

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Подписной индекс:
83869 (ОК «Пресса России»)

4₍₉₄₀₎ • 2021
апрель

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:

Временно исполняющий обязанности главного редактора **А. Г. Воробьев**
Первый зам. главного редактора **В. Н. Бричкин**

З. С. Абишева, Р. Х. Акчурин, М. В. Астахов (редактор раздела «Наноструктурированные металлы и материалы»), **В. Ю. Бажин, Н. А. Белов** (редактор разделов «Металлообработка», «Материаловедение»), **В. А. Бочаров** (редактор раздела «Обогащение»), **Г. Ю. Боярко, Г. М. Вольдман** (редактор раздела «Редкие металлы, полупроводники»), **В. В. Геневски, Л. А. Глазунов, В. Б. Деев, М. И. Дли, В. А. Дмитриев, А. М. Дриц, А. В. Зиновьев, В. А. Игнаткина, М. Г. Исаенкова, В. С. Кальченко, С. С. Киров, Б. Г. Киселёв, П. А. Козлов, С. И. Корнеев** (редактор раздела «Экономика и управление производством»), **Б. А. Котляр, Ю. 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»), **М. А. Меретуков, А. М. Мицик, В. И. Москвитин, С. С. Набойченко, А. И. Николаев, А. М. Птицын, В. К. Румянцев, А. Г. Рыжов, Ф. М. Сафин, А. Н. Селезнёв, А. В. Сулицин, А. В. Тарасов, А. Н. Фёдоров, 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. Геневски** (Болгария), **Д. Дрейсингер** (Канада), **Е. Жак** (Австралия), **К. Кнуутила** (Финляндия), **Б. Фридрих** (Германия).

РЕДАКЦИЯ:

временно исполняющий обязанности главного редактора **А. Г. Воробьев**; выпускающий редактор **Н. В. Шаркина**;
редактор **Г. Е. Форысенкова**; 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 (Роскомнадзор)

(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 рецензирования.

За достоверность научно-технической информации ответственность несет автор.

За сроки размещения опубликованных статей в базе данных Scopus редакция ответственности 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. Полушкина Роща, д. 16, стр. 66А,
тел.: 8(4852)58-76-33

Подписано в печать с оригинал-макета 27.04.2021.
Формат 60х90 1/8. Печ. л. 11. Бумага офсетная.
Печать офсетная.
Тираж 1000 экз. Цена свободная.
Дата выхода в свет 13.05.2021.

ISSN 0372-2929



9 770372 292006 >

Содержание

Экономика и управление производством

Международный обзор рынка цветных металлов	4
Корнеев С. И. Алюминиевая промышленность Китая и перспективы мировой алюминиевой индустрии	5

Обогащение

Алгебраистова Н. К., Прокопьев И. В., Комарова Е. С. Подготовка коллективных свинцово-цинковых концентратов к циклу селекции	12
---	----

Тяжелые цветные металлы

Вусихис А. С., Селиванов Е. Н., Леонтьев Л. И., Тюшняков С. Н. Моделирование восстановления цинка из оксидного расплава	18
Лебедь А. Б., Верходанов Р. И., Лебедь З. А., Метелёв А. А. Извлечение меди из оборотных вод горно-обогатительных предприятий	23
Колмачихина Э. Б., Луговицкая Т. Н., Наумов К. Д. Статические краевые углы смачивания воды и серы на поверхности сульфида цинка, модифицированной анионоактивными поверхностно-активными веществами и их композициями.	29
Шарипова А. С., Линник К. А., Загородняя А. Н., Бахытулы Н. Поведение свинца и селена при последовательном выщелачивании шлама серноокислотного цеха Балхашского медного завода растворами карбоната натрия и азотной кислоты	35

Благородные металлы и их сплавы

Почекутов В. А. Использование титановых кассет в качестве катода на электролизерах проточного типа. . .	43
--	----

Легкие металлы, углеродные материалы

Криницин П. Г., Гринкевич А. Г., Ясинский А. С. Повышение надежности холодильных барабанов, используемых в производстве анодной массы.	48
--	----

