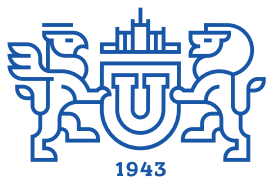


# ВЕСТНИК



**ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

**2019  
Т. 19, № 1**

ISSN 1990-8482 (Print)  
ISSN 2411-0906 (Online)

**СЕРИЯ**

**«МЕТАЛЛУРГИЯ»**

Решением ВАК России включен в Перечень рецензируемых научных изданий

**Учредитель – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»**

В журнале публикуются статьи в области физической химии металлургических систем, физики металлов, металловедения и термической обработки металлов и сплавов, теории и технологии процессов производства металлов и сплавов, устройства металлургических агрегатов, литейного производства, металлургической теплотехники, обработки металлов давлением, а также родственных областей науки и техники.

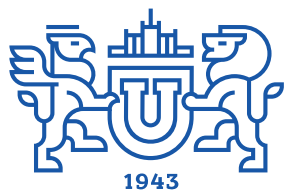
**Редакционная коллегия:**

**Винник Д.А.**, к.т.н. (Челябинск);  
**Выдрин А.В.**, д.т.н., проф. (Челябинск);  
**Квон С.С.**, к.т.н., доц. (Караганда, Казахстан);  
**Корягин Ю.Д.**, д.т.н., проф. (Челябинск);  
**Кулаков Б.А.** (*заместитель главного редактора*), д.т.н., проф. (Челябинск);  
**Ладеранта Э.М.**, проф. физики (Лаппеэнранта, Финляндия);  
**Михайлов Г.Г.** (*главный редактор*), д.т.н., проф. (Челябинск);  
**Нива Р.**, д-р естеств. наук, проф. (Штутгарт, ФРГ);  
**Труханов А.В.**, к.ф.-м.н. (Минск, Беларусь);  
**Широков В.В.** (*ответственный секретарь*), к.т.н. (Челябинск).

**Редакционный совет:**

**Белов В.Д.**, д.т.н., проф. (Москва);  
**Бескачко В.П.**, д.ф.-м.н. (Челябинск);

**Вдовин К.Н.**, д.т.н., проф. (Магнитогорск);  
**Галевский Г.В.**, д.т.н., проф. (Новокузнецк);  
**Гольдштейн В.Я.**, д.т.н., проф. (Челябинск);  
**Дубровин В.К.**, д.т.н., проф. (Челябинск);  
**Еланский Г.Н.**, д.т.н., профессор (Москва);  
**Звонарев Д.Ю.**, к.т.н. (Челябинск);  
**Знаменский Л.Г.**, д.т.н., проф. (Челябинск);  
**Иванов М.А.**, к.т.н., доц. (Челябинск);  
**Коваль Г.И.**, д.т.н. проф. (Челябинск);  
**Кулагин Н.М.**, к.х.н., проф. (Новокузнецк);  
**Лыкасов А.А.**, д.х.н., проф. (Челябинск);  
**Мысик Р.К.**, д.т.н., проф. (Екатеринбург);  
**Найзабеков А.Б.**, д.т.н., проф. (Рудный, Казахстан);  
**Рощин В.Е.**, д.т.н., проф. (Челябинск);  
**Фраге Наум**, проф. (Беэр-Шева, Израиль);  
**Храмков Е.В.**, к.т.н. (Челябинск);  
**Чуманов И.В.**, д.т.н., проф. (Челябинск);  
**Шао Вэньчжу**, профессор (Харбин, КНР);  
**Яковлева И.Л.**, д.т.н. (Екатеринбург).



# BULLETIN

OF THE SOUTH URAL  
STATE UNIVERSITY

SERIES

2019

Vol. 19, no. 1

“METALLURGY”

ISSN 1990-8482 (Print)  
ISSN 2411-0906 (Online)

---

Vestnik Yuzhno-Ural'skogo Gosudarstvennogo Universiteta.  
Seriya “Metallurgiya”

---

## South Ural State University

The journal publishes papers in the fields of physical chemistry of metallurgical systems, metal physics and physical metallurgy, heat treatment of metals and alloys, theory and technology of production processes of metals and alloys, metallurgical equipment, metal casting, metallurgical heat engineering, metal forming as well as related areas of science and technology.

