

ISSN 1991-3494

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

# Х А Б А Р Ш Ы С Ы

---

---

## ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

## THE BULLETIN

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН  
ИЗДАЕТСЯ С 1944 ГОДА  
PUBLISHED SINCE 1944

4

---

---

АЛМАТЫ  
АЛМАТЫ  
ALMATY

2015

ШІЛДЕ  
ИЮЛЬ  
JULY

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі

**М. Ж. Жұрынов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы :

биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Айтхожина Н.А.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байпақов К.М.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байтулин И.О.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Берсімбаев Р.И.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Газалиев А.М.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Дүйсенбеков З.Д.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Елешев Р.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; фил. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Нысанбаев А.Н.**; экон. ғ. докторы, проф., ҰҒА академигі **Сатубалдин С.С.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбжанов Х.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішева З.С.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Абсадықов Б.Н.** (бас редактордың орынбасары); а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Баймұқанов Д.А.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Байтанаев Б.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Давлетов А.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; геогр. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Медеу А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мырхалықов Ж.У.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Огарь Н.П.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Таткеева Г.Г.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Үмбетаев И.**

Р е д а к ц и я к е ñ е с і :

Ресей ҒА академигі **Велихов Е.П.** (Ресей); Әзірбайжан ҰҒА академигі **Гашимзаде Ф.** (Әзірбайжан); Украинаның ҰҒА академигі **Гончарук В.В.** (Украина); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Джрбашян Р.Т.** (Армения); Ресей ҒА академигі **Лаверов Н.П.** (Ресей); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Москаленко С.** (Молдова); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Рудик В.** (Молдова); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Сагян А.С.** (Армения); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Тодераш И.** (Молдова); Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Якубова М.М.** (Тәжікстан); Молдова Республикасының ҰҒА корр. мүшесі **Лупашку Ф.** (Молдова); техн. ғ. докторы, профессор **Абиев Р.Ш.** (Ресей); техн. ғ. докторы, профессор **Аврамов К.В.** (Украина); мед. ғ. докторы, профессор **Юрген Аппель** (Германия); мед. ғ. докторы, профессор **Иозеф Банас** (Польша); техн. ғ. докторы, профессор **Гарабаджиу** (Ресей); доктор PhD, профессор **Ивахненко О.П.** (Ұлыбритания); хим. ғ. докторы, профессор **Изабелла Новак** (Польша); хим. ғ. докторы, профессор **Полещук О.Х.** (Ресей); хим. ғ. докторы, профессор **Поняев А.И.** (Ресей); профессор **Мохд Хасан Селамат** (Малайзия); техн. ғ. докторы, профессор **Хрипунов Г.С.** (Украина)

Главный редактор

академик НАН РК

**М. Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Н.А. Айтхожина**; доктор ист. наук, проф., академик НАН РК **К.М. Байпаков**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **И.О. Байтулин**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Р.И. Берсимбаев**; доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **А.М. Газалиев**; доктор с.-х. наук, проф., академик НАН РК **З.Д. Дюсенбеков**; доктор сельскохозяйств. наук, проф., академик НАН РК **Р.Е. Елешев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор фил. наук, проф., академик НАН РК **А.Н. Нысанбаев**; доктор экон. наук, проф., академик НАН РК **С.С. Сатубалдин**; доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Х.М. Абжанов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **З.С. Абишева**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.Н. Абсадыков** (заместитель главного редактора); доктор с.-х. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Д.А. Баймуканов**; доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.А. Байтанаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А.Е. Давлетов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор геогр. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А. Медеу**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.У. Мырхалыков**; доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.П. Огарь**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Г.Г. Таткеева**; доктор сельскохозяйств. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **И. Умбетаев**

Редакционный совет:

академик РАН **Е.П. Велихов** (Россия); академик НАН Азербайджанской Республики **Ф. Гашимзаде** (Азербайджан); академик НАН Украины **В.В. Гончарук** (Украина); академик НАН Республики Армения **Р.Т. Джрбашян** (Армения); академик РАН **Н.П. Лаверов** (Россия); академик НАН Республики Молдова **С. Москаленко** (Молдова); академик НАН Республики Молдова **В. Рудик** (Молдова); академик НАН Республики Армения **А.С. Сагиян** (Армения); академик НАН Республики Молдова **И. Тодераш** (Молдова); академик НАН Республики Таджикистан **М.М. Якубова** (Таджикистан); член-корреспондент НАН Республики Молдова **Ф. Лупашку** (Молдова); д.т.н., профессор **Р.Ш. Абиев** (Россия); д.т.н., профессор **К.В. Аврамов** (Украина); д.м.н., профессор **Юрген Аппель** (Германия); д.м.н., профессор **Иозеф Банас** (Польша); д.т.н., профессор **А.В. Гарабаджиу** (Россия); доктор PhD, профессор **О.П. Ивахненко** (Великобритания); д.х.н., профессор **Изабелла Новак** (Польша); д.х.н., профессор **О.Х. Полещук** (Россия); д.х.н., профессор **А.И. Поняев** (Россия); профессор **Моход Хасан Селамат** (Малайзия); д.т.н., профессор **Г.С. Хрипунов** (Украина)

«Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан». ISSN 1991-3494

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5551-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18.

www: nauka-nanrk.kz, bulletin-science.kz

---

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

Editor in chief

**M. Zh. Zhurinov**,  
academician of NAS RK

Editorial board:

**N.A. Aitkhozhina**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **K.M. Baipakov**, dr. hist. sc., prof., academician of NAS RK; **I.O. Baitulin**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **R.I. Bersimbayev**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **A.M. Gazaliyev**, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK; **Z.D. Dyusenbekov**, dr. agr. sc., prof., academician of NAS RK; **R.Ye. Yeleshev**, dr. agr. sc., prof., academician of NAS RK; **T.Sh. Kalmenov**, dr. phys. math. sc., prof., academician of NAS RK; **A.N. Nysanbayev**, dr. phil. sc., prof., academician of NAS RK; **S.S. Satubaldin**, dr. econ. sc., prof., academician of NAS RK; **Kh.M. Abzhanov**, dr. hist. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Z.S. Abisheva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **B.N. Absadykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **D.A. Baimukanov**, dr. agr. sc., prof., corr. member of NAS RK; **B.A. Baytanayev**, dr. hist. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A.Ye. Davletov**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A. Medeu**, dr. geogr. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.U. Myrkhalykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **N.P. Ogar**, dr. biol. sc., prof., corr. member of NAS RK; **G.G. Tatkeeva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **I. Umbetayev**, dr. agr. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

**E.P. Velikhov**, RAS academician (Russia); **F. Gashimzade**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **V.V. Goncharuk**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **R.T. Dzhrbashian**, NAS Armenia academician (Armenia); **N.P. Laverov**, RAS academician (Russia); **S.Moskalenko**, NAS Moldova academician (Moldova); **V. Rudic**, NAS Moldova academician (Moldova); **A.S. Sagiyan**, NAS Armenia academician (Armenia); **I. Toderas**, NAS Moldova academician (Moldova); **M. Yakubova**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **F. Lupaşcu**, NAS Moldova corr. member (Moldova); **R.Sh. Abiyev**, dr.eng.sc., prof. (Russia); **K.V. Avramov**, dr.eng.sc., prof. (Ukraine); **Jürgen Appel**, dr.med.sc., prof. (Germany); **Joseph Banas**, dr.med.sc., prof. (Poland); **A.V. Garabadzhiu**, dr.eng.sc., prof. (Russia); **O.P. Ivakhnenko**, PhD, prof. (UK); **Isabella Nowak**, dr.chem.sc., prof. (Poland); **O.Kh. Poleshchuk**, chem.sc., prof. (Russia); **A.I. Ponyaev**, dr.chem.sc., prof. (Russia); **Mohd Hassan Selamat**, prof. (Malaysia); **G.S. Khripunov**, dr.eng.sc., prof. (Ukraine)

**Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.**

**ISSN 1991-3494**

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5551-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz/>, <http://bulletin-science.kz>

---

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

## FORMATION OF COPPER POWDER BY USING «Ti-Cu» ELECTRODE IN ACIDE SOLUTION AT POLARIZATION OF ALTERNATING CURRENT

A. B. Bayeshov, U. A. Abduvaliyeva, D. A. Abizhanova, N. S. Ivanov

D. V. Sokolsly Institute of Organic Catalysis and Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan.  
E-mail: bayeshov@mail.ru, abdumida14@gmail.com

**Keywords:** electrochemistry, copper, titanium, alternating current, polarization, powder, oscillogram.

**Abstract.** The article describes the scientific data obtained from the study of electrochemical dissolution of copper, followed by obtaining the metal powders during polarization by alternating current in sulfuric acid solution of copper (II). In the process electrodisolution copper electrode and the formation of copper powders studied the effect of electrolysis parameters such as current density on the titanium and copper electrodes, the initial concentration of copper ions (II) and sulfuric acid, the frequency of the alternating current and the optimal conditions under which these processes are intensified. The measurement of amplitude current value by the time at polarization of copper with alternating and pulsed sinusoidal current in acid solution was shown. It is shown that the use of an industrial alternating current frequency of 50 Hz is the most optimal, since the observed maximum value of said output current of formation of copper powder that reaches 57.9% and the current efficiency of dissolution of copper is 77.9%.

