

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

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

7₍₉₃₁₎ • 2020
ИЮЛЬ

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»), **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**;
ответственные за предпечатную подготовку издания **О. Ю. Жукова, Д. И. Воробьева**

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 (Роскомнад-
зор)
(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 «Буки Веди»
Адрес типографии: 117246, Москва,
проезд Научный, д. 19, этаж 2, ком. 6Д, оф. 202.
тел.: +7(495)926-63-96

Подписано в печать с оригинал-макета 24.07.2020.
Формат 60х90 1/8. Печ. л. 12. Бумага офсетная.
Печать офсетная.
Тираж 1500 экз. Цена свободная.
Дата выхода в свет 03.07.2020.



Содержание

Экономика и управление производством

Международный обзор рынка цветных металлов. 4

Обогащение

Тюкин А. П., Юшина Т. И. Математическое моделирование процессов газодинамической сепарации . . . 9

Легкие металлы, углеродные материалы

Элдиб А. Б., Бричкин В. Н., Поваров В. Г., Куртенков Р. В. Активирующий эффект углерода при спекании известняково-каолиновой шихты 18

Редкие металлы, полупроводники

Каршигина З. Б., Абишева З. С., Бочевская Е. Г., Тойланбай Г. А. Извлечение лития из попутных пластовых рассолов месторождений нефти и газа 26

Усольцева Г. А., Байконурова А. О., Маркаметова М. С., Нуржанова С. Б. Физико-химические свойства цеолитных катализаторов, активированных ксерогелем ванадия 33

Казанскому национальному исследовательскому технологическому университету — 130 лет

Михайлов О. В., Чачков Д. В. Молекулярные структуры пятиатомных алюминий-титановых и алюминий-ванадиевых металлокластеров: теоретическое рассмотрение 49

Дресвянников А. Ф., Колпаков М. Е., Ермолаева Е. А. Выделение дисперсной полиметаллической системы Al – Cr – Mn – Fe – Co – Ni из водного раствора цементацией на микрочастицах алюминия 56

Петрова Е. В., Дресвянников А. Ф., Хайруллина А. И., Кашфразиева Л. И. Получение сложных алюмосодержащих оксидных систем с использованием электрогенерированных реагентов. 62

Аетов А. У., Усманов Р. А., Мазанов С. В., Гумеров Ф. М. Переработка молибденсодержащего водного стока в сверхкритических условиях 68

Ахмадуллина Ф. Ю., Балымова Е. С., Закиров Р. К. Технология глубокого обезвреживания металлосодержащих стоков гальванопроизводств 74

Материаловедение

Дриц А. М., Овчинников В. В. Влияние термической обработки после сварки на свойства и структуру соединений алюминиевого сплава АВ, выполненных сваркой трением с перемешиванием . . . 81

Ларин С. Н., Чудин В. Н., Пасынков А. А. Высадка краевого утолщения на корпусах при нестационарном вязкопластическом деформировании. 88

Наши юбиляры

КАЛЬЧЕНКО Владимиру Степановичу — 90 лет 79

Хроника

Бажин В. Ю., Воробьев А. Г., Белоглазов И. И. Профессор И. Н. Белоглазов — основатель Кафедры автоматизации технологических процессов и производств Горного университета. 41

Вот и все... Закончилась дорога... Памяти Ирины Николаевны Храмцовой (1961–2020) М. Н. Нафталъ . . 93

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 Forsenkova**; 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 “Buki Vedi” LLC

Contents

BENEFICATION

Tyukin A. P., Yushina T. I. Mathematical modelling of gas-dynamic separation processes 9

LIGHT METALS, CARBON MATERIALS

ElDeeb A. B., Brichkin V. N., Povarov V. G., Kurtenkov R. V. The activating effect of carbon during sintering the limestone-kaolin mixture 18

RARE METALS, SEMICONDUCTORS

Karshigina Z. B., Abisheva Z. S., Bochevskaya E. G., Toilanbay G. A. Recovery of lithium from oil and gas field brines 26

Ussoltseva G. A., Baikonurova A. O., Markametova M. S., Nurzhanova S. B. Physical and chemical properties of zeolitic catalysts activated with vanadium xerogel 33

130th ANNIVERSARY OF THE KAZAN NATIONAL RESEARCH TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

Mikhailov O. V., Chachkov D. V. Molecular structures of five atomic aluminum-titanium and aluminum-vanadium metal clusters: theoretical consideration. 49

Dresvyannikov A. F., Kolpakov M. E., Ermolaeva E. A. Separation of the disperse polymetallic system of Al – Cr – Mn – Fe – Co – Ni from water solution by cementation on aluminium microparticles. 56

Petrova E. V., Dresvyannikov A. F., Khayrullina A. I., Kashfrazyeva L. I. Use of electrogenerated reagents to produce complex oxide systems with aluminium 62

Aetov A. U., Usmanov R. A., Mazanov S. V., Gumerov F. M. Treatment of molybdenum-containing wastewater in supercritical environment 68

Akhmadullina F. Yu., Balymova E. S., Zakirov R. K. Thorough elimination of metals from electroplating effluents. 74

MATERIALS SCIENCE

Drits A. M., Ovchinnikov V. V. Effect of post weld heat treatment on the properties and structure of friction stir welded joints of AV aluminium alloy 81

Larin S. N., Chudin V. N., Pasynkov A. A. Body end upsetting under dynamic viscoplastic strain 88

CHRONICLE

Bazhin V. Yu., Vorobiev A. G., Beloglazov I. I. Professor Beloglazov as the founder of the Process and plant automation department with mining university 41