

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор **А. С. ОРЫШЧЕНКО**  
д-р техн. наук, профессор

Зам. главного редактора **В. П. ЛЕОНОВ**  
д-р техн. наук

### Члены редакционной коллегии

А. А. АБРАМОВ, д-р техн. наук  
А. В. АНИСИМОВ, д-р техн. наук  
О. А. БАННЫХ, д-р техн. наук, профессор, акад. РАН  
В. Е. БАХАРЕВА, д-р техн. наук, профессор  
К. В. ГРИГОРОВИЧ, д-р техн. наук, профессор,  
чл.-корр. РАН  
Е. Л. ГЮЛИХАНДАНОВ, д-р техн. наук, профессор  
Э. П. ЗАРУБИН, канд. техн. наук (отв. секретарь)  
А. В. ИЛЬИН, д-р техн. наук  
А. А. КАЗАКОВ, д-р техн. наук, профессор  
В. А. КАРХИН, д-р техн. наук, профессор  
Ю. Л. КУЗЬМИН, д-р техн. наук  
П. А. КУЗНЕЦОВ, д-р техн. наук  
**В. А. МАЛЫШЕВСКИЙ**, д-р техн. наук, профессор  
Б. З. МАРГОЛИН, д-р техн. наук, профессор  
Ю. К. ПЕТРЕНЯ, д-р физ.-мат. наук, профессор,  
чл.-корр. РАН  
Е. И. ХЛУСОВА, д-р техн. наук, профессор

Адрес редакции: Россия, 191015,  
Санкт-Петербург, ул. Шпалерная, 49  
НИЦ «Курчатовский институт» –  
ЦНИИ КМ «Прометей»

Факс: (812) 710-3756. Телефон: (812) 274-1032  
E-mail: mail@crism.ru  
Internet site: <http://www.crism-prometey.ru>

Журнал издается с сентября 1995 г.,  
выходит четыре раза в год.

Зарегистрирован в Министерстве РФ по делам  
печати, телерадиовещания и средств массовых  
коммуникаций. Свидетельство о регистрации  
ПИ № 77-13228 от 22 июля 2002 г.  
Изменения внесены Роскомнадзором,  
ПИ № ФС 77-73502 от 31 августа 2018 г.

Журнал «Вопросы материаловедения»  
включен в перечень периодических изданий,  
рекомендуемых ВАК РФ для публикации  
трудов соискателей ученых степеней,  
индексируется в базах данных Российского  
индекса научного цитирования (РИНЦ/RSCI),  
Ulrich's Periodicals Directory, входит в состав  
RSCI на платформе Web of Science.

Отдельные статьи журнала переводятся на  
английский язык и публикуются издательст-  
вом "Pleiades Publishing, Ltd." в журнале "In-  
organic Materials: Applied Research" (ISSN  
PRINT: 2075–1133, ISSN ONLINE: 2075–115X)

Перепечатка материалов из журнала возможна  
при письменном согласовании с редакцией,  
при этом ссылка на журнал обязательна.

© НИЦ «Курчатовский институт» –  
ЦНИИ КМ «Прометей»,  
2018

## THE EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief  
Dr. Sc., prof. **A. S. ORYSHCHENKO**

Associate Editor **Dr. Sc. V. P. LEONOV**

### Members of the Editorial Board

Dr. Sc. A. A. ABRAMOV  
Dr. Sc. A. V. ANISIMOV  
Dr. Sc., Prof., Acad. of the RAS O. A. BANNYKH  
Dr. Sc., Prof. V. Ye. BAKHAREVA  
Dr. Sc., Prof., Corresponding Member of the RAS  
K. V. GRIGOROVITCH  
Dr. Sc., Prof. Ye. L. GULIKHANDANOV  
PhD (Eng) E. P. ZARUBIN (Exec. Secretary)  
Dr. Sc. A. V. ILYIN  
Dr. Sc., Prof. A. A. KAZAKOV  
Dr. Sc., Prof. V. A. KARKHIN  
Dr. Sc. Yu. L. KUZMIN  
Dr. Sc., P. A. KUZNETSOV  
Dr. Sc., Prof. **V. A. MALYSHEVSKY**  
Dr. Sc., Prof. B. Z. MARGOLIN  
Dr. Sc., Prof. Corresponding Member of the RAS  
Yu. K. PETRENYA  
Dr. Sc., Prof. E. I. KHLUSOVA

