



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, № 7**

**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 «МИСЦ», 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)

**ВЕДЕНЕВ 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 «МИСЦ», 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 НПФ "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 "UkrNIPiPromtehnologii", 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. № 7

## FERROUS METALLURGY.

Bulletin of Scientific, Technical  
and Economic Information,  
2023, Vol. 79, № 7

### СОДЕРЖАНИЕ

#### НА ПРЕДПРИЯТИЯХ И В ИНСТИТУТАХ

##### Коксохимическое производство

Плаkitкина Л. С., Плаkitкин Ю. А., Дьяченко  
К. И. Коксующиеся угли для металлургии —  
тенденции и перспективы в период до 2050 года 548

##### Аглодоменное производство

Исаенко Г. Е., Титов В. Н., Андреева Е. А., Кобе-  
лев В. А., Нечкин Г. А., Чернавин Д. А. Оценка де-  
сульфурации чугуна промежуточным и конеч-  
ным доменным шлаком при использовании в до-  
менной шихте окатышей разной основности 559

##### Сталеплавильное производство

Уманский А. А., Борисов А. С., Фейлер С. В. Раз-  
работка технологических решений по повыше-  
нию качества железнодорожных рельсов за счет  
совершенствования технологии выплавки, вне-  
печной обработки и непрерывной разливки  
рельсовой электростали 566

Макровец Л. А. Диаграммы состояний оксидной си-  
стемы FeO–MnO–MgO–SiO<sub>2</sub>. Сообщение 1. Двой-  
ные оксидные системы MnO–SiO<sub>2</sub> и MgO–SiO<sub>2</sub> 575

Сущенко А. В., Лятин А. Б. Моделирование газо-  
динамики кислородного потока и гидродинамики  
течения охлаждающей воды в фурменных нако-  
нечниках с тангенциальным расположением со-  
пел усовершенствованной конструкции и резуль-  
таты их опытно-промышленных испытаний 584

##### Металлургическое оборудование и литейное производство

Шабурова Н. А. Влияние состава технологиче-  
ской засыпки и кумулятивной решетки на глу-  
бину диффузионного слоя при термодиффузион-  
ном хромировании 596

#### ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

Статистика 604

### CONTENTS

#### AT ENTERPRISES AND IN INSTITUTES

##### Coking and By-Products Process

Plakitkina L. S., Plakitkin Yu. A., D'yachenko K. I.  
Coking coals for metallurgy – trends and prospects  
up to 2050

##### Sintering and Blast Furnace Processes

Isaenko G. E., Titov V. N., Andreeva E. A., Ko-  
belev V. A., Nechkin G. A., Chernavin D. A. Estima-  
tion of hot metal desulfurization by intermediate and  
final blast-furnace slag when using pellets of differ-  
ent basicity in blast-furnace charge

##### Steelmaking

Umanskii A. A., Borisov A. S., Feiler S. V. Develop-  
ment of technological solutions to improve the qua-  
lity of railway rails by improving the technology of  
smelting, out-of-furnace processing and continuous  
casting of rail electric steel

Makrovets L. A. Phase diagrams of oxide system  
FeO–MnO–MgO–SiO<sub>2</sub>. Report 1. Binary oxide sys-  
tems MnO–SiO<sub>2</sub> and MgO–SiO<sub>2</sub>

Sushchenko A. V., Lyatin A. B. Simulation of gas dy-  
namics of oxygen flow and hydrodynamics of cool-  
ing water flow in tuyere tips with tangential opti-  
mized nozzles and results of their pilot tests

##### Metallurgical Equipment and Foundry Practice

Shaburova N. A. Influence of the composition of the  
cumulative lattice during thermal diffusion chromi-  
ing on the depth of the diffusion layer

#### EXPRESS INFORMATION

Statistics 615