

The journal is supported by the  
Ukrainian School of Mining Engineering

# Mining of Mineral Deposits

Scopus



Clarivate  
Analytics

QUARTERLY

Volume 15  
Issue 4

ISSN 2415-3443 (Online)  
ISSN 2415-3435 (Print)

JOURNAL HOMEPAGE

[mining.in.ua](http://mining.in.ua)

<https://doi.org/10.33271/mining>



Dnipro University of Technology  
2021

**EDITOR-IN-CHIEF** Volodymyr Bondarenko, *Dnipro University of Technology, Ukraine*  
**DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF** Iryna Kovalevska, *Dnipro University of Technology, Ukraine*  
**DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF** Vasyl Lozynskyy, *Dnipro University of Technology, Ukraine*  
**MANAGING EDITOR** Kateryna Sai, *Dnipro University of Technology, Ukraine*  
**ENGLISH LANGUAGE EDITOR** Tetiana Vvedenska, *Dnipro University of Technology, Ukraine*

**EDITORIAL BOARD:** Zacharias Agioutantis, *University of Kentucky, USA*  
Victor Arad, *Universitatea din Petrosani, Romania*  
Manoj Namdeo Bagde, *CSIR-Central Institute of Mining & Fuel Research, India*  
Volodymyr Biletskyy, *National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Ukraine*  
Anatolii Bulat, *Institute of Geotechnical Mechanics named after M.S. Polyakov of the NAS, Ukraine*  
Frederick Cawood, *University of the Witwatersrand, South Africa*  
Piotr Czaja, *AGH University of Science and Technology, Poland*  
Roman Dychkovskyy, *Dnipro University of Technology, Ukraine*  
Gennadiy Gayko, *National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine*  
Domingo Javier Carvajal Gomez, *University of Huelva, Spain*  
Monika Hardygóra, *KGHM CUPRUM Research & Development Centre, Poland*  
Murat Karakus, *The University of Adelaide, Australia*  
Vladislav Kecojevic, *West Virginia University, USA*  
Karol Kostur, *Technical University of Košice, Slovakia*  
Yevstakhii Kryzhanivskyy, *Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine*  
Yueh-Heng Li, *National Cheng Kung University, Taiwan*  
Prabhat Kumar Mandal, *CSIR-Central Institute of Mining & Fuel Research, India*  
Helmut Mischo, *Technische Universität Bergakademie Freiberg, Germany*  
Peter Moser, *Montanuniversität Leoben, Austria*  
Baisheng Nie, *China University of Mining and Technology, China*  
Thomas Oommen, *Michigan Technological University, USA*  
Morteza Osanloo, *Amirkabir University of Technology, Iran*  
Gennadiy Pivnyak, *Dnipro University of Technology, Ukraine*  
Stanislaw Prusek, *Główny Instytut Górnictwa, Poland*  
Alex Remennikov, *University of Wollongong, Australia*  
Bozidar Šarler, *University of Nova Gorica, Slovenia*  
Olena Sdvyzhkova, *Dnipro University of Technology, Ukraine*  
Oleksandr Shashenko, *Dnipro University of Technology, Ukraine*  
Adam Smoliński, *Główny Instytut Górnictwa, Poland*  
Krzysztof Stańczyk, *Główny Instytut Górnictwa, Poland*  
Alexey Stovas, *Norwegian University of Science and Technology, Norway*  
Mykola Stupnik, *Kryvyi Rih National University, Ukraine*  
John Sturgul, *The University of Adelaide, Australia*  
Jialin Xu, *China University of Mining and Technology, China*

The journal has been indexed by Scopus, ESCI Emerging Sources Citation Index (Web of Science Core Collection), WorldCat, ResearchBib, Google Scholar, Scinapse

Founder and editor Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine  
Certificate of Publisher DK No.1842 dated June 11, 2004

