

The journal is supported by the  
Ukrainian School of Underground Mining

# Mining of Mineral Deposits

QUARTERLY

Volume 10  
Issue 2

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

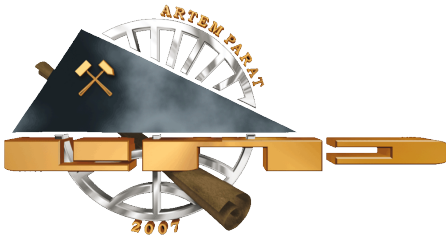
JOURNAL HOMEPAGE

[mining.in.ua](http://dx.doi.org/10.15407/mining)  
<http://dx.doi.org/10.15407/mining>



NATIONAL MINING UNIVERSITY  
2016

<b>EDITOR-IN-CHIEF</b>	<b>Volodymyr Bondarenko</b> , <i>National Mining University, Ukraine</i>
<b>DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF</b>	<b>Iryna Kovalevska</b> , <i>National Mining University, Ukraine</i>
<b>MANAGING EDITOR</b>	<b>Vasyl Lozynskyy</b> , <i>National Mining University, Ukraine</i>
<b>MANAGING EDITOR-IN-CHIEF</b>	<b>Kateryna Sai</b> , <i>National Mining University, Ukraine</i>
<b>ENGLISH LANGUAGE EDITOR</b>	<b>Tetiana Vvedenska</b> , <i>National Mining University, Ukraine</i>
<b>EDITORIAL BOARD:</b>	<p><b>Zacharias Agioutantis</b>, <i>University of Kentucky, USA</i>  <b>Mykola Antoshchenko</b>, <i>Donbass State Technical University, Ukraine</i>  <b>Victor Arad</b>, <i>Universitatea din Petrosani, Romania</i>  <b>Volodymyr Biletskyy</b>, <i>Poltava National Technical Yuriy Kondratyuk University, Ukraine</i>  <b>Anatolii Bulat</b>, <i>M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics, Ukraine</i>  <b>Marek Cala</b>, <i>AGH University of Science and Technology, Poland</i>  <b>Frederick Cawood</b>, <i>University of the Witwatersrand, South Africa</i>  <b>Piotr Czaja</b>, <i>AGH University of Science and Technology, Poland</i>  <b>Andre Dougall</b>, <i>University of Johannesburg, South Africa</i>  <b>Roman Dychkovskyy</b>, <i>National Mining University, Ukraine</i>  <b>Hennadii Haiko</b>, <i>National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine</i>  <b>Monika Hardygóra</b>, <i>KGHM CUPRUM Research &amp; Development Centre, Poland</i>  <b>Xu Jialin</b>, <i>China University of Mining and Technology, China</i>  <b>Domingo Javier Carvajal Gomez</b>, <i>University of Huelva, Spain</i>  <b>Volodymyr Griniov</b>, <i>Institute for Physics of Mining Processes of the NAS of Ukraine, Ukraine</i>  <b>Mykhailo Illiashov</b>, <i>Donetsksteel Plant, Ukraine</i>  <b>Iurii Khalymendyk</b>, <i>National Mining University, Ukraine</i>  <b>Yevstakhii Kryzhanivskyy</b>, <i>Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine</i>  <b>Yueh-Heng Li</b>, <i>National Cheng Kung University, Taiwan</i>  <b>Helmut Mischo</b>, <i>Technische Universität Bergakademie Freiberg, Germany</i>  <b>Serik Moldabaev</b>, <i>Kazakh National Research Technical University After K.I.Satpayev, Kazakhstan</i>  <b>Peter Moser</b>, <i>Montanuniversitaet Leoben, Austria</i>  <b>Thomas Oommen</b>, <i>Michigan Technological University, USA</i>  <b>Morteza Osanloo</b>, <i>Amirkabir University of Technology, Iran</i>  <b>Jan Palarski</b>, <i>Gliwice University of Technology, Poland</i>  <b>Hennadii Pivniak</b>, <i>National Mining University, Ukraine</i>  <b>Stanislaw Prusek</b>, <i>Główny Instytut Górnictwa, Poland</i>  <b>Alex Remennikov</b>, <i>University of Wollongong, Australia</i>  <b>Bozidar Šarler</b>, <i>University of Nova Gorica, Slovenia</i>  <b>Oleksandr Shashenko</b>, <i>National Mining University, Ukraine</i>  <b>Volodymyr Shevchenko</b>, <i>M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics, Ukraine</i>  <b>Mykola Stupnik</b>, <i>Kryvyi Rih National University, Ukraine</i>  <b>Krzysztof Stańczyk</b>, <i>Główny Instytut Górnictwa, Poland</i>  <b>Oleksii Voloshyn</b>, <i>M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics, Ukraine</i>  <b>Biljana Kovacevic Zelic</b>, <i>University of Zagreb, Croatia</i></p>
Founder and editor	National Mining University, Underground Mining Department, Dnipropetrovsk, Ukraine, Certificate of Publisher DK No1842 dated June 11, 2004
Address of editor and editorial office	19 Yavornytskoho Ave., building 4, room 61, Dnipropetrovsk, 49005, tel. +38 (056) 2471472, fax +38 (056) 3742184, e-mail: <a href="mailto:mining.umd@gmail.com">mining.umd@gmail.com</a>
Production	"Litograf", 10a Hohol St, office 38, Dnipropetrovsk, 49005, 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 20210-10010P dated from 30 <sup>th</sup> August 2013. The journal has been included in Ukrainian specialized publication list according to Ministry of Education and Science of Ukraine order No455 from 15.04.2014 (addition No5)



