

Научно-техническому журналу
ГИАБ 30 лет!

1992–2022



ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ГОРНЫХ НАУК

ТЕМЫ НОМЕРА:

Обогащение полезных ископаемых

Геотехнология

Геомеханика, разрушение горных пород

Горнопромышленная геология, горная геофизика

Энергетика и энергоэффективность горной промышленности

Рудничная аэрогазодинамика, горная теплофизика

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

ВЫПУСКАЕТСЯ ИЗДАТЕЛЬСТВОМ «ГОРНАЯ КНИГА» ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

Сибирской угольной энергетической компании,

Высшего горного совета НП «Горнопромышленники России»,

*Инвестиционного фонда поддержки горного книгоиздания,
проект ГИАБ-3550-2022*



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

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

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

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

А.В. АНЦИФЕРОВ – член-корреспондент, Украина
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. ПАВЛОВ – Горно-геологический
университет «Св. Иван Рилски»,
София, Болгария

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

П. ПАВЛОВ – 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»**

**№12
2022**

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
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
V.A. BELIN – Dr. Sci. (Eng.), Prof., National University of Science
and Technology «MISIS», Mining Institute, Moscow, 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. KALEDINA – Dr. Sci. (Eng.), Prof., National University of
Science and Technology «MISIS», Mining Institute, Moscow, Russia
D.R. KAPLUNOV – Corresp. Member of the RAS,
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
Comprehensive 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. POLAYKOV – 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
D.N. SHURYGIN – Dr. Sci. (Eng.), Prof., Platov South-Russian
State Polytechnic University, Novocheerkassk, 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

A. ANTSIFEROV – Ukrainian State Research and Design Institute
of Mining, Geology, Rock Mechanics and Mine Surveying, Ukraine
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, Leninsky 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

Printed in JSC «First Exemplary printing house» Branch

«Chekhov Printing House»



PUBLISHING HOUSE
«MINING BOOK»

No 12 • 2022