



*В. Б. Деев,
докт. техн. наук, профессор,
заместитель
главного редактора
журнала «Цветные металлы»*

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

В майском номере вашему вниманию предлагаются статьи, охватывающие основную тематику журнала. Открывает номер блок материалов, посвященных юбилею К. С. Санакулова, председателя правления – генерального директора АО «Навоийский горно-металлургический комбинат». Авторами статей, вошедших в эту подборку, проведено комплексное исследование процессов бактериального окисления сульфидных минералов. Раздел «Обогащение» представлен публикацией, направленной на изучение эффективности электрофлотационного извлечения из сточных вод гидроксидов хрома, алюминия и железа при оценке влияния состава среды.

Раздел «Тяжелые цветные металлы» содержит статью, посвященную анализу анодного поведения цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5, легированного индием, в среде электролита NaCl; авторы выполнили исследования в целях создания нового перспективного сплава. В разделе «Благородные

металлы и сплавы» приведена статья, в которой рассматривается возможность комплексного извлечения цветных и благородных металлов из техногенных образований производства цветных металлов АО «Алмалыкский ГМК» — шлаков медного производства и клинкера техногенного отхода цинкового производства. В разделе «Легкие металлы, углеродные материалы» практический интерес представляет исследование влияния индекса Блейна пылевой фракции кокса на структуру и свойства обожженных анодов, рекомендовано оптимальное значение индекса Блейна для технологии производства обожженных анодов. В разделе «Редкие металлы, полупроводники» представлена статья, показывающая на основе комплексных исследований, что фторфосфатные стекла являются структурно неоднородными системами, авторами разработаны оптимальные составы стекол, активированных неодимом. В статье из раздела «Наноструктурированные металлы и материалы» проведено сопоставление поверхностных свойств и гидрофобности образцов никеля и железа, полученных путем твердотельного гидридного синтеза металлов и насаивания разноразмерных молекул аммониевых и кремнийорганических соединений. В раздел «Материаловедение» включены две статьи, одна из которых посвящена исследованию эволюции кристаллографической текстуры при холодной штамповке низколегированного алюминиевого сплава 8011, вторая — исследованию структуры и механических свойств горячекатаных листов сплава $Al - 2\% Cu - 2\% Mn - 0,4\% Si - 0,2\% Zr$, подвергнутых сварке трением с перемешиванием.

Раздел «Металлообработка» содержит статью о разработке, исследовании оптимальных режимов термической обработки сплава $Cu - 2,65\% Fe$ и их влиянии на структуру и свойства. В разделе «Автоматизация» обосновано использование эффективной методики выявления систематической погрешности интегральных измерений технологических параметров, которая была реализована в условиях ОАО «Навоизот» при корректировке рассчитываемых технико-экономических показателей производства.

Майский номер журнала традиционно посвящен Великой Победе над фашизмом. 9 мая 1945 года является священной датой для всех россиян и олицетворяет силу и единство нашей страны. Это день общей Памяти о героизме и самоотверженности всего советского народа. Мы помним стойкость и мужество всех, кто отдал свою жизнь в борьбе с фашизмом на полях сражений. Мы не забудем героический подвиг тружеников, ковавших Победу в тылу и поднимавших страну в послевоенное время. Metallургические предприятия нашей страны внесли огромный вклад в нашу Победу. Многие важнейшие научные и практические результаты были получены учеными-металлургами именно в этот период.

Искренне желаю вам и вашим близким здоровья, счастья, благополучия и мирного неба над головой! С Днем Великой Победы!

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Подписной индекс:
83869 (ОК «Пресса России»)

5⁽⁹⁵³⁾ • 2022
май

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Журнал основан в 1926 г.

Официальный информационный орган Федерального УМО «Технологии материалов»

УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА:

АО «Издательский дом «Руда и Металлы», федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС».

