

К.О. Омарова, Ш.Ш. Хидиров //Электрохимия. – 2010. – Т 46. – № 8. – С. 1021.

2. Walsh Frank C. Versatile electrochemical coatings and surface layers from aqueousmethanesulfonic acid / Frank C.Walsh, Carlos Ponce de León // Surface and Coatings Technology. – 2014. – V 259. – № 11. – P. 676 – 697.

3. Анохина Е.С. Разработка рецептур кислотных моющих средств / Е.С. Анохина, М.Б. Ребезов, В.В. Нагибина // Естественные и математические науки в современном мире: сб. ст. по матер. XI междунар. науч.-практ. конф. – 2013. – № 10. – С. 180 – 184.

4. MatrunchyO.L. Theanodicoxidationofdimethylsulfoxide / O.L. Matrunchyk, T.A. Vilous, A.G. Tulskaaya // Проблеми та досягнення сучасної хімії:Збірник тез доповідей XIX Наукової молодіжної конференції. – Одеса. – 2017. – С. 47.

5. Матрунчик О.Л. Удосконалення електрохімічного синтезу метансульфонової кислоти / О.Л. Матрунчик, Г.Г. Тульський // Хімічні проблеми сьогодення (ХПС-2017): збірник тез доповідей Десятої Української наукової конференції студентів, аспірантів і молодих учених з міжнародною участю. – Вінниця, ТОВ "Нілан-ЛТД". – 2017. – С. 131.

УДК 541.13

О.Л. Смирнова, доц., канд. техн. наук; К.И. Дейнеко  
(НТУ "ХПИ", г. Харьков)

## ТЕХНОЛОГИИ ХИМИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ПРЕПАРАТОВ ЦИТРАТА МЕДИ

**Введение.**Медь является одним из самых востребованных металлов в различных сферах человеческой жизнедеятельности, а её соединения с анионами органических кислот наиболее легко усваиваются живыми организмами и обладают антибактериальными, антивирусными и противогрибковыми свойствами.

Системные исследования бактерицидных свойств меди проводятся уже более 50 лет в разных странах мира. Агентство по охране окружающей среды США (US EPA) в 2008 году после длительных испытаний зарегистрировало медь как материал, обладающий бактерицидными свойствами. Доказано, что медь подавляет рост микробов MRSA (штамм стафилококка золотистого), аэробных микробов, кото-

рые накапливаются на внутренних стенках питьевых трубопроводов [1].

Цитрат меди (медь лимоннокислая) применяется в медицине в виде глазной мази (1-5%) при трахоме и конъюнктивитах. Медь также является важным биогенным элементом, а цитрат меди производится в форме биологически активной добавки и используется в рационе питания в качестве дополнительного источника меди.

Цитрат меди является достаточно дорогим продуктом. Поэтому существует необходимость в разработке простого и эффективного способа его получения, который не требует больших материальных и энергетических затрат, предотвращает загрязнение окружающей среды, повышает эксплуатационную безопасность производства.

Из научно-технической литературы известен гидротермальный синтез цитрата меди с формулой  $[\text{Cu}_2(\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_7)(\text{H}_2\text{O})_2]_n$  с использованием в качестве реагентов – нитрата меди (II) и лимонной кислоты [2]. Применение специального оборудования с тефлоновым покрытием, высокотемпературный режим, длительное время синтеза делают данный способ технически сложным и экономически затратным.

Также описан способ получения цитрата меди, согласно которому лимонную кислоту сначала переводят в соль реакцией с гидроксидом калия и получают цитрат калия. Цитрат меди получают реакцией обмена между лимоннокислым калием и медным купоросом [3]. Полученная соль представляет собой кристаллогидрат состава  $\text{Cu}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Недостатком способа является разложение цитрата меди даже при незначительном нагреве осадка.

