

www.rudmet.ru

ISSN 0372-2929

# ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Издается с 1926 г.  
(№ 986)

2.2025



# Содержание

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <b>Экономика и управление производством</b>                                                                                                                                                                                                                                                                             |                  |
| <b>Международный обзор рынка цветных металлов</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                                 | 4                |
| <b>Обогащение</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                  |
| Горячев А. А., Черноусенко Е. В., Митрофанова Г. В., Компанченко А. А. Переработка хвостов обогащения медно-никелевых руд комбинированным методом флотации и низкотемпературного обжига с сульфатом аммония .....                                                                                                       | 7                |
| Нафталъ М. Н., Федотова Я. Ю., Кизяев Д. А., Антоненко Д. С. Результаты промышленных испытаний усовершенствованного реагентного режима флотации на Медной обогатительной фабрике № 1 АО «Алмалыкский ГМК» .....                                                                                                         | 14               |
| <b>Тяжелые цветные металлы</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                  |
| Савинова Ю. А., Новожилова О. С., Кудрявцев А. А., Пахомов Р. А. Роль высокотехнологичных локальных аналитических методов в разработке новых технологий и сопровождении действующих металлургических производств .....                                                                                                  | 27               |
| Якубов М. М., Холикулов Д. Б., Ёкубов О. М., Хайдаралиев Х. Р. Разработка эффективной технологии гидрометаллургической переработки цинковых кеков АО «Алмалыкский ГМК» .....                                                                                                                                            | 33               |
| <b>Благородные металлы и их сплавы</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                  |
| Меретуков М. А. Цианирование золота под давлением. Обзор .....                                                                                                                                                                                                                                                          | 41               |
| <b>Редкие металлы, полупроводники</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |
| Пождаева С. Д. Особенности получения солей из металлов и их оксидов в подкисленных органических средах в присутствии каталитических количеств молекулярного йода .....                                                                                                                                                  | 48               |
| <b>Композиционные материалы и многофункциональные покрытия</b>                                                                                                                                                                                                                                                          |                  |
| Силина О. В., Мансурова И. А., Богатырева Е. А., Князев Д. А. Исследование структуры и свойств алитированного слоя в процессе восстановительного ремонта лопаток первой ступени газотурбинного двигателя .....                                                                                                          | 58               |
| Кидалов Н. А., Мирошкин Н. Ю., Белов А. А., Поляк С. Р. Исследование условий получения металлонаполненного композиционного материала на основе графита электрохимическим методом и свойства полученных изделий. Часть 1 .....                                                                                           | 65               |
| <b>Материаловедение</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                  |
| <b>К 150-летию Томского государственного университета</b>                                                                                                                                                                                                                                                               |                  |
| Марченко Е. С., Байгонакова Г. А., Ковалёва М. А., Чайковская Т. В. Механическая усталость и циклическая устойчивость конструкций из тонкой сверхупругой TiNi-проволоки с фазовым составом, контролируемым синхротронным излучением .....                                                                               | 70               |
| ***                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |
| Арышенский Е. В., Коновалов С. В., Беглов Э. Д., Арышенский В. Ю. Разработка нового метода расчета зародышей текстурных ориентировок при рекристаллизации алюминиевых сплавов .....                                                                                                                                     | 80               |
| <b>Хроника</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                  |
| Международный форум «Роль инженерного образования и науки в достижении целей устойчивого развития – новые вызовы и решения» .....                                                                                                                                                                                       | 3-я стр. обложки |
| Шилов В. В. К. И. Циренщиков — человек-легенда советской цветной металлургии .....                                                                                                                                                                                                                                      | 91               |
| <b>ЛЕБЕДЬ Андрей Борисович</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 90               |
| ***                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |
| Требования к оформлению статей. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 57               |
| <br><b>Журнал «Цветные металлы» по решению ВАК Министерства науки и высшего образования РФ включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» по следующим научным специальностям:</b> |                  |
| 2.6.2. Металлургия черных, цветных и редких металлов (технические науки)                                                                                                                                                                                                                                                |                  |
| 2.8.9. Обогащение полезных ископаемых (технические науки)                                                                                                                                                                                                                                                               |                  |
| 2.5.8. Сварка, родственные процессы и технологии (технические науки)                                                                                                                                                                                                                                                    |                  |
| 2.6.1. Материаловедение и термическая обработка металлов и сплавов (технические науки)                                                                                                                                                                                                                                  |                  |
| 2.6.3. Литейное производство (технические науки)                                                                                                                                                                                                                                                                        |                  |
| 2.6.4. Обработка металлов давлением (технические науки)                                                                                                                                                                                                                                                                 |                  |
| 2.6.5. Порошковая металлургия и композиционные материалы (технические науки)                                                                                                                                                                                                                                            |                  |
| 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы (технические науки)                                                                                                                                                                                                                                                               |                  |
| 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов (технические науки, химические науки)                                                                                                                                                                                                                    |                  |
| 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий (технические науки, химические науки)                                                                                                                                                                                                                                 |                  |
| 2.6.17. Материаловедение (технические науки)                                                                                                                                                                                                                                                                            |                  |