Address of editor and editorial office 19 Yavornytskoho Ave., building 4, room 57, Dnipro, 49005  
tel. +380562471472, fax +380563742184, e-mail: [mining.umd@gmail.com](mailto:mining.umd@gmail.com)

Production "LizunoffPress", 30/166 Nemyrovycha-Danchenka St, Dnipro, 49127  
Number of copies printed 120. Sheet size 60×90/8. Coated paper

Journal was registered in Ukraine's Ministry of Justice. The register number is KB 23762-13602 PR dated from February 6, 2019. The journal has been included in Ukrainian specialized publication list (category "A") according to Ministry of Education and Science of Ukraine order No.612 from May 7, 2019



Журнал виходить за підтримки  
української Школи гірничої інженерії

# Розробка Родовищ

КВАРТАЛЪНИК

Випуск 15  
Номер 4

ISSN 2415-3443 (Онлайн)  
ISSN 2415-3435 (Друк)

Scopus



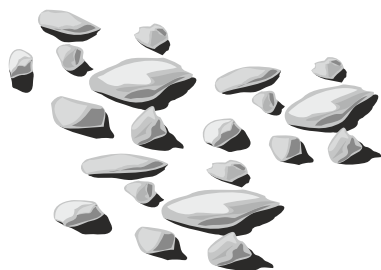
Clarivate  
Analytics

ДОМАШНЯ СТОРІНКА

[mining.in.ua](http://mining.in.ua)

<https://doi.org/10.33271/mining>

Національний технічний університет  
“Дніпровська політехніка”  
2021



<b>ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР</b>	<b>Володимир Бондаренко</b> , Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, Україна
<b>ЗАСТУПНИК ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА</b>	<b>Ірина Ковалевська</b> , Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, Україна
<b>ЗАСТУПНИК ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА</b>	<b>Василь Лозинський</b> , Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, Україна
<b>ВІДПОВІДАЛЬНИЙ РЕДАКТОР</b>	<b>Катерина Сай</b> , Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, Україна
<b>АНГЛОМОВНИЙ РЕДАКТОР</b>	<b>Тетяна Введенська</b> , Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, Україна
<b>РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:</b>	<p><b>Захаріас Агіоутантіс</b>, Університет Кентуккі, США</p> <p><b>Віктор Арад</b>, Університет Петросані, Румунія</p> <p><b>Маной Намдео Багде</b>, Центральний дослідницький інститут гірництва та палива, Індія</p> <p><b>Володимир Білецький</b>, Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Україна</p> <p><b>Анатолій Булат</b>, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Україна</p> <p><b>Фредерік Кейвуд</b>, Вітватерсрандський університет, Південно-Африканська Республіка</p> <p><b>Пьотр Чая</b>, Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця, Польща</p> <p><b>Роман Дичковський</b>, Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, Україна</p> <p><b>Геннадій Гайко</b>, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”, Україна</p> <p><b>Домінго Хав’єр Карваял Гомез</b>, Університет Хуельва, Іспанія</p> <p><b>Моніка Хардигура</b>, Науково-дослідний центр “Купрум-мідь”, Польща</p> <p><b>Мурат Каракус</b>, Університет Аделаїди, Австралія</p> <p><b>Владіслав Кечосвіч</b>, Університет Західної Вірджинії, США</p> <p><b>Кароль Костур</b>, Технічний університет Кошице, Словаччина</p> <p><b>Євстахій Крижанівський</b>, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна</p> <p><b>Юех-Хенг Лі</b>, Ченг-Кунський національний університет, Тайвань</p> <p><b>Прабхат Кумар Мандал</b>, Центральний дослідницький інститут гірництва та палива, Індія</p> <p><b>Хельмут Мішо</b>, Фрайберзька гірничо-академія, Німеччина</p> <p><b>Петер Мозер</b>, Монтанануніверситет Леобен, Австрія</p> <p><b>Байшенг Не</b>, Китайський університет гірництва та технологій, Китай</p> <p><b>Томас Ооммен</b>, Мічиганський технологічний університет, США</p> <p><b>Мортеза Осанло</b>, Аміркабірський технологічний університет, Іран</p> <p><b>Геннадій Півняк</b>, Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, Україна</p> <p><b>Станіслав Прусек</b>, Головний інститут гірництва, Польща</p> <p><b>Алекс Ременніков</b>, Вуллонгонгський університет, Австралія</p> <p><b>Бозідар Сарлер</b>, Новогорицький університет, Словенія</p> <p><b>Олена Сдвижкова</b>, Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, Україна</p> <p><b>Олександр Шашенко</b>, Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, Україна</p> <p><b>Адам Смоліньські</b>, Головний інститут гірництва, Польща</p> <p><b>Кжиштоф Станьчик</b>, Головний інститут гірництва, Польща</p> <p><b>Алексей Стovas</b>, Норвезький університет науки та технологій, Норвегія</p> <p><b>Микола Ступнік</b>, Криворізький національний університет, Україна</p> <p><b>Джон Стургул</b>, Університет Аделаїди, Австралія</p> <p><b>Ялін Ху</b>, Китайський університет гірництва та технологій, Китай</p>