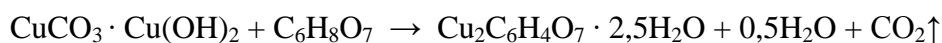
Существует способ получения цитрата меди обменным разложением веществ – сульфата меди и цитрата натрия [4]. Полученная соль имеет формулу  $\text{Cu}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_7 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ . Однако в результате протекания реакции образуются сульфат натрия и серная кислота, которые являются побочными продуктами, затрудняющими процесс отделения от них фильтрата цитрата меди.

Описанные способы получения цитрата меди имеют существенные недостатки. Поэтому **целью данной работы** была разработка такого способа получения цитрата меди, который обеспечивал бы простоту и эффективность синтеза, был недорогим, удобным в эксплуатации и экологически безопасным.

**Результаты работы.** Поставленная в работе цель достигнута тем, что цитрат меди с формулой  $\text{Cu}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_7 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$  получали также за счет реакции обменного разложения химических веществ, но для этого использовали медь углекислую основную и лимонную кислоту, которые растворяли в деминерализованной воде. Воду для пригото-

ления суспензии меди углекислой основной и раствора лимонной кислоты брали в 0,8-1,2- кратном количестве от веса лимонной кислоты, и подвергали их химическому взаимодействию при мольном соотношении 1:1, после чего полученный влажный осадок цитрата меди подвергали фильтрации и сушке.

Использование в синтезе меди углекислой основной позволяет напрямую проводить реакцию обменного разложения по формуле



без образования промежуточных продуктов и побочных токсичных и агрессивных веществ. Время протекания химической реакции составляет 2-3 часа. Процесс синтеза не требует нагрева. Полученный цитрат меди является устойчивым кристаллогидратом с определенным химическим составом.

Процесс получения цитрата меди подробно описан в [5]. Из 175 кг меди углекислой основной и 155 кг лимонной кислоты на выходе образуется 280 - 290 кг сухого вещества целевого продукта. Таким образом, предложенный способ получения цитрата меди является технически простым и эффективным, не требует применения дорогостоящего оборудования, не загрязняет окружающую среду и позволяет получать чистый продукт, не содержащий вредных примесей.

Кроме химического синтеза цитрата меди в работе рассматривается возможность получения его водных растворов электрохимическим способом, то есть получения растворов цитрата меди за счет анодного растворения чистой металлической меди в растворах лимонной кислоты.

Известно, что лимонная кислота ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ ) образует с  $\text{Cu}$  (II) различные комплексы в зависимости от pH среды. Анодное поведение меди в лимоннокислых растворах с pH = 3-4 изучали с помощью стандартных поляризационных исследований с применением импульсного потенциостата и термостатированной ячейки.

На рисунке 1 представлены потенциодинамические зависимости, снятые на медном электроде в разбавленных растворах лимонной кислоты, которые показывают, что медь активно растворяется с отдачей двух электронов и образованием комплексных анионов типа  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)(\text{HC}_6\text{H}_5\text{O}_7)]^-$  с  $K_n = 10^{-4}$ .

