

3. Dekker J. P., Boekema E. J. Supermolecular organization of the thylakoid membrane proteins in green plants. // *Biochim Biophys Acta*. – 2005. – **1706**. – P. 12–39.
4. Avenson T.J., Kanazawa A., Cruz J.A., Takizawa K., Ettinger W. E., Kramer D. M. Integrating the proton circuit into photosynthesis: progress and challenges // *Plant Cell Environ.* – 2005. – **28**. – P. 97-109.
5. Золотарева Е.К. Протонная регуляция процессов фотосинтетической трансформации энергии // *Физиол. биохим. культур. раст.* – 2010. – **42**, № 1. – С. 37–50.
6. Игнатова Л. К., Руденко Н. Н., Христин М. С., Иванов Б. Н. Гетерогенная природа карбоангидразной активности тилакоидных мембран // *Биохимия*. – 2006. – **71**, №.5. – С. 651–659.
7. Arnon D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenolase in *Beta vulgaris* // *Plant Physiol.* – 1949. – **24**. – P. 1–154.
8. Lowry O.H., Rosenbrough N.J., Farr A.L., Randell R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent // *J. Biol Chem.* – 1951. – **193**. – P. 265 – 275.
9. Семеніхін А.В. Карбоангидразна активність чинника спряження  $CF_1$ , ізольованого з хлоропластів шпинату / А.В. Семеніхін, О.М. Гриб, В.В. Суховеєв // *Фундаментальні та прикладні дослідження в сучасній хімії : матеріали I Міжнародної заочної науково-практичної конференції молодих учених (Ніжин, 11 квітня 2014 р.) / за заг. ред. В.В.Суховеєва. – Ніжин : НДУ ім. Миколи Гоголя, 2014. – С. 161–167.*
10. Tiedge H., Liinsdorf H., Schafer G., Schairer H. U. Subunit stoichiometry and juxtaposition of the photosynthetic coupling factor 1: Immunoelectron microscopy using monoclonal antibodies // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. – 1985. – **82**. – P. 7874–7878.
11. Ärvi S. J., Suorsa M., Paakkarinen V., Aro E.-M. Optimized native gel systems for separation of thylakoid protein complexes: novel super- and mega-complexes // *Biochem. J.* – 2011. – **439**. – P. 207–214.

УДК 542.97:546.562.226-062.741

**Силиванова А.И., Дроздова Н.И.,**

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины*

**ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ  
ГИДРОКСОКОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ИОНОВ  $Cu^{2+}$  В РАСТВОРЕ  
 $Cu^{2+}-SO_4^{2-}-H_2O$**

Методом потенциометрического титрования изучены процессы гидроксокомплексобразования и установлены области устойчивого существования гидролизных форм меди в модельных растворах состава  $Cu^{2+}-SO_4^{2-}-H_2O$ . Установлены области устойчивого доминирования гидроксоформ в исследуемом диапазоне рН и соотношений  $[OH^-]/[Me^{2+}]$ .

The process of the hydroxa complex formation studied by potentiometric titration in installed sustainable existence hydrolysis forms of copper in model solutions of  $Cu^{2+}-SO_4^{2-}-$

H<sub>2</sub>O. Established sustainable hydroxo forms domination in the investigated pH range and ratio  $[\text{OH}^-]/[\text{Me}^{2+}]$ .

**Ключевые слова:** гидроксокомплексы, гидроксокомплексообразование, растворы, ионы меди, кривые титрования, точка эквивалентности.

Многие тяжелые металлы проявляют выраженные комплексообразующие свойства. В водных средах ионы металлов гидратированы и способны образовывать различные гидроксокомплексы, состав которых зависит от кислотности раствора. В присутствии анионов или молекул органических соединений ионы таких металлов образуют комплексы различного строения и устойчивости. В природных и сточных водах, почвенных растворах, особенно в условиях техногенеза, присутствуют катионы кадмия, меди, цинка. Актуальным является изучение процесса гидролиза катионов металлов в растворах с образованием гидроксоформ, которые обладают различной миграционной способностью и биодоступностью. Это требует детального изучения процессов и условий гидроксокомплексообразования с позиций возможности образования моноядерных и полиядерных гидроксо соединений в бикомпонентных системах.

Цель работы: изучение влияния концентрации комплексообразователя на состав образуемых гидроксоформ и областей их устойчивого состояния.

