



Георгий Агрикола «О горном деле и металлургии»  
Georgius Agricola. De re metallica

**ВЫПУСКАЕТСЯ ИЗДАТЕЛЬСТВОМ «ГОРНАЯ КНИГА» ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:**

*Сибирской угольной энергетической компании,*

*Высшего горного совета НП «Горнопромышленники России»,*

*Инвестиционного фонда поддержки горного книгоиздания,  
проект ГИАБ-3408-20*



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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

### Главный редактор

В.Н. ЗАХАРОВ – член-корр. РАН, д.т.н., проф.,  
ИПКОН РАН, Москва

### Зам. главного редактора

В.Л. ШКУРАТНИК – д.т.н., проф.,  
МГИ НИТУ «МИСиС», Москва  
Н.А. ГОЛУБЦОВ – руководитель рабочей группы  
ГИАБ, изд-во «Горная книга»,  
Москва

### Члены редколлегии

А.А. АБРАМОВ – д.т.н., проф.,  
МГИ НИТУ «МИСиС», Москва  
П.Б. АВДЕЕВ – д.т.н., проф., ЗабГУ, Чита  
В.Н. АМИНОВ – д.т.н., проф., Петрозаводский ГУ,  
Петрозаводск  
С.И. АРБУЗОВ – д.г.-м.н., проф.,  
Томский ПУ, Томск  
В.А. АТРУШКЕВИЧ – д.т.н., проф.,  
МГИ НИТУ «МИСиС», Москва  
А.А. БАРЯХ – академик РАН, д.т.н., проф.,  
Пермь  
С.П. БАХАЕВА – д.т.н., проф., КузГТУ, Кемерово  
А.П. ВЕРЖАНСКИЙ – д.т.н., проф., НП «Горнопро-  
мышленники России», Москва  
С.Д. ВИКТОРОВ – д.т.н., проф., ИПКОН РАН,  
Москва  
В.А. ВИННИКОВ – д.ф.-м.н., проф.,  
МГИ НИТУ «МИСиС», Москва  
В.А. ГАЛКИН – д.т.н., проф., НИИОГР,  
Челябинск  
В.И. ГАЛКИН – д.т.н., проф.,  
МГИ НИТУ «МИСиС», Москва  
А.Б. ЖАБИН – д.т.н., проф., Тульский ГУ, Тула  
Н.В. ЖУРАВЛЁВА – д.т.н., Западно-Сибирский  
испытательный центр,  
Новокузнецк  
Н.О. КАЛЕДИНА – д.т.н., проф.,  
МГИ НИТУ «МИСиС», Москва  
Д.Р. КАПЛУНОВ – член-корр. РАН, д.т.н., проф.,  
ИПКОН РАН, Москва  
Н.М. КАЧУРИН – д.т.н., проф., Тульский ГУ, Тула  
И.Л. КРАВЧУК – д.т.н., Челябинский ф-л  
ИГД УрО РАН  
С.С. КУБРИН – д.т.н., проф., ИПКОН РАН,  
Москва  
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  
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  
И.Ю. РАССКАЗОВ – член-корр. РАН, д.т.н., проф.,  
ИГД ДВО РАН, Хабаровск  
В.В. РУДЕНКО – д.т.н., проф.,  
МГИ НИТУ «МИСиС», Москва  
Г.П. СИДОРОВА – д.т.н., проф., ЗабГУ, Чита  
С.А. СИЛЮТИН – к.т.н., СУЭК, Москва  
И.О. ТЕМКИН – д.т.н., проф.,  
НИТУ «МИСиС», Москва  
С.А. ЭПШТЕЙН – д.т.н., проф.,  
МГИ 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. САЉА – 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

## 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»**

**№ 11  
2020**

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

## DEPUTY CHIEF EDITOR

V.L. SHKURATNIK – Dr. Sci. (Eng.), Prof., National University of  
Science and Technology «MISIS», Mining Institute, Moscow, Russia  
N.A. GOLUBTSOV – Publishing house «Mining book»,  
Moscow, Russia

## EDITORIAL BOARD

A.A. ABRAMOV – Dr. Sci. (Eng.), Prof., National University of  
Science and Technology «MISIS», Mining Institute, Moscow, Russia  
P.B. AVDEEV – Dr. Sci. (Eng.), Prof.,  
Transbaikal State University, Chita, Russia  
V.N. AMINOV – Dr. Sci. (Eng.), Prof.,  
Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia  
S.I. ARBUZOV – Dr. of Geology and Mineralogy, Prof.,  
Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia  
V.A. ATRUSHKEVICH – Dr. Sci. (Eng.), Prof.,  
National University of Science and Technology «MISIS»,  
Mining Institute, Moscow, Russia  
A.A. BARYAKH – Academician of the RAS, Dr. Sci. (Eng.), Prof.,  
Mining Institute, Ural Branch, RAS, Perm, Russia  
S.P. BAKHAEVA – Dr. Sci. (Eng.), Prof.,  
Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 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.M. KACHURIN – Dr. Sci. (Eng.), Prof., Tula State University,  
Tula, 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  
S.S. KUBRIN – Dr. Sci. (Eng.), Prof., Institute of Comprehensive  
Exploitation of Mineral Resources RAS, Moscow, 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. NASTAVKIN – Cand. of Geology and Mineralogy,  
Associate 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  
I. Yu. RASSKAZOV – Corresp. Member of the RAS, Dr. Sci. (Eng.),  
Prof., Institute of Mining, Far East Branch, RAS, Habarovsk, Russia  
V.V. RUDENKO – Dr. Sci. (Eng.), Prof., National University of  
Science and Technology «MISIS», Mining Institute, Moscow, Russia  
G.P. SIDOROVA – Dr. Sci. (Eng.), Prof.,  
Transbaikal State University, Chita, Russia  
S.A. SILYUTIN – Cand. Sci. (Eng.), SUEK, Moscow, Russia  
I.O. TEMKIN – Dr. Sci. (Eng.), Prof., National University of  
Science and Technology «MISIS», Moscow, Russia  
A.P. VERZHANSKIY – Dr. Sci. (Eng.), Prof.,  
Chief Executive Officer, Noncommercial Partnership  
«Miners of Russia», Moscow, Russia  
S.D. VIKTOROV – Dr. of Physics and Mathematics, Prof.,  
Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources RAS,  
Moscow, Russia  
V.A. VINNIKOV – Dr. of Physics and Mathematics, Prof.,  
National University of Science and Technology «MISIS»,  
Mining Institute, Moscow, 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, 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 • 2020