — в виде катиона  $[Cu(\text{mea}H_1(\text{mea}))^+]$  и незаряженной комплекс-

ной частицы  $[\text{Cu}(\text{mea})_2]$  [15].

Для присоединения этилендиамина к аналогичному комплексу  $\lg\beta_{\text{прис}}$  составляет 4.7 [13].

Для изучения комплексообразования ионов меди(II) в случае образования комплексов состава  $\text{Cu} : \text{hedpa} = 2:1$  были рассмотрены реакции присоединения этих азотсодержащих основных лигандов к биядерным комплексам оксиэтилидендифосфоновой кислоты с ионами меди(II).

На графике зависимости оптической плотности (рис. 4) от соотношения комплексных форм ионов меди замечен излом при стехиометрическом соотношении взаимодействующих комплексов 1:1.

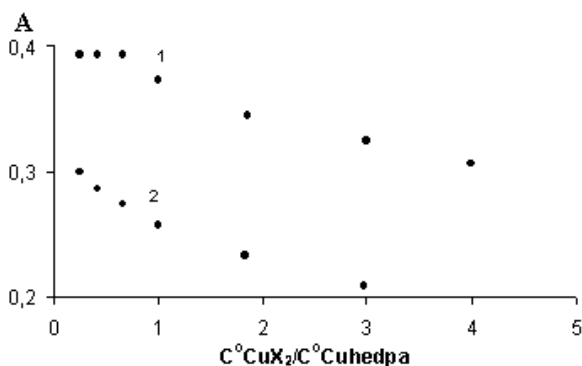


Рис. 4. Зависимость оптической плотности растворов от соотношений  $C^0_{\text{CuX}_2} - C^0_{\text{Cuhedpa}}$ , X — mea (1), en (2).  $C_{\text{Cu}^{2+}} = 0.025$  моль/л.

Если при взаимодействии  $\text{Cu}_{\text{en}_2}$  и  $\text{Cu}_{\text{mea}_2}$  с  $\text{Cu}_{\text{hedpa}}$  образуются комплексы  $\text{Cu}_2\text{hedpaen}_2$  и  $\text{Cu}_2\text{hedpamea}_2$ , то уравнению

$$C^0_{\text{Cuhedpa}} \cdot C^0_{\text{CuX}_2} / \Delta A = (C^0_{\text{Cu}^{2+}} + 1/K_D) \cdot 1/\epsilon - \Delta A / (\Delta\epsilon)^2$$

будет соответствовать линейная зависимость

$$C^0_{\text{Cuhedpa}} \cdot C^0_{\text{CuX}_2} / \Delta A \text{ от } A,$$

где  $\Delta\epsilon = \epsilon_{\text{Cu}_2\text{hedpaen}_2} - 1/2(\epsilon_{\text{CuX}_2} + \epsilon_{\text{Cuhedpa}})$ ,  $\Delta\Delta\epsilon = \epsilon_{\text{Cu}_2\text{hedpaen}_2}$ ,  $\epsilon_{\text{Cuhedpa}}$ ,  $\epsilon_{\text{CuX}_2}$  — коэффициенты экстинкции соответствующих комплексов;  $\Delta A$  — величина отклонения оптической плотности от аддитивного значения.

На рис. 5 представлены зависимости

$$C^0_{\text{Cuhedpa}} \cdot C^0_{\text{CuX}_2} / \Delta A \text{ от } \Delta A,$$

имеющие вид прямых, что свидетельствует об образовании соединений  $\text{Cu}_2\text{hedpaen}_2$  и  $\text{Cu}_2\text{hedpamea}_2$ .

