

# ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Подписной индекс:  
83869 (ОК «Пресса России»)

2<sup>(938)</sup> • 2021  
февраль

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 **А. В. Сысоев**

Первый зам. главного редактора **В. Н. Бричкин**

Зам. главного редактора **А. Г. Воробьев**

**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, В. А. Брюквин, Г. М. Вольдман** (редактор раздела «Редкие металлы, полупроводники»), **В. В. Геневики, Л. А. Глазунов, 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. Киселев, 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, Е. Н. Селиванов**, **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. Геневики** (Болгария), **Д. Дрейсингер** (Канада), **Е. Жак** (Австралия), **К. Кнуутила** (Финляндия), **Б. Фридрих** (Германия).

## РЕДАКЦИЯ:

зам. главного редактора **А. Г. Воробьев**; выпускающий редактор **А. Ю. Слепцова**;  
ведущий редактор **Н. В. Шаркина**; редактор **Г. Е. Форысенкова**;  
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 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 26.02.2021.  
Формат 60х90 1/8. Печ. л. 12,5. Бумага офсетная.  
Печать офсетная.  
Тираж 1000 экз. Цена свободная.  
Дата выхода в свет 05.03.2021.

ISSN 0372-2929



9 770372 292006 >

# Содержание

## Экономика и управление производством

<b>Международный обзор рынка цветных металлов</b> .....	6
---	---

## Обогащение

<b>Федотов П. К., Сенченко А. Е., Федотов К. В., Бурдонов А. Е.</b> Результаты исследования руды золоторудного месторождения на обогатимость гравитационными методами .....	8
<b>Чантурия Е. Л.</b> Инновационные процессы комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья (Плаксинские чтения – 2020) .....	17

## Тяжелые цветные металлы

<b>Набойченко С. С., Королёв А. А., Тимофеев К. Л., Краюхин С. А.</b> Гидрометаллургическое извлечение сурьмы из шлаков рафинирования свинца .....	21
<b>Козлов П. А., Колесников А. В., Несмелов В. Ю.</b> Исследования разряда цинка из фонового раствора сульфата натрия в присутствии ПАВ .....	25
<b>Мешков Е. Ю., Бобыренко Н. А., Парыгин И. А., Соловьев А. А.</b> Улавливание нитрозных газов при азотнокислотном выщелачивании сульфидных концентратов .....	29
<b>Мосендз И. А., Кременецкая И. П., Новиков А. И., Терещенко С. В.</b> Очистка техногенно загрязненных водных объектов от меди и никеля вермикулит-сунгулитовыми материалами .....	36

## Научные разработки НИЦ «Гидрометаллургия»

<b>Лях С. И., Бахвалов С. С.</b> Фазовый состав продуктов автоклавного окисления и его влияние на инкапсуляцию золота .....	44
<b>Маркелов А. В., Конев П. В., Велишкевич С. А., Чубырин Е. А.</b> Разработка симулятора рабочего места оператора автоклавного отделения .....	51
<b>Остапчук И. С.</b> Аналитический контроль продуктов автоклавной технологии .....	55

## Редкие металлы, полупроводники

<b>Мамытбеков Г. К.</b> Извлечение ванадия и попутных элементов из черносланцевых руд способом гидродинамической активации растворов серной кислоты. ....	60
---	----

## Материаловедение

<b>Илларионов А. Г., Водолазский Ф. В., Космацкий Я. И., Горностаева Е. А.</b> Определение температурно-силовых параметров, необходимых для изготовления горячепрессованных труб из титанового сплава ПТ-1М .....	77
---	----

## Металлообработка

<b>Шуркин П. К., Карпова Ж. А., Латыпов Р. А., Мусин А. Ф.</b> Свойства сварных соединений сплава системы Al – Zn – Mg – Ca, легированного микродобавками циркония и скандия. ....	84
--	----

## Автоматизация

<b>Евсеев А. В., Преис В. В., Проскуряков Н. Е., Лобанов А. В.</b> Моделирование процесса приготовления смеси металлических порошков при детерминированном формировании однородности. ....	93
--	----

## Из истории металлургии

<b>Бажин В. Ю., Ведерников В. В., Горленков Д. В.</b> Серебряный полтинник металлурга, выпускника Горного института П. В. Латышева .....	69
Создание цифрового минцкабинета в первого высшем техническом учебном заведении России — Санкт-Петербургском горном университете. <b>В. Ю. Бажин</b> .....	76

## Наши юбиляры

Металлург уральской школы. <b>РЮМИНУ Александру Александровичу</b> — 65 лет .....	42
---	----

## Хроника

<b>НАГИБИН Владимир Дмитриевич</b> .....	83
<b>СЫСОЕВ Анатолий Васильевич</b> .....	4
<b>ШУМСКИЙ Виктор Александрович</b> .....	92

**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:

Chief Editor: **Anatoly Sysoev**; 1<sup>st</sup> Deputy Chief Editor: **Vaycheslav Brichkin**; Deputy Chief Editor: **Alexander Vorobev**.

Executive Editor: **Anastasia Sleptsova**; Leading Editor: **Natalya Sharkina**; Editor: **Galina Forsenkova**.

© 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

**Fedotov P. K., Senchenko A. E., Fedotov K. V., Burdonov A. E.** A study of gold ore for processability by gravity separation techniques . . . . . 8

### HEAVY NON-FERROUS METALS

**Naboychenko S. S., Korolev A. A., Timofeev K. L., Krayukhin S. A.** Hydrometallurgical extraction of antimony from lead refining slags . . . . . 21

**Kozlov P. A., Kolesnikov A. V., Nesmelov V. Yu.** Understanding the zinc discharge from sodium sulphate solution in the presence of surfactants . . . . . 25

**Meshkov E. Yu., Bobyrenko N. A., Parygin I. A., Soloviev A. A.** Trapping nitrous gases during nitric acid leaching of sulfide concentrates . . . . . 29

**Mosendz I. A., Kremenetskaya I. P., Novikov A. I., Tereshchenko S. V.** Removing copper and nickel from contaminated water with vermiculite-sungulite materials . . . . . 36

### SCIENTIFIC DEVELOPMENTS OF THE SRC HYDROMETALLURGY

**Lyakh S. I., Bakhvalov S. S.** Phase composition of autoclave oxidation products and its effect on gold coating . . . . . 44

### RARE METALS, SEMICONDUCTORS

**Mamytbekov G. K.** Extraction of vanadium and associated elements from black shale ores by hydrodynamic activation technology of sulfuric acid solutions . . . . . 60

### MATERIALS SCIENCE

**Illarionov A. G., Vodolazskiy F. V., Kosmatskiy Ya. I., Gornostaeva E. A.** Determining temperatures and forces necessary to produce hot-pressed tubes out of titanium alloy PT-1M . . . . . 77

### METAL PROCESSING

**Shurkin P. K., Karpova Zh. A., Latypov R. A., Musin A. F.** Properties of welded joints of the Al – Zn – Mg – Ca alloy doped by microadditives of zirconium and scandium . . . . . 84

### AUTOMATION

**Evseev A. V., Preys V. V., Proskuryakov N. E., Lobanov A. V.** Simulation of the metallic powder mixing process and deterministic formation of homogeneity . . . . . 93

### METALLURGICAL HISTORY

**Bazhin V. Yu., Vedernikov V. V., Gorlenkov D. V.** Silver 50 kopecks coins made by the metallurgist and the Mining Institute graduate Petr Latyshev . . . . . 69