

The journal is supported by the  
Ukrainian School of Underground Mining

# Mining of Mineral Deposits

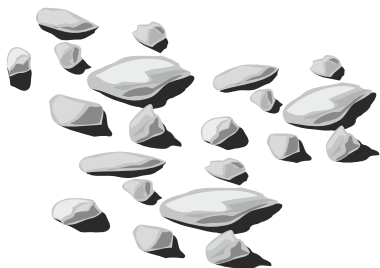
QUARTERLY

Volume 11  
Issue 3

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

JOURNAL HOMEPAGE

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



NATIONAL MINING UNIVERSITY  
2017

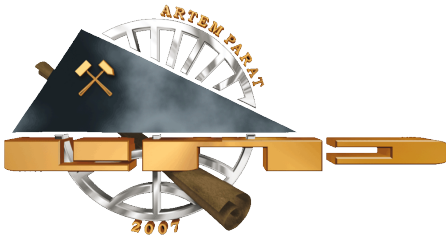
<b>EDITOR-IN-CHIEF</b>	<b>Volodymyr Bondarenko</b> , <i>National Mining University, Ukraine</i>
<b>DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF</b>	<b>Iryna Kovalevska</b> , <i>National Mining University, Ukraine</i>
<b>DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF</b>	<b>Vasyl Lozynskyy</b> , <i>National Mining University, Ukraine</i>
<b>MANAGING EDITOR</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 Yuri Kondratyuk University, Ukraine</i>  <b>Anatolii Bulat</b>, <i>Institute of Geotechnical Mechanics named after M.S. Polyakov of the NAS, 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 "Igor Sikorsky 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, Ukraine</i>  <b>Mykhailo Illiashov</b>, <i>Donetsksteel Plant, Ukraine</i>  <b>Vsevolod Kalinichenko</b>, <i>Kryvyi Rih National University, Ukraine</i>  <b>Oleksandr Krukovskyy</b>, <i>Institute of Geotechnical Mechanics named after M.S. Polyakov of the NAS, 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 named after K.I. Satpayev, Kazakhstan</i>  <b>Peter Moser</b>, <i>Montanuniversität 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>Ivan Sakhno</b>, <i>Donetsk National Technical University, Ukraine</i>  <b>Olena Sdyzhkova</b>, <i>National Mining University, Ukraine</i>  <b>Bozidar Šarler</b>, <i>University of Nova Gorica, Slovenia</i>  <b>Oleksandr Shashenko</b>, <i>National Mining University, Ukraine</i>  <b>Mykola Stupnik</b>, <i>Kryvyi Rih National University, Ukraine</i>  <b>Krzysztof Stańczyk</b>, <i>Główny Instytut Górnictwa, Poland</i>  <b>Biljana Kovacevic Zelic</b>, <i>University of Zagreb, Croatia</i></p>

Founder and editor National Mining University, Underground Mining Department, Dnipro, Ukraine  
Certificate of Publisher DK No.1842 dated June 11, 2004

Address of editor and editorial office 19 Yavornytskoho Ave., building 4, room 61, 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 22864-12764 PR dated from August 7, 2017. The journal has been included in Ukrainian specialized publication list according to Ministry of Education and Science of Ukraine order No.455 from April 15, 2014 (addition No.5)



Журнал виходить за підтримки  
української Школи підземної розробки

# Розробка Родовищ

КВАРТАЛЪНИК

Випуск 11  
Номер 3

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

ДОМАШНЯ СТОРІНКА

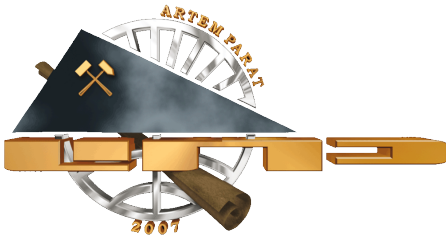
[mining.in.ua](http://mining.in.ua)

<https://doi.org/10.15407/mining>



НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
2017

<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>ЗАСТУПНИК ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА</b>	<b>Василь Лозинський</b> , <i>Національний гірничий університет, Україна</i>
<b>ВІДПОВІДАЛЬНИЙ РЕДАКТОР</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 ім. Юрія Кондратюка, Україна</i>  <b>Анатолій Булат</b>, <i>Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН, Україна</i>  <b>Марек Цава</b>, <i>Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця, Польща</i>  <b>Фредерік Кейвуд</b>, <i>Вітватерсрандський університет, Південно-Африканська Республіка</i>  <b>Пьотр Чая</b>, <i>Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця, Польща</i>  <b>Андре Доугал</b>, <i>Університет Йоханнесбурга, Південно-Африканська Республіка</i>  <b>Роман Дичковський</b>, <i>Національний гірничий університет, Україна</i>  <b>Геннадій Гайко</b>, <i>Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”, Україна</i>  <b>Моніка Хардигура</b>, <i>Науково-дослідний центр “Купрум-мідь”, Польща</i>  <b>Ху Ялін</b>, <i>Китайський університет гірництва та технологій, Китай</i>  <b>Домінго Хав’єр Карваял Гомез</b>, <i>Університет Хуельва, Іспанія</i>  <b>Володимир Гріньов</b>, <i>Інститут фізики гірничих процесів НАН, Україна</i>  <b>Михайло Ілляшов</b>, <i>Донецьксталь – металургійний завод, Україна</i>  <b>Всеволод Калініченко</b>, <i>Криворізький національний університет, Україна</i>  <b>Олександр Круковський</b>, <i>Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН, 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 гірнича академія”, Німеччина</i>  <b>Серік Молдабаєв</b>, <i>Казахський національний дослідний технічний університет ім. К.І. Сатпаєва, 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>Іван Сахно</b>, <i>Донецький національний технічний університет, Україна</i>  <b>Олена Сдвижкова</b>, <i>Національний гірничий університет, Україна</i>  <b>Олександр Шашенко</b>, <i>Національний гірничий університет, Україна</i>  <b>Микола Ступнік</b>, <i>Криворізький національний університет, Україна</i>  <b>Кжиштоф Станьчик</b>, <i>Головний інститут гірництва, Польща</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, 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. 61 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 КВ 22864-12764 ПР від 07.08.2017 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