Журнал індексується в Scopus, ESCI Emerging Sources Citation Index (Web of Science Core Collection), WorldCat, ResearchBib, Google Scholar, Scinapse

<b>Засновник та видавець</b>	Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, Дніпро, Україна Свідоцтво суб’єкта видавничої справи ДК №1842 від 11.06.2004
<b>Адреса видавця та редколегії</b>	49005, м. Дніпро, просп. Яворницького, 19, корпус 4, к. 57 тел. +380562471472, факс +380563742184, e-mail: <a href="mailto:mining.umd@gmail.com">mining.umd@gmail.com</a>
<b>Виготовлення</b>	49127, м. Дніпро, вул. Немировича-Данченка, 30/166, “ЛізуновПрес” Наклад 120 примірників. Формат 60×90/8. Папір крейдований
<b>Зареєстровано</b>	у Міністерстві Юстиції України. Реєстраційний номер KB 23762-13602 ПР від 06.02.2019. Включений до Переліку фахових видань України (категорія “А”) згідно наказу Міністерства освіти і науки України №612 від 07.05.2019



Журнал выходит при поддержке  
украинской Школы горной инженерии

# Разработка Месторождений

КВАРТАЛЫНИК

Выпуск 15  
Номер 4

ISSN 2415-3443 (Онлайн)  
ISSN 2415-3435 (Печать)

Scopus



Clarivate  
Analytics

ДОМАШНЯЯ СТРАНИЦА

[mining.in.ua](http://mining.in.ua)

<https://doi.org/10.33271/mining>

Национальный технический университет  
“Днепровская политехника”