Журнал выпускается при участии: ПАО «ГМК «Норильский никель», ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», ФГБУК «Государственный Эрмитаж»;

при содействии: ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат», Научно-технического союза по горному делу, геологии и металлургии (Республика Болгария)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор **В. Ю. Бажин**

Первый зам. главного редактора **В. Н. Бричкин**

Первый зам. главного редактора **В. Б. Деев**

Р. Х. Акчурун, М. В. Астахов (редактор раздела «Наноструктурированные металлы и материалы»), **А. А. Басов, Н. А. Белов** (редактор разделов «Металлообработка», «Материаловедение»), **Н. В. Белоусова, Г. Ю. Боярко, Г. М. Вольдман** (редактор раздела «Редкие металлы, полупроводники»), **А. Г. Воробьев** (зам. главного редактора), **В. В. Гениевски, В. Б. Деев, М. И. Длин, В. А. Дмитриев, А. М. Дриц, А. В. Зиновьев, В. А. Игнаткина, М. Г. Исаенкова, С. С. Киров, Б. Г. Киселёв, С. И. Корнеев** (редактор раздела «Экономика и управление производством»), **Б. А. Котляр, В. А. Крюковский** (редактор раздела «Легкие металлы, углеродные материалы»), **А. Б. Лебедь, Е. А. Левашов** (редактор раздела «Композиционные материалы и многофункциональные покрытия»), **Ю. В. Левинский, Г. С. Макаров, Н. Е. Мальцев** (редактор раздела «Автоматизация»), **С. В. Мамяченков, Т. Н. Матвеева, М. А. Меретуков, А. Ю. Можайский, Н. В. Немчинова, А. И. Николаев, А. М. Птицын, В. К. Румянцев, А. Г. Рыжов, Ф. М. Сафин, А. Н. Селезнёв, А. В. Сулицин, А. П. Тюкин, Л. Ш. Цемехман, Л. Б. Цымбулов** (редактор раздела «Тяжелые цветные металлы»), **И. И. Чернов, М. Р. Шапировский, В. И. Щёголев**.

Зарубежные члены редколлегии: **Ж. Баатархуу** (Монголия), **В. В. Гениевски** (Болгария), **Е. Жак** (Австралия), **К. Кнуутила** (Финляндия), **Б. Фридрих** (Германия).

РЕДАКЦИЯ:

зам. главного редактора **А. Г. Воробьев**; выпускающий редактор **Г. Е. Форысенкова**;
ведущий редактор **Н. В. Шаркина**; мл. редактор **А. И. Карташева**;
ответственная за предпечатную подготовку издания **О. Ю. Жукова**.

Издатель — АО «Издательский дом «Руда и Металлы»
Адрес издателя: 119049, Москва, а/я № 71

Адрес редакции: Москва, Ленинский просп., д. 6,
стр. 2, НИТУ «МИСиС», комн. 624
Почтовый адрес: 119049, Москва, а/я № 71
Тел./факс: (495) 955-01-75; моб.: 8-926-504-89-75
Эл. почта: tsvetmet@rudmet.ru; интернет: www.rudmet.ru

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций (Роском-
надзор)

(Свидетельство ПИ № ФС77-69818 от 29.05.2017 г.).
Товарный знак и название «Цветные металлы»
являются исключительной собственностью
Издательского дома «Руда и Металлы».

Материалы, отмеченные «Реклама», публикуются
на правах рекламы.

За достоверность рекламной информации
ответственность несет рекламодатель.

Все публикуемые материалы научно-технического
характера проходят обязательную стадию рецензи-
рования.

За достоверность научно-технической информации
ответственность несет автор.

За сроки размещения метаданных опубликованных
статей в базе данных Scopus редакция ответствен-
ности не несет.

Перепечатка, все виды копирования
и воспроизведение материалов, публикуемых
в журнале, возможна только с письменного
разрешения редакции.

При перепечатке ссылка на журнал «Цветные
металлы» обязательна.

Отпечатано в типографии «Канцлер»
Адрес типографии: 150044, Россия, Ярославль,
ул. Полущкина Роша, д. 16, стр. 66А,
тел.: 8(4852)58-76-33

Подписано в печать с оригинал-макета 23.05.2022.
Формат 60х90 1/8. Печ. л. 12,25. Бумага офсетная.
Печать офсетная.
Тираж 800 экз. Цена свободная.
Дата выхода в свет 02.06.2022.

