

**IZVESTIYA VYSSHIKH UCHEBNYKH ZAVEDENII
GORNYY ZHURNAL**

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ



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 3
ISSUE 3

2023

Уральский государственный горный университет
Ural State Mining University

Известия высших учебных заведений. Горный журнал. № 3, 2023
Minerals and Mining Engineering. No. 3, 2023

eLIBRARY.RU



Электронно-библиотечная
система



IPRbooks
ЭЛЕКТРОННО-БИБЛИОТЕЧНАЯ СИСТЕМА



GeoRef



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

№ 3, 2023

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

Калмыков В. Н. Магнитогорский государственный технический университет,
г. Магнитогорск

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ

Научно-технический журнал. Издаётся с 1958 года

Выходит 6 раз в год

№ 3, 2023

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

Придвижкин С. В. Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

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

MINERALS AND MINING ENGINEERING

Scientific and technical journal. First published in 1958

6 issues a year

No. 3, 2023

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*

MINERALS AND MINING ENGINEERING

Scientific and technical journal. First published in 1958

6 issues a year

No. 3, 2023

Kalmykov V. N. *Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk*
Kartozila 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*
Pridvishkin S. V. *Ural Federal University, Ekaterinburg*
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*
Tsyypin E. F. *Ural State Mining University, Ekaterinburg*
Filatov V. V. *Vladimir State University, Vladimir*
Iakovlev V. L. *Institute of Mining UB RAS, Ekaterinburg*

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ. ГОРНЫЕ МАШИНЫ

<i>Коротков Ю. Г., Картавцев В. К., Сенькин А. В., Лунев К. А., Колупаев И. Е.</i> Повышение наработки скважинных электроцентробежных насосов за счет применения самоочищающихся фильтров (In English)	9
<i>Шемякин С. А., Шишкин Е. А.</i> Определение максимального усилия поворота ковша гидравлического экскаватора, оборудованного обратной лопатой.....	17
<i>Демченко И. И., Игнатова О. С.</i> Конструкция и определение основных параметров струнного ступенчатого грохота.....	25

ГЕОМЕХАНИКА. РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

<i>Горинов В. С.</i> Морозоустойчивые эмульсионные взрывчатые вещества (In English).....	36
<i>Першин Г. Д., Пшеничная Е. Г.</i> Решение задачи Ляме в квазихрупкой постановке для обоснования схемы расчета разрушения горных пород шпуровым способом	43
<i>Балек А. Е., Харисов Т. Ф., Авдеев А. Н., Харисова О. Д.</i> Обоснование оптимального порядка отработки рудной залежи в условиях высоких напряжений и низкой прочности массива.....	55

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

<i>Амосов П. В., Горячев А. А., Малодушев К. А., Макаров Д. В., Маслобоев В. А.</i> Поиск взаимосвязи температуры и влажности материала хвостов обогащения на базе обработки цифровых фотоснимков лабораторных экспериментов и цветовых моделей	66
<i>Мамонов С. В., Волкова С. В., Чинова Н. Б., Хисамова А. С., Горайчук П. К.</i> Совершенствование технологии обогащения медно-цинковой руды колчеданного месторождения Уральского типа	86

ОХРАНА ТРУДА

<i>Аленичев В. М.</i> Систематизация техногенных рисков индустриального характера на горнодобывающих предприятиях.....	97
--	----

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

<i>Абдрахманов М. И., Гардт Д. А.</i> Разработка инфраструктуры для проведения юнит-тестирования программной реализации системы управления дегазационной вакуум-насосной станцией	113
---	-----

ИСТОРИЯ. ИНФОРМАЦИЯ. РЕЦЕНЗИИ

<i>Берсенев Г. П., Кутуев В. А.</i> Итоги IX научно-практической конференции взрывников Урала	127
---	-----

CONTENTS

GEOTECHNOLOGY. MINING MACHINERY

<i>Korotkov Iu. G., Kartavtsev V. K., Senkin A. V., Lunev K. A., Kolupaev I. E.</i> Increasing the operating time of ESP by using self-cleaning filters	9
<i>Shemiakin S. A., Shishkin E. A.</i> Determining the maximum turning force of the hydraulic backhoe excavator bucket.....	17
<i>Demchenko I. I., Ignatova O. S.</i> String stepped screen design and main parameters...	25

GEOMECHANICS. ROCK BREAKING

<i>Gorinov V. S.</i> Frost-resistant emulsion explosives	36
<i>Pershin G. D., Pshenichnaia E. G.</i> Solving the Lamé problem in the quasi-brittle setting to substantiate the solution scheme for rock breaking by the blast-hole method	43
<i>Balek A. E., Kharisov T. F., Avdeev A. N., Kharisova O. D.</i> Substantiation of the optimal mining sequence of an ore deposit under conditions of high stress and low rock mass strength	55

MINERAL PROCESSING

<i>Amosov P. V., Goriachev A. A., Malodushev K. A., Makarov D. V., Masloboev V. A.</i> Searching for the relationship between the temperature and humidity of tailings material by processing digital photographs of laboratory experiments and color models	66
<i>Mamonov S. V., Volkova S. V., Chinova N. B., Khisamova A. S., Goraichuk P. K.</i> Improving the technology of copper-zinc ore beneficiation of a Uralian-type pyrite deposit.....	86

OCCUPATIONAL SAFETY

<i>Alenichev V. M.</i> Systematization of industrial technogenic risks at mining enterprises	97
--	----

INFORMATION TECHNOLOGY IN MINING

<i>Abdrakhmanov M. I., Gardt D. A.</i> Developing a unit testing framework for control system software implementation of a degassing vacuum pumping station	113
---	-----

HISTORY. DATA. REVIEWS

<i>Bersenev G. P., Kutuev V. A.</i> Results of the 9th Research and Practice Conference of the Ural Shotfirers	127
--	-----