2021



<b>ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР</b>	<b>Владимир Бондаренко</b> , <i>Национальный технический университет “Днепровская политехника”, Украина</i>
<b>ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА</b>	<b>Ирина Ковалевская</b> , <i>Национальный технический университет “Днепровская политехника”, Украина</i>
<b>ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА</b>	<b>Василий Лозинский</b> , <i>Национальный технический университет “Днепровская политехника”, Украина</i>
<b>ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР</b>	<b>Екатерина Сай</b> , <i>Национальный технический университет “Днепровская политехника”, Украина</i>
<b>АНГЛОЯЗЫЧНЫЙ РЕДАКТОР</b>	<b>Татьяна Введенская</b> , <i>Национальный технический университет “Днепровская политехника”, Украина</i>
<b>РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:</b>	<p><b>Захариас Агиоутантис</b>, <i>Университет Кентукки, США</i>  <b>Виктор Арад</b>, <i>Университет Петросани, Румыния</i>  <b>Маной Намдео Багде</b>, <i>Центральный исследовательский институт горного дела и топлива, Индия</i>  <b>Владимир Билецкий</b>, <i>Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, Украина</i>  <b>Анатолий Булаг</b>, <i>Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины, Украина</i>  <b>Фредерик Кейвуд</b>, <i>Витватерсрандский университет, Южно-Африканская Республика</i>  <b>Пётр Чая</b>, <i>Горно-металлургическая академия им. Станислава Сташица, Польша</i>  <b>Роман Дычковский</b>, <i>Национальный технический университет “Днепровская политехника”, Украина</i>  <b>Геннадий Гайко</b>, <i>Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского”, Украина</i>  <b>Доминго Хавьер Карваял Гомез</b>, <i>Университет Хуэльва, Испания</i>  <b>Моника Хардыгура</b>, <i>Научно-исследовательский центр “Купрум-медь”, Польша</i>  <b>Мурат Каракус</b>, <i>Университет Аделаиды, Австралия</i>  <b>Владислав Кечович</b>, <i>Университет Западной Вирджинии, США</i>  <b>Кароль Костур</b>, <i>Технический университет Кошице, Словакия</i>  <b>Евстахий Крыжановский</b>, <i>Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Украина</i>  <b>Юэх-Хенг Ли</b>, <i>Ченг-Кунгский национальный университет, Тайвань</i>  <b>Прабхат Кумар Мандал</b>, <i>Центральный исследовательский институт горного дела и топлива, Индия</i>  <b>Хельмут Мишо</b>, <i>Фрайбергская горная академия, Германия</i>  <b>Петер Мозер</b>, <i>Монтануниверситет Леобен, Австрия</i>  <b>Байшенг Нэ</b>, <i>Китайский университет горного дела и технологий, Китай</i>  <b>Томас Ооммен</b>, <i>Мичиганский технический университет, США</i>  <b>Мортеза Осанло</b>, <i>Амиркабирский технологический университет, Иран</i>  <b>Геннадий Пивняк</b>, <i>Национальный технический университет “Днепровская политехника”, Украина</i>  <b>Станислав Прусек</b>, <i>Главный институт горного дела, Польша</i>  <b>Алекс Ременников</b>, <i>Вуллонгонгский университет, Австралия</i>  <b>Бозидар Сарлер</b>, <i>Новогорицкий университет, Словения</i>  <b>Елена Сдвижкова</b>, <i>Национальный технический университет “Днепровская политехника”, Украина</i>  <b>Александр Шашенко</b>, <i>Национальный технический университет “Днепровская политехника”, Украина</i>  <b>Адам Смолински</b>, <i>Главный институт горного дела, Польша</i>  <b>Кжиштоф Станчик</b>, <i>Главный институт горного дела, Польша</i>  <b>Алексей Стовас</b>, <i>Норвежский университет науки и технологий, Норвегия</i>  <b>Николай Ступник</b>, <i>Криворожский национальный университет, Украина</i>  <b>Джон Стургул</b>, <i>Университет Аделаиды, Австралия</i>  <b>Ялин Ху</b>, <i>Китайский университет горного дела и технологий, Китай</i></p>

Журнал индексируется в Scopus, ESCI Emerging Sources Citation Index (Web of Science Core Collection), WorldCat, ResearchBib, Google Scholar, Scinapse

Основатель и издатель	Национальный технический университет “Днепровская политехника”, Днепр, Украина Свидетельство субъекта издательского дела ДК №1842 от 11.06.2004
Адрес издателя и редколлегии	49005, г. Днепр, просп. Яворницкого, 19, корпус 4, к. 57 тел. +380562471472, факс +380563742184, e-mail: <a href="mailto:mining.umd@gmail.com">mining.umd@gmail.com</a>
Изготовление	49127, г. Днепр, ул. Немировича-Данченка, 30/166, “ЛизуновПрес” Тираж 120 экземпляров. Формат 60×90/8. Бумага мелованная
Зарегистрировано	в Министерстве Юстиции Украины. Регистрационный номер KB 23762-13602 ПР от 06.02.2019. Включен в Перечень специализированных изданий Украины (категория “А”) согласно приказа Министерства образования и науки Украины №612 от 07.05.2019