

## ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ!



Сейчас отечественные инженерные разработки приобретают все большую ценность. Внутренний рынок освобождается для местных разработчиков и производителей. Это создает возможности для развития отечественного производства. Наша общая задача — успеть воспользоваться этими возможностями, пока отечественные поставщики не перестроятся на поставки из стран Азии и Турции. У нас есть некоторый запас времени, который нужно постараться использовать эффективно.

В связи с этим перед нами ставятся масштабные задачи воссоздания ряда производств, научных школ и технологий.

Кафедра инжиниринга технологического оборудования объединяет специалистов в области горного дела и металлургии, делая особый акцент на проектировании и опытном производстве оборудования на месте.

Большое внимание на кафедре уделяется подготовке кадров для предприятий цветной металлургии России, Казахстана и Узбекистана по направлению «Технологические машины и оборудование». Темы выпускных квалификационных работ формируются на основе тенденций развития промышленного производства в России и за рубежом, предложений предприятий и организаций, а также тематики выполняемых на кафедре научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ. Объектами профессиональной деятельности выпускников являются технологические процессы и устройства для переработки природного и техногенного сырья, производства и обработки черных и цветных металлов, а также изделий из них. В выпускных работах бакалавров и магистров рассматриваются актуальные проблемы модернизации и реинжиниринга технологического и вспомогательного оборудования горно-металлургических предприятий в целях обеспечения экономии энергии, ресурсосбережения и защиты окружающей среды при реализации технологических операций. Тематика выбирается с учетом технической и экономической целесообразности реконструкции или модернизации конкретного металлургического производства и реальной потребности внутреннего и мирового рынков в его продукции. В настоящее время на кафедре происходит существенное обновление материально-технической базы, направленное на более широкое применение аддитивных технологий, лазерной техники, робототехнических устройств и мехатроники.

Желаю всем читателям новых научно-технических достижений во благо нашей страны. Надеюсь, что в ближайшем будущем будет выстраиваться тесная связь между наукой и производством. А публикации научных статей на страницах журнала «Цветные металлы» — это отличная возможность представить результаты исследований и разработок широкой аудитории.

С уважением,  
А. О. Карфидов,  
заведующий кафедрой  
инжиниринга технологического  
оборудования НИТУ «МИСиС»

# ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Подписной индекс:  
83869 (ОК «Пресса России»)

6(954) • 2022

ИЮНЬ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Журнал основан в 1926 г.

Официальный информационный орган Федерального УМО «Технологии материалов»

## УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА:

АО «Издательский дом «Руда и Металлы», федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС».

**Журнал выпускается при участии:** ПАО «ГМК «Норильский никель», ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», ФГБУК «Государственный Эрмитаж»;

**при содействии:** ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат», Научно-технического союза по горному делу, геологии и металлургии (Республика Болгария)

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор **В. Ю. Бажин**

Первый зам. главного редактора **В. Н. Бричкин**

Первый зам. главного редактора **В. Б. Деев**

**Р. Х. Акчурин, [М. В. Астахов]** (редактор раздела «Наноструктурированные металлы и материалы»), **А. А. Басов, Н. А. Белов** (редактор разделов «Металлообработка», «Материаловедение»), **Н. В. Белоусова, Г. Ю. Боярко, Г. М. Вольдман** (редактор раздела «Редкие металлы, полупроводники»), **А. Г. Воробьев** (зам. главного редактора), **В. В. Геневски, В. Б. Деев, М. И. Длин, В. А. Дмитриев, А. М. Дриц, А. В. Зиновьев, В. А. Игнаткина, М. Г. Исаенкова, С. С. Киров, Б. Г. Киселёв, С. И. Корнеев** (редактор раздела «Экономика и управление производством»), **Б. А. Котляр, В. А. Крюковский** (редактор раздела «Легкие металлы, углеродные материалы»), **А. Б. Лебедь, Е. А. Левашов** (редактор раздела «Композиционные материалы и многофункциональные покрытия»), **Ю. В. Левинский, Г. С. Макаров, Н. Е. Мальцев** (редактор раздела «Автоматизация»), **С. В. Мамяченков, Т. Н. Матвеева, М. А. Меретуков, А. Ю. Можайский, Н. В. Немчинова, А. И. Николаев, А. М. Птицын, В. К. Румянцев, А. Г. Рыжов, Ф. М. Сафин, А. Н. Селезнёв, А. В. Сулицин, А. П. Тюкин, Л. Ш. Цемехман, Л. Б. Цымбулов** (редактор раздела «Тяжелые цветные металлы»), **И. И. Чернов, М. Р. Шапировский, В. И. Щёголев**.

Зарубежные члены редколлегии: **Ж. Баатархуу** (Монголия), **В. В. Геневски** (Болгария), **Е. Жак** (Австралия), **К. Кнуутила** (Финляндия), **Б. Фридрих** (Германия).

## РЕДАКЦИЯ:

зам. главного редактора **А. Г. Воробьев**; выпускающий редактор **Н. В. Шаркина**;

ведущий редактор **Г. Е. Форысенкова**; редактор **Э. Э. Бабали**; мл. редактор **А. И. Карташева**;

ответственная за предпечатную подготовку издания **О. Ю. Жукова**.

Издатель — АО «Издательский дом «Руда и Металлы»  
Адрес издателя: 119049, Москва, а/я № 71

Адрес редакции: Москва, Ленинский просп., д. 6, стр. 2, НИТУ «МИСиС», комн. 624  
Почтовый адрес: 119049, Москва, а/я № 71  
Тел./факс: (495) 955-01-75; моб.: 8-926-504-89-75  
Эл. почта: tsvetmet@rudmet.ru; интернет: www.rudmet.ru

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

(Свидетельство ПИ № ФС77-69818 от 29.05.2017 г.).  
Товарный знак и название «Цветные металлы» являются исключительной собственностью Издательского дома «Руда и Металлы».