### Editorial Board:

**Vinnik D.A.**, Cand. of Sci. (Eng.), South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;  
**Vydrin A.V.**, Dr. of Sci. (Eng.), Prof., JSC “The Russian Research Institute of the Tube and Pipe Industries”, Chelyabinsk, Russian Federation;  
**Kvon S.S.**, Cand. of Sci. (Eng.), Ass. Prof., Karaganda State Technical University, Karaganda, Republic of Kazakhstan;  
**Koryagin Yu.D.**, Dr. of Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;  
**Kulakov B.A.** (*deputy editor-in-chief*), Dr. of Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;  
**Lahderanta E.M.**, Prof. of Physics, Lappeenranta University of Technology, Lappeenranta, Republic of Finland;  
**Mikhailov G.G.** (*editor-in-chief*), Dr. of Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;  
**Niewa R.**, Dr. rer. nat., Prof., University of Stuttgart, Stuttgart, Federal Republic of Germany;  
**Trukhanov A.V.**, Cand. of Sci. (Phys. and Math.), Scientific-Practical Materials Research Centre of NAS of Belarus, Minsk, Republic of Belarus;  
**Shirokov V.V.** (*executive secretary*), Cand. of Sci. (Eng.), South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation.

### Editorial Council:

**Belov V.D.**, Dr. of Sci. (Eng.), Prof., National University of Science and Technology “MISIS”, Moscow, Russian Federation;  
**Beskachko V.P.**, Dr. of Sci. (Phys. and Math.), South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;  
**Vdovin K.N.**, Dr. of Sci. (Eng.), Prof., Novosibirsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation;  
**Galevskiy G.V.**, Dr. of Sci. (Eng.), Prof., Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russian Federation;  
**Gol'dshcheyn V.Ya.**, Dr. of Sci. (Eng.), South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;  
**Dubrovinn V.K.**, Dr. of Sci. (Eng.), South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;  
**Elanskii G.N.**, Dr. of Sci. (Eng.), Prof., Interregional Social Organization “Association of Steelmakers”, Moscow, Russian Federation;  
**Zvonarev D.Yu.**, Cand. of Sci. (Eng.), JSC “The Russian Research Institute of the Tube and Pipe Industries”, Chelyabinsk, Russian Federation;  
**Znamenskii L.G.**, Dr. of Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;  
**Ivanov M.A.**, Cand. of Sci. (Eng.), Ass. Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;  
**Koval' G.I.**, Dr. of Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;  
**Kulagin N.M.**, Cand. of Sci. (Chem.), Prof., Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russian Federation;  
**Lykasov A.A.**, Dr. of Sci. (Chem.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;  
**Mysik R.K.**, Dr. of Sci. (Eng.), Prof., Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation;  
**Naizabekov A.B.**, Dr. of Sci. (Eng.), Prof., Rudny Industrial Institute, Rudny, Kazakhstan;  
**Roshchin V.E.**, Dr. of Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;  
**Frage N.**, Prof., Ben-Gurion University of the Negev, Beer Sheva, Israel;  
**Khramkov E.V.**, Cand. of Sci. (Eng.), JSC “The Russian Research Institute of the Tube and Pipe Industries”, Chelyabinsk, Russian Federation;  
**Chumanov I.V.**, Dr. of Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;  
**Shao Wenzhu**, Prof., Harbin Institute of Technology, Harbin, China;  
**Yakovleva I.L.**, Dr. of Sci. (Eng.), M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russian Federation.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Физическая химия и физика металлургических систем

|  |    |
|--|----|
| МЫРЗАЛИЕВ Б.М., НОГАЕВА К.А., МОЛМАКОВА М.С. Целесообразность флотационного обогащения руды месторождения Ширальджин .....   | 5  |
| САМОЙЛОВА О.В., МАКРОВЕЦ Л.А. Термодинамическое моделирование фазовых диаграмм оксидных систем FeO–MgO, FeO–Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO–Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> и FeO–MgO–Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... | 18 |
| СТАРИКОВ А.Ю., ЖИВУЛИН В.Е., ПРОКУДИН А.В., САНДЕР Е.Е., ШЕРСТЮК Д.П., ВИННИК Д.А. Изучение вольт-омических характеристик композитов на основе гексаферрита бария .....  | 26 |
| МИХАЙЛОВ Г.Г., МАКРОВЕЦ Л.А. Термодинамическое моделирование процессов взаимодействия кальция, магния, алюминия и бора с кислородом в металлических расплавах .....  | 34 |

### Металлургия чёрных, цветных и редких металлов

|  |    |
|--|----|
| АМОСОВА Ю.Е., МАТВЕЕВА М.А. Экологически чистое производство как элемент устойчивого развития металлургических предприятий ..... | 43 |
|--|----|