Таким образом, в растворе протекают соответствующие реакции:

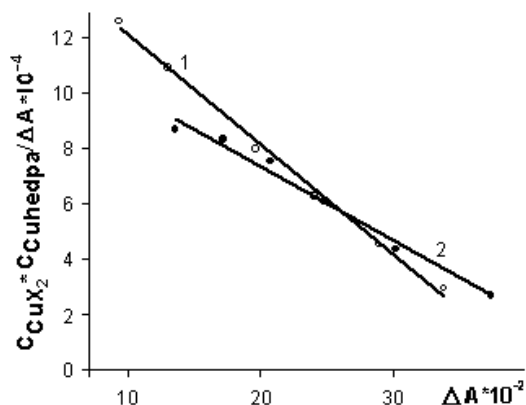
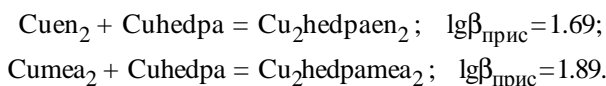


Рис. 5. Зависимость  $C^0_{\text{Cuhedpa}} \cdot C^0_{\text{CuX}_2} / \Delta A$  от  $\Delta A$ , X = en (1), mea (2).  $C_{\text{Cu}^{2+}} = 0.025$  моль/л.



На рис. 6 и 7 показаны сдвиги максимумов оптических плотностей растворов оксиэтилидендифосфонатов меди(II) при соотношении  $\text{Cu}^{2+} : \text{hedpa} = 2:1$  в присутствии дополнительного лиганда 2-аминоэтанола при разных pH, а также сдвиги максимумов оптических плотностей растворов оксиэтилидендифосфонатов меди(II) при соотношении  $\text{Cu}^{2+} : \text{hedpa} = 2:1$  с различными концентрациями 2-аминоэтанола. Для сравнения на рис. 8 представлены кривые зависимостей оптических плотностей от длины волны при различных pH систем

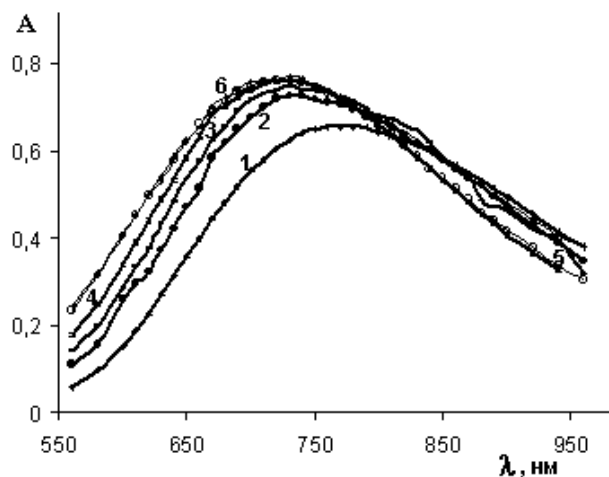


Рис. 6. Спектры поглощения растворов, содержащих, моль/л: ионы  $\text{Cu}^{2+}$  — 0.0097, ОЭДФ (hedpa) — 0.005 и дополнительный лиганд 2-аминоэтанол (mea) — 0.0097, при различных pH водного раствора: 1 — 7.03; 2 — 8.08; 3 — 8.53; 4 — 9.02; 5 — 9.53; 6 — 10.01.

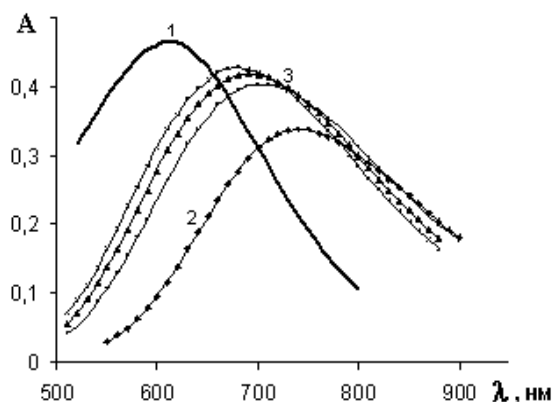


Рис. 7. Спектры поглощения растворов, содержащих, моль/л: ионы  $\text{Cu}^{2+}$  — 0.0097, ОЭДФ (hedra) — 0.005.  $\text{Cu} : \text{mea} = 1:3$  (1),  $\text{Cu} : \text{hedra}$  (2), в присутствии двух комплексообразователей (3).