УДК 541.3

## ФОРМИРОВАНИЕ ПОРОШКОВ МЕДИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ «Ti-Cu» ЭЛЕКТРОДОВ В СЕРНОКИСЛОЙ СРЕДЕ ПРИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ

А. Б. Башов, У. А. Абдувалиева, Д. А. Абижанова, Н. С. Иванов

АО «Институт органического катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан

**Ключевые слова:** электрохимия, медь, титан, переменный ток, поляризация, порошок, осциллограмма.

**Аннотация.** В статье приведены научные данные, полученные по исследованию электрохимического растворения меди, с последующим получением порошков металла при поляризации переменным током в сернокислом растворе меди (II). На процессы электрорастворения медного электрода и формирования порошков меди изучено влияние таких параметров электролиза, как, плотность тока на титановом и медном электродах, исходная концентрация ионов меди (II) и серной кислоты, частоты переменного тока и определены оптимальные условия, при которых указанные процессы интенсифицируются. Приведены осциллограммы изменения величины амплитуды тока от времени при поляризации меди переменным и синусоидальным импульсным токами в сернокислом растворе. Показано, что использование промышленного переменного тока частоты 50 Гц является наиболее оптимальным, так как при указанном значении наблюдается максимальный выход по току образования порошка меди, который достигает 57,9 %, а выход по току растворения меди составляет 77,9 %.

В настоящее время почти вся электрическая энергия вырабатывается в виде энергии переменного тока. Это объясняется преимуществом производства и транспортировки этого вида энергии. Переменный ток в основном получают на стационарных электростанциях, преобразуя с

помощью генераторов турбин механическую энергию в электрическую. Основное преимущество переменного тока по сравнению с постоянным заключается в возможности с помощью трансформаторов повышать или понижать напряжение и с минимальными потерями передавать электрическую энергию на большие расстояния, а в трехфазных источниках питания получать сразу два напряжения: линейное и фазное. Кроме того, генераторы и двигатели переменного тока более просты по устройству, надежней в работе и проще в эксплуатации по сравнению с машинами постоянного тока.

Ранее нами исследовано электрохимическое поведение меди в сернокислом растворе при поляризации постоянным током. Изучено анодное и катодное поведение меди в кислых растворах [1-15]. Целью настоящей работы явилось исследование электрохимического поведения меди при поляризации промышленным переменным током с частотой 50 Гц в сернокислых растворах и оценка влияния различных параметров электролиза на выход по току (ВТ) анодного и катодного процессов. Электролиз проводили в сернокислом растворе меди, в качестве электродов использовались медь и титан. Выход по току рассчитывали для катодного процесса на катодный полупериод переменного тока, а для анодной реакции - на анодный полупериод.

При высоких плотностях тока в диапазоне 20 – 180 кА/м<sup>2</sup> на поверхности титанового электрода формируется оксидная пленка (Ti<sub>x</sub>O<sub>y</sub>), обладающая полупроводниковыми свойствами. В этой связи, когда титановый электрод находится в анодном полупериоде переменного тока, прекращается протекание тока в электрохимической цепи, и в этот момент на втором медном электроде не протекают никакие реакции. В катодном полупериоде переменного тока на титане восстанавливаются ионы меди (II) и водорода по реакции:



Осциллограмма тока при поляризации Cu-Ti пары электродов наглядно показана на рисунке 1. Из осциллограммы 1 видно, что величина тока анодного полупериода на титане срезается, а катодный остается без изменений. Следует отметить, что изменение величины тока анодного полупериода в каждом конкретном случае зависело от состава раствора и главным образом от плотности тока на титановом электроде.



