

# ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Подписной индекс:  
83869 (ОК «Пресса России»)

5<sub>(941)</sub> • 2021  
май

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 **Г. Е. Форысенкова**; ведущий редактор **Н. В. Шаркина**; 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 01.06.2021.  
Формат 60х90 1/8. Печ. л. 12. Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Тираж 1000 экз. Цена свободная.  
Дата выхода в свет 08.06.2021.

ISSN 0372-2929



9 770372 292006 >

# Содержание

## Экономика и управление производством

<b>Международный обзор рынка цветных металлов</b> .....	4
---	---

## Обогащение

<b>Черкасов В. Г., Шумилова Л. В.</b> Конструктивное решение использования тонкослойного разделительного эффекта суспензии при промывке металлоносных песков на россыпных месторождениях .....	8
<b>Видуецкий М. Г., Гарифулин И. Ф., Мальцев В. А., Пургин А. П.</b> Некоторые аспекты эволюционного развития пневматических флотационных машин колонного типа .....	14

## Тяжелые цветные металлы

<b>Агарова Н. Е., Яковлева Л. М., Тимофеев К. Л.</b> Получение ультрадисперсных медных электролитических дендритных порошков .....	23
--	----

## Благородные металлы и их сплавы

<b>Арешина Н. С., Касиков А. Г., Тюкин Д. П., Волчек К. М.</b> Извлечение серебра при переработке пыли от обжига никелевого концентрата в печах кипящего слоя .....	30
---	----

## Редкие металлы, полупроводники

<b>Флейтлих И. Ю., Кулмухамедов Г. К., Григорьева Н. А.</b> Экстракция ванадия (V) в системах с солями четвертичных аммониевых оснований .....	49
--	----

## Наноструктурированные металлы и материалы

<b>Пак В. Н., Лапатин Н. А., Пронин В. П., Ячменова Л. А.</b> Получение и электронная эмиссия планарных структур металлической меди на пористой керамической подложке .....	55
---	----

## Материаловедение

<b>Толстобров А. К., Шаталов Р. Л., Агафонов А. А., Зернова О. А.</b> Влияние компонентов микролегирования меди и условий деформирования на структуру и физико-механические свойства заготовок для коллекторных профилей .....	59
<b>Саркисов Т. С., Белов Н. А., Саркисов С. С., Долбачев А. П.</b> Повышение физико-механических свойств фольги для анодов высоковольтных электролитических конденсаторов путем введения промежуточного отжига .....	65

## Металлообработка

<b>Медведев М. И., Фролов Я. В., Андреев А. В., Бобух А. С.</b> Экспериментальная оценка кривых максимальной пластичности и текучести титановых сплавов при испытаниях на горячее кручение .....	71
<b>Рогачев С. О., Никулин С. А., Хаткевич В. М.</b> Влияние деформации сдвигом под давлением при различных температурах на механические свойства циркониевого сплава Э125 .....	78
<b>Чудин В. Н., Черняев А. В., Тесаков Д. М.</b> К расчету напряжений при вытяжке анизотропного вязкопластичного материала .....	84

## Автоматизация

<b>Рутковский А. Л., Салихов З. Г., Ковалева М. А., Бахтеев Э. М.</b> Оптимизации режима технологического процесса сушки титановых окатышей в агрегате туннельного типа .....	89
---	----

## Наши юбиляры

<b>БЛИЕВУ Энверу Александровичу — 70 лет</b> .....	95
<b>КАЦЕРУ Игорю Иульяновичу — 80 лет</b> .....	96

## Хроника

Коллеги о плодотворном сотрудничестве .....	7
Константин Родиславович Чернявский .....	77
<b>ФЁДОРОВ Александр Николаевич</b> .....	36
<b>Памяти товарища</b>	
<b>Иванченко А. В.</b> Жизнь, полная событий и свершений. Памяти Анатолия Васильевича Сысоева .....	37

**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**; 1<sup>st</sup> Deputy Chief Editor: **Vaycheslav Brichkin**;

Executive Editor: **Galina Forsenkova**; Leading Editor: **Natalya Sharkina**; 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

### BENEFICATION

**Cherkasov V. G., Shumilova L. V.** Design solution for the thin-layer separation effect use of the suspension when washing metal-bearing sand at placer deposits . . . . . 8

**Viduetsky M. G., Garifulin I. F., Maltsev V. A., Purgin A. P.** Some aspects of modernization of pneumatic flotation machines of a column type . . . . . 14

### HEAVY NON-FERROUS METALS

**Agarova N. E., Yakovleva L. M., Timofeev K. L.** Obtaining ultrafine copper electrolytic dendritic powders. . . . . 23

### NOBLE METALS AND ITS ALLOYS

**Areshina N. S., Kasikov A. G., Tyukin D. P., Volchek K. M.** Extraction of silver in processing of dust from the firing of nickel concentrate in fluidized bed furnaces. . . . . 30

### RARE METALS, SEMICONDUCTORS

**Fleitikh I. Yu., Kulmuchamedov G. K., Grigorieva N. A.** Vanadium (V) extraction in systems with quaternary ammonium salts. . . . . 49

### NANOSTRUCTURED METALS AND MATERIALS

**Pak V. N., Lapatin N. A., Pronin V. P., Yachmenova L. A.** Obtaining and electronic emission of planar structures of metallic copper on a porous ceramic substrate . . . . . 55

### MATERIALS SCIENCE

**Tolstobrov A. K., Shatalov R. L., Agafonov A. A., Zernova O. A.** Influence of copper microalloying components and deformation conditions on the structure and physical and mechanical properties of blanks for collector profiles . . . . . 59

**Sarkisov T. S., Belov N. A., Sarkisov S. S., Dolbachev A. P.** Improving physical and mechanical properties of foil for anodes of high-voltage electrolytic capacitors by introducing an intermediate annealing . . . . . 65

### METAL PROCESSING

**Medvedev M. I., Frolov Ya. V., Andreev A. V., Bobukh A. S.** Experimental evaluation of the curves of maximal ductility and fluidity for titanium alloys in hot torsion testing . . . . . 71

**Rogachev S. O., Nikulin S. A., Khatkevich V. M.** Influence of shear deformation under pressure at different temperatures on mechanical properties of E125 zirconium alloy. . . . . 78

**Chudin V. N., Chernyaev A. V., Tesakov D. M.** To calculation of stresses in drawing of anisotropic viscoplastic material . . . . . 84

### AUTOMATION

**Rutkovskiy A. L., Salikhov Z. G., Kovaleva M. A., Bakhteev E. M.** An optimized process of drying titanium pellets in a tunnel kiln . . . . . 89