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, S. P. Korolev Rocket and Corporation Energia, National Research Nuclear University “MEPhI”, National Research Tomsk State University, State Hermitage Museum.

With Assistance of Navoi Mining & Metallurgy Combinat, Scientific and Engineering Union on Mining, Geology and Metallurgy (Republic of Bulgaria).

Information coordinator of the topics on technological provision of mineral processing of raw materials – JSC “Design & Survey and Research & Development Institute of Industrial Technology” (“Rosatom” State Corporation)

### 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**; Editors: **Elena Rakhmanova**, **Vera Smiltina**.

© Designed by: “Ore and Metals” Publishing House,  
journal “Tsvetnye Metally”, 2025

**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

**Goryachev A. A., Chernousenko E. V., Mitrofanova G. V., Kompanchenko A. A.** Processing of copper-nickel ores tailings by the combined method of flotation and low-temperature roasting with ammonium sulfate .....7

**Naftal M. N., Fedotova Ya. Yu., Kizyaev D. A., Antonenok D. S.** The test results of the improved reagent flotation mode at the Copper Processing Plant No. 1 of Almayk MMP JSC. ....14

### HEAVY NON-FERROUS METALS

**Savinova Yu. A., Novozhilova O. S., Kudryavtsev A. A., Pakhomov R. A.** The role of high-tech local analytical methods in the development of new technologies and maintenance of existing metallurgical industries .....27

**Yakubov M. M., Kholikulov D. B., Yokubov O. M., Khaidaraliev H. R.** Development of an effective technology for hydrometallurgical processing of zinc cakes by Almayk MMC JSC .....33

### NOBLE METALS AND ITS ALLOYS

**Meretukov M. A.** Gold cyanidation under pressure. Review .....41

### RARE METALS, SEMICONDUCTORS

**Pozhidaeva S. D.** Peculiarities of obtaining salts from metals and their oxides in acidified organic media in the presence of catalytic amounts of molecular iodine .....48

### COMPOSITES AND MULTIPURPOSE COATINGS

**Silina O. V., Mansurova I. A., Bogatyreva E. A., Knyazev D. A.** Study of structure and properties of aluminized layer during the renewal of gas turbine first stage blades .....58

**Kidalov N. A., Miroshkin N. Yu., Belov A. A., Polyak S. R.** Study of the conditions for obtaining a metal-filled composite material based on graphite by the electrochemical method and the properties of the obtained products. Part 1 .....65

### MATERIALS SCIENCE

**Marchenko E. S., Baigonakova G. A., Kovaleva M. A., Chaikovskaya T. V.** Mechanical fatigue and cyclic stability of structures made of thin superelastic TiNi-based wire with phase composition controlled by synchrotron radiation .....70

**Aryshensky E. V., Kononov S. V., Beglov E. D., Aryshensky V. Yu.** Developing a new method for calculating the nuclei of orientations during aluminum alloys recrystallization .....80