Материалы, отмеченные «Реклама», публикуются на правах рекламы.

За достоверность рекламной информации ответственность несет рекламодатель.

Все публикуемые материалы научно-технического характера проходят обязательную стадию рецензирования.

За достоверность научно-технической информации ответственность несет автор.

За сроки размещения метадаанных опубликованных статей в базе данных Scopus редакция ответственности не несет.

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведение материалов, публикуемых в журнале, возможна только с письменного разрешения редакции.

При перепечатке ссылка на журнал «Цветные металлы» обязательна.

Отпечатано в типографии «Канцлер»  
Адрес типографии: 150044, Россия, Ярославль, ул. Полущкина Роша, д. 16, стр. 66А,  
тел.: 8(4852)58-76-33

Подписано в печать с оригинал-макета 24.06.2022.  
Формат 60х90 1/8. Печ. л. 12. Бумага офсетная.  
Печать офсетная.  
Тираж 800 экз. Цена свободная.  
Дата выхода в свет 30.06.2022.

ISSN 0372-2929



9 770372 292006 >

© Фото для обложки предоставлено АО «Туганский горно-обогатительный комбинат «Ильменит»

© Оформление. АО «Издательский дом «Руда и Металлы», «Цветные металлы», 2022

# Содержание

---

## Экономика и управление производством

<b><u>Международный обзор рынка цветных металлов</u></b> .....	4
--	---

## Кольская ГМК: по пути устойчивого развития

<b>Моргунов В. А., Алиев Х.</b> Кольская ГМК — цифровизация и роботизация металлургического производства . . .	8
<b>Пшеничный Е. А., Ларин А. В., Алимов Э. В.</b> Обеспечение экономической безопасности АО «Кольская ГМК» в условиях современных глобальных вызовов .....	14

## Обогащение

<b>Холикулов Д. Б., Якубов М. М., Мухаметджанова Ш. А., Бекбутаев А. Н.</b> Разработка технологии извлечения металлов из технологических растворов методом ионной флотации .....	19
<b>Григорьева А. Н., Абиев Р. Ш.</b> Интенсификация процессов сгущения при обезвоживании пульпы путем эффективного смешивания суспензий с растворами флокулянтов .....	24

## Редкие металлы, полупроводники

<b>Почиталкина И. А., Кондаков Д. Ф., Ле Х. Ф., Лихошерст А. Е.</b> Усовершенствованный фотометрический метод определения содержания редкоземельных элементов в фосфатном сырье .....	32
<b>Буслаева Т. М., Волчкова Е. В., Борягина И. В.</b> Сорбция хлоридных комплексов родия(III) кремнеземом, химически модифицированным группами $\gamma$ -аминопропилтриэтоксисилана .....	37
<b>Калякин С. Н., Кузьмин В. И., Мулагалеева М. А.</b> Разделение редкоземельных металлов в противоточных экстракционных каскадах с применением бинарных экстрагентов .....	45

## Композиционные материалы и многофункциональные покрытия

<b>Васин С. А., Евсеев А. В., Маликов А. А.</b> Некоторые аспекты производства высокоэффективных композитных смесей и материалов. ....	51
--	----

## Наноструктурированные металлы и материалы

<b>Прокопчук Н. Р., Сырков А. Г., Ключев А. Ю., Лаптик И. О.</b> Модификация наноалмазными частицами модельного состава для точного литья металлических изделий по выплавляемым моделям. ....	59
---	----

## Материаловедение

<b>Бурков А. А., Чигрин П. Г., Кулик М. А., Ермаков М. А.</b> Гидротермальное нанесение $\text{MoS}_2$ на электроискровые Ti – Al-покрытия на сплаве Ti6Al4V и их характеристика .....	64
--	----

## Металлообработка

<b>Самарин М. А., Дьяченко А. В., Балаев Э. Ю., Шостак Н. А.</b> Цельнокорпусная дисковая запорно-регулирующая арматура с седлом, выполненным из сплава с эффектом памяти формы .....	71
---	----

## Автоматизация

<b>Чиченев Н. А., Горовая Т. Ю., Карфидов А. О., Чиченева О. Н.</b> Анализ схем подачи электрического тока к валкам при электропластической прокатки микролент из вольфрама. ....	81
---	----

## Наши юбиляры

К юбилею <b>Татьяны Ивановны ЮШИНОЙ</b> .....	31
---	----

## Хроника

Коллеги — о плодотворном сотрудничестве .....	50
<b><u>Навстречу 200-летию «Горного журнала» и 100-летию журнала «Цветные металлы»</u></b>	
<b>Ведерников В. В.</b> «Дедушка всей нашей цветной металлургии»: к 150-летию со дня рождения Николая Пудовича Асеева (1871–1952) .....	87
<b>АСТАХОВ Михаил Васильевич</b> .....	95

---

Журнал включен в Международные базы данных Scopus (2-й квартиль, 2021, по версии SCIMAGO),  
а также Chemical Abstracts Service

---

Журнал по решению ВАК Минобрнауки РФ включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук» по разработке месторождений твердых полезных ископаемых, по металлургии, по экономике, по химии.

---

Статьи всех авторов, в том числе аспирантов, публикуются в порядке общей очереди бесплатно  
(за исключением статей рекламного характера).

---