



Уважаемые читатели!

По сложившейся традиции уже третий год подряд первый номер «Горного журнала» посвящен вопросам теоретической, прикладной и экспериментальной геомеханики. Этот выпуск приурочен к работе IV Технического совета по геомеханике, который проводится в рамках Международного научного симпозиума «Неделя горняка-2022».

Хочется сказать отдельные слова благодарности руководству и редакции «Горного журнала» за организацию, поддержку и участие в работе Технического совета по геомеханике.

Формат проведения Технического совета по геомеханике ежегодно привлекает все больше и больше специалистов из России, стран СНГ и дальнего зарубежья. В 2021 г. в работе Совета участвовало более 150 человек в очном и дистанционном режиме. В нынешнем году число участников превышает 200 человек. В работе Совета активно участвуют ведущие научно-образовательные организации и институты, горнодобывающие, научно-производственные и горные консалтинговые компании.

Тема первого номера Горного журнала в 2022 г. соответствует тематике совета «Выявление геотехнических рисков аварий на производстве – ключевой элемент безопасной и эффективной работы горнодобывающего предприятия». Управление рисками на горных производствах осуществляется в настоящее время, как правило, по традиционной схеме оценки финансовых рисков без учета горно-геологических и геотехнических особенностей. Поэтому в XXI в. основной целью работ в области оценки технико-производственных рисков должна быть разработка эффективных методов оценки уровней вероятности и воздействия аварийных событий, связанных с геотехническими условиями ведения горных работ на горнодобывающих предприятиях с учетом специфики горного производства.

Надеюсь, что инициатива руководителей и технического персонала горнодобывающих компаний, ведущих ученых, молодых специалистов, эффективная работа Технического совета и редакции «Горного журнала» будет способствовать развитию в России нового направления и методов оценки геотехнических рисков, что в итоге позволит обеспечить высокий уровень безопасности и повысить эффективность горных работ.

В. А. Еременко, директор научно-исследовательского центра «Прикладная геомеханика и конвергентные горные технологии» Горного института НИТУ «МИСиС», докт. техн. наук, проф. РАН

Основным приоритетом при осуществлении установленных полномочий Ростехнадзора, как известно, является контроль за соблюдением установленных требований, обеспечивающих безопасное состояние недр и безопасное ведение работ, связанных с пользованием недрами, на горнодобывающих предприятиях страны. Несмотря на принимаемые меры по совершенствованию надзорной деятельности и своевременное проведение контрольных и профилактических мероприятий, по-прежнему остается непросто положение с обеспечением соблюдения требований промышленной безопасности на поднадзорных объектах.



Разработка эффективных методов оценки вероятности возникновения аварийных ситуаций на горнодобывающих предприятиях позволит в дальнейшем усовершенствовать нормативно-правовую базу с целью обеспечения безопасного ведения горных работ и изменить подходы, например, к идентификации опасных производственных объектов уже не по общим характеристикам производственных показателей, а на основе прогнозируемых и рассчитанных рисков возможного возникновения аварий и инцидентов в конкретных горно-геологических условиях. Насколько посильна эта задача, как раз и стоит ответить столь высокому собранию специалистов-геомехаников. Процесс совершенствования нормативной правовой базы не быстрый, но уверен, что он верный и неизбежный.

Ежегодное проведение Технического совета по геомеханике в Горном институте НИТУ «МИСиС» позволяет нам всем более глубоко понимать и структурировать геомеханические и геотехнические проблемы, возникающие в процессе ведения горных работ, и определять приоритетные современные задачи, которые необходимо решать в ближайшей перспективе. Очень важно, что IV Технический совет по геомеханике посвящен управлению геотехническими рисками при ведении горных работ, а именно: их выявлению, оценке и контролю.

Весомым является и то, что Технический совет по геомеханике и Издательский дом «Руда и Металлы» ежегодно выпускают тематический номер «Горного журнала», посвященный вопросам теоретической, прикладной и экспериментальной геомеханики. Данная традиция способствует обмену передовым опытом ведения горных работ между учеными и специалистами ведущих российских и зарубежных компаний, научно-исследовательских и проектных организаций.

Развивающиеся в рамках данных мероприятий инициативы позволят улучшить законодательную базу России в области недропользования и, надеюсь, снизить еще остающийся довольно высоким уровень травматизма на горнодобывающих предприятиях.

