

Научно-техническому журналу  
ГИАБ 30 лет!

1992–2022



ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ГОРНЫХ НАУК

ТЕМЫ НОМЕРА:

Геоэкология

Обогащение полезных ископаемых

ВЫПУСКАЕТСЯ ИЗДАТЕЛЬСТВОМ «ГОРНАЯ КНИГА» ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

*Уральского государственного горного университета*

*Инвестиционного фонда поддержки горного книгоиздания,  
проект ГИАБ-3557-22*



# 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. СКОПИЦЕВА – 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)*

УРАЛЬСКАЯ  
ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ  
ДЕКАДА-1



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«ГОРНАЯ КНИГА»

№ 11-1  
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. KALÉDINA – 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, 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

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

Printed in JSC «First Exemplary printing house» Branch

«Chekhov Printing House»



**PUBLISHING HOUSE**  
«MINING BOOK»

# No 11-1 • 2022