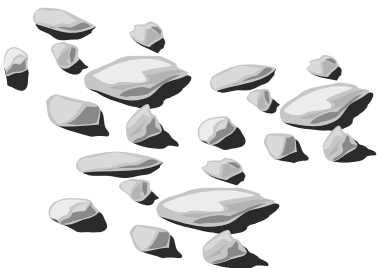
Выпуск 11  
Номер 3

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

ДОМАШНЯЯ СТРАНИЦА

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

<https://doi.org/10.15407/mining>



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
2017

<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>ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА</b>	<b>Василий Лозинский</b> , <i>Национальный горный университет, Украина</i>
<b>ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР</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 Агноутантис</b>, <i>Университет Кентукки, США</i></p> <p><b>Николай Антощенко</b>, <i>Донбасский государственный технический университет, Украина</i></p> <p><b>Виктор Арад</b>, <i>Университет Петросани, Румыния</i></p> <p><b>Владимир Билецкий</b>, <i>Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка, Украина</i></p> <p><b>Анатолий Булат</b>, <i>Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН, Украина</i></p> <p><b>Марек Цава</b>, <i>Горно-металлургическая академия им. Станислава Сташица, Польша</i></p> <p><b>Фредерик Кейвуд</b>, <i>Витватерсрандский университет, Южно-Африканская Республика</i></p> <p><b>Пётр Чая</b>, <i>Горно-металлургическая академия им. Станислава Сташица, Польша</i></p> <p><b>Андре Доугал</b>, <i>Университет Йоханнесбурга, Южно-Африканская Республика</i></p> <p><b>Роман Дычковский</b>, <i>Национальный горный университет, Украина</i></p> <p><b>Геннадий Гайко</b>, <i>Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского”, Украина</i></p> <p><b>Моника Хардыгура</b>, <i>Научно-исследовательский центр “Купрум-медь”, Польша</i></p> <p><b>Ху Ялин</b>, <i>Китайский университет горного дела и технологий, Китай</i></p> <p><b>Доминго Хавьер Карваял Гомез</b>, <i>Университет Хуэльва, Испания</i></p> <p><b>Владимир Гринев</b>, <i>Институт физики горных процессов НАН, Украина</i></p> <p><b>Михаил Ильяшов</b>, <i>Донецксталь – металлургический завод, Украина</i></p> <p><b>Всеволод Калининченко</b>, <i>Криворожский национальный университет, Украина</i></p> <p><b>Александр Круковский</b>, <i>Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН, Украина</i></p> <p><b>Евстахий Крыжановский</b>, <i>Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Украина</i></p> <p><b>Юэх-Хенг Ли</b>, <i>Ченг-Кунгский национальный университет, Тайвань</i></p> <p><b>Хельмут Мишо</b>, <i>Фрайбергская горная академия, Германия</i></p> <p><b>Серик Молдабаев</b>, <i>Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Казахстан</i></p> <p><b>Петер Мозер</b>, <i>Монтануниверситет Леобен, Австрия</i></p> <p><b>Томас Ооммен</b>, <i>Мичиганский технический университет, США</i></p> <p><b>Мортеза Осанло</b>, <i>Амиркабирский технологический университет, Иран</i></p> <p><b>Ян Палярски</b>, <i>Силезский технологический университет, Польша</i></p> <p><b>Геннадий Пивняк</b>, <i>Национальный горный университет, Украина</i></p> <p><b>Станислав Прусек</b>, <i>Главный институт горного дела, Польша</i></p> <p><b>Алекс Ременников</b>, <i>Вуллонгонгский университет, Австралия</i></p> <p><b>Бозидар Сарлер</b>, <i>Новогорицкий университет, Словения</i></p> <p><b>Иван Сахно</b>, <i>Донецкий национальный технический университет, Украина</i></p> <p><b>Елена Сдвижкова</b>, <i>Национальный горный университет, Украина</i></p> <p><b>Александр Шашенко</b>, <i>Национальный горный университет, Украина</i></p> <p><b>Николай Ступник</b>, <i>Криворожский национальный университет, Украина</i></p> <p><b>Кжиштоф Станчик</b>, <i>Главный институт горного дела, Польша</i></p> <p><b>Бильяна Ковацевич Зелиц</b>, <i>Загребский университет, Хорватия</i></p>
Основатель и издатель	Национальный горный университет, кафедра подземной разработки месторождений, 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. 61 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 КВ 22864-12764 ПР от 07.08.2017 Включен в Перечень специализированных изданий Украины согласно приказа Министерства образования и науки Украины №455 от 15.04.2014 (приложение №5)