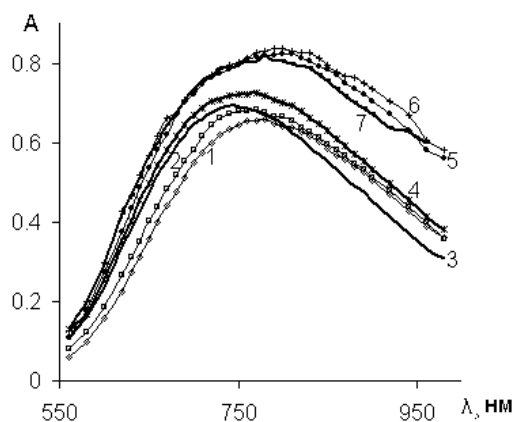


Рис. 8. Спектры поглощения растворов, содержащих, моль/л: ионы  $\text{Cu}^{2+}$  — 0.0097, ОЭДФ (hedra) — 0.005 при различных pH водного раствора: 1 — 7.02; 2 — 7.58; 3 — 8.54; 4 — 8.99; 5 — 9.51; 6 — 9.96; 7 — 9.31.

$\text{Cu}^{2+} : \text{hedra} = 2:1$  в отсутствие дополнительных лигандов. Из рисунка видно, что при pH выше 9.0 наблюдается резкое возрастание оптической плотности растворов и батохромный сдвиг полосы поглощения.

На наш взгляд, такие изменения оптических свойств растворов биядерных комплексов  $\text{Cu} - \text{hedra}$  при переходе в сильнощелочную среду обусловлены гидролизом биядерного комплексогена, вероятно, с образованием биядерных комплексов, содержащих гидроксил-ион в качестве лиганда. Таким образом, можно предположить, что образование смешанолигандных биядерных комплексов ОЭДФ с ионами меди(II) и дополнительными ос-

новными лигандами — этилендиамином и 2-аминоэтанолом протекает как конкурирующая реакция вхождения этих лигандов в координационную сферу этих ассоциатов вместо образования гидроксокомплексов.

Необходимо отметить тот факт, что концентрированные растворы биядерных разнолигандных комплексонов с этилендиамином менее стабильны, чем аналогичные растворы с 2-аминоэтанолом. Так, при стоянии в течение 4–5 сут в первом случае наблюдается нерастворимый в воде, белый аморфный осадок, который является, судя по данным ИК-спектроскопии, гомолигандным биядерным комплексом меди с оксиэтилидендифосфоновой кислотой. Растворы, содержащие 2-аминоэтанол, стабильны во времени.

Константа присоединения 2-аминоэтанола к биядерному оксиэтилидендифосфонату меди(II) выше аналогичной с этилендиамином, хотя для реакции вхождения этих аминов в координационную сферу моноядерных комплексонов ситуация обратная. На наш взгляд, это может быть обусловлено тем, что возникают большие стерические трудности при образовании биядерного ассоциата с этилендиамином. Известно, что молекула 2-аминоэтанола взаимодействует с ионами меди(II) только как монодентантный лиганд, за счет связи с аминогруппой [9], например, в смешанолигандном комплексе  $\text{Cu}(\text{O}_2\text{CC}_8\text{H}_{17})_2(\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH})_2$ . В квадратном комплексе октаоата атомы азота аминогрупп 2-аминоэтанола занимают координационные места меди в плоскости комплекса, а гидроксогруппы находятся в аксиальных положениях [16]. Такая ориентация дополнительного лиганда при комплексообразовании и может привести к облегчению образования смешанолигандного комплекса.

**ВЫВОДЫ.** Таким образом, в данной работе была показана возможность образования в водных растворах смешанолигандных комплексонов меди(II) различного состава, где в качестве лиганда-“хозяина” выступает оксиэтилидендифосфонат-ион. Формирующиеся в растворе смешанолигандные металлокомплексы характеризуются более высокими константами устойчивости, чем исходные гомолигандные комплексоны, и могут использоваться как перспективные хелатные микроудобрения — источники важного микроэлемента в “транспортной” оболочке разнолигандного комплекса.

РЕЗЮМЕ. Методами потенціометрії та фотометрії досліджено процес комплексоутворення в системі  $\text{Cu}^{2+}$ —1-гідроксіетилідендифосфонової 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