Рисунок 1 – Изменение величины амплитуды тока от времени в сернокислом растворе меди при поляризации переменным током частотой 50 Гц с использованием медного и титанового электрода

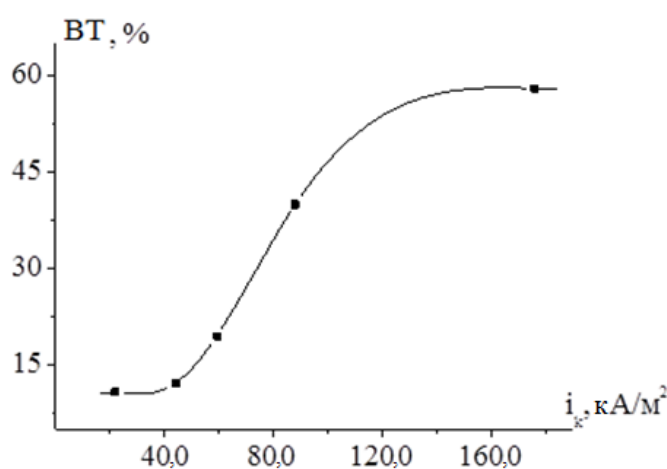
Для сравнения на рисунке 2 приведена осциллограмма, где отражено изменение величины амплитуды тока от времени при поляризации импульсным током синусоидального вида.

Исследовано растворение медного электрода и восстановление ионов меди (II) в сернокислом растворе меди (II) в зависимости от плотности тока на титановом катоде и медном аноде (рисунок 3). С повышением катодной плотности тока на титановом электроде наблюдается закономерное увеличение выхода по току образования порошка меди.

Оптимальной плотностью тока является 176,0 кА/м<sup>2</sup>, дальнейшее увеличение нецелесообразно, так как повышается температура раствора (Джоулево тепло).



Рисунок 2 – Изменение величины амплитуды тока от времени в сернокислом растворе меди при поляризации импульсным током синусоидального вида (в электрохимическую цепь последовательно соединен диод)



$i_{\text{Cu}} = 400 \text{ A/m}^2$ ; 5 г/л Cu(II) + 50 г/л H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;  $\tau = 0,5 \text{ ч}$ ;  $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Рисунок 3 – Влияние плотности тока на титановом электроде на выход по току (BT) образования порошка меди при поляризации переменным током

Совместно с исследованием процесса формирования порошка меди также получены результаты по анодному растворению меди в данных условиях. В таблице 1 представлены результаты исследований, проведенных по изучению влияния анодной плотности переменного тока на BT растворения меди. Показано, что увеличение плотности переменного тока со 100 до 800 A/m<sup>2</sup> приводит к интенсификации процесса растворения меди и увеличению BT с 29,3 % до 110,6 %, соответственно.

Таблица 1 – Влияние плотности переменного тока на меди на BT растворения меди  
 $\tau = 0,5 \text{ ч}$ ;  $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 5 г/л Cu(II) + 50 г/л H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;  $i_{\text{Ti}} = 176,0 \text{ kA/m}^2$

$i_{\text{Cu}}, \text{A/m}^2$	100	200	300	400	800
BT, %	29,3	30,2	31,0	77,9	110,6

В серной кислоте медь растворяется по следующей реакции:



При нахождении в анодном полупериоде переменного тока медный электрод может растворяться с образованием одно- и двухвалентной меди:





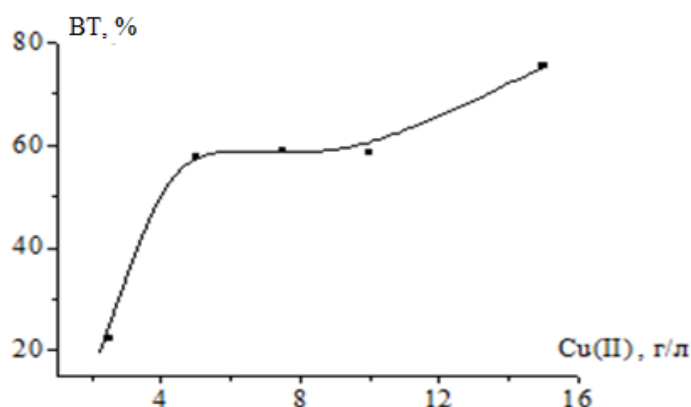
Следует отметить, что одновалентные ионы меди в сернокислом растворе не устойчивы. Поэтому в основном образуются двухвалентные ионы меди. Последние реагируя в растворе с сульфат-ионами образуют сульфат меди по уравнению:



Увеличение ВТ растворения меди, превышающий 100 % объясняется протеканием реакции диспропорционирования:



На рисунке 4 представлены результаты по влиянию исходной концентрации меди (II) (от 2,5 до 15 г/л) на выход по току образования порошка меди при поляризации переменным током.



$$i_{\text{Cu}} = 400 \text{ A/m}^2; i_{\text{Ti}} = 176,0 \text{ kA/m}^2; 50 \text{ г/л H}_2\text{SO}_4; \tau = 0,5 \text{ ч}; t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

Рисунок 4 – Влияние концентрации меди (II) на ВТ образования порошка меди при поляризации переменным током

Увеличение содержания меди (II) в растворе приводит к увеличению ВТ образования порошка меди, что является закономерным для данного процесса. Но при высоких концентрациях (выше 10 г/л) меди на катоде начинают формироваться компактные осадки.

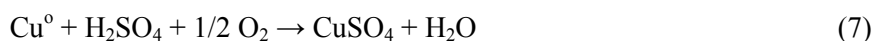
Исследовано влияние исходной концентрации меди в растворе на ВТ растворения медного электрода при поляризации переменным током. Как видно из таблицы 2, с повышением концентрации меди (II) от 2,5 до 7,5 г/л наблюдается увеличение ВТ растворения меди с 57,0 до 90,9 %, дальнейшее повышение практически не влияет.

Таблица 2 – Влияние концентрации меди (II) на ВТ растворения медного электрода:

$$i_{\text{Cu}} = 400 \text{ A/m}^2; i_{\text{Ti}} = 176,0 \text{ kA/m}^2; \tau = 0,5 \text{ ч}; t = 20 \text{ }^\circ\text{C}; 50 \text{ г/л H}_2\text{SO}_4$$

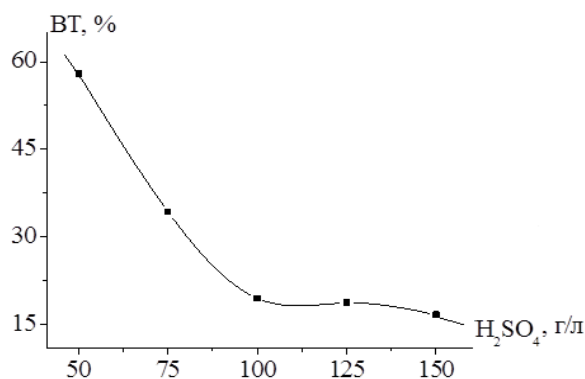
C, г/л	2,5	5	7,5	10	15
ТШ, %	57,0	77,9	90,9	89,2	89,3

Исследовано влияние концентрации серной кислоты на выход по току образования порошка меди при поляризации переменным током. Как видно из рисунка 5, с увеличением концентрации  $\text{H}_2\text{SO}_4$  наблюдается снижение ВТ образования порошка меди, что объясняется обратным химическим растворением в серной кислоте образующихся порошков меди в присутствии кислорода воздуха [16]:



При исследовании влияния концентрации серной кислоты на выход по току растворения меди, установлено, что при поляризации переменным током с повышением концентрации  $\text{H}_2\text{SO}_4$  выход по току растворения меди снижается (таблица 3), что связано с частичной пассивацией медного электрода.





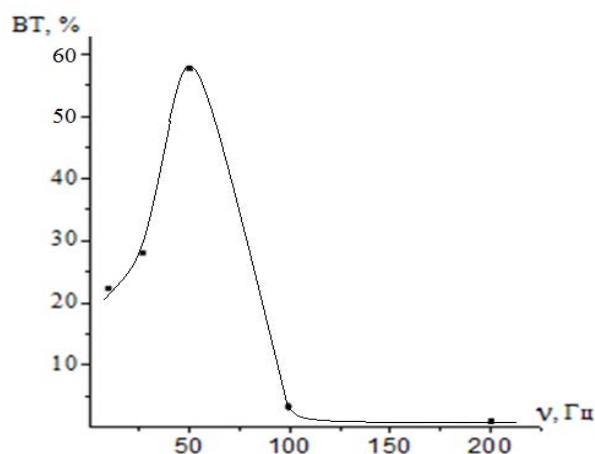
$i_{Cu} = 400 \text{ A/m}^2$ ;  $i_{Ti} = 176,0 \text{ kA/m}^2$ ; 5 г/л Cu(II);  $\tau = 0,5 \text{ ч}$ ;  $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Рисунок 5 – Влияние концентрации серной кислоты на ВТ образования порошка меди при поляризации переменным током