А. Б. Алексеев, заместитель начальника Управления – начальник отдела маркшейдерского контроля и безопасного недропользования Управления горного надзора Ростехнадзора



Людам свойственно не думать о рисках, надеясь на удачные обстоятельства, так же как и субъективное мнение при экспертной оценке риска часто не позволяет принять эффективное решение для митигации риска. В связи с этим перспективным направлением является риск-инженерный подход, позволяющий дать количественную оценку уровня вероятности и уровня воздействия риска. Разработка методик оценки уровня вероятности риска на основании параметров безопасной эксплуатации и обоснование четких барьеров, препятствующих возникновению негативных событий, может быть перспективным направлением развития горной науки. При этом эффективность данных методик оценки риска в горной отрасли возможен только при наличии содержательной профессиональной коммуникации.

Необходимо, чтобы Технический совет по геомеханике, проводимый ежегодно в Горном институте НИТУ «МИСиС», и «Горный журнал» стали такой дискуссионной площадкой, которая поможет обеспечить научную коммуникацию, обмен идеями и результатами исследований, а также будет способствовать внедрению новых научных разработок в практику работы горнодобывающих организаций для достижения благородной цели – сохранения жизни горняков.

А. С. Федянин, руководитель Инспекции по мониторингу технико-производственных и экологических рисков ПАО ГМК «Норильский никель», PhD, доцент



Основан в 1825 году
при Горном кадетском корпусе

ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ

Ежемесячный научно-технический
и производственный журнал
Электронное периодическое издание

№ 1 (2294)
ЯНВАРЬ 2022

Базовый печатный орган Межправительственного совета стран СНГ
по разведке, использованию и охране недр

Официальный информационный орган Федерального УМО
«Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия»

Журнал выпускается при участии: АК «АЛРОСА» (ПАО), АО «Апатит»,
ПАО «ГМК «Норильский никель», НПК «Механобр-техника» (АО)

При содействии: ФГБУН ИГКОН РАН, ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный
университет», Государственного предприятия «Новоийский ГМК», НП «Горнопромышленники
России», Государственного Эрмитажа

Информационный координатор тематики технологического обеспечения добычи
минерального сырья – АО «ВНИПИПромтехнологии» – инженеринговый центр
горнорудного дивизиона Госкорпорации «Росатом»

УЧРЕДИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОННОГО ПЕРИОДИЧЕСКОГО ИЗДАНИЯ:

Акционерное общество «Издательский дом «Руда и Металлы»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

В. В. Адушкин, В. Ж. Аренс, А. А. Барях, О. С. Брюховецкий, Н. Г. Валиев,
В. А. Винников (руководитель секции «Физика горных пород и процессов»),
А. Г. Воробьев (председатель правления «Горного журнала»), Л. Д. Гагут
(руководитель секции «Экономика, управление, недропользование»),
Ж. К. Галиев, В. А. Ерёмченко, Б. Н. Заровняев, В. Н. Захаров, В. П. Zubov,
И. В. Зырянов, П. А. Игнатов, О. И. Казанин, Н. О. Каледина (руководитель секции
«Охрана труда и окружающей среды»), Д. Р. Каплунов (руководитель секции
«Разработка месторождений и горно-строительные работы»), В. Ю. Керимов,
Е. А. Козловский (руководитель секции «Сырьевая база»), С. В. Кривовичев,
В. С. Литвиненко, А. Б. Макаров, Ю. Н. Малышев, О. Н. Мальгин, О. С. Мисников,
Д. В. Пастихин, В. Л. Петров (руководитель секции «Образование и кадровое
обеспечение горной промышленности»), Г. Г. Пивняк, В. С. Святецкий,
И. О. Темкин (руководитель секции «Автоматизация»), Е. М. Титиевский,
С. М. Ткач, К. Н. Трубецкой, В. А. Чантурия (руководитель секции «Переработка
и комплексное использование полезных ископаемых»), А. Н. Шабаров,
Е. Е. Шешко (руководитель секции «Горное оборудование, электроснабжение»),
Т. И. Юшина, А. Б. Яновский

РУКОВОДИТЕЛИ ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВ В СТРАНАХ И РЕГИОНАХ:

Азим Иброхим (Таджикистан), С. С. Арзуманян (Армения),
Ю. И. Волков (КМА, Россия), С. Вуйич (Сербия), И. И. Головатый (Беларусь),
О. А. Одеков (Туркменистан), И. Ю. Рассказов (Дальневосточный регион, Россия),
У. Д. Рыскулов (Кыргызстан) И. Б. Табакман (Канада), А. Г. Твалчрелидзе (Грузия),
Л. И. Тотев (Болгария), Ф. Уолл (Великобритания), А. Ф. Цеховой (Казахстан),
К. С. Санакулов (Кызылкумский регион, Узбекистан), М. Эрикссон (Швеция),
З. Дж. Эфендиева (Азербайджан), В. Л. Яковлев (Средний и Полярный Урал, Россия)

**Журнал по решению ВАК Министерства образования и науки РФ включен
в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых
должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» по разработке
месторождений твердых полезных ископаемых, экономике, энергетике**

Журнал входит в Международные реферативные базы данных
SCOPUS и CHEMICAL ABSTRACTS SERVICE

РЕДАКЦИЯ:

временно исполняющий обязанности
главного редактора А. Г. Воробьев,
ведущий редактор Л. Е. Костина,
редактор В. А. Елистратова,
младший редактор М. Д. Матвеева,
менеджер по рекламе Н. И. Колыхалова,
специалист по доредакционной
подготовке Д. И. Воробьева

Издатель – АО «Издательский дом «Руда и Металлы»

Адрес издателя: 119049, Москва, Ленинский просп., д. 6,
строение 2, НИТУ «МИСиС», оф. 622

Адрес редакции: 119049, Москва, Ленинский просп., д. 6, стр. 2
НИТУ «МИСиС», оф. 619
Тел.: +7 (499) 236-10-62
Эл. почта: gornjournal@rudmet.ru

Почтовый адрес: 119049, Москва, а/я № 71

Отдел рекламы:

Тел/факс: +7 (499) 236-11-86
Эл. почта: reklama@rudmet.ru

www.rudmet.ru

Ежемесячный научно-технический
и производственный журнал «Горный журнал»
Электронное периодическое издание

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
(Свидетельство Эл № ФС77–43411 от 30.12.2010 г.)

Товарный знак и название «Горный журнал» являются исключительной
собственностью Издательского дома «Руда и Металлы»

Дата выхода в свет: 02.02.2021
Формат 60×90/8. Печ. л. 15,5

Цена свободная

- За достоверность рекламной информации
ответственность несет рекламодатель
- За достоверность научно-технической информации
ответственность несет автор
- Все материалы, поступающие в редакцию,
строго рецензируются и рассматриваются на заседаниях
соответствующих секций и редакционной коллегии
- Мнение редакции может не совпадать с позицией
авторов статей, опубликованных в журнале
- Перепечатка материалов возможна только
с письменного разрешения редакции
- При перепечатке ссылка на «Горный журнал» обязательна
- За сроки размещения метаданных опубликованных статей
в базе данных Scopus редакция ответственности не несет

ISSN 0017-2278



9 770017 227004 >

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ГЕОМЕХАНИКИ

Шадрин М. А., Сидоров Д. В., Корнаушенко А. П., Мулев С. Н. Современная геомеханическая оценка влияния горно-тектонических ударов на устойчивость горных выработок СУБРа	4
Федянин А. С. Стратегия организации контроля и управления технико-производственными рисками горнодобывающих предприятий	11
Тарасов Б. Г. Физический смысл хрупкости горных пород при сжатии и универсальный критерий хрупкости для этих условий	15
Еременко В. А., Винников В. А., Косырева М. А., Лагутин Д. В. Определение параметров залегания трещин в породном массиве на основе оптической съемки скважин и интервального геотехнического документирования неориентированных кернов	21
Семенова И. Э., Аветисян И. М. Развитие концепции геомеханического обоснования горных работ в удароопасных условиях	28
Айнбиндер И. И., Пацкевич П. Г., Красюкова Е. В., Аверин А. П. Обоснование стратегии поддержания устойчивости подземных горных выработок в условиях действующих повышенных анизотропных напряжений	34
Айкин А. В., Шихаметов Р. В., Заятдинов Д. Ф., Пряничников Е. Д. Обоснование оптимальных параметров системы разработки Ирокиндинского золоторудного месторождения	41
Курцев Б. В., Федотов Г. С. Геомеханическое сопровождение горных работ с использованием ГГИС Micromine	45
Грэй И., Шутов А. Б. Измерение напряжений в горном массиве методом обуривания с помощью инструмента SIGRA IST	50
Неверов С. А., Шапошник Ю. Н., Неверов А. А., Конурич А. И. Об интеграции отечественных и зарубежных классификаций устойчивости массива пород для обоснования крепления горных выработок	56
Сергунин М. П. Тестирование алгоритмов машинного обучения на примере влияния гравитационного поля Земли на выделение гелия	62

