

ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ
ЦВЕТНАЯ
МЕТАЛЛУРГИЯ

Том 29, № 1, 2023

Научно-технический журнал
Основан в 1958 г.
Выходит 6 раз в год

IZVESTIYA
NON-FERROUS
METALLURGY

Vol. 29, No. 1, 2023

Scientific and Technical Journal
Founded in 1958
6 Issues per year

ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ ЦВЕТНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

ISSN 0021-3438 (Print)

ISSN 2412-8783 (Online)

Том 29, № 1 2023

Научно-технический журнал

Основан в 1958 г.

Выходит 6 раз в год

<http://cvmef.misis.ru>

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ для публикации результатов диссертаций на соискание ученых степеней

Журнал включен в базы данных: Russian Science Citation Index (RSCI), Chemical Abstracts (Online), INIS, OCLC ArticleFirst, Ulrich's Periodicals Directory, РИНЦ, БД/РЖ ВИНТИ

Учредитель



ФГАОУ ВО Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Адрес: 119049, г. Москва, Ленинский пр-т, 4

<http://www.misis.ru>

Главный редактор

Евгений Александрович Левашов

д.т.н., академик РАЕН, профессор, НИТУ МИСИС, г. Москва

Заместитель главного редактора

Владислава Анатольевна Игнаткина

д.т.н., профессор, НИТУ МИСИС, г. Москва

Редакционная коллегия

Е.В. Агеев — д.т.н., ЮЗГУ, г. Курск
М.В. Ананьев — д.х.н., АО «Гиредмет», г. Москва
Н.А. Белов — д.т.н., проф., НИТУ МИСИС, г. Москва
Е.В. Богатырева — д.т.н., НИТУ МИСИС, г. Москва
Г.М. Вольдман — д.х.н., проф., РТУ (МИТХТ), г. Москва
Ф.В. Гречников — д.т.н., акад. РАН, проф., СНИУ, г. Самара
Д.В. Гундеров — д.ф.-м.н., ИФМК УНЦ РАН, г. Уфа
В.Б. Деев — д.т.н., проф., НИТУ МИСИС, г. Москва
В.М. Денисов — д.х.н., проф., СФУ, г. Красноярск
Д.В. Дробот — д.х.н., проф., РТУ (МИТХТ), г. Москва
Ю.П. Зайков — д.х.н., доцент, ИВТЭ УрО РАН, г. Екатеринбург
Р.Х. Залавутдинов — к.ф.-м.н., ИФХЭ РАН, г. Москва
С.В. Мамяченков — д.т.н., проф., УрФУ, г. Екатеринбург
З.А. Мансуров — д.х.н., проф., Институт проблем горения, г. Алматы, Казахстан
Н.В. Немчинова — д.т.н., проф., ИРНТУ, г. Иркутск
К.В. Никитин — д.т.н., проф., СамГТУ, г. Самара
П.В. Поляков — д.х.н., проф., СФУ, г. Красноярск
Е.С. Прусов — к.т.н., доцент, ВлГУ, г. Владимир
В.Н. Рычков — д.х.н., проф., УрФУ, г. Екатеринбург
Г.А. Салишев — д.т.н., проф., НИУ «БелГУ», г. Белгород
В.М. Сизяков — д.т.н., проф., СПГУ, г. Санкт-Петербург

Б.Б. Страумал — д.ф.-м.н., проф., ИФТТ РАН, г. Черноголовка
О.Ю. Ткачева — д.х.н., ИВТЭ УрО РАН, г. Екатеринбург
Б.Б. Хина — д.ф.-м.н., доц., ФТИ НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь
Д.В. Штанский — д.ф.-м.н., проф., НИТУ МИСИС, г. Москва
Abhilash — Dr., Ph.D., CSIR — National Metallurgical Laboratory, Jamshedpur, India
D.V. Louzguine — Prof., Dr., Tohoku University, Japan
H.A. Oye — Prof., Dr., Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway
D. Sadoway — Prof., Dr., Massachusetts Institute of Technology, Boston, USA
Stopic Srecko — Dr.-Ing. habil., RWTH Aachen University, Aachen, Germany
M. Verhaege — Prof., Dr., University of Gent, Belgium
G. Xanthopoulou — Dr., National Center for Scientific Research «Demokritos», Agia Paraskevi, Attica, Greece
A.L. Yerokhin — Prof., Dr., University of Manchester, United Kingdom
Yücel Onuralp — Prof., Dr., Istanbul Technical University, Maslak, Istanbul, Turkey
M. Zinigrad — Prof., Dr., Ariel University, Ariel, Israel
A.I. Zouboulis — Prof., Dr., Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Редакция журнала

Адрес: 119049, г. Москва, Ленинский пр-т, 4, стр. 1.
НИТУ МИСИС

Тел.: +7 (495) 638-45-35

E-mail: izv.vuz@misis.ru

Свидетельство о регистрации № 015842 от 13.03.1997 г.
Перерегистрация ПИ № ФС77-79229 от 25.09.2020 г.

