

# ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Подписной индекс:  
83869 (ОК «Пресса России»)

12<sup>(948)</sup> • 2021  
декабрь

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. Акчурун, М. В. Астахов** (редактор раздела «Наноструктурированные металлы и материалы»), **А. А. Басов, Н. А. Белов** (редактор разделов «Металлообработка», «Материаловедение»), **Н. В. Белоусова, В. А. Бочаров** (редактор раздела «Обогащение»), **Г. Ю. Боярко, Г. М. Вольдман** (редактор раздела «Редкие металлы, полупроводники»), **А. Г. Воробьев** (зам. главного редактора), **В. В. Генеvский, В. Б. Деев, М. И. Длин, 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»), **С. В. Мамяченков, Т. Н. Матвеева, М. А. Меретуков, А. М. Мицик, А. Ю. Можайский, С. С. Набойченко, 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. В. Тарасов, 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. Генеvский** (Болгария), **Д. Дрейсингер** (Канада), **Е. Жак** (Австралия), **К. Кнуути** (Финляндия), **Б. Фридрих** (Германия).

## РЕДАКЦИЯ:

зам. главного редактора **А. Г. Воробьев**; выпускающий редактор **Н. В. Шаркина**;  
ведущий редактор **Г. Е. Форысенкова**; 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 метаданных 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 «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 24.12.2021.  
Формат 60х90 1/8. Печ. л. 12. Бумага офсетная.  
Печать офсетная.  
Тираж 1000 экз. Цена свободная.  
Дата выхода в свет 11.01.2022.

ISSN 0372-2929



9 770372 292006 >

© Оформление. АО «Издательский дом «Руда и Металлы», «Цветные металлы», 2021

© Фото для 1-й обложки предоставлено АО «Кольская ГМК»

# Содержание

## Экономика и управление производством

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

## Обогащение

<b>Тюкин А. П., Юшина Т. И.</b> Определение оптимальных режимных параметров газодинамической сепарации зернистых материалов .....	7
---	---

## Тяжелые цветные металлы

<b>Рябушкин М. И., Пахомов Р. А., Цыбулов Л. Б., Савинова Ю. А.</b> Поведение $\text{SiO}_2$ при реализации новой технологии переработки никелевого концентрата от разделения фанштейна на предприятии АО «Кольская ГМК» .....	14
<b>Петелин А. Л., Лепкова Т. Л., Новикова Е. А., Новиков А. А.</b> Формирование стационарных полей концентраций выбросов газовых загрязнителей во внешней зоне влияния предприятий цветной металлургии .....	24
<b>Зароченцев В. М., Рутковский А. Л., Болотаева И. И., Ковалева М. А.</b> Биполярное электроосаждение губчатых осадков свинца из щелочных растворов на проточном сетчатом катоде .....	30

## Редкие металлы, полупроводники

<b>Гончаров К. В., Агамирова А. С., Олюнина Т. В., Садыхов Г. Б.</b> Возможность получения шлаков от переработки титаномagnetитового концентрата, пригодных для дальнейшего извлечения титана и ванадия .....	36
---	----

## Композиционные материалы и многофункциональные покрытия

<b>Травянов А. Я., Петровский П. В., Чеверикин В. В., Лагутин А. О.</b> Структура композитного материала BT6 — SiC .....	41
--	----

## Материаловедение

<b>Гнеденков А. С., Ломако С. В., Синебрюхов С. Л., Филонина В. С., Желудкевич М. Л., Гнеденков С. В.</b> Фундаментальные аспекты локальной коррозии магниевых сплавов, перспективных для имплантационной хирургии .....	47
<b>Ганиев И. Н., Бердиев А. Э., Аминова Н. А., Алихонова С. Д.</b> Влияние добавок бария на теплофизические и термодинамические свойства цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 .....	53
<b>Дынин Н. В., Бенариев И., Щетинина Н. Д., Сбитнева С. В.</b> Влияние химического состава и высокотемпературного нагрева, имитирующего пайку, на структуру и механические свойства листов из сплава системы Al — Mn (—Mg). Часть 1 .....	59