Журнал виходить за підтримки  
української Школи підземної розробки

# Розробка Родовищ

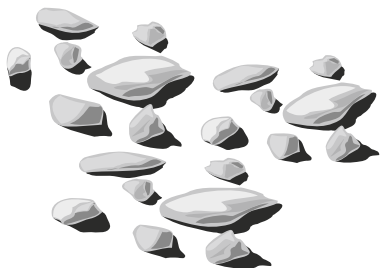
КВАРТАЛЪНИК

Випуск 10  
Номер 2

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

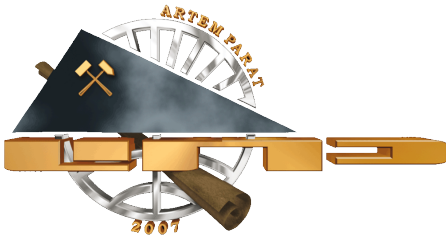
ДОМАШНЯ СТОРІНКА  
[mining.in.ua](http://mining.in.ua)

<http://dx.doi.org/10.15407/mining>



НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
2016

<b>ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР</b>	<b>Володимир Бондаренко</b> , <i>Національний гірничий університет, Україна</i>
<b>ЗАСТУПНИК ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА</b>	<b>Ірина Ковалевська</b> , <i>Національний гірничий університет, Україна</i>
<b>ВІДПОВІДАЛЬНИЙ РЕДАКТОР</b>	<b>Василь Лозинський</b> , <i>Національний гірничий університет, Україна</i>
<b>ЗАСТУПНИК ВІДПОВІДАЛЬНОГО РЕДАКТОРА</b>	<b>Катерина Сай</b> , <i>Національний гірничий університет, Україна</i>
<b>АНГЛОМОВНИЙ РЕДАКТОР</b>	<b>Тетяна Введенська</b> , <i>Національний гірничий університет, Україна</i>
<b>РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:</b>	<p><b>Захаріас Агіоутантіс</b>, <i>Університет Кентуккі, США</i>  <b>Микола Антощенко</b>, <i>Донбаський державний технічний університет, Україна</i>  <b>Віктор Арад</b>, <i>Університет Петросані, Румунія</i>  <b>Володимир Білецький</b>, <i>Полтавський національний технічний університет, Україна</i>  <b>Анатолій Булат</b>, <i>Інститут геотехнічної механіки М.С. Полякова, Україна</i>  <b>Марек Цала</b>, <i>Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця, Польща</i>  <b>Фредерік Кейвуд</b>, <i>Вітватерсрандський університет, ПАР</i>  <b>Пьотр Чає</b>, <i>Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця, Польща</i>  <b>Андре Доугал</b>, <i>Університет Йоханнесбурга, ПАР</i>  <b>Роман Дичковський</b>, <i>Національний гірничий університет, Україна</i>  <b>Геннадій Гайко</b>, <i>Київський політехнічний інститут, Україна</i>  <b>Моніка Хардигура</b>, <i>Науково-дослідний центр “Купрум-мідь”, Польща</i>  <b>Ху Ялін</b>, <i>Китайський університет гірництва та технологій, КНР</i>  <b>Домінго Хав’єр Карваял Гомез</b>, <i>Університет Хуельва, Іспанія</i>  <b>Володимир Грінюв</b>, <i>Інститут фізики гірничих процесів НАН України, Україна</i>  <b>Михайло Ілляшов</b>, <i>Донецьксталь – металургійний завод, Україна</i>  <b>Юрій Халімендик</b>, <i>Національний гірничий університет, Україна</i>  <b>Євстахій