ISSN 0372-2929



9 770372 292006 >

© Фото для обложки предоставлено А. А. Кологривко.

На фото: мемориальный комплекс «Курган Славы» (Минск).

© Оформление. АО «Издательский дом «Руда и Металлы», «Цветные металлы», 2022

Содержание

Экономика и управление производством

<i>Международный обзор рынка цветных металлов</i>	4
---	---

К юбилею генерального директора АО «Навоийский горно-металлургический комбинат»

К. С. Санакулова	7
<i>Поздравляем К. С. Санакулова с юбилеем</i>	8
Шарипов С. Ш., Санакулов К. С., Мухиддинов Б. Ф., Тагаев И. А. Поведение свободных аминокислот в сернокислой среде при бактериальном окислении сульфидов.	9
Санакулов К. С., Мухиддинов Б. Ф., Шарипов С. Ш., Вапоев Х. М. Анализ закономерностей формирования ионного состава водной фазы пульпы и его влияния на процессы бактериального окисления сульфидных минералов	15
Поздравление К. С. Санакулову от коллектива Государственного музея искусств Республики Каракалпакстан им. И. В. Савицкого	24

Обогащение

Конькова Т. В., Тхан З. Х., Хейн Т. А., Стоянова А. Д. Влияние состава среды на эффективность извлечения гидроксидов хрома, алюминия и железа из сточных вод методом электрофлотации	25
---	----

Тяжелые цветные металлы

Ганиев И. Н., Абдухоликова П. Н., Бердиев А. Э., Алихонова С. Д. Анодное поведение цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5, легированного индием, в среде электролита NaCl	31
---	----

Благородные металлы и их сплавы

Якубов М. М., Абдукадыров А. А., Мухамеджанова Ш. А., Ёкубов О. М. Вовлечение в производство техногенных образований на предприятии АО «Алмалыкский ГМК»	36
---	----

Легкие металлы, углеродные материалы

Бузунов В. Ю., Зыков С. А., Храменко С. А. Влияние индекса Блейна пылевой фракции кокса на структуру и свойства обожженных анодов	41
--	----

Редкие металлы, полупроводники

Карапетян Г. К., Денисова О. В. Концентрационное утеснение ионов неодима как структурная особенность фторфосфатных стекол	48
--	----

Наноструктурированные металлы и материалы

Сыров А. Г., Куценко А. Н., Силиванов М. О., Тарабан В. В. Наноструктурное регулирование гидрофобности и поверхностных свойств никеля и железа методами твердотельного восстановления и модифицирования.	54
--	----

Материаловедение

Арышенский Е. В., Коновалов С. В., Латушкин И. А., Лапшов М. А. Изучение эволюции кристаллографической текстуры при вытяжке низколегированного алюминиевого сплава	60
Белов Н. А., Цыденов К. А., Летягин Н. В., Черкасов С. О. Структура и механические свойства горячекатаных листов из сплава Al – 2 % Cu – 2 % Mn – 0,4 % Si – 0,2 % Zr, подвергнутых сварке трением с перемешиванием	66

Металлообработка

Семенов К. Г., Батышев К. А., Деев В. Б., Свиногоев Ю. А. Исследование режимов термообработки двухкомпонентного инновационного сплава меди с железом	73
---	----

Автоматизация

Темербекова Б. М. Применение методики выявления систематической погрешности интегральных измерений технологических параметров в сложных технологических процессах и производствах	79
--	----

Из истории металлургии

Детков П. Г., Дробот Д. В. История открытия редкоземельных элементов. Церий и лантан	87
---	----

Журнал включен в Международные базы данных Scopus (2-й квартиль, 2020, по версии SCIMAGO), а также Chemical Abstracts Service

Журнал по решению ВАК Минобрнауки РФ включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук» по разработке месторождений твердых полезных ископаемых, по металлургии, по экономике, по химии.

