

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Подписной индекс:
83869 (ОК «Пресса России»)

11 (947) • 2021
ноябрь

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. Геневски, 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»), **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. Геневски** (Болгария), **Д. Дрейсингер** (Канада), **Е. Жак** (Австралия), **К. Кнуути** (Финляндия), **Б. Фридрих** (Германия).

РЕДАКЦИЯ:

зам. 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 (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 ООО «Паблит»
Адрес типографии: 127282, Москва,
ул. Полярная, д. 31 В, стр. 1,
тел.: 8(495)230-20-52

Подписано в печать с оригинал-макета 01.12.2021.
Формат 60х90 1/8. Печ. л. 12,75. Бумага офсетная.
Печать офсетная.
Тираж 1000 экз. Цена свободная.
Дата выхода в свет 09.12.2021.

ISSN 0372-2929



9 770372 292006 >

Содержание

Обращение главного редактора к читателям	4
Экономика и управление производством	
<i>Международный обзор рынка цветных металлов</i>	6
Благородные металлы и их сплавы	
Епифоров А. В., Козлов А. А., Набиулин Р. Н., Немчинова Н. В. Извлечение золота из упорных сульфидных концентратов с использованием автоклавного окисления и тиоцианатного выщелачивания	9
Лукьянов А. А., Богородский А. В., Баликов С. В. Тиоцианат-цианидное выщелачивание золота из сульфидных золотомедных флотационных концентратов	16
Легкие металлы, углеродные материалы	
Рузиев Н. Р., Искандарова М. И., Миронюк Н. А., Махсудова Н. Д. Ресурсосберегающая технология получения сульфожелезистых клинкеров и свойства цементов на их основе с использованием техногенных отходов металлургической промышленности	23
Гайбуллаева З. Х., Насымов Г. Т., Асроров Б. И., Шарифов А. Плазмохимическое каталитическое получение гидрида алюминия	32
Редкие металлы, полупроводники	
Тасибеков Х. С., Бекишев Ж. Ж., Хаваза Т. Н., Токпаев Р. Р. Изготовление углеродсодержащих сорбентов на основе отходов переработки пшеничного зерна для сорбции рения	37
Флейтх И. Ю., Григорьева Н. А. Экстракция индия из сернокислых растворов в системах с поли(2-этилгексил)фосфонитрильной кислотой	42
Памяти академика Л. А. Вайсберга	
Бажин В. Ю. Памяти академика РАН Леонида Абрамовича Вайсберга	49
Масайло Д. В., Игошин С. Д., Попович А. А. Синтез сплава системы Ni – Ti из элементных порошков прямым лазерным выращиванием	50
Арсентьев В. А., Герасимов А. М. Использование глиносодержащих отходов обогащения для получения геополимеров	58
Материаловедение	
Слюдова А. А., Трудоношин А. И., Прач Е. Л., Лисовский В. А. Модифицирование структуры в литейных сплавах системы Al – Mg – Si литием и скандием	65
Металлообработка	
Травянов А. Я., Лагутин А. О., Хомутов М. Г., Лукьянов В. В. Микроструктура и механические свойства материалов с диффузионным соединением частей из сплава ВТ6, полученных методами прокатки и селективного лазерного плавления	71
Ри Х. Э., Ри Х., Ким Е. Д., Коневцов Л. А. Анодные материалы для электроискрового легирования из комплексно-легированных алюмоматричных сплавов	77
Автоматизация	
<i>(К 60-летию филиала НИУ «МЭИ» в Смоленске)</i>	
Курилин С. П., Рубин Ю. Б., Длин М. И., Денисов В. Н. Модели и методы проектирования линейных электродвигателей для цветной металлургии	83
Рожков В. В., Крутиков К. К., Федотов В. В., Федулов Я. А. Анализ вариантов применения многоуровневых преобразователей для энергосберегающих электротехнических установок цветной металлургии . . .	91
Наши юбиляры	
Дмитриеву Виктору Александровичу — 80 лет	22
Федотову Константину Вадимовичу — 65 лет	103, 104, 3-я с. обл.
Хроника	
Бобров В. П. Отзыв о книге В. А. Толстова «Автандил Цховребов»	21
К 100-летию со дня рождения И. Ф. Худякова	48
Жуков Д. Ю. Об академике Л. А. Вайсберге.	62
Памяти товарища. Белоусов М. В. Воспоминания о Евгении Николаевиче Селиванове — ученом, руководителе, наставнике	100
Требования к оформлению статей	102

