

# ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Подписной индекс:  
83869 (ОК «Пресса России»)

7<sup>(955)</sup> • 2022

ИЮЛЬ

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. Акчурин, 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. Генеvски, В. Б. Деев, М. И. Дли, 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. Генеvски** (Болгария), **Е. Жак** (Австралия), **К. Кнуутила** (Финляндия), **Б. Фридрих** (Германия).

## РЕДАКЦИЯ:

зам. главного редактора **А. Г. Воробьев**; выпускающий редактор **Г. Е. Форысенкова**;  
редакционный координатор **Н. В. Шаркина**; редактор **Э. Э. Бабали**; 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 метаdанных 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 «Вива Стар»  
Адрес типографии: 107023, Москва,  
ул. Электрозаводская, д. 20, стр. 3,

Подписано в печать с оригинал-макета 03.08.2022.  
Формат 60x90 1/8. Печ. л. 15,5. Бумага офсетная.  
Печать офсетная.  
Тираж 800 экз. Цена свободная.  
Дата выхода в свет 09.08.2022.

ISSN 0372-2929



9 770372 292006 >

# Содержание

## Экономика и управление производством

- Рудник С. Н., Самыловская Е. А. Петр I и развитие металлургии в России . . . . . 5  
Сизяков В. М., Поляков П. В., Бажин В. Ю. Современные тенденции и стратегические задачи  
в области производства алюминия и его сплавов в России . . . . . 16

## Благородные металлы и сплавы

- Бодуэн А. Я, Поперечникова О. Ю., Залесов М. В., Григорьева В. А. Экспериментальное опробование  
технологий переработки упорного золотосодержащего сырья . . . . . 24

## Легкие металлы и углеродные материалы

- Бричкин В. Н., Фёдоров А. Т. Расчет и экспериментальное определение равновесного состава  
растворов в частных разрезах системы  $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$ . . . . . 33  
Пирирайнен В. Ю., Михайлов А. В., Баринкова А. А. Современный взгляд на решение проблем  
экологии Уральского алюминиевого завода . . . . . 39  
Габдулхаков Р. Р., Рудко В. А., Ефимов И. И., Спекторук А. А. Оценка качества игольчатого кокса  
для производства графитированных электродов металлургических печей. . . . . 46

## Композиционные материалы и многофункциональные покрытия

- Ковальская К. В., Горланов Е. С. Лигатуры Al –Ti – V: структурообразование в модифицированных сплавах . . . 57  
Новиков Н. А., Сакулин А. В., Скурихин В. В., Коваленко А. А. Нестандартный подход к проектированию  
огнеупорной продукции для алюминиевой промышленности (на правах рекламы). . . . . 65

## Наноструктурированные металлы и материалы

- Жилина Е. М., Красиков С. А., Кузнецов И. В., Каленова М. Ю. Термодинамическая оценка  
отделения ультрадисперсных частиц оксидов урана от циркониевых сплавов в переплавных процессах  
с фторидными и оксидными шлаками. . . . . 73

## Материаловедение

- Шахназаров К. Ю., Вологжанина С. А. Система оценки аномалий физико-механических  
и технологических свойств цветных сплавов на основании анализа диаграмм фазового равновесия . . . . . 77

## Металлообработка

- Максаров В. В. Кексин А. И., Филипенко И. А. Влияние процесса магнитно-абразивной обработки  
на шероховатость плоских изделий из алюминиевого сплава марки АМц. . . . . 82  
Пряхин Е. И., Трошина Е. А. Деградация после термического и химического воздействия  
матричных кодов, сформированных с помощью лазеров на изделиях из латуни и алюминиевого сплава . . . . 87  
Петкова А. П., Ганзуленко О. Ю. Особенности технологии лазерной маркировки изделий  
из цветных металлов и сплавов с использованием матричных ультраплотных штрихкодов . . . . . 92

## Из истории металлургии

- Микешин М. И. Металлургическая наука в виртуальном мире . . . . . 98  
Ведерников В. В. Группа никеля и ее роль в становлении цветной металлургии СССР . . . . . 104  
Бажин В. Ю., Горлёнков Д. В., Поваров В. Г., Ведерников В. В. Состав, структура и свойства  
последних серебряных рублей Российской империи 1895–1915 гг.: продолжение петровских традиций  
монетного дела . . . . . 112