Таблица 3 – Влияние концентрации серной кислоты на выход по току растворения меди при поляризации переменным током  $i_{Cu} = 400 \text{ A/m}^2$ ;  $i_{Ti} = 176,0 \text{ kA/m}^2$ ;  $\tau = 0,5 \text{ ч}$ ;  $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 5 г/л Cu(II)

C, г/л	50	75	100	125	150
ТШ, %	77,9	71,4	44,7	42,6	40,7

При исследовании влияния частоты переменного тока (рисунок 6), установлено, что кривая ВТ образования порошка меди проходит через максимум. Оптимальной частотой тока, при котором ВТ образования порошка меди достигает максимального значения (77,9 %) является 50 Гц. Снижение выхода по току при частоте тока выше 50 Гц вызвано с уменьшением величины средней амплитуды тока при увеличении частоты переменного тока, что ведет к снижению поляризации электродов. В данном случае использование промышленного переменного тока частоты 50 Гц является наиболее оптимальным.



$i_{Cu} = 400 \text{ A/m}^2$ ;  $i_{Ti} = 176,0 \text{ kA/m}^2$ ; 5 г/л Cu(II) + 50 г/л H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;  $\tau = 0,5 \text{ ч}$ ;  $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Рисунок 6 – Влияние частоты переменного тока на ВТ образования порошка меди при поляризации переменным током

При указанной величине частоты наблюдается максимальный ВТ (77,9 %) электродрастворения меди. Результаты исследований приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Влияние частоты переменного тока на выход по току растворения меди  $i_{Cu} = 400 \text{ A/m}^2$ ;  $i_{Ti} = 176,0 \text{ kA/m}^2$ ;  $\tau = 0,5 \text{ ч}$ ;  $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 5 г/л Cu(II) + 50 г/л H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

v, Гц	10	30	50	100	200
ТШ, %	56,1	62,7	77,9	7,0	7,7

Таким образом, нами исследовано влияние плотности тока, исходной концентрации ионов меди (II) и серной кислоты в растворе, а также частоты переменного тока на ВТ образования порошка меди и ее растворения при поляризации переменным током пары электродов «титан-медь». Установлено, что максимальный ВТ образования порошка (75,5 %) наблюдается при катодной плотности тока  $176,0 \text{ кА/м}^2$ , частоты переменного тока 50 Гц, концентрации серной кислоты и ионов меди (II) в растворе 50 и 15 г/л, соответственно. Оптимальными условиями растворения меди являются следующие параметры: анодная плотность тока на меди –  $800 \text{ А/м}^2$ , концентрации меди (II) – 5 г/л, концентрация  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – 50 г/л, частота тока – 50 Гц. При этом максимальный ВТ растворения меди составляет 110,6 %. *Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что, используя переменный ток промышленной частоты, можно получать порошки меди.*