Подписка: Агентство «Урал-пресс»

Ведущий редактор — А.А. Кудинова

Выпускающий редактор — О.В. Соснина

Дизайн и верстка — Е.А. Легкая

Подписано в печать 13.02.2023. Формат 60×90 1/8.
Бум. офсетная № 1. Печать цифровая. Усл. печ. л. 10,5
Заказ 16756. Цена свободная

Отпечатано в типографии Издательского Дома МИСИС
119049, г. Москва, Ленинский пр-т, 4. Тел./факс: +7 (499) 236-76-17



© НИТУ МИСИС, Москва, 2023

© «Известия вузов. Цветная металлургия», 2023



Статьи доступны под лицензией Creative Commons
Attribution Non-Commercial No Derivatives

IZVESTIYA

NON - FERROUS METALLURGY

Vol. 29, No. 1
2023

ISSN 0021-3438 (Print)

ISSN 2412-8783 (Online)

Scientific and Technical Journal

Founded in 1958

6 Issues per year

<http://cvmet.misis.ru>

Journal is included into the List of the scientific journals recommended by the Highest Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for publishing the results of doctoral and candidate dissertations

Abstracting/Indexing: Russian Science Citation Index (RSCI), Chemical Abstracts (Online), INIS, OCLC ArticleFirst, Ulrich's Periodicals Directory, VINITI Database (Abstract Journal)

Founder



National University of Science and Technology "MISIS"

Address: 4 Leninskiy Prosp., Moscow 119049, Russia

<http://www.misis.ru>

Editor-in-Chief

Evgeny A. Levashov

Prof., Dr. Sci. (Eng.), Acad. of the RAS, NUST MISIS, Moscow, Russia

Deputy Editor

Vladislava A. Ignatkina

Prof., Dr. Sci., NUST MISIS, Moscow, Russia

Editorial Board

Abhilash – Dr., Ph.D., CSIR – National Metallurgical Laboratory, Jamshedpur, India
E.V. Ageev – Prof., Dr. Sci. (Eng.), SouthWest State University, Kursk, Russia
M.V. Ananyev – Prof., Dr. Sci. (Chem.), Federal State Research and Development Institute of Rare Metal Industry (JSC "Giredmet"), Moscow, Russia
N.A. Belov – Prof., Dr. Sci. (Eng.), NUST MISIS, Moscow, Russia
E.V. Bogatyreva – Prof., Dr. Sci. (Eng.), NUST MISIS, Moscow, Russia
V.B. Deev – Prof., Dr. Sci. (Eng.), NUST MISIS, Moscow, Russia
V.M. Denisov – Prof., Dr. Sci. (Chem.), Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
D.V. Drobot – Prof., Dr. Sci. (Chem.), Russian Technological University (MITHT), Moscow, Russia
F.V. Grechnikov – Prof., Dr. Sci. (Eng.), Acad. of RAS, Samara National Research University n.a. S.P. Korolev (Samara University), Samara, Russia
D.V. Gunderov – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Institute of Molecule and Crystal Physics Ufa Research Center of the RAS, Ufa, Russia
B.B. Khina – Dr. Sci. (Phys.-Math.), The Physical-Technical Institute of NAS of Belarus, Minsk, Belarus
D.V. Louzguine – Prof., Dr. Sci., Tohoku University, Japan
S.V. Mamychenkov – Prof., Dr. Sci. (Eng.), Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
Z.A. Mansurov – Dr. Sci. (Chem.), Prof., Institute of Combustion Problems, Almaty, Kazakhstan
N.V. Nemchinova – Prof., Dr. Sci. (Eng.), Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia
K.V. Nikitin – Prof., Dr. Sci. (Eng.), Samara State Technical University, Samara, Russia
H.A. Oye – Prof., Dr., Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway
P.V. Polyakov – Prof., Dr. Sci. (Chem.), Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

E.S. Prusov – Cand. Sci. (Eng.), Vladimir State University, Vladimir, Russia
V.N. Richkov – Prof., Dr. Sci. (Chem.), Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia
D. Sadoway – Prof., Dr., Massachusetts Institute of Technology, Boston, USA
G.A. Salishchev – Prof., Dr. Sci. (Eng.), Belgorod National Research University, Belgorod, Russia
D.V. Shtansky – Prof., Dr. Sci. (Phys.-Math.), NUST MISIS, Moscow, Russia
V.M. Sizyakov – Prof., Dr. Sci. (Eng.), Saint-Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia
Stjepan Srecko – Dr.-Ing. habil., RWTH Aachen University, Aachen, Germany
B.B. Straumal – Prof., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Institute of Solid State Physics of the RAS, Chernogolovka, Moscow region
O.Yu. Tkacheva – Dr. Sci. (Chem.), Institute of High Temperature Electrochemistry of the Ural Branch of the RAS, Ekaterinburg, Russia
M. Verhaege – Prof., Dr., University of Gent, Belgium
G.M. Vol'dman – Prof., Dr. Sci. (Chem.), Russian Technological University (MITHT), Moscow, Russia
G. Xanthopoulou – Dr., National Center for Scientific Research "Demokritos", Agia Paraskevi, Attica, Greece
A.L. Yerokhin – Prof., Dr., University of Manchester, United Kingdom
Yücel Onuralp – Prof., Dr., Istanbul Technical University, Maslak, Istanbul, Turkey
Yu.P. Zaikov – Prof., Dr. Sci. (Chem.), Institute of High Temperature Electrochemistry of the Ural Branch of the RAS, Ekaterinburg, Russia
R.Kh. Zalavutdinov – Cand. Sci. (Phys.-Math.), A.N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of the RAS, Moscow, Russia
M. Zinigrad – Prof., Dr., Ariel University, Ariel, Israel
A.I. Zouboulis – Prof., Dr., Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Editorial Staff