### Металловедение и термическая обработка

|   |    |
|---|----|
| ГУЛОВ С.С., ГАНИЕВ И.Н., БЕРДИЕВ А.Э., САИДЗОДА Р.Х., АШУРМАТОВ Дж.Т. Влияние германия и стронция на микроструктуру и механо-технологические свойства сплава АК9М2 .....    | 50 |
| DROZIN A.D., NAIMAN S.N., KOCHETOV N.E., VOROBYOV A.V., MOISEEV I.A. A Mathematical Model of Changes in the Composition of Grains during Cooling a Two-Component Melt ..... | 59 |

### Обработка металлов давлением. Технологии и машины обработки давлением

|   |    |
|---|----|
| АВРАМЕНКО А.А., СТРУГОВ С.С. Определение распределения температурного поля при волочении стальной проволоки с целью обеспечения работоспособности и повышения долговечности узла роликовой волоки ..... | 67 |
| АЛЬ-КХУЗАИ А.С.О., ШИРОКОВ В.В., ВЫДРИН А.В. Определение диапазона изменения параметров напряжённо-деформированного состояния металла при непрерывной прокатке труб .....                               | 74 |

### Металлургическая теплотехника и теплоэнергетика

|  |    |
|--|----|
| ВОРОНЦОВ Е.Ю. Система управления температурой муфельной электропечи с адаптивным регулятором температуры ..... | 80 |
|--|----|

### Краткие сообщения

|   |    |
|---|----|
| ЧАПЛЫГИН Б.А., ШИРОКОВ В.В. Совершенствование методов контроля качества абразивных смесей ..... | 88 |
|---|----|

### Персоналии

|  |    |
|--|----|
| ЕЛАНСКИЙ Г.Н. К 90-летию Бориса Вадимовича Линчевского ..... | 92 |
|--|----|

# CONTENTS

## Physical Chemistry and Physics of Metallurgical Systems

|  |    |
|--|----|
| MYRZALIEV B.M., NOGAEVA K.A., MOLMAKOVA M.S. Feasibility of Flotation Enrichment of Ore of Field Shiraldzhin .....   | 5  |
| SAMOYLOVA O.V., MAKROVETS L.A. Thermodynamic Modeling of the Phase Diagrams of Oxide Systems FeO–MgO, FeO–Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO–Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> and FeO–MgO–Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... | 18 |
| STARIKOV A.Yu., ZHIVULIN V.E., PROKUDIN A.V., SANDER E.E., SHERSTYUK D.P., VINNIK D.A. Study of Volt-Ohmic Characteristics of Composites Based on Barium Hexaferrite .....   | 26 |
| MIKHAILOV G.G., MAKROVETS L.A. Thermodynamic Modeling of the Processes of Interaction of Calcium, Magnesium, Aluminum and Boron with Oxygen in Metallic Melts .....  | 34 |

## Metallurgy of Ferrous, Non-Ferrous and Rare Metals

|   |    |
|---|----|
| AMOSOVA Yu.E., MATVEYEVA M.A. Ecologically Cleaner Production as an Element of Sustainable Development of Metallurgical Enterprises ..... | 43 |
|---|----|

## Physical Metallurgy and Heat Treatment

|   |    |
|---|----|
| GULOV S.S., GANIEV I.N., BERDIEV A.E., SAIDZODA R.Kh., ASHURMATOV J.T. Effects of Germany and Strontium on the Microstructure and Mechano-Technological Properties of the AK9M2 Alloy ..... | 50 |
| DROZIN A.D., NAIMAN S.N., KOCHETOV N.E., VOROBYOV A.V., MOISEEV I.A. A Mathematical Model of Changes in the Composition of Grains during Cooling a Two-Component Melt .....                 | 59 |

## Metal Forming. Technology and Equipment of Metal Forming

|   |    |
|---|----|
| AVRAMENKO A.A., STRUGOV S.S. Determination of the Distribution of a Temperature Field in the Involvement of a Steel Wire in Order to Ensure the Working Capacity and Improve the Durability of the Roller Die ..... | 67 |
| AL-KHUZAIE A.S.O., SHIROKOV V.V., VYDRIN A.V. Determination of the Range of Variation of the Parameters of the Stress-Strain State of the Metal during Continuous Pipe Rolling .....                                | 74 |

## Metallurgical Heat and Power Engineering

|   |    |
|---|----|
| VORONTSOV E.Yu. Control System of Temperature Muffle Furnace with Adaptive Temperature Controller ..... | 80 |
|---|----|

## Brief Reports

|  |    |
|--|----|
| CHAPLYGIN B.A., SHIROKOV V.V. Improvement of Methods of Quality Control of Abrasive Mixtures ..... | 88 |
|--|----|

## Personalia

|   |    |
|---|----|
| ELANSKII G.N. To the 90th Anniversary of Boris Vadimovich Linchevskiy ..... | 92 |
|---|----|