

ISSN 2686-9853 (Online)

ISSN 0536-1028 (Print)

Учредитель и издатель
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ

Научно-технический журнал

MINERALS AND MINING
ENGINEERING

Scientific and technical journal

ВЫПУСК 5
ISSUE 5

2024

Уральский государственный горный университет
Ural State Mining University

Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2024. № 5
Minerals and Mining Engineering. 2024. No. 5

eLIBRARY.RU



Электронно-библиотечная
система



ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY



ИБИС
ИНФОРМАЦИОННЫЕ УСЛУГИ

EBSCO
Information Services

Журнал выходит 6 раз в год

«Известия высших учебных заведений. Горный журнал» – рецензируемый научно-технический журнал, публикующий статьи в области горной науки, горного образования, добычи и переработки полезных ископаемых.

К публикации принимаются статьи на русском и английском языках. Полнотекстовая версия журнала публикуется в свободном доступе на сайте <https://mining-science.ru>, а также на платформе Российского индекса научного цитирования (РИНЦ). Более полная информация и правила оформления статей размещены на сайте журнала.

The journal is issued 6 times a year

Minerals and Mining Engineering is a peer-reviewed scientific and technical journal that publishes scientific articles on mining, mining education, mineral extraction and processing. The journal accepts articles in Russian and English for publication. Full-text articles are freely available on the website of the journal <http://mining-science.ru> and in the database of Russian Science Citation Index (RISC). Please visit the journal's website for details and article submission guidelines.

Журнал включен в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» (в соответствии с распоряжением Минобрнауки России от 28 декабря 2018 г. № 90-р)

Журнал распространяется по подписке агентством «Урал-Пресс»

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-76015 от 19.06.2019 выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ

Научно-технический журнал. Издаётся с 1958 года

Выходит 6 раз в год

2024. № 5

Учредитель и издатель

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Главный редактор

Н. Г. ВАЛИЕВ, Уральский государственный горный университет,
г. Екатеринбург

Заместитель главного редактора

Ю. И. ЛЕЛЬ, Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Аленичев В. М. Институт горного дела УрО РАН, г. Екатеринбург

Апакашев Р. А. Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

Афанасьев А. И. Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

Бабенко А. Г. Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

Битимбаев М. Ж. Корпорация Казахмыс, г. Караганда, Республика Казахстан

Блинков О. Г. Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Боярских Г. А. Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

Галиев С. Ж. Национальная академия наук Республики Казахстан, г. Алматы,
Республика Казахстан

Гордеев В. А. Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар

Давыдов С. Я. Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

Демин В. Ф. Карагандинский технический университет, г. Караганда,
Республика Казахстан

Дондов Д. Монгольский государственный университет науки и технологий,
г. Улан-Батор, Монголия

Дребенштедт К. Фрайбергская горная академия, г. Фрайберг, Федеративная
Республика Германия

Душин А. В. Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

Жабко А. В. Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

Зелинская Е. В. Иркутский национальный исследовательский технический
университет, г. Иркутск