Крижанівський</b>, <i>Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна</i>  <b>Юех-Хенг Лі</b>, <i>Ченг-Кунгський національний університет, Тайвань</i>  <b>Хельмут Мішо</b>, <i>Технічний університет “Фрайберзька гірнична академія”, ФРН</i>  <b>Серік Молдабаєв</b>, <i>Казахський національний технічний університет, Казахстан</i>  <b>Петер Мозер</b>, <i>Монтануніверситет Леобен, Австрія</i>  <b>Томас Ооммен</b>, <i>Мічиганський технологічний університет, США</i>  <b>Мортеза Осанло</b>, <i>Аміркабірський технологічний університет, Іран</i>  <b>Ян Палярскі</b>, <i>Силезький технологічний університет, Польща</i>  <b>Геннадій Півняк</b>, <i>Національний гірничий університет, Україна</i>  <b>Станіслав Прусек</b>, <i>Головний інститут гірництва, Польща</i>  <b>Алекс Ременніков</b>, <i>Вуллонгонгський університет, Австралія</i>  <b>Бозідар Сарлер</b>, <i>Новогорицький університет, Словенія</i>  <b>Олександр Шашенко</b>, <i>Національний гірничий університет, Україна</i>  <b>Володимир Шевченко</b>, <i>Інститут геотехнічної механіки М.С. Полякова, Україна</i>  <b>Микола Ступнік</b>, <i>Криворізький національний університет, Україна</i>  <b>Кжиштоф Станьчик</b>, <i>Головний інститут гірництва, Польща</i>  <b>Олексій Волошин</b>, <i>Інститут геотехнічної механіки М.С. Полякова, Україна</i>  <b>Біл’яна Ковацевіц Зеліц</b>, <i>Загребський університет, Хорватія</i></p>
<b>Засновник та видавець</b>	Національний гірничий університет, кафедра підземної розробки родовищ, Дніпропетровськ, Україна, Свідоцтво суб’єкта видавничої справи ДК №1842 від 11.06.2004
<b>Адреса видавця та редколегії</b>	49005, м. Дніпропетровськ, просп. Яворницького 19, корпус 4, к. 61, тел. +38 (056) 2471472, факс +38 (056) 3742184, e-mail: <a href="mailto:mining.umd@gmail.com">mining.umd@gmail.com</a>
<b>Виготовлення</b>	49005, м. Дніпропетровськ, вул. Гоголя 10а, к. 38, “Літограф”, Наклад 120 примірників. Формат 60×90/8. Папір крейдований
<b>Зареєстровано</b>	у Міністерстві Юстиції України. Реєстраційний номер КВ 200210-10010Р від 30.08.2013 р. Включений до Переліку фахових видань України згідно наказу Міністерства освіти і науки України №455 від 15.04.2014 (додаток №5)



Журнал выходит при поддержке  
украинской Школы подземной разработки

# Разработка Месторождений

КВАРТАЛЫНИК

Выпуск 10  
Номер 2

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

ДОМАШНЯЯ СТРАНИЦА  
[mining.in.ua](http://mining.in.ua)  
<http://dx.doi.org/10.15407/mining>



