

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Подписные индексы: 71060 (Роспечать)
83869 (ОК «Пресса России»)

1 (925) • 2020
январь

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Журнал основан в 1926 г.

Официальный информационный орган Федерального УМО «Технологии материалов»

УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА:

Акционерное общество «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 **А. В. Сысоев**
Первый зам. главного редактора **В. Н. Бричкин**
Зам. главного редактора **А. Г. Воробьев**

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, В. А. Брюквин, 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»), **Ф. Д. Ларичкин, 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, Е. Н. Селиванов, 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:

зам. главного редактора **А. Г. Воробьев**; выпускающий редактор **А. Ю. Слепцова**; ведущий редактор **Н. В. Шаркина**;
редактор **Г. Е. Форысенкова**; мл. редактор **П. А. Володина**;
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» яв-
ляются исключительной собственностью Изда-
тельского 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 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 ме-
таллы» 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 30.01.2020.
Формат 60х90 1/8. Печ. л. 11.75. Бумага офсетная.
Печать офсетная.
Тираж 1500 экз. Цена свободная.
Дата выхода в свет 06.02.2020.

ISSN 0372-2929



9 770372 292006 >

Содержание

Экономика и управление производством

Международный обзор рынка цветных металлов	4
---	---

Обогащение

Коняев А. Ю., Абдуллаев Ж. О., Зязев М. Е., Фоминых С. И. Модернизация электродинамических сепараторов для переработки кабельного лома	7
---	---

Тяжелые цветные металлы

Селиванов Е. Н., Новиков Д. О., Беляев В. В., Скопов Г. В. Распределение мышьяка по продуктам пирометаллургической переработки медно-цинкового концентрата	14
Крицкий А. В., Джафари Ш., Синисало П., Лундстрём М. Автоклавное окислительное выщелачивание медного кека никелевого производства в серноокислой среде	19
Цемехман Л. Ш., Парецкий В. М. Современные методы переработки сульфидных медно-никелевых концентратов	24
Васильев Ю. В., Платонов О. И. Активность катализаторов в конверсии восстановленного сернистого газа печи Ванюкова	32

Благородные металлы и их сплавы

Епифоров А. В., Козлов А. А., Немчинова Н. В., Селезнев А. Н. Угольно-сорбционное извлечение золота из серноокислых растворов атмосферного выщелачивания золотомедного флотоконцентрата, содержащих тиоцианат-ион	38
--	----

Легкие металлы, углеродные материалы

Пак В. И., Киров С. С., Мамзурина О. И., Наливайко А. Ю. Изучение закономерностей кристаллизации гексагидрата хлорида алюминия из солянокислых растворов. Часть 1. Кинетика процесса	47
Юшкова О. В., Ясинский А. С., Поляков П. В., Юшков В. В. Использование механоактивации для улучшения качества укрывного материала анодов	54

Материаловедение

Ри Э. Х., Ри Хосен, Деев В. Б., Колисова М. В. Влияние стронция и циркония на структурообразование, характер распределения элементов и свойства структурных составляющих литейного алюминиевого сплава АМ4,5Кд (ВАЛ10)	60
Удоева Л. Ю., Гуляева Р. И., Чумарев В. М., Ларионов А. В. Влияние термообработки на микроструктуру и фазовый состав сплава (Mo)ss – Mo ₃ Si, легированного Y или Sc	68

Металлообработка

Дриц А. М., Овчинников В. В. Свойства сварных соединений литейных алюминиевых сплавов, полученных сваркой трением с перемешиванием	76
---	----

Автоматизация

Салихов З. Г., Рутковский А. Л., Ковалева М. А. Оценивание состояния металлургических процессов в задачах оптимального управления	84
--	----

Хроника

Чантурия Е. Л. Проблемы и перспективы эффективной переработки минерального сырья в XXI в. (Плаксинские чтения – 2019)	91
Коллеги — о плодотворном сотрудничестве с журналом «Цветные металлы»	46

Наши юбилеры

КУЛАГИНУ Николаю Михайловичу — 80 лет	83
СЫСОЕВУ Анатолию Васильевичу — 85 лет	45

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 Chief Editor: **Anatoly Sysoev**; 1st Deputy Chief Editor: **Vyacheslav Brichkin**; Deputy Chief Editor: **Alexander Vorobev**.
Executive Editor: **Anastasia Sleptsova**; Leading Editor: **Natalya Sharkina**; Editor: **Galina Forysenkova**; Junior Editor: **Polina Volodina**.

© Designed by: “Ore and Metals” Publishing House,
journal “Tsvetnye Metally”, 2020

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

BENEFICATION

Konyaev A. Yu., Abdullaev Zh. O., Zyazev M. E., Fominykh S. I. Upgrading electrodynamic separators for waste cable recycling 7

HEAVY NON-FERROUS METALS

Selivanov E. N., Novikov D. O., Belyaev V. V., Skopov G. V. Distribution of arsenic between the pyrometallurgical products of copper-zinc concentrate 14

Kritskii A. V., Jafari S., Sinisalo P., Lundström M. Pressure oxidative leaching of copper cake from nickel refining plant in sulfuric acid media. 19

Tsemekhman L. Sh., Paretskiy V. M. Modern processing techniques for copper-nickel sulphide concentrates: A review 24

Vasilev Yu. V., Platonov O. I. Conversion of reduced sulphurous gas from Vanyukov furnace and catalytic activity. 32

NOBLE METALS AND ALLOYS

Epiforov A. V., Kozlov A. A., Nemchinova N. V., Seleznev A. N. The carbon adsorption of gold from thiocyanate containing sulfuric acid solutions of gold-copper float concentrates atmospheric leaching 38

LIGHT METALS, CARBON MATERIALS

Pak V. I., Kirov S. S., Mamzurina O. I., Nalivayko A. Yu. Understanding the regularities of aluminum chloride hexahydrate crystallization from hydrochloric acid solutions resultant from leaching of Russian kaolin clays. Part 1. Process kinetics 47

Yushkova O. V., Yasinskiy A. S., Polyakov P. V., Yushkov V. V. Use of mechanical activation to improve the performance of anode cover material. 54

MATERIALS SCIENCE

Ri E. H., Ri H., Deev V. B., Kolisova M. V. Effect of strontium and zirconium on the element distribution in and structure of the aluminium casting alloy AM4.5Kd (VAL10) and the properties of its components 60

Udoeva L. Yu., Gulyaeva R. I., Chumarev V. M., Larionov A. V. Effect of heat treatment on the microstructure and phase composition of the (Mo)ss – Mo₃Si alloy doped with Y or Sc 68

METAL PROCESSING

Drits A. M., Ovchinnikov V. V. Properties of aluminium casting alloy joints produced by friction stir welding . . . 76

AUTOMATION

Salikhov Z. G., Rutkovskiy A. L., Kovaleva M. A. Estimation of metallurgical processes and their status in optimal control problems 84