Зобнин Б. Б. Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

Зырянов И. В. Северо-Восточный федеральный университет, г. Мирный

Игнатьева М. Н. Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ

Научно-технический журнал. Издаётся с 1958 года

Выходит 6 раз в год

2024. № 5

Калмыков В. Н. *Магнитогорский государственный технический университет, г. Магнитогорск*
Картозия Б. А. *Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва*
Кашников Ю. А. *Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь*
Козин В. З. *Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*
Комиссаров А. П. *Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*
Косарев Н. П. *Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*
Косолапов А. И. *Сибирский федеральный университет, г. Красноярск*
Кравчук И. Л. *Институт горного дела УрО РАН, г. Челябинск*
Лагунова Ю. А. *Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*
Лапин С. Э. *Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*
Лапин Э. С. *Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*
Литвиненко В. С. *Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербурга*
Макаров В. Н. *Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*
Мочалова Л. А. *Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*
Носырев М. Б. *Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*
Панкратенко А. Н. *Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва*
Петров В. Л. *Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва*
Пивняк Г. Г. *Национальный технический университет «Днепропетровская политехника», г. Днепр, Украина*
Расулов С. Р. *Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, г. Баку, Азербайджанская Республика*
Рыльникова М. В. *Институт проблем комплексного освоения недр РАН, г. Москва*
Семин А. Н. *Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*
Симисинов Д. И. *Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*
Стровский В. Е. *Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*
Топалов С. Й. *Университет горного дела и геологии Св. Иоанна Рыльского, г. София, Республика Болгария*
Трыбальский К. *Научно-технический университет им. С. Сташица, г. Краков, Республика Польша*
Цыпин Е. Ф. *Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург*
Филатов В. В. *Владимирский государственный университет, г. Владимир*
Яковлев В. Л. *Институт горного дела УрО РАН, г. Екатеринбург*

ISSN 2686-9853 (Online)

ISSN 0536-1028 (Print)

MINERALS AND MINING ENGINEERING

Scientific and technical journal. First published in 1958

6 issues a year

2024. No. 5

Founder and publisher

URAL STATE MINING UNIVERSITY

Editor-in-chief

N. G. VALIEV, Ural State Mining University, Ekaterinburg

Deputy editor-in-chief

Iu. I. LEL, Ural State Mining University, Ekaterinburg

EDITORIAL BOARD

Alenichev V. M. *Institute of Mining UB RAS, Ekaterinburg*

Apakashev R. A. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Afanasiev A. I. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Babenko A. G. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Bitimbaev M. Zh. *Kazakhmys Corporation, Karaganda, Republic of Kazakhstan*

Blinkov O. G. *Ural Federal University, Ekaterinburg*

Boiarskikh G. A. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Galiev S. Zh. *National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Republic of Kazakhstan*

Gordeev V. A. *Kuban State Technological University, Krasnodar*

Davydov S. Ia. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Demin V. F. *Karaganda Technical University, Karaganda, Republic of Kazakhstan*

Dondov D. *The Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaatar, Mongolia*

Drebenstedt C. *Freiberg Mining Academy, Freiberg, Federal Republic of Germany*

Dushin A. V. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Zhabko A. V. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Zelinskaia E. V. *Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk*

Zobnin B. B. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Zyrianov I. V. *North-Eastern Federal University, Mirny*

Ignatieva M. N. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Kalmykov V. N. *Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk*

MINERALS AND MINING ENGINEERING

Scientific and technical journal. First published in 1958

6 issues a year

2024. No. 5

Kartozliia B. A. *National University of Science and Technology "MISIS", Moscow*

Kashnikov Iu. A. *Perm National Research Polytechnic University, Perm*

Kozin V. Z. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Komissarov A. P. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Kosarev N. P. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Kosolapov A. I. *Siberian Federal University, Krasnoyarsk*

Kravchuk I. L. *Institute of Mining UB RAS, Chelyabinsk*

Lagunova Iu. A. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Lapin S. E. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Lapin E. S. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Litvinenko V. S. *Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg*

Makarov V. N. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Mochalova L. A. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Nosyrev M. B. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Pankratenko A. N. *National University of Science and Technology "MISIS", Moscow*

Petrov V. L. *National University of Science and Technology "MISIS", Moscow*

Pivniak G. G. *Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine*

Rasulov S. R. *Azerbaijan State Oil Industry University, Baku, Republic of Azerbaijan*

Rylnikova M. V. *Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources (IPKON) RAS, Moscow*

Semin A. N. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Simisinov D. I. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Strovskii V. E. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Topalov S. I. *Sofia University of Mining and Geology, Sofia, Republic of Bulgaria*

Trybalskii K. *AGH University of Science and Technology, Krakow, Republic of Poland*

