



## ТЕМЫ НОМЕРА:

Геомеханика, разрушение горных пород

Геотехнология

Маркшейдерское дело, геометрия недр

Горные машины

Обогащение полезных ископаемых

Техносферная безопасность в горной промышленности

Энергетика и энергоэффективность горной промышленности

Организация производства и управление в горном деле

## ВЫПУСКАЕТСЯ ИЗДАТЕЛЬСТВОМ «ГОРНАЯ КНИГА» ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

*Сибирской угольной энергетической компании,*

*Высшего горного совета НП «Горнопромышленники России»,*

*Инвестиционного фонда поддержки горного книгоиздания,  
проект ГИАБ-3583-2023*



# ГОРНЫЙ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ БЮЛЛЕТЕНЬ (НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ)

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

### Главный редактор

В.Н. ЗАХАРОВ – академик РАН, д.т.н., проф.,  
ИПКОН РАН, Москва

### Зам. главного редактора

В.А. ВИННИКОВ – д.ф.-м.н., проф.,  
ГИ НИТУ «МИСиС», Москва

### Зам. главного редактора

Н.А. ГОЛУБЦОВ – руководитель рабочей группы  
ГИАБ, изд-во «Горная книга»,  
Москва

### Члены редколлегии

П.Б. АВДЕЕВ – д.т.н., проф., ЗабГУ, Чита

В.В. АГАФОНОВ – д.т.н., проф.,  
ГИ НИТУ «МИСиС», Москва

С.В. АЛЕКСЕЕВ – д.г.-м.н., Институт земной коры  
СО РАН, Иркутск

А.В. АНЦИФЕРОВ – член-корр. РАН, д.т.н., проф.,  
РАНИМИ, Донецк

С.И. АРБУЗОВ – д.г.-м.н., проф., Томский ПУ, Томск

А.А. БАРЯХ – академик РАН, д.т.н., проф., Пермь

С.П. БАХАЕВА – д.т.н., проф., КузГТУ, Кемерово

В.А. ГАЛКИН – д.т.н., проф., НИИОГР, Челябинск

В.И. ГАЛКИН – д.т.н., проф.,  
ГИ НИТУ «МИСиС», Москва

А.Б. ЖАБИН – д.т.н., проф., Тульский ГУ, Тула

Н.В. ЖУРАВЛЁВА – д.т.н., Западно-Сибирский испытательный центр, Новокузнецк

А.В. ЗАТОНСКИЙ – д.т.н., проф., Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Березниковский филиал

Н.О. КАЛЕДИНА – д.т.н., проф.,  
ГИ НИТУ «МИСиС», Москва

Д.Р. КАПЛУНОВ – член-корр. РАН, д.т.н., проф.,  
ИПКОН РАН, Москва

И.Л. КРАВЧУК – д.т.н., Челябинский ф-л  
ИГД УрО РАН

М.В. КУРЛЕНЯ – академик РАН, д.т.н., проф.,  
ИГД им. Н.А. Чинакала  
СО РАН, Новосибирск

А.А. ЛАВРИНЕНКО – д.т.н., проф., ИПКОН РАН,  
Москва

А.В. ЛЯХОМСКИЙ – д.т.н., проф.,  
ГИ НИТУ «МИСиС», Москва

В.В. МОРОЗОВ – д.т.н., проф.,  
ГИ НИТУ «МИСиС», Москва

Л.А. НАЗАРОВА – д.ф.-м.н., ИГД им. Н.А. Чинакала  
СО РАН, Новосибирск

А.В. НАСТАВКИН – к.г.-м.н., доцент, ЮФУ,  
Ростов-на-Дону

В.Н. ОПАРИН – член-корр. РАН, д.ф.-м.н.,  
проф., ИГД им. Н.А. Чинакала  
СО РАН, Новосибирск

С.Н. ПОДОБРАЖИН – д.т.н., Ростехнадзор, Москва

А.В. ПОЛЯКОВ – д.т.н., член АГН, компания  
«Экспертиза промышленной  
безопасности», Москва

И.Ю. РАССКАЗОВ – член-корр. РАН, д.т.н., проф.,  
ИГД ДВО РАН, Хабаровск

А.Г. СЕКИСОВ – д.т.н., проф., ЗабГУ, Чита

Г.П. СИДОРОВА – д.т.н., проф., ЗабГУ, Чита

С.А. СИЛЮТИН – к.т.н., СУЭК, Москва

О.В. СКОПИНЦЕВА – д.т.н., проф.,  
ГИ НИТУ «МИСиС», Москва

И.О. ТЕМКИН – д.т.н., проф.,  
НИТУ «МИСиС», Москва

А.В. ШЛЯПИН – к.т.н., ИПКОН РАН, Москва

Д.Н. ШУРЫГИН – д.т.н., проф.,  
ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова,  
Новочеркасск

С.А. ЭПШТЕЙН – д.т.н., проф.,  
ГИ НИТУ «МИСиС», Москва

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Ф.М. БОРОДИЧ – Кардиффский университет,  
Великобритания

К. ДРЕБЕНШТЕДТ – Технического университета  
«Фрайбергская горная  
академия», Германия