Журнал включен в Международные базы данных Scopus (2-й квартиль, 2020, 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 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: **Vladimir Bazhin**; 1st Deputy Chief Editor: **Vaycheslav Brichkin**; **Vladislav Deev**; Deputy Chief Editor: **Alexander Vorobev**; Executive Editor: **Galina Forsyenkova**; 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 "Pablit" Printing House

Contents

NOBLE METALS AND ITS ALLOYS

- Epiforov A. V., Kozlov A. A., Nabiulin R. N., Nemchinova N. V.** Recovery of Gold from Refractory Sulphide Concentrates by Means of Pressure Oxidation and Thiocyanate Leaching 9
- Lukianov A. A., Bogorodskiy A. V., Balikov S. V.** Thiocyanate-Cyanide Leaching of Gold from Gold-Copper Sulphide Flotation Concentrates. 16

LIGHT METALS, CARBON MATERIALS

- Ruziev N. R., Iskandarova M. I., Mironyuk N. A., Makhsudova N. D.** A Resource-Saving Process for Obtaining Sulfoferrite Clinkers and the Properties of Cements Made with Them Involving the Use of Metallurgical Waste 23
- Gaybullaeva Z. Kh., Nasymov G. T., Asrorov B. I., Sharifov A.** Production of Aluminium Hydride by Plasma Chemical Catalytic Reaction 32

RARE METALS, SEMICONDUCTORS

- Tasibekov Kh. S., Bekishev Zh. Zh., Khavaza T. N., Tokpaev R. R.** Production of Carbon Adsorbents from Wheat Grain Processing Waste for Rhenium Adsorption. 37
- Fleitikh I. Yu., Grigorieva N. A.** Indium Extraction from Sulfuric Acid Solutions in Systems with Poly(2-ethylhexyl)-phosphonitrile Acid 42

IN MEMORY OF ACADEMICIAN LEONID VAISBERG

- Masaylo D. V., Igoshin S. D., Popovich A. A.** Synthesis of Ni – Ti alloy from Elemental Powders by Direct Laser Deposition 50
- Arsentiev V. A., Gerasimov A. M.** Use of Clay-Containing Tailings in Geopolymer Production 58

MATERIALS SCIENCE

- Slyudova A. A., Trudonoshin A. I., Prach E. L., Lisovskiy V. A.** The Structure of Al – Mg – Si Casting alloys Modified by Lithium and Scandium 65

METAL PROCESSING

- Travyanov A. Ya., Lagutin A. O., Khomutov M. G., Lukianov V. V.** Microstructure and Mechanical Properties of Materials Formed by Diffusion Bonding of VT6 Alloy Parts Produced by Rolling and Selective Laser Melting . . . 71
- Ri E. H., Ri Hosen, Kim E. D., Ermakov M. A.** Anode Materials for Electrospark Alloying of Aluminium-matrix Alloys. 77

AUTOMATION

- Marking the 60th anniversary of the Smolensk Branch of Moscow Power Engineering Institute**
- Kurilin S. P., Rubin Yu. B., Dli M. I., Denisov V. N.** Models and Methods of Designing Linear Electric Motors for Non-Ferrous Metals Industry Applications 83
- Rozhkov V. V., Krutikov K. K., Fedotov V. V., Fedulov Ya. A.** Analyzing Possible Applications for Multilevel Inverters Designed for Energy-Saving Electrical Machines Utilized in the Non-Ferrous Metals Industry 91