Tsypin E. F. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*

Filatov V. V. *Vladimir State University, Vladimir*

Iakovlev V. L. *Institute of Mining UB RAS, Ekaterinburg*

СОДЕРЖАНИЕ

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

| | |
|--|----|
| <i>Газалеева Г. И., Сопина Н. А.</i> Выбор необходимой крупности для получения высококачественного железного концентрата..... | 9 |
| <i>Братыгин Е. В., Ельникова С. П., Демин А. И.</i> Обобщение опыта обследований и оптимизации рудоподготовительных переделов обогатительных фабрик с использованием методов моделирования в программном пакете JK SimMet..... | 17 |
| <i>Верхорубова А. В., Ключников А. М.</i> Исследование процесса высокотемпературного выщелачивания цинкового сульфидного концентрата растворами серной кислоты | 27 |
| <i>Мушкетов А. А., Шигаева В. Н., Пелевин А. Е.</i> Получение ильменитового концентрата из лежалых хвостов обогащения ильменит-титано-магнетитовых руд..... | 36 |
| <i>Чинова Н. Б.</i> Доизвлечение золота в циклах измельчения и классификации медно-цинковой руды колчеданного месторождения в безнапорном центробежном поле | 47 |

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ. ГОРНЫЕ МАШИНЫ

| | |
|--|----|
| <i>Валиев Н. Г., Разоренов Ю. И., Белодедов А. А., Масленников С. А., Шохов С. О.</i> Особенности комбинирования этапов разработки рудных месторождений (In English) | 55 |
|--|----|

МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО. ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ГЕОЛОГИЯ

| | |
|---|----|
| <i>Мамонов С. В., Гарифулин И. Ф., Дресвянкина Т. П., Горайчук П. К., Синьков И. С.</i> Особенности технологических свойств медно-цинковых руд глубоких горизонтов Тарньерского месторождения | 64 |
|---|----|

ГЕОМЕХАНИКА. РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

| | |
|---|----|
| <i>Калмыков В. Н., Котенков А. В.</i> Методика геомеханического обоснования параметров камерных систем разработки с закладкой и использованием полигональных очистных выработок | 76 |
| <i>Агаронян Г. А., Аванесова И. С., Овсепян В. Г.</i> Обоснование оптимальных параметров взрываемого блока на карьере при увеличении масштабов добычи горных пород (In English)..... | 89 |

ОХРАНА ТРУДА

| | |
|--|-----|
| <i>Нурхожаев Е. С., Косарев Н. П., Макаров В. Н., Дылдин Г. П.</i> Математическое моделирование фракционной эффективности пылеулавливания тепломассообменным оборудованием и способы ее повышения..... | 103 |
|--|-----|

ИСТОРИЯ. ИНФОРМАЦИЯ. РЕЦЕНЗИИ

| | |
|--|-----|
| <i>Курлаев Е. А.</i> У истоков управления горно-металлургической промышленностью Урала | 111 |
|--|-----|

CONTENTS

MINERAL PROCESSING

| | |
|---|----|
| <i>Gazaleeva G. I., Sopina N. A.</i> Choosing the required grain-size to obtain high-quality iron concentrate | 9 |
| <i>Bratygin E. V., Elnikova S. P., Demin A. I.</i> Generalizing the experience of surveying and optimizing ore preparation stages at processing plants using modeling methods in the JK SimMet software package | 17 |
| <i>Verkhorubova A. V., Kliushnikov A. M.</i> Investigation of the high temperature leaching of a zinc sulphide concentrate in sulphuric acid solutions..... | 27 |
| <i>Mushketov A. A., Shigaeva V. N., Pelevin A. E.</i> Obtaining ilmenite concentrates from mature tailings of ilmenite-titanium magnetite ore | 36 |
| <i>Chinova N. B.</i> Additional extraction of gold in grinding cycles and classification of copper-zinc ore of a pyrite deposit in gravity-centrifugal field | 47 |