## ПРОФЕССОРА-ЮБИЛЯРЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

- Виктору Михайловичу СИЗЯКОВУ — 85 лет . . . . . 15  
Вячеславу Николаевичу БРИЧКИНУ — 70 лет. . . . . 32  
Владимиру Юрьевичу БАЖИНУ — 60 лет. . . . . 111

## Хроника

- К 80-летию со дня рождения Муслима Магомаева.*  
Валиев Н. Г., Воробьев А. Г., Бажин В. Ю. Знаем, любим и помним. Частное мнение . . . . . 122  
Вышла в свет книга о З. С. Абишевой . . . . . 103  
Коллеги — о плодотворном сотрудничестве . . . . . 14  
5-й Международный семинар «Новые средства и системы автоматизации в горно-обогатительном  
производстве, металлургии и экологии» . . . . . 124  
Гимн Санкт-Петербургского горного университета . . . . . 3-я обл.

**Редакция журнала «Цветные металлы» выражает особую благодарность главному редактору докт. техн. наук В. Ю. Бажину и первому зам. главного редактора докт. техн. наук В. Н. Бричкину за нестандартные решения, принятые при подготовке номера к печати, а также за чуткость и гибкость, проявленные в ходе непростой организационной работы над номером.**

*Журнал включен в Международные базы данных Scopus (2-й квартиль, 2021, 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**; 1<sup>st</sup> Deputy Chief Editor: **Vaycheslav Brichkin**; **Vladislav Deev**; Deputy Chief Editor: **Alexander Vorobe**; Executive Editor: **Galina Forsyenkova**; Leading Editor: **Nataliya Sharkina**; Editor: **Elvina Babali**; 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 “Viva Star” Printing House

## Contents

### **ECONOMICS AND PRODUCTION MANAGEMENT**

**Rudnik S. N., Samylovskaya E. A.** Peter I and the history of Russian metallurgy ..... 5

### **NOBLE METALS AND ITS ALLOYS**

**Boduen A. Ya., Poperechnikova O. Yu., Zalesov M. V., Grigoryeva V. A.** Experimental testing of technologies for processing refractory gold-bearing raw materials ..... 24

### **LIGHT METALS, CARBON MATERIALS**

**Brichkin V. N., Fedorov A. T.** Calculation and experimental determination of equilibrium composition of liquors in certain instances of the  $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$  System ..... 33

**Piirainen V. Yu., Mikhaylov A. V., Barinkova A. A.** The concept of modern ecosystem for the Ural Aluminium Smelter ..... 39

**Gabdukhakov R. R., Rudko V. A., Efimov I. I., Spektoruk A. A.** Quality assessment of needle coke used in the production of graphite electrodes for metallurgical furnaces ..... 46

### **COMPOSITES AND MULTIPURPOSE COATINGS**

**Kovalskaya K. V., Gorlanov E. S.** Al – Ti – B master alloys: structure formation in modified alloys ..... 57

### **NANOSTRUCTURED METALS AND MATERIALS**

**Zhilina E. M., Krasikov S. A., Kuznetsov I. V., Kalenova M. Yu.** Separation of ultrafine uranium oxide particles from zirconium alloys in remelting processes with fluoride and oxide slags: thermodynamic analysis ..... 73

### **MATERIALS SCIENCE**

**Shakhnazarov K. Yu., Vologzhanina S. A.** A system for analyzing abnormal physico-mechanical properties and processability of non-ferrous alloys based on equilibrium diagrams ..... 77

### **METAL PROCESSING**

**Maksarov V. V., Keksin A. I., Filipenko I. A.** Influence of magnetic-abrasive processing on roughness of flat products made of AMts grade aluminum alloy ..... 82

**Pryakhin E. I., Troshina E. Yu.** Degradation Induced by thermal and chemical impacts on matrix codes installed on brass and aluminium alloy parts by laser ..... 87

**Petkova A. P., Ganzulenko O. Yu.** Laser marking of non-ferrous metal and alloy products using ultradense barcodes: process features ..... 92

### **FROM THE HISTORY OF METALLURGY**

**Mikeshin M. I.** Metallurgical science in a virtual reality ..... 98

**Vedernikov V. V.** Nickel Group and Its role in the history of soviet non-ferrous metals industry ..... 104

**Bazhin V. Yu., Gorlenkov D. V., Povarov V. G., Vedernikov V. V.** Composition, structure and properties of the last silver rubles of the Russian Empire in 1895–1915: continuation of the Petrine traditions of coinage ..... 112