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Баешов А.Б., Макаров Г.В., Букетов Е.А. Участие купроинов в электродном процессе при электрорафинировании меди / В кн. «Химическая технология и силикаты», изд-во «Наука», А-Ата, 1974, с.349-351.
- [2] Букетов Е.А., Баешов А.Б., Макаров Г.В. О механизме ионизации меди в системе  $\text{Cu-Cu(II)-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$  / В кн. «Физико-химическое изучение систем с участием элементов первой группы», изд-во «Наука», А-Ата, 1974, с.9-13.
- [3] Баешов А.Б., Макаров Г.В., Букетов Е.А. Исследование процесса ионизации меди в сернокислых растворах / Ж.прикл. химии, № 9, 1975, -С. 1896-1899.
- [4] Баешов А.Б., Макаров Г.В., Букетов Е.А. Об электрохимическом поведении меди в сернокислых растворах / Тезисы докладов XI-Менделеевского съезда по общей и прикладной химии, «Наука», М. №3, 1975, с. 235-237.
- [5] Баешов А.Б., Макаров Г.В., Букетов Е.А. Об образовании порошка при электрорафинировании меди / В кн. «Теоретические основы переработки органического минерального сырья», Караганда, изд-во КарГУ, 1976, с.13-17.
- [6] Баешов А.Б., Макаров Г.В., Утнашина Н., Угорец М.З., Новик С.Н. Электрорафинирование меди в сернокислых растворах в присутствии титана (IV) / В кн. «Теоретические основы переработки органического минерального сырья», Караганда, изд-во КарГУ, 1976, с.18-22.
- [7] Баешов А.Б. Изучение путей появления металлической меди в медеэлектролитном шламе при электрорафинировании меди / Тезисы докладов республиканской конференции молодых ученых, посвященной XXV съезду КПСС и XIV съезду КП Казахстана, «Наука», 1976, с.52-53.
- [8] Баешов А.Б. Поведение низковалентных ионов  $\text{Cu}^+$  в процессе электрорафинирования меди в сульфатном растворе / В кн. «Тезисы докладов республиканской научно-практической конференции», Усть-Каменогорск, 1977, с.172-173.
- [9] Макаров Г.В., Букетов Е.А., Каплан Н. О механизме электродных процессов при электрорафинировании меди в сульфатных растворах / В кн. «Теоретические основы переработки минерального и органического сырья», вып. IV. – Караганда, изд-во КарГУ, 1977, с. 11-14.
- [10] Баешов А.Б., Борова Е.Н., Баешова А.К., Журинов М.Ж. Способ получения медного порошка по методу Баешова-Журинова / А.с. СССР № 1441830 от 27.01.87 – 4 с.
- [11] Баешов А.Б., Борова Е.Н., Журинов М.Ж. Получение порошковой меди переменным током из сернокислых растворов / В кн.: Сборник по химии, А-Ата, 1988, вып. II, с. 127-133.
- [12] Баешов А.Б., Доспаев М.М., Рустембекова К., Баешова А.К. О формировании оксида меди (I) при поляризации медного электрода переменным током / В кн.: Иссл-ние электрохим-ких превращений простых и сложных веществ в растворе, Караганда, КарГУ, 1990, с. 9-15.
- [13] Bayeshov A.B., Nurdillayeva R.N., Zhylysbayeva A.N. Electrochemical behavior of Cu-Zn Alloy(Brass) in Acid Media at Polarization with Assymitric Alternating Current / Physical Chemistry, Abstroet Book for., 2012, p. 97, Mugla, Turkiye, P. 225-227.
- [14] Баешов А.Б., Иванов Н.С., Мырзабеков Б.Э. Электрохимическое поведение медного электрода в солянокислой среде / Вестник НАН РК, №5, 2012, с.33-37.
- [15] Баешов А.Б., Кадирбаева А., Журинов М. Мыстың электрохимиялық еру ерекшелігін айнұмалы ток катысында зерттеу / Тр. Пятой межд. научно-практич. конф. «Проблемы инновационного развития нефтегазовой индустрии» Алматы, КБТУ, 2013, Т. 1, С.43-46.
- [16] <http://www.alhimikov.net/cuprum/01.html>

#### REFERENCES

- [1] Bayeshov A.B., Makarov G.V., Buketov Ye.A. *V kn. «Himicheskaya tehnologiya i silikaty», Izd-vo «Nauka», A-Ama, 1974, 349-351. (in Russ.)*
- [2] Buketov Ye.A., Bayeshov A.B., Makarov G.V. *V kn. «Fiziko-himicheskoe izuchenie sistem s uchastiem jelementov pervoj gruppy», izd-vo «Nauka», A-Ata, 1974, 9-13. (in Russ.)*
- [3] Bayeshov A.B., Makarov G.V., Buketov Ye.A. *Zh.prikl. himii, 1975, 9, 1896-1899. (in Russ.)*
- [4] Bayeshov A.B., Makarov G.V., Buketov Ye.A. *Tezisy dokladov XI-Mendelevskogo s#ezda po obshhej i prikladnoj himii, M. «Nauka», 1975, 3, 235-237. (in Russ.)*
- [5] Bayeshov A.B., Makarov G.V., Buketov Ye.A. *V kn. «Teoreticheskie osnovy pererabotki organicheskogo mineral'nogo syr'ja», Karaganda, izd-vo KarGU, 1976, 13-17. (in Russ.)*
- [6] Bayeshov A.B., Makarov G.V., Utnasina N., Ugorets M.Z., Novik C.N. *V kn. «Teoreticheskie osnovy pererabotki organicheskogo mineral'nogo syr'ja», Karaganda, izd-vo KarGU, 1976, 18-22. (in Russ.)*