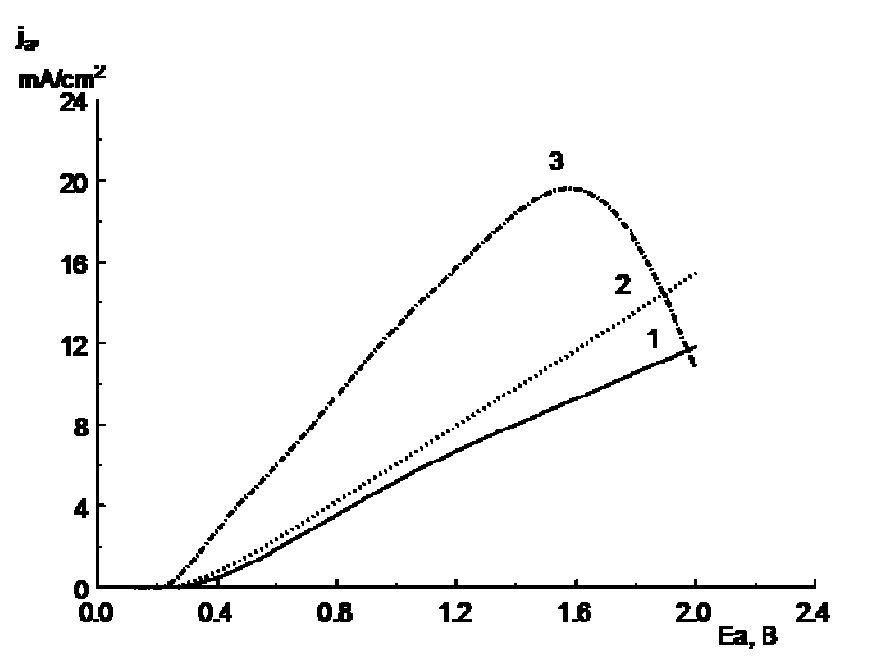


Рисунок 1 – Анодные поляризационные зависимости, снятые на медном электроде (20 °С) в растворах с концентрацией лимонной кислоты (моль/дм<sup>3</sup>): 1 – 0,05; 2 – 0,1; 3 – 0,2.

Как видно из рисунка 1, с ростом концентрации лимонной кислоты скорость растворения меди увеличивается, а стационарный потенциал меди сдвигается в область отрицательных значений с 0,215 В до 0,125 В, что свидетельствует об уменьшении активности простых ионов меди (II) и образовании в растворе цитратных комплексов меди. Перегиб поляризационной кривой 3 (максимум) свидетельствует о том, что достигается предельная плотность тока, которая обусловлена солевой пассивацией медного анода.

Анодное растворение меди в указанных растворах в гальваностатическом режиме с оптимальной заданной плотностью тока от 1 до 10 мА/см<sup>2</sup> протекает стабильно с выходом по току близким к 100%. Количественное содержание меди в растворе легко контролировать по закону Фарадея, рассчитывая необходимое время проведения электролиза при заданной силе тока.

Готовые растворы цитрата меди можно использовать в качестве биологически активных препаратов с антибактериальным и противогрибковым эффектом.

#### **Выводы:**

1. Цитрат меди является биологически активным веществом и эффективным компонентом различных фармацевтических препаратов, медицинских растворов и пищевых добавок.

2. Получение цитрата меди на производстве возможно химическим и электрохимическим способом с использованием эффективных, экономически выгодных, ресурсосберегающих и экологически чистых технологий, основные принципы которых изложены в материалах данной работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Литвинова Т.Н. Биогенные элементы. Комплексные соединения: учеб. - метод. пособ. / Т.Н. Литвинова. – Ростов н/Д: Феникс, 2009. – 283 с.
2. Zhang G., Yang G. and Shi Ma J. Versatile framework solids constructed from divalent transition metals and citric acid: syntheses, crystal structures, and thermal behaviors // *Crystal Growth & Design*. – 2006. – Vol. 6, № 2. – P. 375-381.
3. Смирнова П.И. Синтез органических производных меди (II) / П.И. Смирнова, Д.Б. Соловьева // *Юный ученый*. – 2017. – № 1. – С. 88-92.
4. Халецкий А.М. Фармацевтическая химия. – Л.: Медицина, 1966. – 706 с.
5. Заявка № u 201706023 Украина, МПК<sup>7</sup> – C01G 3/00, C07C 59/265. Спосіб одержання цитрату міді / Смірнова О.Л., Рутковська К.С. (Україна); заявник та патентовласник НТУ «ХП». – № u 201706023; заявл. 15.06.2017.

УДК 544.6

Р.В. Якушин, доц., канд. техн. наук;  
В.А. Колесников, проф., д-р техн. наук;  
В.А. Бродский, ст. науч. сотр., канд. хим. наук;  
А.В. Перфильева, ст. науч. сотр., канд. техн. наук;  
И.Н. Соловьева, доц.  
РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва

### **ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ЭКСТРАГЕНТА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ РАЗРЯДЕ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОКОВ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ**

Изготовление печатных плат относится к наукоемким, высокотехнологичным производствам, где используются уникальные технологии и дорогостоящая техника. На сегодняшний день, потребность в изготовлении высококачественных сложноконструк-