## Металлообработка

<b>Шаталов Р. Л., Фам В. Х., Чан В. К.</b> Определение кривой упрочнения и механических свойств прокатанных полос из алюминиевого сплава АД33 известного химического состава .....	70
<b>Агаповичев А. В., Кокарева В. В., Смелов В. Г.</b> Определение рациональных технологических параметров селективного лазерного сплавления порошка титанового сплава BT6 .....	75

## Хроника

<b>Зорина Т. В.</b> К истории Геологического музея в городе Уфе Республики Башкортостан .....	81
Коллеги — о плодотворном сотрудничестве с журналом «Цветные металлы» (РХТУ им. Д. И. Менделеева) ..	45
Вышло в свет издание «А. А. Рюмин — металлург уральской школы» .....	80
***	
К юбилею Виолетты Сергеевны Александровской .....	96
<b>КАЛИН Борис Александрович</b> .....	46
<b>КАРАБАСОВ Юрий Сергеевич</b> .....	2-я с. обл.
<b>РАМАЗАНОВ Мурат Мнайдарович</b> .....	95
***	
Годовое содержание за 2021 г. ....	89

Журнал включен в Международные базы данных Scopus (2-й квартиль, 2020, 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 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 Vorobev**; Executive Editor: **Nataliya Sharkina**; Leading Editor: **Galina Forysenkova**; 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

### BENEFICIATION

**Tyukin A. P., Yushina T. I.** Determining optimum process parameters for gas-dynamic separation of granular materials . . . . . 7

### HEAVY NON-FERROUS METALS

**Ryabushkin M. I., Pakhomov R. A., Tsymbulov L. B., Savinova Yu. A.** Behaviour of SiO<sub>2</sub> during a new process applied to nickel concentrate from matte separation at Kola MMC . . . . . 14

**Petelin A. L., Lepkova T. L., Novikova E. A., Novikov A. A.** Building stationary gas emissions concentration fields in the areas impacted by non-ferrous metals producers . . . . . 24

**Zarochentsev V. M., Rutkovskiy A. L., Bolotaeva I. I., Kovaleva M. A.** Bipolar electrodeposition of spongy lead from alkaline solutions on a flow wire cathode . . . . . 30

### RARE METALS, SEMICONDUCTORS

**Goncharov K. V., Agamirova A. S., Olyunina T. V., Sadykhov G. B.** Processing of titanomagnetite concentrate with possible production of slags suitable for further recovery of titanium and vanadium . . . . . 36

### COMPOSITES AND MULTIPURPOSE COATINGS

**Travyanov A. Ya., Petrovskiy P. V., Cheverikin V. V., Lagutin A. O.** Structure of VT6 – SiC composite material . . . 41

### MATERIALS SCIENCE

**Gnedenkov A. S., Lamaka S. V., Sinebryukhov S. L., Filonina V. S., Zheludkevich M. L., Gnedenkov S. V.** Localized corrosion of magnesium alloys potentially applicable for medical implants: fundamental aspects. . . . . 47

**Ganiev I. N., Berdiev A. E., Aminova N. A., Alikhonova S. D.** Effect of barium additions on the thermophysical and thermodynamic properties of zinc alloy TsAMSv4-1-2,5 . . . . . 53

**Dynin N. V., Benarieb I., Shchetinina N. D., Sbitneva S. V.** Effect of the chemical composition and high-temperature heating simulating a brazing operation on the structure and mechanical properties of Al – Mn (–Mg) Alloy Sheets. Part I . . . . . 59

### METAL PROCESSING

**Shatalov R. L., Fam V. Kh., Chan V. K.** Determining the hardening curve and mechanical properties of rolled strips made of aluminium alloy AD33 with known chemical composition . . . . . 70

**Agapovichev A. V., Kokareva V. V., Smelov V. G.** Determining rational process parameters for selective laser melting of powder titanium alloy VT6 . . . . . 75