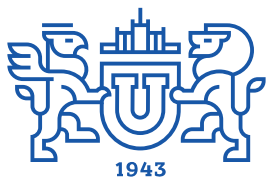


# ВЕСТНИК



**ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

**2017  
Т. 17, № 4**

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.

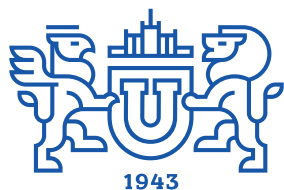
**Редакционная коллегия:**

**Выдрин А.В.**, д.т.н., профессор  
(Челябинск);  
**Корягин Ю.Д.**, д.т.н., профессор;  
**Кулаков Б.А.**, д.т.н., профессор  
(заместитель главного редактора);  
**Михайлов Г.Г.**, д.т.н., профессор  
(главный редактор);  
**Широков В.В.**, к.т.н.  
(ответственный секретарь).

**Редакционный совет:**

**Белов В.Д.**, д.т.н., профессор (Москва);  
**Бескачко В.П.**, д.ф.-м.н.;  
**Вдовин К.Н.**, д.т.н., профессор  
(Магнитогорск);  
**Дрозин А.Д.**, д.т.н., профессор;

**Дубровин В.К.**, д.т.н., профессор;  
**Еланский Г.Н.**, д.т.н., профессор (Москва);  
**Иванов М.А.**, к.т.н., доцент;  
**Знаменский Л.Г.**, д.т.н., профессор;  
**Кулагин Н.М.**, к.х.н., профессор  
(Новокузнецк);  
**Лыкасов А.А.**, д.х.н., профессор;  
**Мысик Р.К.**, д.т.н., профессор  
(Екатеринбург);  
**Найзабеков А.Б.**, д.т.н., профессор  
(Рудный, Казахстан);  
**Рощин В.Е.**, д.т.н., профессор;  
**Фраге Наум**, профессор (Беэр-Шева,  
Израиль);  
**Чуманов И.В.**, д.т.н., профессор;  
**Шао Вэньчжу**, профессор (Харбин, КНР);  
**Яковлева И.Л.**, д.т.н. (Екатеринбург).



# BULLETIN

OF THE SOUTH URAL  
STATE UNIVERSITY

SERIES

2017

Vol. 17, no. 4

“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:

**Vydrin A.V.**, Dr. of Sci. (Eng.), Prof., Russian Research Institute of the Tube and Pipe Industries, Chelyabinsk, Russian Federation;

**Koryagin Yu.D.**, Dr. of Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;

**Kulakov B.A.**, Dr. of Sci. (Eng.), Prof. (*deputy editor-in-chief*), South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;

**Mikhailov G.G.**, Dr. of Sci. (Eng.), Prof. (*editor-in-chief*), South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;

**Shirokov V.V.**, Cand. of Sci. (Eng.) (*executive secretary*), 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., Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation;

**Drozin A.D.**, Dr. of Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;

**Dubrovin 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;

**Ivanov M.A.**, Cand. of Sci. (Eng.), Ass. Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation;

**Znamenskii L.G.**, 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;

**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

КУЗНЕЦОВ Ю.С., МИХАЙЛОВ Г.Г., КАЧУРИНА О.И. Термодинамический анализ восстановления оксидов железа в газовых смесях ( $\text{CO-H}_2$ ) в присутствии углерода .....	5
--	---

### Металлургия чёрных, цветных и редких металлов

ВЕСЕЛОВСКИЙ А.А., РОЩИН В.Е., ЛАЙХАН С.А. Химико-термическая обработка отвальных никелевых шлаков с целью извлечения никеля и железа .....	22
ГАМОВ П.А., МАЛЬКОВ Н.В. Термодинамический анализ распределения серы при ЭШП стали 12Х1МФ под доменным шлаком .....	32

### Металловедение и термическая обработка

МАКОВЕЦКИЙ А.Н., МИРЗАЕВ Д.А., МИРЗОЕВ А.А., ОКИШЕВ К.Ю. Особенности и физические принципы влияния добавок кремния на свойства стали .....	38
ОКИШЕВ К.Ю., СОЗЫКИНА А.С., МИРЗАЕВ Д.А. О роли выделения частиц карбида $M_7C_3$ в структурной и фазовой перекристаллизации литой стали ледебуритного класса .....	49

