



ISSN 0135-5910 (Print)  
ISSN 2619-0753 (Online)

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет (научно-исследовательский университет)»

# ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

---

## БЮЛЛЕТЕНЬ научно-технической и экономической информации

Журнал включен в перечень научных изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору  
в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций  
Регистрационный номер ПИ № 77-82438

*Издается с 1944 года, ежемесячно*

**Том 79, № 6**

**2023**

Челябинск,  
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»

ISSN 0135-5910 (Print)  
ISSN 2619-0753 (Online)

# ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

## БЮЛЛЕТЕНЬ научно-технической и экономической информации

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Главный редактор - СМЕРНОВ Л.А.**, академик РАН (Российская академия наук, ОАО "Уральский институт металлов", Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург)

**Зам. главного редактора - ВИННИК Д.А.**, профессор РАН, д-р. хим. наук (ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск)

**Зам. главного редактора - БЕССОНОВ А.В.**, канд. экон. наук

**Зам. главного редактора - ЧУМАНОВ И.В.**, д-р техн. наук (ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск)

**Зам. главного редактора - ГАМОВ П.А.**, канд. техн. наук (ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск)

**АКСЕЛЬБРОД Л.М.**, канд. техн. наук (НИТУ «МИСиС», г. Москва)

**АНДРЕЕВ К.П.**, канд. техн. наук (Уханьский Университет Науки и Технологии (WUST), Ухань, Китай)

**БАБЕНКО А.А.**, д-р техн. наук (Институт металлургии УрО РАН (ИМет УрО РАН), Екатеринбург)

**БАБИЧ А.И.**, д-р техн. наук (университет Ахена, Германия)

**БЕЛОВ В.К.**, канд. физ.-мат. наук (Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)

**БРОДОВ А.А.**, канд. экон. наук (ФГУП "ЦНИИчермет им. И.П. Бардина", г. Москва)

**БЫХОВСКИЙ Л.З.**, д-р техн. наук (ФГБУ ВИС, г. Москва)

**ВЕДЕНЕЕВ А.В.**, канд. техн. наук (ООО "ТулаЧермет-Сталь", г. Тула)

**ВЫДРИН А.В.**, д-р техн. наук (ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск)

**ГОРДОН Я.М.**, д-р техн. наук (фирма Хатч, г. Торонто, Канада)

**ДЕНИСОВ С.В.**, д-р техн. наук (ОАО ММК, г. Магнитогорск)

**ДМИТРИЕВ А.Н.**, д-р техн. наук (Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург)

**ЗОЛОТУХИН Ю.А.**, канд. техн. наук (АО ВУХИН, г. Екатеринбург)

**ЖЕРЕБЦОВ Д.А.**, д-р. хим. наук (ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск)

**ИБРАЕВ И.К.**, д-р техн. наук (Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Республика Казахстан)

**КОВАЛЕК АННА**, канд. техн. наук (Ченстоховский технологический университет, г. Ченстохова, Польша)

**КОЖЕВНИКОВА И.А.**, д-р техн. наук (Череповецкий государственный университет, г. Череповец)

**КОЗЫРЕВ Н.А.**, д-р техн. наук (Сибирский государственный университет, г. Новокузнецк)

**КУЛАКОВ Б.А.**, д-р. техн. наук (ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск)

**ЛЯШЕНКО В.И.**, канд. техн. наук

(ГП "УкрНИПИИпромтехнологии", Украина)

**МИХАЙЛОВ Г.Г.**, д-р. техн. наук (ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск)

**ОРЛОВ Г.А.**, д-р техн. наук (Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург)

**ПРОТАСОВ А.В.**, канд. техн. наук

(АО АХК ВНИИМЕТМАШ г. Москва)

**РОЩИН В.Е.**, д-р. техн. наук (ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск)

**СИДОРОВА Е.Ю.**, д-р экон. наук (НИТУ «МИСиС», г. Москва)

**СМЕРНОВ А.Н.**, д-р техн. наук (Физико-технологический институт металлов и сплавов НАНУ, г. Киев, Украина)

**СТОЛЯРОВ А.М.**, д-р техн. наук (Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)

**ТАНДОН ПУНИТ**, д-р философии (технические науки) (Индийский институт информационных технологий, проектирования и производства, г. Джабалпур, Индия)

**ФИЛИППОВ Г.А.**, д-р техн. наук (ФГУП "ЦНИИчермет им. И.П. Бардина", г. Москва)

**ФИЛОСΟΦОВА Т.Г.**, д-р экон. наук (Исследовательский университет "Высшая школа экономики" НИУ ВШЭ), г. Москва)

**ФРОЛОВ Ю.А.**, д-р техн. наук (ООО НПП "Уралэлектра", г. Екатеринбург)

**ХАРИТОНОВ В.А.**, канд. техн. наук (Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)

**ЧИЖИКОВА В.М.**, д-р техн. наук (ООО "Управляющая компания "Румелко", г. Москва)

**ШЕШУКОВ О.Ю.**, д-р техн. наук (Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург)

**Ю ХАЙЛЯНГ**, д-р философии (технические науки) (Колледж механики и электротехники Центрального Южного университета, г. Чанши, Китай)