Address of the Editorial Office:  
NRC "Kurchatov Institute" – CRISM "Prometey",  
49, Shpalernaya Street,  
191015, St Petersburg, RF

Fax: (812) 710 3756. Phone: (812) 274 1032  
E-mail: mail@crism.ru  
Internet site: <http://www.crism-prometey.ru>

Published since September 1995,  
the journal comes out four times a year.

It is registered in the Ministry of Press,  
Broadcasting and Mass Communications  
of RF. Registration certificate

ПИ No 77-13228 dated 22 July 2002.

Changes applied by Roskomnadzor  
ПИ No ФС 77-73502 dated 31 August 2018.

The "Voprosy Materialovedeniya" journal  
is included into the list of periodicals approved  
by VAK RF (High Attestation Committee)  
for publication works of competitors for aca-  
demic degrees, and into the data bases  
of the Russian Science Citation Index (RSCI),  
within the Web of Science,  
and Ulrich's Periodicals Directory.

Selected articles of the journal are translated into  
English and issued by the company "Pleiades  
Publishing, Ltd." in the "Inorganic Materials:  
Applied Research" (ISSN PRINT: 2075–1133,  
ISSN ONLINE: 2075–115X).

No part of this publication may be reproduced  
without prior written consent of the editor,  
a reference to the journal is mandatory.

© NRC "Kurchatov Institute" –  
CRISM "Prometey",  
2018

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Памяти выдающегося ученого-металловеда, профессора, доктора технических наук Виктора Андреевича МАЛЫШЕВСКОГО</b> .....	7
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

### МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ

<i>Будниченко М. А., Кононов В. А.</i> Исследование влияния условий деформации при горячей гибке поло- собоульбового профиля для кораблестроения на структуру и свойства стали типа 10ХН4МФА.....	9
<i>Костин Н. А.</i> Разработка эффективного способа повышения износостойкости сталей для молотовых штампов путем цементации в пастообразном карбюризаторе.....	14
<i>Сыч О. В.</i> Научно-технологические основы создания хладостойких сталей с гарантированным преде- лом текучести 315–750 МПа для Арктики. Часть 1. Принципы легирования и требования к структуре листвого проката.....	22
<i>Волков А. М., Шестакова А. А., Востриков А. В., Бакрадзе М. М., Пустынников Т. О.</i> Влияние темпе- ратуры старения на выделение карбидных фаз по границам зерен в гранулируемом жаропрочном никелевом сплаве.....	48
<i>Зыков С. А., Павлова В. И., Осокин Е. П.</i> Механические свойства сварных соединений прессованного алюминиево-магниевого сплава марки 1565ч при низких и повышенных температурах .....	57

### ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

<i>Барахтин Б. К., Жуков А. С., Бобырь В. В., Шакиров И. В., Кузнецов П. А.</i> Факторы повышения проч- ности металлов, полученных селективным лазерным сплавлением порошков .....	68
<i>Васильева О. В., Виноградова Т. С., Парчуков А. В., Фармаковский Б. В.</i> Специфические особенности стекол, применяемых для высокоскоростного микрометаллургического процесса литья микро- проводов.....	76
<i>Фармаковский Б. В.</i> Микропровода из сплавов на основе никеля, кобальта и меди с высокой темпе- ратурной и временной стабильностью .....	82
<i>Прибытков Г. А., Коржова В. В., Криницын М. Г., Фирсина И. А.</i> Синтез и электронно-лучевая на- плавка гибридных композиционных порошков TiB–TiC – титановая связка .....	89
<i>Геращенко Д. А., Макаров А. М., Геращенко Е. Ю., Васильев А. Ф.</i> Получение функционального интерметаллидного покрытия Ni–Ti путем комбинации технологий гетерофазного переноса и лазер- ной обработки.....	102
<i>Мельчаков С. Ю., Бодрова Л. Е., Гойда Э. Ю., Шубин А. Б., Сомов П. А.</i> Экспериментальное получе- ние композитов Cu–Cr–N и термодинамическое моделирование их фазового состава .....	111
<i>Нагорная М. Н., Мышляцев А. В., Ходакова С. Я.</i> Влияние окисленного технического углерода N121 на свойства резин на основе бутылкаучука.....	123
<i>Хорова Е. А., Мышляцев А. В.</i> Применение гидрированных бутадиен-нитрильных каучуков в составе изделий, эксплуатируемых в условиях воздействия повышенных температур и агрессивных сред .....	129
<i>Митряева Н. С., Мышляцев А. В., Стрижак Е. А.</i> Динамические свойства эластомерных композитов, наполненных многостенными углеродными нанотрубками.....	137

### ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

<i>Насонов Ф. А., Алексакин В. М., Мельников Д. А., Бухаров С. В.</i> Исследование влияния модифициро- вания эпоксидной матрицы и углепластика на ее основе стеаратом цинка на основные технологиче- ские свойства композиции .....	146
<i>Деев И. С., Куршев Е. В., Лонский С. Л.</i> Влияние длительного климатического старения на микро- структуру поверхности эпоксидных углепластиков.....	157
<i>Примаченко Б. М., Строкин К. О.</i> Теоретические и экспериментальные исследования композицион- ных материалов, армированных углеродными тканями. Часть 3. Моделирование и экспериментальные исследования структуры углеродной ткани .....	170
<i>Бахарева В. Е., Богун В. С., Лишевич И. В., Никитина И. В., Саргсян А. С.</i> Теплостойкие антифрикци- онные углепластики для подшипников скольжения насосов судовых энергетических установок, теп- ловых и атомных электростанций.....	177

## РАДИАЦИОННОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Гурович Б. А., Фролов А. С., Кулешова Е. А., Мальцев Д. А., Сафонов Д. В., Кочкин В. Н., Алексеева Е. В., Степанов Н. В. Дegrаdация материалов оболочек твэлов на основе циркония в условиях эксплуатации реакторов типа ВВЭР ..... 191

Кулаков Г. В., Коновалов Ю. В., Косауров А. А., Перегуд М. М., Шишин В. Ю., Шельдяков А. А. Модифицированные циркониевые сплавы как материал оболочки дисперсионных тепловыделяющих элементов ..... 206

## ИСПЫТАНИЯ, ДИАГНОСТИКА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ

Оспенникова О. Г., Косарина Е. И., Крупнина О. А. Радиационный неразрушающий контроль – необходимое средство при создании и совершенствовании технологий новых авиационных материалов. 213

## ХРОНИКА

Институту металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова Российской Академии наук 80 лет ... 225

Научно-технический журнал «Вопросы материаловедения». Оформление статей. Правила для авторов ..... 228

## CONTENTS

<b>Professor Viktor A. Malyshevsky in memoriam: Remembering a great scientist.....</b>	<b>7</b>
----------------------------------------------------------------------------------------	----------

### METALS SCIENCE. METALLURGY

<i>Budnichenko M. A., Kononov V. A.</i> On the influence of hot-bending deformation on the structure and properties of 10KhN4MFA steel bulb profile for shipbuilding.....	9
<i>Kostin N. A.</i> Increasing durability of hammer dies' steel by carbonization in paste carburizing material.....	14
<i>Sych O. V.</i> Scientific and technological bases for creation of cold-resistant steel with a guaranteed yield strength of 315–750 MPa for the Arctic. Part 1: Principles of alloying and requirements for sheet metal structure.....	22
<i>Volkov A. M., Shestakova A. A., Vostrikov V. A., Bakradze M. M., Pustynnikov T. O.</i> The influence of ageing temperature on carbide phases precipitation at grain boundaries of p/m ni-base superalloys.....	48
<i>Zykov S. A., Pavlova V. I., Osokin E. P.</i> Mechanical properties of welded joints of the pressed aluminum-magnesium 1565Ch alloy at low and high temperatures .....	57