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

ВЫДРИН А.В., ЯКОВЛЕВА К.Ю., КОРОЛЬ А.В., ГОЛЫШЕВ А.С., ПАШНИНА Е.Ю. Оценка определяющих параметров при физическом моделировании коэффициента трения скольжения в процессах обработки металлов давлением .....	59
ВЫДРИН А.В., ЯКОВЛЕВА К.Ю. Исследование граничных условий на контактной поверхности при волочении на самоустанавливающейся оправке .....	67
КУЗНЕЦОВ В.И., ВЫДРИН А.В., КОРОЛЬ А.В., ПАШНИНА Е.Ю., ЖУКОВ А.С., ЗУБКОВ А.М. Исследование влияния гранулометрического состава стеклосмазок на процесс прессования труб из стали марки 20 .....	74
КОСМАЦКИЙ Я.И., ФОКИН Н.В., ФИЛЯЕВА Е.А., БАРИЧКО Б.В. Исследование деформационной способности трубной заготовки из титанового сплава марки ПТ-1М .....	83
КОНСТАНТИНОВ Д.В., КОРЧУНОВ А.Г., ШИРЯЕВ О.П., КУЗНЕЦОВА А.С., ЕМАЛЕЕВА Д.Г. Исследование макро- и микромеханики деформирования стали в ходе процесса волочения на основе мультимасштабного моделирования .....	92

### Металлургия техногенных и вторичных ресурсов

КОРОЛЕВ А.А., КРАЮХИН С.А., МАЛЬЦЕВ Г.И. Кинетика испарения металлов из $\text{Sb-Pb-Ag}$ сплава при вакуумной перегонке .....	101
--	-----

## CONTENTS

### Physical Chemistry and Physics of Metallurgical Systems

KUZNETSOV Yu.S., MIKHAILOV G.G., KACHURINA O.I. Thermodynamic Analysis of Reduction of Ferrous Oxide in Gaseous Mixture (CO–H <sub>2</sub> ) in the Presence of Carbon .....	5
--	---

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

VESELOVSKIY A.A., ROSHCHIN V.E., LAJHAN S.A. Chemical Heat Treatment of Dumped Nickel Slags to Recover Nickel and Iron .....	22
GAMOV P.A., MAL'KOV N.V. Thermodynamic Analysis of Sulfur in ESR Steel DIN 14MoV63 Using Blast Furnace Slag .....	32

### Physical Metallurgy and Heat Treatment

MAKOVETSKII A.N., MIRZAEV D.A., MIRZOEV A.A., OKISHEV K.Yu. Characteristics and Principles of Silicon Effect on the Properties of Steel .....	38
OKISHEV K.Yu., SOZYKINA A.S., MIRZAEV D.A. On the Effect of Precipitation of (Cr, Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub> Carbides in Structural and Phase Recrystallization of a Ledeburitic Class Cast Steel .....	49

### Metal Forming. Technology and Equipment of Metal Forming

VYDRIN A.V., YAKOVLEVA K.Yu., KOROL' A.V., GOLYSHEV A.S., PASHNINA E.Yu. Evaluation of the Determining Parameters in the Physical Modeling of the Coefficient of Friction in the Processes of Metal Forming .....	59
VYDRIN A.V., YAKOVLEVA K.Yu. Investigation of Boundary Conditions on the Contact Surface when Drawing on Free Floating-Plug .....	67
KUZNETSOV V.I., VYDRIN A.V., KOROL' A.V., PASHNINA E.Yu., ZHUKOV A.S., ZUBKOV A.M. Researching of the Influence of Granulometric Composition of Glass-Lubricants on the Process of Pressing Pipes of Steel 20 .....	74
KOSMATSKIY Ya.I., FOKIN N.V., FILYAEVA E.A., BARICHKO B.V. Study on the Deformation Ability Billets of Titanium Alloy Grade PT-1M .....	83
KONSTANTINOV D.V., KORCHUNOV A.G., SHIRYAEV O.P., KUZNETSOVA A.S., EMALEEVA D.G. Research of Macro- and Micromechanics of Steel Deformation during Drawing by Multiscale Computer Simulation .....	92

### Metallurgy of Recycled and Secondary Resources

KOROLEV A.A., KRAYUKHIN S.A., MALTSEV G.I. Kinetics of Metals Evaporation from Sb–Pb–Ag Liquid Alloy in Vacuum Distillation .....	101
---	-----