**Учредитель:** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)"

**Адрес редакции:**

454080, Челябинская обл., г. Челябинск, пр-т Ленина, д. 76

**Тел./факс:** +7 (351) 267-91-61

**e-mail:** gamovpa@susu.ru, bessonov@bk.ru

<https://chermetinfo.elpub.ru/jour>

# FERROUS METALLURGY

## BULLETIN of Scientific, Technical and Economic Information

### EDITORIAL BOARD

**Editor-in-Chief** - SMIRNOV L.A., *Academician of RAS (Russian Academy of Sciences, OJSC "Ural'sky Institute of Metals", Institute of Metallurgy Ural Branch of RAS, Ekaterinburg)*

**Deputy Editor-in-Chief** - VINNIK D.A., *Professor of RAS, HD (Chem) (FSAEIHE SUSU (NRU), Chelyabinsk)*

**Deputy Editor-in-Chief** - BESSONOV A.V., *PhD (Econ)*

**Deputy Editor-in-Chief** – CHUMANOV I.V., *HD (Tech) (FSAEIHE SUSU (NRU), Chelyabinsk)*

**Deputy Editor-in-Chief** - GAMOV P.A., *PhD (Tech) (FSAEIHE SUSU (NRU), Chelyabinsk)*

AKSELROD L.M., *PhD (Tech) (National Research technological University "MISiS", Moscow)*

ANDREEV K.P., *PhD (Tech.) (Wuhan University of Science and Technology (WUST), Wuhan, China)*

BABENKO A.A., *HD (Tech) (Institute of metallurgy Uro RAN (IMet Uro RAN), Ekaterinburg)*

BABICH A.I., *HD (Tech) (Aachen University, Germany)*

BELOV V.K., *PhD (Phys and Mathematic) (Magnitogorsk State technical University after G.I. Nosov, Magnitogorsk)*

BRODOV A.A., *PhD (Econ) (FGUP "CNIIchermet after I.P. Bardin", Moscow)*

BYKHOVSKY L.Z., *HD (Geo and Mineral) (FGBU VIMS, Moscow)*

VEDENEEV A.V., *PhD (Tech) (OJSC "TulaChermet-Steel", Tula)*

VYDRIN A.V., *HD (Tech) (FSAEIHE SUSU (NRU), Chelyabinsk)*

GORDON Ya.M., *HD (Tech) (Hutch, Toronto, Canada)*

DENISOV S.V., *HD (Tech) (OJSC MMK, Magnitogorsk)*

DMITRIEV A.N., *HD (Tech) (Institute of Metallurgy Ural branch of RAS, Ekaterinburg)*

ZOLOTUKHIN Yu.A., *PhD (Tech) (JSC VUKHIN, Ekaterinburg)*

ZHEREBTSOV D.A., *HD (Chem) (FSAEIHE SUSU (NRU), Chelyabinsk)*

IBRAEV I.K., *HD (Tech) (Eurasia National University after L.N. Gumilev, Astana, Republic of Kazakhstan)*

KAWALEK ANNA, *PhD (Tech.) (Czestochowa University of Technology, Czestochowa, Poland)*

KOZHEVNIKOVA I.A., *HD (Tech) (Cherepovets State University, Cherepovets)*

KOZYREV N.A., *HD (Tech) (Siberian State University, Novokuznetsk)*

KULAKOV B.A., *HD (Tech) (FSAEIHE SUSU (NRU), Chelyabinsk)*

LYASHENKO V.I., *PhD (Tech) (GP "UkrNIPIIpromtehnologii", Ukraine)*

MIKHAILOV G.G., *HD (Tech) (FSAEIHE SUSU (NRU), Chelyabinsk)*

ORLOV G.A., *HD (Tech) (Ural Federal University after the First President of Russia B.N. El'tsin, Ekaterinburg)*

PROTASOV A.V., *PhD (Tech) (JSC AKhK BNIIMET-MASH, Moscow)*

ROSHCHIN V.E., *HD (Tech) (FSAEIHE SUSU (NRU), Chelyabinsk)*

SIDOROVA E.Y., *HD (Econ.) (National Research Technological University "MISiS", Moscow)*

SMIRNOV A.N., *HD (Tech) (Physico-Technology Institute of Metals and Alloys of NANU, Kiev, Ukraine)*

STOLYAROV A.M., *HD (Tech) (Magnitogorsk State technical University after G.I. Nosov, Magnitogorsk)*

PUNEET TANDON, *PhD (Indian Institute of Information Technology, Design and Manufacturing, Jabalpur, India)*