Композиционные материалы и многофункциональные покрытия

Винокуров Е. Г., Бурухина Т. Ф., Куршев И. С. Рейтинг металлических и неметаллических покрытий в секторе гальванохимической обработки поверхности	54
--	----

Материаловедение

Малышев В. П., Макашева А. М. Парциально-кластерная модель вязкости расплава медь-алюминий	59
Григорьянц А. Г., Колчанов Д. С., Дренин А. А., Денежкин А. О. Исследование механических свойств образцов из медного жаропрочного сплава БрХ 0,8, полученных методом селективного лазерного плавления. . .	66
Хлыбов А. А., Рябов Д. А., Пичков С. Н., Шишулин Д. Н. Исследование влияния наводороживания на структуру и сплющивание трубчатых образцов из титанового сплава ПТ-7М	71

Металлообработка

Филатов А. А., Суздальцев А. В., Зайков Ю. П. Сравнительный анализ современных способов производства лигатур Al – Zr	78
---	----

Хроника

Красиков А. С. К 100-летию Аркадия Ивановича Окунева (24.02.1921–12.01.2016)	87

Требования к оформлению статей	77

Реклама

АО «Екатеринбургский завод по обработке цветных металлов»	4-я стр. обл.
---	---------------

Журнал включен в Международные базы данных Scopus (2-й квартиль, 2019, по версии SCIMAGO), а также Chemical Abstracts Service

Журнал по решению ВАК Минобразования 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 Polytechnic 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 Editor-in-Chief: **Alexander Vorobev**; 1st Deputy Chief Editor: **Vaycheslav Brichkin**;

Executive Editor: **Natalya Sharkina**; Editor: **Galina Forsenkova**; Junior Editor: **Anastasia Kartasheva**.

© Designed by: “Ore and Metals” Publishing House,
journal “Tsvetnye Metally”, 2021

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**ECONOMICS AND MANAGEMENT OF PRODUCTION**

Korneev S. I. China’s aluminium sector and prospects of global aluminium industry 5

BENEFICIATION

Algebraistova N. K., Prokopiev I. V., Komarova E. S. Preparation of collective lead-zinc concentrates for selection cycle 12

HEAVY NON-FERROUS METALS

Vusikhis A. S., Selivanov E. N., Leontiev L. I., Tyushnyakov S. N. Modelling the reduction of zinc from oxide melt 18

Lebed A. B., Verkhodanov R. I., Lebed Z. A., Metelev A. A. Extraction of copper from the mining industry recirculation waters 23

Kolmachikhina E. B., Lugovitskaya T. N., Naumov K. D. Static wetting angles of water and sulphur at the zinc sulphide surface modified with anionic surfactants and their combinations 29

Sharipova A. S., Linnik K. A., Zagorodnyaya A. N., Bakhytuly N. Behaviour of lead and selenium during sequential sodium carbonate and nitric acid leaching of slime generated by the sulphuric acid plant of the Balkhash copper smelter 35

NOBLE METALS AND ITS ALLOYS

Pochekutov V. A. Use of titanium cassettes as a cathode on electrolytic cells of direct-flow type 43

LIGHT METALS, CARBON MATERIALS

Krinitzin P. G., Grinkevich A. G., Yasinskiy A. S. Increasing the reliability of refrigerators used to produce green paste 48

COMPOSITES AND MULTIPURPOSE COATINGS

Vinokurov E. G., Burukhina T. F., Kuroshev I. S. Ranking of metallic and non-metallic coatings in the electrochemical surface treatment sector 54

MATERIALS SCIENCE

Malyshev V. P., Makasheva A. M. Partial-cluster model of viscosity of copper-aluminum melt 59

Grigoryants A. G., Kolchanov D. S., Drenin A. A., Denezhkin A. O. Study of mechanical properties of samples from heat-resistant copper BrKh 0.8 alloy obtained by selective laser melting 66

Khlybov A. A., Ryabov D. A., Pichkov C. N., Shishulin D. N. Study of the hydrogenation effect on the structure and flattening of tubular samples of PT-7M titanium alloy 71

METAL PROCESSING

Filatov A. A., Suzdaltsev A. V., Zaikov Yu. P. Comparative analysis of modern methods of production of Al – Zr ligatures 78