- [7] Bayeshov A.B. *Tezisy dokladov respublikanskoj konferencii molodyh uchenyh, posyjashhen-noj XXV s'ezdu KPSS i XIVs'ezdu KP Kazahstana, «Nauka», 1976, 52-53.* (in Russ.).
- [8] Bayeshov A.B. *V kn. «Tezisy dokladov respublikanskoj nauchno-prakticheskoy konferencii», Ust'-Kamenogorsk, 1977, 172-173.* (in Russ.).
- [9] Bayeshov A.B., Makarov G.V., Buketov Ye.A., Kaplan N. *V kn. «Teoreticheskie osnovy pererabotki mineral'nogo i organicheskogo syr'ja», vyp.IV – Karaganda, izd-vo KarGU, 1977, 11-14.* (in Russ.).
- [10] Bayeshov A.B., Borova E.N., Bayeshova A.K. A method for producing copper's powder by Bayeshov-Zhurinov's method / *Certificate of authorship. USSR № 1441830, 27.01.87, 2.* (in Russ.).
- [11] Bayeshov A.B., Borova E.N., Zhurinov M.Zh. *V kn.: Sbornik po himii, A-Ata, 1988, II, 127-133.* (in Russ.).
- [12] Bayeshov A.B., Dospayev M.M., Rustembekova K., Bayeshova A.K. *V kn.: Issl-nie jelektrohim-kih prevrashhenij prostyh i slozhnyh veshhestv v rastvore, Karaganda, KarGU, 1990, 9-15.* (in Russ.).
- [13] Bayeshov A.B., Nurdillayeva R.N., Zhylysbayeva A.N. *Physical Chemistry, Abstroet Book for., 2012, 97, Mugla, Turkiye, 225-227* (in Eng.).
- [14] Bayeshov A.B., Ivanov N.S., Myrzabekov B.E. *Vestnik NAN RK, 5, 2012, 33-37.* (in Russ.).
- [15] Bayeshov A.B., Kadirbayeva A., Zhurinov M.Zh. *Tr. Pjatoj mezhd. nauchno-praktich. konf. «Problemy innovacionnogo razvitija neftegazovoj industrii» Almaty, KBTU, 2013, 1, 43-46.* (in Russ.).
- [16] <http://www.alhimikov.net/cuprum/01.html> (in Russ.).

### КҮКІРТ ҚЫШҚЫЛЫ ЕРІТІНДІСІНДЕ «Ti-Cu» ЭЛЕКТРОДТАРЫН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП АЙНЫМАЛЫ ТОК АРҚЫЛЫ ПОЛЯРИЗАЦИЯЛАУ КЕЗІНДЕ МЫС ҰНТАҚТАРЫНЫҢ ҚАЛЫПТАСУЫ

Баешов Ә.Б., Абдувалиева У.А., Әбіжанова Д.Ә., Иванов Н.С.

«Д.В.Сокольский атындағы Органикалық катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

**Тірек сөздер:** электрохимия, мыс, титан, айнымалы ток, поляризация, ұнтақ, осциллограмма.

**Аннотация.** Мақалада құрамында мыс (II) иондары бар күкірт қышқылы ерітіндісінде айнымалы токпен поляризацияланған мыстың электрохимиялық еруі және оның ұнтақтарын алу бойынша ғылыми мәліметтер келтірілген. Мыс электродының электрохимиялық еруіне және мыс ұнтақтарының түзілуіне электролиз параметрлерінің, яғни титан және мыс электродтарындағы ток тығыздығы, күкірт қышқылы мен мыс (II) иондарының бастапқы концентрациясы және айнымалы ток жиілігінің әсерлері қарастырылып, бұл процесстер жүруінің оңтайлы шарттары табылды. Мысты күкірт қышқылы ерітіндісінде айнымалы және синусоидалы импульсті токтармен поляризациялау барысында түсірілген ток амплитудасы мәнінің уақытқа тәуелді өзгеруінің осциллограммалары келтірілді. Жиілігі 50 Гц болған өндірістік айнымалы токты қолданған кезде мыс ұнтақтары түзілуінің (57,9 %) және мыс электроды еруінің (77,9 %) максималды ток шығымдары байқалады, сондықтан осы ток жиілігі оңтайлы шарттардың бірі болып табылатындығы көрсетілді.

Поступила 22.05.2015 г.

## **Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://www.bulletin-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов*  
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 21.07.2015.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
12,9 п.л. Тираж 2000. Заказ 4.