Статьи всех авторов, в том числе аспирантов, публикуются в порядке общей очереди бесплатно (за исключением статей рекламного характера).

Official information organ of the Federal Education and Methodics Association “Technology of metals”

Publisher: “Ore and Metals” publishing house, Moscow
The journal has been published since 1926

FOUNDERS OF “TSVETNYE METALLY” JOURNAL:

“Ore and Metals” Publishing House, National University of Science and Technology “MISIS”.

With Participation of “Norilsk Nickel” Mining and Metallurgical Company, National Research Tomsk Politechnic University, National Research Nuclear University “MEPhI”, State Hermitage Museum.

With Assistance of Navoi Mining & Metallurgy Combinat, Scientific and Engineering Union on Mining, Geology and Metallurgy (Republic of Bulgaria).

Editorial Board:

Acting Chief Editor: **Vladimir Bazhin**; 1st Deputy Chief Editor: **Vaycheslav Brichkin**; **Vladislav Deev**; Deputy Chief Editor: **Alexander Vorobev**; Executive Editor: **Galina Forsenkova**; Leading Editor: **Nataliya Sharkina**; Junior Editor: **Anastasia Kartasheva**.

© Designed by: “Ore and Metals” Publishing House,
journal “Tsvetnye Metally”, 2022
Mailing address: Russia, 119049, Moscow, P. O. Box # 71
Phone/fax: +7-495-955-01-75
Internet: www.rudmet.com; e-mail: tsvetmet@rudmet.com

Printed in “Kancler” Printing House

Contents

Devoting to the jubilee of K.S. Sanakulov, General Director of “Navoi Mining and Metallurgical Company” JSC	7
Sanakulov K. S., Mukhiddinov B. F., Sharipov S. Sh., Vapoev Kh. M. Analyzing how ions tend to form in the aqueous phase of the slurry and how they affect the bacterial oxidation of sulphide minerals	15
BENEFICIATION	
Konkova T. V., Than Z. H., Hein T. A., Stoyanova A. D. Effect of the medium composition on the extraction of chromium, aluminium and iron hydroxides from wastewater by electroflotation.	25
HEAVY NON-FERROUS METALS	
Ganiev I. N., Abdukholikova P. N., Berdiev A. E., Alikhonova S. D. Anodic behaviour of indium doped zinc alloy TsAMSv4-1-2,5 in NaCl Electrolyte	31
NOBLE METALS AND ITS ALLOYS	
Yakubov M. M., Abdukadyrov A. A., Mukhamedzhanova Sh. A., Ekubov O. M. Inclusion of secondary raw materials in the production circuit at Almalyk MMC	36
LIGHT METALS, CARBON MATERIALS	
Buzunov V. Yu., Zykov S. A., Khramenko S. A. Pre-baked anode structure and properties as a function of the Blaine number	41
RARE METALS, SEMICONDUCTORS	
Karapetyan K. G., Denisova O. V. Crowding of neodymium ions as a structural feature of fluorophosphate glasses	48
NANOSTRUCTURED METALS AND MATERIALS	
Syrkov A. G., Kushchenko A. N., Silivanov M. O., Taraban V. V. Nanostructured regulation of the surface properties and hydrophobicity of nickel and iron by solid-state reduction and modifying methods	54
MATERIALS SCIENCE	
Aryshensky E. V., Konovalov S. V., Latushkin I. A., Lapshov M. A. Study of the evolution of crystallographic texture during the drawing of a low-alloyed aluminum alloy.	60
Belov N. A., Tsydenov K. A., Letyagin N. V., Cherkasov S. O. Structure and mechanical properties of hot rolled sheets of Al – 2% Cu – 2% Mn – 0.4% Si – 0.2% Zr alloy subjected to friction stir welding	66
METAL PROCESSING	
Semenov K. G., Batyshev K. A., Deev V. B., Svinoroev Yu. A. Study of the heat treatment modes of a two-component innovative copper-iron alloy	73
AUTOMATION	
Temerbekova B. M. Application of systematic error detection method to integral parameter measurements in sophisticated production processes and operations	79