GEOTECHNOLOGY. MINING MACHINERY

| | |
|--|----|
| <i>Valiev N. G., Razorenov Iu. I., Belodedov A. A., Maslennikov S. A., Shokhov S. O.</i> Combining the stages of mineral deposits development..... | 55 |
|--|----|

MINE SURVEYING. MINING GEOLOGY

| | |
|--|----|
| <i>Mamonov S. V., Garifulin I. F., Dresviankina T. P., Goraichuk P. K., Sinkov I. S.</i> Processing properties of copper-zinc ore of the Tarnier deposit deep horizons | 64 |
|--|----|

GEOMECHANICS. ROCK BREAKING

| | |
|---|----|
| <i>Kalmykov V. N., Kotenkov A. V.</i> Method of geomechanical rationale for the parameters of chamber mining systems with backfilling and polygonal stopes..... | 76 |
| <i>Agaronian G. A., Avanesova I. S., Ovsepiyan V. G.</i> Justifying the optimal parameters of a blasted block in a quarry when scaling-up rock extraction..... | 89 |

OCCUPATIONAL SAFETY

| | |
|--|-----|
| <i>Nurkhozhaev E. S., Kosarev N. P., Makarov V. N., Dyldin G. P.</i> Mathematical modeling of the fractional collection efficiency in a heat and mass exchanger and ways of improving it | 103 |
|--|-----|

HISTORY. DATA. REVIEWS

| | |
|--|-----|
| <i>Kurlaev E. A.</i> At the dawn of the mining and metallurgical industrial management in the Urals..... | 111 |
|--|-----|

ИНСТИТУТ «УРАЛМЕХАНОБР» СЕГОДНЯ



Уважаемые коллеги, специалисты и читатели журнала «Известия вузов. Горный журнал»!

Приветствую Вас от имени старейшего на Урале и в России научно-исследовательского и проектного института АО «Уралмеханобр». Институт «Уралмеханобр» был создан 95 лет назад, в ноябре 1929 года, и стал первым отраслевым научно-исследовательским центром на Урале.

На протяжении 95 лет АО «Уралмеханобр» является одним из ведущих отраслевых институтов нашей страны. Сотрудники института, ученые и проектировщики, разрабатывают новые технологии и проекты в области горного дела, обогащения полезных ископаемых и металлургии. Большинство научных разработок, выполненных в институте, создавались под грифом «впервые» в СССР, России и мире. Многие из них

были воплощены в действующие фабрики, заводы, рудники, миллионы добытой и переработанной руды и товарной продукции.

Современному коллективу АО «Уралмеханобр», молодежи и старшему поколению, удалось не только сохранить научную школу, идеи, разработки, традиции и дух наших великих предшественников, но и вывести институт на новый виток развития. Сегодня АО «Уралмеханобр» является комплексным научно-исследовательским и проектным институтом в области горного дела, обогащения и металлургии, проектирует объекты гражданского строительства, оказывает услуги по сопровождению и реализации инвестиционных проектов. Заказчиками института являются крупнейшие холдинги горно-металлургической отрасли страны (ОАО «УГМК», АО «Русская медная компания», ПАО «ГМК «Норильский никель», АК «АЛРОСА», АО «Металлоинвест», АО «Еврохим», ПАО «Русолово», ООО «ЕВРАЗ»), зарубежные предприятия Казахстана, Узбекистана, Киргизии, Алжира.

Институт обладает одним из лучших в стране кадровым составом ученых и проектировщиков, парком современного лабораторного и аналитического оборудования.

Основной целью института является создание перспективных ресурсосберегающих технологий, эффективного, экологичного и безопасного производства, которое обеспечивает оптимальные капитальные вложения, эксплуатационные затраты и высокое качество продукции.

Дорогие сотрудники института, коллеги, представители общественности и заказчики, поздравляю вас с 95-летним юбилеем АО «Уралмеханобр»!

Генеральный директор АО «Уралмеханобр»
К. В. Булатов