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Еременко А. А., Гаврилов А. Г., Штирц В. А., Писарев В. С. Оценка геомеханического состояния породного целика между земной поверхностью и кровлей выработанного пространства при отработке слепого рудного тела на Шерегешевском месторождении	68
Сергунин М. П., Марысюк В. П., Дарбинян Т. П., Сабянин Г. В. Кинематический анализ параметров сдвига горных пород в системах разработки с обрушением руды и вмещающих пород	74

Дарбинян Т. П., Лозицкий В. А., Гоголев Д. В., Баландин В. В. Текущее состояние и перспективные направления совершенствования комплекса закладочных работ на подземных рудниках ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»	80
Вьюников А. А., Ворожцов С. Г., Пуль Э. К., Хоютанова Н. В. Предотвращение внезапных выбросов породы и газа при ведении горных работ на сверхглубоких горизонтах рудника «Интернациональный» АК «АЛРОСА»	85
Зубков А. А., Волков П. В., Кутлубаев И. М., Неугомонов С. С. Совершенствование технических решений при креплении горных выработок фрикционной анкерной крепью СЗА в сложных горно-геологических условиях	92
Шуртин Д. А., Дудин А. А., Лысенко М. В. Технологии крепления горных выработок самоходными установками с использованием канатных анкеров: опыт применения и перспективы развития	97
Гречишкин П. В., Щербаков В. Н., Зеяева Е. А., Зайцев Я. И. Оценка эффективности мероприятий по управлению кровлей в конвейерном штреке 555 на шахте «Чертинская-Коксовая»	101
Джуманбаев В. В., Курманалиев К. З., Мансуров В. А. Геотехнические риски сверхнормативных потерь при разработке приповерхностных контуров	108
Джуманбаев В. В., Курманалиев К. З., Мансуров В. А., Межеловский В. И. Оценка минимально-промышленного содержания золота в рудах месторождения Ширальджин методом аналогий геотехнических условий породных массивов	113
Разумов Е. А., Венгер В. Г., Пудов Е. Ю., Калинин С. И. Направление главного вектора горизонтальных напряжений в углепородном массиве и устойчивость подготовительных выработок	119

РЕКЛАМА

На обложке:

Компания AMC Consultants

ООО «ГЕОБРУГТ»

Внутри журнала:

НИЦ «Прикладная геомеханика и конвергентные геотехнологии» Горного института НИТУ «МИСиС» 27 |

Компания Siga Pty Ltd. Мы создаем решения 55 |

ООО «СПб-Гипрошахт». Проектно-консалтинговая компания 67 |

ООО НИЦ-ИПГП «РАНК». Создание цифровых моделей горных предприятий 90 |

ООО «УралЭнергоРесурс». Инновационная технология нанесения полимерного покрытия на самозакрепляющиеся анкерные крепи 106 |

Научно-производственное объединение «Алзамир» 118 |

На первой странице обложки использована фотография, предоставленная АК «АЛРОСА» (ПАО)

MONTHLY SCIENTIFIC-TECHNICAL AND INDUSTRIAL JOURNAL

The basic edition of the Intergovernmental council of CIS countries in exploration, usage and protection of the earth bowels

With participation of “ALROSA” PJSC, “Apatit” JSC, PJSC “MMC “NORILSK NICKEL”, “Mekhanobr-Technica” JSC
 With assistance of IPKON RAN, Ural State Mining University, State enterprise Navoi mining and metallurgical works, “Gornopromyshlenniki Rossii” non-commercial partnership, State Hermitage Museum
 Information coordinator in the area of mineral mining technologies – VNIIPromtekhologii (National Research and Design Institute for Industrial Technology) – Engineering Center of Rosatom State Atomic Energy Corporations’ Mining Division
 Founders: “Ore & Metals” Publishing house, National University of Science and Technology “MISIS”, Autonomous Noncommercial Organization “TV News Channel “Khibiny TV”