FILIPPOV G.A., *HD (Tech) (FGUP "CNIIchermet after I.P. Bardin", Moscow)*

FILOSOFOVA T.G., *HD (Econ.), (Research University "The Highest School of Economics" – NIU VShE, Moscow)*

FROLOV Yu.A., *HD (Tech) (OJSC NPP "Uralelectra", Ekaterinburg)*

KHARITONOV V.A., *PhD (Tech) (Magnitogorsk State Technical University after G.I. Nosov, Magnitogorsk)*

CHIZHIKOVA V.M., *HD (Tech) (OJSC "Managing Company "Rumelco", Moscow)*

SHESHUKOV O.Yu., *HD (Tech) (Ural Federal University after the First President of Russia B.N. El'tsin, Ekaterinburg)*

STOLYAROV A.M., *HD (Tech) (Magnitogorsk State technical University after G.I. Nosov, Magnitogorsk)*

YU HAILIANG, *PhD (Tech.) (College of Mechanical and Electrical Engineering, Central South University, Changsha, China)*

**Founders:** Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education  
"South Ural State University (national research university)"

**Editorial Addresses:** 76, Lenin Avenue, Chelyabinsk, Russia, 454080

**Tel/fax:** +7 (351) 267-91-61

**e-mail:** gamovpa@susu.ru, bessonov@bk.ru

<https://chermetinfo.elpub.ru/jour>

## ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ.

Бюллетень научно-технической  
и экономической информации.  
2023. Том 79. № 6

## FERROUS METALLURGY.

Bulletin of Scientific, Technical  
and Economic Information,  
2023, Vol. 79, № 6

### СОДЕРЖАНИЕ

#### НА ПРЕДПРИЯТИЯХ И В ИНСТИТУТАХ

##### Аглодоменное производство

*Дмитриев А. Н., Золотых М. О., Витькина Г. Ю.*  
Совершенствование доменного производства с  
использованием цифровых технологий

455

##### Сталеплавильное производство

*Макровец Л. А., Бакин И. В.* Термодинамические  
исследования процесса раскисления стали каль-  
цием и барием

465

*Куберский С. В., Великоцкий Р. Е., Должиков В. В.*  
Развитие представлений о механизме водород-  
ной хрупкости на основе теории молекулярного  
давления водорода

476

##### Прокатное производство

*Уманский А. А., Морозов И. С., Протопопов Е. В.,  
Сафонов С. О.* Анализ влияния химического со-  
става и металлургического качества мелющих  
шаров на их эксплуатационные свойства

484

##### Трубное производство

*Яковлева К. Ю., Баричко Б. В.* Современный уровень  
разработки и совершенствования процесса проекти-  
рования калибровок инструмента станов ХПТ

496

##### Металлургическое оборудование

##### и литейное производство

*Фирстов А. П., Шевченко О. И., Мартыненко С. В.*  
Противоэрозионное покрытие для стабилизации  
поверхностной прочности литейной формы

508

##### Экология и ресурсосбережение

*Красный Б. Л., Красный А. Б., Королев М. Н.,  
Бернт Д. Д., Серебрянский Д. А., Дорохин М. О.,  
Антонов М. В., Сластилов А. А.* Аспирация за-  
грузки железорудных окатышей в железнодорож-  
ные вагоны с применением керамического фильтра

513

##### ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

524

##### Статистика

534

### CONTENTS

#### AT ENTERPRISES AND IN INSTITUTES

##### Sintering and Blast Furnace Processes

*Dmitriev A. N., Zolotykh M. O., Vit'kina G. Yu.* Im-  
provement of blast furnace production using digital  
technology

##### Steelmaking

*Makrovets L. A., Bakin I. V.* Thermodynamic inves-  
tigations of steel deoxidation process with calcium  
and barium

*Kuberskii S. V., Velikotskii R. E., Dolzhikov V. V.*  
Development of ideas on the mechanism of hydro-  
gen embrittlement on the basis of the theory of hy-  
drogen molecular pressure

##### Rolling Mill Practice

*Umanskii A. A., Morozov I. S., Protopopov E. V.,  
Safonov S. O.* Analysis of the influence of the chem-  
ical composition and metallurgical quality of grind-  
ing balls on their operational properties

##### Production of Pipes and Tubes

*Yakovleva K. Yu., Barichko B. V.* Current level of  
development and improvement of the design pro-  
cess for tool calibrations of CRP mills

##### Metallurgical Equipment

##### and Foundry Practice

*Firstov A. P., Shevchenko O. I., Martynenko S. V.*  
Erosion resistant coating to stabilize the surface  
strength of the casting mold

##### Ecology and Resource-Saving

*Krasnyi B. L., Krasnyi A. B., Korolev M. N., Bernt D. D.,  
Serebryanskii D. A., Dorokhin M. O., Antonov M. V.,  
Slastilov A. A.* Aspiration of loading iron ore pellets  
into railway wagons using a ceramic filter

##### EXPRESS INFORMATION

##### Statistics