Й. ДУБИНСКИ – Главный университет  
горного дела, Польша

В.Л. САВАТОРОВА – Университет Невады,  
Лас-Вегас, США

П.В. ЦЫБУЛЕНКО – Белорусский национальный  
технический университет,  
Белоруссия

ПАН ИШАН – Ляонинский университет,  
Китай

С. ВУЙИЧ – Горный институт, Сербия

М. ДОБРОКА – Мишкольцкий технический  
университет, Мишкольц,  
Венгрия

П. КОНИЧЕК – Институт геоники Чешской  
Академии Наук, Острава, Чехия

С. ПРУСЕК – Центральный Горный  
институт, Катовице, Польша

Ж. САНЧИДРИАН – Мадридский политехнический  
университет, Мадрид, Испания

М. САҒА – Горно-металлургическая  
Академия им. Станислава  
Сташица в Кракове, Краков,  
Польша

Л. ТОТЕВ – Горно-геологический  
университет «Св. Иван Рилски»,  
София, Болгария

П. ПАВЛОВ – Горно-геологический  
университет «Св. Иван Рилски»,  
София, Болгария

П. П. П. – Горно-геологический  
университет «Св. Иван Рилски»,  
София, Болгария

П. П. П. – Горно-геологический  
университет «Св. Иван Рилски»,  
София, Болгария

П. П. П. – Горно-геологический  
университет «Св. Иван Рилски»,  
София, Болгария

П. П. П. – Горно-геологический  
университет «Св. Иван Рилски»,  
София, Болгария

П. П. П. – Горно-геологический  
университет «Св. Иван Рилски»,  
София, Болгария

П. П. П. – Горно-геологический  
университет «Св. Иван Рилски»,  
София, Болгария

П. П. П. – Горно-геологический  
университет «Св. Иван Рилски»,  
София, Болгария

П. П. П. – Горно-геологический  
университет «Св. Иван Рилски»,  
София, Болгария

П. П. П. – Горно-геологический  
университет «Св. Иван Рилски»,  
София, Болгария

П. П. П. – Горно-геологический  
университет «Св. Иван Рилски»,  
София, Болгария

П. П. П. – Горно-геологический  
университет «Св. Иван Рилски»,  
София, Болгария

П. П. П. – Горно-геологический  
университет «Св. Иван Рилски»,  
София, Болгария

## ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА

Дальний Восток – И.Ю. РАССКАЗОВ

Карелия – В.Н. АМИНОВ

Монголия – П. ОЧИРБАТ

Тула

и Тульская область – А.Б. ЖАБИН

Урал – А.А. БАРЯХ

Журнал основан в 1992 г.

ISSN 0236-1493

# ГОРНЫЙ

**ИНФОРМАЦИОННО-  
АНАЛИТИЧЕСКИЙ  
БЮЛЛЕТЕНЬ**

*(НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ)*

**MINING INFORMATIONAL  
AND ANALYTICAL  
BULLETIN**

*(SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL)*



**ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«ГОРНАЯ КНИГА»**

**№ 10  
2023**

# MINING INFORMATIONAL AND ANALYTICAL BULLETIN

(SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL)

With assistance of the Publishing house «Mining book», Investment support Fund mining publishing

## CHIEF EDITOR

V.N. ZAKHAROV – Academician of the RAS,  
Dr. Sci. (Eng.), Prof., Institute of Comprehensive Exploitation  
of Mineral Resources RAS, Moscow, Russia

## DEPUTY CHIEF EDITOR

V.A. VINNIKOV – Dr. of Physics and Mathematics, Prof.,  
National University of Science and Technology «MISIS»,  
Mining Institute, Moscow, Russia

## DEPUTY CHIEF EDITOR

N.A. GOLUBTSOV – Publishing house «Mining book»,  
Moscow, Russia

## EDITORIAL BOARD

V.V. AGAFONOV – Dr. Sci. (Eng.), Prof., National University of  
Science and Technology «MISIS», Mining Institute, Moscow, Russia

S.V. ALEKSEEV – Dr. Sci. (Geol. Mineral.), Institute of the Earth's  
Crust, Siberian Branch, RAS, Irkutsk, Russia

A.V. ANTSIFEROV – Corresp. Member of the RAS, Dr. Sci. (Eng.),  
Prof., Republican Academic Research and Design Institute  
of Mining Geology, Geomechanics, Geophysics and Mine  
Surveying (RANIMI), Donetsk

S.I. ARBUZOV – Dr. Sci. (Geol. Mineral.), Prof.,  
Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

P.B. AVDEEV – Dr. Sci. (Eng.), Prof.,

Transbaikal State University, Chita, Russia

S.P. BAKHAEVA – Dr. Sci. (Eng.), Prof.,

Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russia

A.A. BARYAKH – Academician of the RAS, Dr. Sci. (Eng.), Prof.,  
Mining Institute, Ural Branch, RAS, Perm, Russia

S.A. EPSHTEIN – Dr. Sci. (Eng.), Prof., National University of  
Science and Technology «MISIS», Mining Institute, Moscow, Russia