Объектом исследования в данной работе являлись модельные растворы  $\text{Cu}^{2+}$ - $\text{SO}_4^{2-}$ - $\text{H}_2\text{O}$  с концентрацией ионов  $\text{Cu}^{2+}$   $10^{-2}$  –  $10^{-5}$  М. Ионную силу растворов поддерживали 0,01 с помощью раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

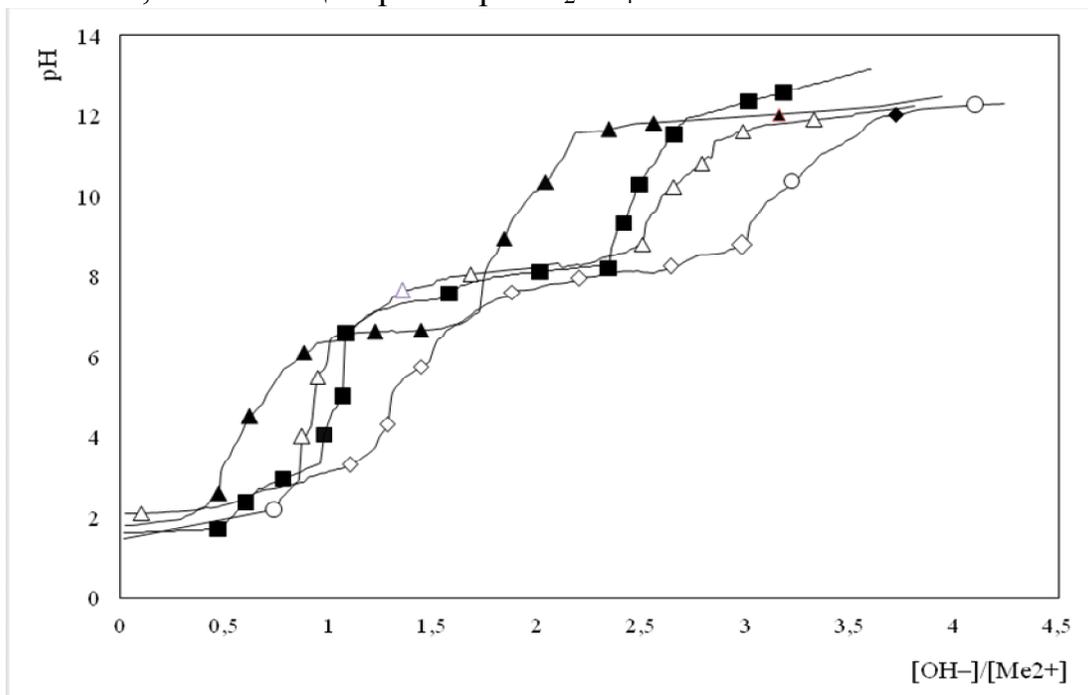


Рис. 1. Кривые потенциметрического титрования модельных растворов  $\text{Cu}^{2+}$ - $\text{SO}_4^{2-}$ - $\text{H}_2\text{O}$  с ионной силой 0,01

Примечание – 1-■ –  $10^{-2}$  М, 2-○ –  $10^{-3}$  М, 3-▲ –  $10^{-4}$  М, 4-△ –  $10^{-5}$  М

На основании полученных экспериментальных данных были построены кривые потенциметрического титрования. Для интерпретации результатов и кривых

титрования рассчитывали мольное отношение  $[\text{OH}^-]/[\text{Me}^{2+}]$  [1]. Исследования представленные в работах [2,3] указывают, что данные кривые адекватно отражают состояние системы в зависимости от значений pH и соотношения  $[\text{OH}^-]/[\text{Me}^{2+}]$  не только в первые минуты после прибавления щелочи, но и в состоянии равновесия. Следовательно, по кривым титрования с большой долей вероятности можно судить о равновесном поведении ионов металлов в водных растворах. Точки эквивалентности на кривых отвечают критическим точкам, отделяющим одну область устойчивого поведения системы от другой подобной области (рисунок 1).

При титровании растворов с концентрацией ионов  $\text{Cu}^{2+}$  от  $10^{-2}$  до  $10^{-5}$  М и значениями ионных сил растворов 0,01 (рисунок 1) наблюдали два скачка титрования. Первый скачок с  $\text{pH}_{\text{экв}} = 4,2; 5,0; 5,0; 5,1$  и соотношением  $[\text{OH}^-]/[\text{Me}^{2+}]$  0,5 – 1,5 соответственно, отвечает нейтрализации свободной серной кислоты и началу образования моногидроксокомплексов меди  $\text{Cu}(\text{OH})^+$ . В растворе по мере увеличения концентрации ионов  $\text{OH}^-$  происходит димеризация комплексов  $\text{CuOH}^+$  с образованием полиядерного комплекса  $\text{Cu}_2\text{OH}^{3+}$  и гидроокиси меди  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , что сопровождается вторым скачком титрования.