Address: NUST MISIS, Off. 203, build 1, 4 Leninskiy Prosp., Moscow 119049, Russia

Phone: +7 (495) 638-45-35

E-mail: izv.vuz@misis.ru

Certificate of registration No. 015842 (13.03.1997)

Re-registration PI No. ΦC77-79229 (25.09.2020)

Subscription: Ural-Press Agency

Leading Editor – A.A. Kudinova

Executive Editor – O.V. Sosnina

Layout Designer – E.A. Legkaya

Signed print 13.02.2023. Format 60x90 1/8.

Offset paper No. 1. Digital printing. Quires 10.5

Order 16756. Free price

Printed in the printing house of the MISIS Publish House

4 Leninskiy Prosp., Moscow, 119049 Russia. Phone/fax: +7 (499) 236-76-17



© NUST MISIS, Moscow, 2023

© Izvestiya. Non-Ferrous Metallurgy, 2023



Articles are available under Creative Commons Attribution Non-Commercial No Derivatives

Обогащение руд цветных металлов

- 5 Лавриненко А.А., Лусинян О.Г., Кузнецова И.Н., Оленников В.Г.
Получение медного концентрата при обогащении железных руд

Металлургия цветных металлов

- 16 Новиков Д.О., Галкова Л.И., Мальцев Г.И.
Утилизация сульфидно-мышьяковистого кека
- 26 Булатов К.В., Жуков В.П., Братыгин Е.В., Томилов Н.А., Меньшиков В.А.
Исследование физических явлений в барботажной зоне плавильного агрегата «Победа» методом холодного моделирования.
Сообщение 3. Гидрогазодинамика комбинированной продувки жидкости газом с помощью донной и боковой фурм

Литейное производство

- 39 Баженов В.Е., Баранов И.И., Лыскович А.А., Колтыгин А.В., Санников А.В., Кырамян К.А., Белов В.Д., Павлиннич С.П.
Исследование литейных, механических, коррозионных свойств и пожароопасности магниевых сплавов МЛ-ОПБ и EWZ43

Металловедение и термическая обработка

- 56 Зорин И.А., Арышенский Е.В., Дриц А.М., Коновалов С.В., Комаров В.С.
Влияние гафния на литую микроструктуру в сплаве 1570
- 66 Володин В.Н., Тулеушев Ю.Ж., Калиева А.К., Жаканбаев Е.А., Мамырбаев А.К.
Сформированные наночастицами сплавы V–Cd: получение, фазовый состав и структура
- 75 Разумовский М.И., Родин А.О., Бокштейн Б.С.
Взаимная диффузия в системах на основе тугоплавких металлов с ОЦК-решеткой: титан–тантал и титан – многокомпонентный (высокоэнтропийный) сплав

Хроника

- 84 Памяти Владимира Александровича Лебедева

Mineral Processing of Nonferrous Metals

- 5 Lavrinenko A.A., Lucinian O.G., Kuznetsova I.N., Olennikov V.G.
Obtaining copper concentrate during iron ore processing

Metallurgy of Nonferrous Metals

- 16 Novikov D.O., Galkova L.I., Maltsev G.I.
The disposal of sulfide–arsenic cake
- 26 Bulatov K.V., Zhukov V.P., Bratygina E.V., Tomilov N.A., Menshchikov V.A.
Investigation of Pobeda furnace bubbling zone physics using cold modeling method
Part 3. The hydro–gas dynamics of combined blowing of liquid by gas using bottom and lateral lances

Foundry

- 39 Bazhenov V.E., Baranov I.I., Lyskovich A.A., Koltigin A.V., Sannikov A.V., Kyaramyan K.A., Belov V.D., Pavlinich S.P.
Investigation of castability, mechanical, corrosion properties and flammability of the ML-OPB and EWZ43 magnesium alloys

Physical Metallurgy and Heat Treatment

- 56 Zorin I.A., Aryshensky E.V., Drits A.M., Konovalov S.V., Komarov V.S.
Effect of hafnium on cast microstructure in alloy 1570
- 66 Volodin V.N., Tuleushev Yu.Zh., Kaliyeva A.K., Zhakanbayev E.A., Mamyrbayev A.K.
V–Cd nanoparticle–formed alloys: fabrication, phase composition and structure
- 75 Razumovsky M.I., Rodin A.O., Bokstein B.S.
Interdiffusion in refractory metal systems with a BCC lattice: titanium–tantalum and titanium–multicomponent (high–entropy) alloy

Chronicle

- 84 In memory of Vladimir Alexandrovich Lebedev