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
2016

<b>ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР</b>	<b>Владимир Бондаренко</b> , <i>Национальный горный университет, Украина</i>
<b>ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА</b>	<b>Ирина Ковалевская</b> , <i>Национальный горный университет, Украина</i>
<b>ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР</b>	<b>Василий Лозинский</b> , <i>Национальный горный университет, Украина</i>
<b>ЗАМЕСТИТЕЛЬ ОТВЕТСТВЕННОГО РЕДАКТОРА</b>	<b>Екатерина Сай</b> , <i>Национальный горный университет, Украина</i>
<b>АНГЛОЯЗЫЧНЫЙ РЕДАКТОР</b>	<b>Татьяна Введенская</b> , <i>Национальный горный университет, Украина</i>
<b>РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:</b>	<p><b>Захариас Агиоутантис</b>, <i>Университет Кентукки, США</i>  <b>Николай Антощенко</b>, <i>Донбасский государственный технический университет, Украина</i>  <b>Виктор Арад</b>, <i>Университет Петросани, Румыния</i>  <b>Владимир Билецкий</b>, <i>Полтавский национальный технический университет, Украина</i>  <b>Анатолий Булат</b>, <i>Институт геотехнической механики М.С. Полякова, Украина</i>  <b>Марек Цала</b>, <i>Горно-металлургическая академия им. Станислава Сташица, Польша</i>  <b>Фредерик Кейвуд</b>, <i>Витватерсрандский университет, ЮАР</i>  <b>Пётр Чая</b>, <i>Горно-металлургическая академия им. Станислава Сташица, Польша</i>  <b>Андре Доугал</b>, <i>Университет Йоханнесбурга, ЮАР</i>  <b>Роман Дычковский</b>, <i>Национальный горный университет, Украина</i>  <b>Геннадий Гайко</b>, <i>Киевский политехнический институт, Украина</i>  <b>Моника Хардыгура</b>, <i>Научно-исследовательский центр “Купрум-медь”, Польша</i>  <b>Ху Ялин</b>, <i>Китайский университет горного дела и технологий, КНР</i>  <b>Доминго Хавьер Карваял Гомез</b>, <i>Университет Хуэльва, Испания</i>  <b>Владимир Гринев</b>, <i>Институт физики горных процессов НАН Украины, Украина</i>  <b>Михаил Ильяшов</b>, <i>Донецксталь – металлургический завод, Украина</i>  <b>Юрий Халимендик</b>, <i>Национальный горный университет, Украина</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>Хельмут Мишо</b>, <i>Фрайбергская горная академия, ФРГ</i>  <b>Серик Молдабаев</b>, <i>Казахский национальный технический университет, Казахстан</i>  <b>Петер Мозер</b>, <i>Монтануниверситет Леобен, Австрия</i>  <b>Томас Ооммен</b>, <i>Мичиганский технический университет, США</i>  <b>Мортеза Осанло</b>, <i>Амиркабирский технологический университет, Иран</i>  <b>Ян Палярски</b>, <i>Силезский технологический университет, Польша</i>  <b>Геннадий Пивняк</b>, <i>Национальный горный университет, 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>Александр Шашенко</b>, <i>Национальный горный университет, Украина</i>  <b>Владимир Шевченко</b>, <i>Институт геотехнической механики М.С. Полякова, Украина</i>  <b>Николай Ступник</b>, <i>Криворожский национальный университет, Украина</i>  <b>Кжиштоф Станчик</b>, <i>Главный институт горного дела, Польша</i>  <b>Алексей Волошин</b>, <i>Институт геотехнической механики М.С. Полякова, Украина</i>  <b>Бильяна Ковацевиц Зелиц</b>, <i>Загребский университет, Хорватия</i></p>

Основатель и издатель Национальный горный университет, кафедра подземной разработки месторождений, Днепропетровск, Украина, Свидетельство субъекта издательского дела ДК №1842 от 11.06.2004

Адрес издателя и редколлегии 49005, г. Днепропетровск, просп. Яворницкого 19, корпус 4, к. 61, тел. +38 (056) 2471472, факс +38 (056) 3742184, e-mail: [mining\\_umd@gmail.com](mailto:mining_umd@gmail.com)

Изготовление 49005, г. Днепропетровск, ул. Гоголя 10а, к. 38, “Литограф”, Тираж 120 экземпляров. Формат 60×90/8. Бумага мелованная

Зарегистрировано в Министерстве Юстиции Украины. Регистрационный номер КВ 200210-10010Р от 30.08.2013 г. Включен в Перечень специализированных изданий Украины согласно приказа Министерства образования и науки Украины №455 от 15.04.2014 (приложение №5)