V.A. GALKIN – Dr. Sci. (Eng.), Prof., Research and Design  
Institute for Open Pit Mining, Chelyabinsk, Russia

V.I. GALKIN – Dr. Sci. (Eng.), Prof., National University of  
Science and Technology «MISIS», Mining Institute, Moscow, Russia

N.O. KALIEDINA – Dr. Sci. (Eng.), Prof., National University of  
Science and Technology «MISIS», Mining Institute, Moscow, Russia

D.R. KAPLUNOV – Corresp. Member of the RAS, Dr. Sci. (Eng.),  
Prof., Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources  
RAS, Moscow, Russia

I.L. KRAVCHUK – Dr. Sci. (Eng.), Chelyabinsk branch  
Mining Institute, Ural Branch, RAS, Chelyabinsk, Russia

M.V. KURLENYA – Academician of the RAS, N.A. Chinakal  
Institute of Mining, Siberian Branch, RAS, Novosibirsk, Russia

A.A. LAVRINENKO – Dr. Sci. (Eng.), Prof., Institute of Com-  
prehensive Exploitation of Mineral Resources RAS, Moscow, Russia

A.V. LYAKHOMSKY – Dr. Sci. (Eng.), Prof., National University of  
Science and Technology «MISIS», Mining Institute, Moscow, Russia

V.M. MOROZOV – Dr. Sci. (Eng.), Prof., National University of  
Science and Technology «MISIS», Mining Institute, Moscow, Russia

A.V. NASTAVKIN – Cand. Sci. (Geol. Mineral.), Assistant Prof., Head  
of Department, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

L.A. NAZAROVA – Dr. of Physics and Mathematics, N.A. Chinakal  
Institute of Mining, Siberian Branch, RAS, Novosibirsk, Russia

V.N. OPARIN – Corresp. Member of the RAS,  
Siberian Branch, RAS, Novosibirsk, Russia

S.N. PODOBRAZHIN – Dr. Sci. (Eng.), Russia Federal Service for  
Ecological, Technological and Nuclear Supervision, Moscow, Russia

A.V. POLYAKOV – Dr. Sci. (Eng.), Prof., Industrial Safety  
Expertise JSC, Tula, Russia

I.Yu. RASSKAZOV – Corresp. Member of the RAS,  
Dr. Sci. (Eng.), Prof., Institute of Mining, Far East Branch, RAS,  
Khabarovsk, Russia

A.G. SEKISOV – Dr. Sci. (Eng.), Prof.,  
Transbaikal State University, Chita, Russia

A.V. SHLYAPIN – Cand. Sci. (Eng.), Institute of Comprehensive  
Exploitation of Mineral Resources RAS, Moscow, Russia

D.N. SHURYGIN – Dr. Sci. (Eng.), Prof., Platov South-Russian  
State Polytechnic University, Novocherkassk, Russia

G.P. SIDOROVA – Dr. Sci. (Eng.), Prof.,

Transbaikal State University, Chita, Russia

S.A. SILYUTIN – Cand. Sci. (Eng.), SUEK, Moscow, Russia

O.V. SKOPINTSEVA – Dr. Sci. (Eng.), Prof.,  
National University of Science and Technology «MISIS»,  
Mining Institute, Moscow, Russia

I.O. TEMKIN – Dr. Sci. (Eng.), Prof., National University of  
Science and Technology «MISIS», Moscow, Russia

A.V. ZATONSKY – Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Russian  
Academy of Natural Sciences, Berezniki Division of the Perm  
National Research Polytechnic University, Berezniki, Russia

A.B. ZHABIN – Dr. Sci. (Eng.), Prof., Tula State University,  
Tula, Russia

N.V. ZHURAVLEVA – Dr. Sci. (Eng.), West-Siberian  
Test Operations Center, Novokuznetsk, Russia

## INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

F. BORODICH – University of Cardiff, United Kingdom

C. DREBENSTEDT – Technical University Bergakademie Freiberg,  
Germany

J. DUBINSKY – Central Mining Institute, Poland

V. SAVATOROVA – University of Nevada, Las Vegas, USA

P. TSYBULENKO – Belarus National Technical University, Belarus

PAN YISHAN – Liaoning University, China

S. VUJIC – Rudarski institut, Belgrade, Serbia

M. DOBROKA – University of Miskolc, Miskolc, Hungary

P. KONICEK – The Czech Academy of Sciences,

Institute of Geonics Studentska, Ostrava, Czech Republic

S. PRUSEK – Central mining institute, Katowice, Poland

José A. SANCHIDRIÁN – Universidad Politécnica de Madrid,

Madrid, Spain

M. CAŁA – Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica

w Krakowie, Krakow, Poland

L. TOTEV – University of Mining and Geology St Ivan Rislki, Sofia

P. PAVLOV – University of Mining and Geology St Ivan Rislki, Sofia

Publishing house «Mining book»

Actual address: Russia, Moscow, Leninskiy prospect, 6, build. 7 of 3

Phone: +7 (499) 236-15-01, +7 (495) 737-32-64

E-mail: info@gornaya-kniga.ru, Internet: www.GIAB-online.ru



**PUBLISHING HOUSE**  
«MINING BOOK»

# No 10 • 2023