### FUNCTIONAL MATERIALS

<i>Barakhtin B. K., Zhukov A. S., Bobyr V. V., Shakirov I. V., Kuznetsov P. A.</i> Factors of strength increasing of metals produced by selective laser melting of powders .....	68
<i>Vasilieva O. V., Vinogradova T. S., Parchukov A. V., Farmakovskiy B. V.</i> Specific features of glass applied for high-speed micrometallurgical casting of microwires .....	76
<i>Farmakovskiy B. V.</i> Microwires of nickel, cobalt and copper-based alloys characterized by high level of temperature and time stability.....	82
<i>Pribytkov G. A., Korzhova V. V., Krinitsyn M. G., Firsina I. A.</i> Synthesis and electron beam facing of TiB – TiC– titanium matrix hybrid composite powders.....	89
<i>Geraschenkov D. A., Makarov A. M., Geraschenkova E. Yu., Vasiliev A. F.</i> Obtaining the functional intermetallic Ni–Ti coatings by heterophase transfer combined with laser treatment .....	102
<i>Melchakov S. Yu., Bodrova L. E., Goyda E. Yu., Shubin A. B.</i> Experimental producing of Cu–Cr–N composite alloys and thermodynamic modeling of their phase composition.....	111
<i>Nagornaya M. N., Myshlyavtsev A. V., Khodakova S. Ya.</i> The influence of oxidized technical carbon N121 on the properties of butyl-based rubbers .....	123
<i>Khorova E. A., Myshlyavtsev A. V.</i> Application of hydrogenated butadiene-nitrile rubbers for products operated at high temperatures and in aggressive environments .....	129
<i>Mitryaeva N.S., Myshlyavtsev A.V., Strizhak E. A.</i> Dynamic properties of elastomer composites filled with multiwalled carbon nanotubes .....	137

### POLYMER COMPOSITE MATERIALS

<i>Nasonov F. A., Aleksashin V. M., Melnikov D. A., Bukharov S. V.</i> Zinc-stearate modification of epoxy resins and carbon plastics based on them and its influence on the basic technological properties of the composition .....	146
<i>Deev I. S., Kurshev E. V., Lonsky S. L.</i> Effect of long climatic ageing on the microstructure of the surface of carbon-fiber-reinforced plastics on base epoxy matrix .....	157
<i>Primachenko B. M., Strokin K. O.</i> Theoretical and experimental studies of composite materials reinforced by carbon fabrics. Part 3: Modeling and experimental studies of the carbon fabric structure .....	170
<i>Bakhareva V.E., Bogun V.S., Lishevitch I. V., Nikitina I. V., Sargsyan A. S.</i> Heat-resistant antifriction carbon plastics for pumps sliding bearings of ship energy stations, thermal and nuclear power plants .....	177

### RADIATION MATERIALS SCIENCE

<i>Gurovich B.A., Frolov A.S., Kuleshova E.A., Maltsev D.A., Safonov D.V., Kochkin V.N., Alexeeva E.V., Stepanov N.V.</i> Degradation of fuel rods materials based on zirconium after operation in WWER-type reactors ....	191
<i>Kulakov G.V., Kononov V.Y., Kosaurov A.A., Peregud M.M., Shishin V.Y., Sheldyakov A.A.</i> Post-irradiation examinations of dispersion fuel rods with modified zirconium alloys claddings.....	206

# **TESTS, DIAGNOSIS AND QUALITY CONTROL OF MATERIALS**

*Ospennikova O. G., Kosarina E. I., Krupnina O. A.* X-ray non-destructive testing – an essential tool during modern aeronautics material technology design and development..... 213

# **NEWS, EVENTS, MEMORIS**

Jubilee of Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science RAS ..... 225

**Instructions for authors of the scientific and technical journal “Voprosy Materialovedeniya”.**  
**Manuscript requirements**..... 228