Chairman of the managing board, Acting Chief Editor: **Alexander Vorobiev**

Actual address: Moscow, Leninsky prospekt 6 bld. 2, office 619
Mailing address: Russia, 119049, Moscow, P.O. Box # 71
Phone/fax: +7 (499) 236-10-62, +7 (499) 236-11-86
E-mail: gornjournal@rudmet.com
Internet: www.rudmet.com

The journal has been published since 1825 at Mining military school

Publisher: “Ore & Metals” publishing house
 Phone/fax: +7 (495) 638-45-18
 E-mail: rim@rudmet.com

Leading editor: **Lyudmila Kostina**
 Editor: **Vera Elistratova**
 Junior editor: **Margarita Matveeva**
 Advertising manager: **Natalia Kolykhalova**
 Responsible for pre-printing work: **Daria Vorobyeva**

Printed in “Viva Star” printing house

CONTENTS

GENERAL ISSUES OF GEOMECHANICS

Shadrin M. A., Sidorov D. V., Kornaushenko A. P., Mulev S. N. Modern geomechanical assessment of influence of rockbursts in tectonic areas on mine stability in the North Urals Bauxite Mine 4

Fedyanin A. S. Production and technical risk assessment and management strategy in the mining industry 11

Tarasov B. G. Physical sense of rock brittleness in compression and the associate universal brittleness criterion 15

Eremenko V. A., Vinnikov V. A., Kosyreva M. A., Lagutin D. V. Identification of rock jointing parameters by borehole imaging and interval geotechnical documentation of non-oriented drill cores 21

Semenova I. E., Avetisyan I. M. Geomechanical foundation for mining in rockburst-hazardous conditions: Concept development 28

Ainbinder I. I., Patskevich P. G., Krasnyukova E. V., Averin A. P. Justification of stability strategy for underground mine openings under higher effective anisotropic stresses 34

Aikin A. V., Shikhametov R. V., Zayatdinov D. F., Pryanichnikov E. D. Justification of optimal mining system parameters for Irokinda gold deposit 41

Kurtsev B. V., Fedotov G. S. MICROMINE-based geomechanical supervision of mining 45

Gray I., Shutov A. B. Rock mass stress measurement by coring with SIGRA IST tool 50

Neverov S. A., Shaposhnik Yu. N., Neverov A. A., Konurin A. I. Integration of Russian and foreign rock mass stability classifications for validation of mine support systems . . 56

Sergunin M. P. Testing machine learning algorithms as a case-study of gravity effect on helium emission 62

APPLIED RESEARCHES

Eremenko A. A., Gavrilov A. G., Shtirts V. A., Pisarev V. S. Geomechanical behavior of crown pillar between ground surface and mined-out void roof in mining blind ore body on Sheregeshevsky deposit 68

Sergunin M. P., Marysyuk V. P., Darbinyan T. P., Sabyanin G. V. Kinematic analysis of rock mass movement parameters in mining systems with caving 74

Darbinyan T. P., Lozitsky V. A., Gogolev D. V., Balandin V. V. Backfill improvement in underground mines of NorNickel’s Polar Division: Current situation and prospects 80

Vyunikov A. A., Vorozhtsov S. G., Pul E. K., Khoyutanova N. V. Prevention of rock and gas outbursts in superdeep-level mining in Internatsionalny Mine of ALROSA . . . 85

Zubkov A. A., Volkov P. V., Kutlubaev I. M., Neugomonov S. S. Improvement of engineering solutions on friction-anchored rockbolting in mine support in difficult geological conditions 92

Shurtin D. A., Dudin A. A., Lysenko M. V. Technologies of mine roof support using cable bolters: Experience and prospects 97

Grechishkin P. V., Shcherbakov V. N., Zelyaeva E. A., Zaitsev Ya. I. Efficiency evaluation of roof rock control in conveyor drift 555 in Chertinskaya-Koksovaya Mine 101

Dzhumanbaev V. V., Kurmanaliev K. Z., Mansurov V. A. Geotechnical risks of above-standard losses in shallow mining . . 108

Dzhumanbaev V. V., Kurmanaliev K. Z., Mansurov V. A., Mezhelovsky V. I. Cut-off grade determination at Shiraldzhin gold deposit by the analogy method of geotechnical engineering 113

Razumov E. A., Venger V. G., Pudov E. Yu., Kalinin S. I. Effect exerted by the direction of the resultant vector of horizontal stresses in coal and rock mass on the stability of temporary roadways 119