Второй скачок при титровании раствора с концентрацией  $\text{Cu}^{2+}$   $10^{-2}$  М наблюдался при соотношении  $[\text{OH}^-]/[\text{Me}^{2+}]$  от 2,2 до 2,7 и  $\text{pH}_{\text{экв}}=10,2$  соответствует выпадению осадка  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ . Полное осаждение  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  было достигнуто при pH около 13 (кривая 1). При концентрации  $10^{-3}$ М (кривая 2) второй скачок титрования наблюдали в интервале  $[\text{OH}^-]/[\text{Me}^{2+}]$  от 2,9 до 3,6 с  $\text{pH}_{\text{экв}}=10,4$  соответствует образованию полиядерных гидроксоформ  $\text{Cu}_2\text{OH}^{3+}$ . Полное осаждение  $\text{Cu}_2\text{OH}^{3+}$  достигнуто при pH около 12,2. На кривой 3 второй скачек наблюдается в интервале  $[\text{OH}^-]/[\text{Me}^{2+}]$  от 1,6 до 2,1 с  $\text{pH}_{\text{экв}}=9,7$ . Полное осаждение  $\text{Cu}_2\text{OH}^{3+}$  в растворе было достигнуто при pH около 11,7. В растворе с концентрацией ионов  $\text{Cu}^{2+}$   $10^{-5}$  М (кривая 4) второй скачок при  $[\text{OH}^-]/[\text{Me}^{2+}]$  от 2,5 до 3,3 соответствует выпадению осадка гидроокиси меди –  $\text{Cu}(\text{OH})_2$   $\text{pH}_{\text{экв}}=1,3$ . Полное осаждение  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  в данном растворе было достигнуто при pH около 12. При концентрации  $10^{-5}$  М медь присутствует в растворе в виде мономерных форм, или гидратированных ионов  $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4^{2+}$ , которые легко переходят в коллоидное состояние при pH более 6.

Экспериментальные данные свидетельствуют что с уменьшением концентрации металл-ионов, в растворе будет увеличиваться равновесная концентрация  $\text{OH}^-$  ионов в растворе, при которой протекает гидролиз с образованием моно- и полиядерных комплексов, и следовательно, увеличение соотношения  $[\text{OH}^-]/[\text{Me}^{2+}]$ . Полученные данные показывают, что помимо гомоядерных комплексов в системе реализуется возможность образования полиядерных гидроксо соединений, что представляет несомненный интерес с позиции химии координационных соединений.

Полученные результаты могут быть использованы на практике при изучении условий синтеза сложнооксидных материалов, получаемых по гидроксидным технологиям, процессов взаимного соосаждения элементов при очистке промышленных сточных вод.

## Литература

1. Дроздова, Н.И. Потенциометрическое исследование процессов гидроксо-комплексообразования в растворах  $Mn^{2+}-Cu^{2+}(Cd^{2+})-NO_3^- - H_2O$  / Н.И. Дроздова, В.Г. Свириденко, А.В. Хаданович // Катализ и нефтехимия, Киев, 2010.–№18–С.22– 25.
2. Давыдов, Ю.П. Состояние радионуклидов в растворах / Ю.П. Давыдов. – Минск: АН БССР, 1974. – 224 с.
3. Назаренко, В.А. Гидролиз ионов металлов в разбавленных растворах / В.А. Назаренко, В.П. Антонович, Е.М. Невская. – Москва: Атомиздат, 1979. – 192 с.

УДК 547.791

Симоненко А.П., Янченко В.О.

*Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка*

### ТОКСИКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ЙМОВІРНА БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ АМІДІВ ТРИАЗОЛІЛТІООЦТОВОЇ КСИЛОТИ

Для амідів триазолілтїооцтової кислоти розраховано гостру токсичність, коефіцієнти  $\text{Log}P$ , біоконцентрації ( $\text{Log BCF}$ ), адсорбції ( $\text{Log Koc}$ ) та ймовірну біологічну активність. Визначено залежності ймовірності прояву біологічної активності від природи замісників у п'ятому положенні системи та в амідному фрагменті молекули.

Для амидов триазолилтиоуксусной кислоты рассчитана острая токсичность, коэффициенты  $\text{Log}P$ , биоконцентрации ( $\text{Log BCF}$ ), адсорбции ( $\text{Log Koc}$ ) и вероятную биологическую активность. Определены зависимости вероятности проявления биологической активности от природы заместителей в пятом положении системы и в амидной фрагменте молекулы.

For triazoliltioacetic acid amides calculated acute toxicity coefficients  $\text{Log}P$ , bioconcentration ( $\text{Log BCF}$ ), adsorption ( $\text{Log Koc}$ ) and the probable biological activity. The dependence of the probability of biological activity of the nature of the substituents in the fifth position of the amide moiety in the molecule.

**Ключові слова:** аміди триазолілтїооцтової кислоти, гостра токсичність,  $\text{Log}P$ ,  $\text{Log BCF}$ ,  $\text{Log Koc}$ , прогнозування вірогідної біологічної активності.

Интерес до сполук ряду триазолів викликаний широким спектром біологічної активності, який мають його представники. Серед них знайдено речовини, що проявляють протигрибкову [1,2,3,4], проти астматичну [7], протиалергійну [6], протизапальну [8], седативну [5] та інші види активностей.

Для проведення дослідження нами була взята вибірка амідів триазолілтїооцтової кислоти загальною формулою: