

**ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ НАУК  
И ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

(к итогам Всероссийской конференции с участием иностранных ученых 1–5 октября 2018 г.)

1–5 октября 2018 г. в Новосибирске прошла Всероссийская конференция с международным участием “Проблемы развития горных наук и горнодобывающей промышленности”, организованная Институтом горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

Конференция посвящена обсуждению результатов современных исследований, связанных с разработкой технологий нового уровня, обеспечивающих эффективную добычу и переработку минерального сырья, созданием машин, оборудования и автоматизированных комплексов для добычи, переработки и обогащения полезных ископаемых. Рассмотрены результаты новых исследований по следующим научным направлениям:

— разработка технологий добычи полезных ископаемых на основе физических, химических и комбинированных способов воздействия на массив горных пород, радикально меняющих подходы к освоению месторождений полезных ископаемых;

— современные процессы и технологии глубокой комплексной переработки труднообогащаемого природного и техногенного сырья, инновационные способы воздействия на минералы и новые виды реагентов;

— создание новых типов инструментов и высокопроизводительных исполнительных органов горных машин на базе инновационных способов разрушения и ослабления горных пород.

Участники конференции представили результаты теоретических и экспериментальных работ, выполненных в коллективах научных, учебных и производственных организаций из Екатеринбурга, Кемерово, Москвы, Новокузнецка, Новосибирска, Норильска, Тулы, Читы, Якутска, а также зарубежных организаций Германии и Киргизии. Квалификационный состав очных участников конференции включал двух членов академии, более 70 докторов и кандидатов наук. Всего присутствовало 122 участника, в том числе 30 участников в возрасте до 35 лет.

На конференции рассмотрены результаты исследований, выполняемых в рамках инициативных научных проектов РФФИ, проектов РНФ, грантов Президента, проектов фундаментальных исследований Президиума РАН и Министерства образования и науки Российской Федерации, а также Федеральных целевых программ.

В докладах, относящихся к технологическому направлению, дана оценка современных тенденций развития горнорудной и угольной отрасли в России и за рубежом, рассмотрены варианты энергосберегающих технологий отработки открытым и подземным способами рудных, угольных и россыпных месторождений, освещены результаты разработки способов дегазации угольных пластов с применением новых методов и оборудования.

В пленарном докладе М. В. Рыльниковой, К. Н. Трубецкого, Д. Р. Каплунова изложены принципы и научно-методические основы формирования нового технологического уклада устойчивого развития горных предприятий России. Актуальность поставленных проблем predetermined необходимостью получения новых знаний о взаимодействии природных и иннова-

ционных технологических процессов в условиях интенсивного комплексного освоения недр Земли. Показано, что изменение подхода к проектированию освоения рудных месторождений позволит по-новому решать вопросы вскрытия и подготовки запасов кондиционных и некондиционных руд, техногенных образований, очистной выемки, повысить полноту и комплексность использования природного, природно-техногенного и техногенного сырья, будет способствовать решению экологических и социальных проблем в регионах добычи, что в целом существенно расширит минерально-сырьевую базу предприятий черной и цветной металлургии.

Доклад С. М. Ткача посвящен актуальным проблемам адаптации геотехнологий к условиям разработки месторождений криолитозоны на Востоке и Северо-Востоке РФ. Приведены основные результаты исследований Института горного дела Севера им. Н. В. Черского СО РАН, направленные на совершенствование существующих и разработку принципиально новых, эффективных и экологически безопасных геотехнологий, методов и технических средств добычи и переработки минерального сырья в условиях многолетней мерзлоты.

В докладе В. А. Еременко приведены параметры конвергентной геотехнологии при отработке Илецкого месторождения каменной соли. С помощью программного комплекса MAP 3D получены расчетные сетки модели рудника и коэффициенты запаса прочности в междукамерных целиках во всех отрабатываемых этажах. Предложены два варианта системы разработки выемочного участка Илецкого месторождения с отработкой камер в восходящем и нисходящем порядке.

Особый интерес вызвал доклад В. И. Клишина, в котором обосновано новое направление конструирования механизированных крепей для разработки мощных угольных пластов с управляемым выпуском подкровельной толщи. Представлена трехмерная модель механизированной крепи с выпуском, созданная с помощью программы Meshlab. Рассмотрена система поэтажного обрушения с механизированным выпуском угля с новым типом гидрофицированной шагающей крепи и двумя способами разупрочнения надштрекового массива угля: вибросейсмического и направленного гидроразрыва. В докладе С. В. Клишина приведены результаты дискретно-элементного моделирования процесса выпуска раздробленной горной массы с учетом несферической формы частиц. Установлено, что при стационарных внешних условиях гравитационный выпуск сыпучих материалов из сходящихся бункеров может носить нестационарный характер.

Актуальные вопросы взрывоопасности газа при подземной добыче угля в Кузбассе рассмотрены в докладе Е. А. Козловского, А. Э. Конторовича, М. В. Курлени с соавторами. Отмечено, что водород в различных концентрациях присутствует в большинстве проб газа, отобранных в различных местах шахты, и именно критические пространства за перемычками при нарушениях изоляции их от остального объема шахты могут стать источниками возникновения пожаровзрывоопасных ситуаций. Поэтому поиск путей уменьшения или ликвидации этой опасности является абсолютно приоритетным.

Научная концепция разработки угольных месторождений Кузбасса открыто-подземным способом представлена в докладе В. Н. Федорина, В. Я. Шахматова, Б. Ф. Анферова, Л. В. Кузнецова. Эффективные варианты разработанных технологий основаны на применении буферных целиков и выемочных столбов, выемочных камер, а также новых технологических схем. Разработан новый технологический регламент добычи угля комбинированным способом, в 2017 г. достигнута чистая прибыль 721 руб./т.

В сообщении В. С. Маркова, В. Н. Лабутина, А. С. Курилко приведены результаты совершенствования технологии подземной разработки россыпных месторождений Якутии. Дан технико-экономический анализ показателей систем разработки: сплошной, столбовой и камерной с комплексом самоходного оборудования. Предложено применение камерной системы разработки, так как при этом производительность труда увеличивается в 4–5 раз, снижаются потери полезного ископаемого в 9 раз.

Обоснованию технологии проведения буровзрывных работ посвящено сообщение С. Н. Фендера, Т. П. Дарбиняна, В. П. Марысюка, В. А. Горниченко о разработке и внедрении паспортов бурения и взрывных работ при отработке камер между или вприсечку к закладочному материалу на руднике “Октябрьский”. В результате применения новых параметров буровзрывных работ при отработке камер на контакте с закладочным материалом фактическое разубоживание бетоном снизилось на 1.3 %.

В ряде докладов освещены вопросы выбора типов и расчета параметров крепи горных выработок. Так, в докладе П. В. Деева, М. А. Петрухина, А. А. Щукина предложен аналитический метод расчета крепи выработки, расположенной в тектонически активном районе. В отличие от существующих, предлагаемый метод позволяет учесть влияние близкорасположенной границы раздела пород. При расчете на сейсмические воздействия землетрясений учитывается действие волн, отраженных от границы раздела, и волн, преломленных через нее. В основе разработанного метода лежит решение плоской задачи теории упругости о напряженном состоянии кольца, подкрепляющего отверстие произвольной формы в одной из двух полубесконечных сред, имеющих общую границу. В сообщении В. А. Ускова предложена методика выбора типа и расчета параметров крепи подготовительно-нарезных выработок для шахты “Глубокая” ПАО “ГМК “Норильский никель”, учитывающая горно-геологические и горно-технические условия отработки на глубинах 1500–2000 м.

Результаты экспериментально-аналитической оценки напряженно-деформированного состояния массива пород при отработке месторождений Горной Шории, АК “АЛРОСА”, Кузбасса рассмотрены в докладах А. А. Еременко, А. И. Конурина, В. Д. Барышникова, А. П. Хмелинина, В. Н. Фрянова, Л. Д. Павловой. Дана оценка геомеханического состояния вмещающего массива горных пород при отработке блоков, предохранительных целиков и мощных угольных пластов длинными и короткими забоями с элементами роботизации. Установлены места концентрации напряжений и очагов сейсмособытий, динамика изменения их энергетических показателей и обоснован выбор технологических схем ведения горных работ.

В докладе Ю. Векслера, М. Ройтера, М. Краха, У. Кисслинга показаны результаты геомеханического мониторинга методом анализа конвергенции, дан прогноз вероятности горных ударов и участков их проявления в лавах. Корректность прогноза подтверждена анализом горных ударов в лавах и штреках на шахтах в Германии и Китае. Предложены оперативные мероприятия по предупреждению опасности без остановки работ в лаве.

Доклады, представленные в рамках второго научного направления, посвящены развитию фундаментальных основ современных технологий в области переработки труднообогатимого и техногенного сырья, научному обоснованию и разработке физических и химических основ новых нетрадиционных методов обогащения.

Вопросы о влиянии радиационной обработки минерального сырья в процессах рудоподготовки рассмотрены в докладе В. И. Ростовцева. Показано, что при обработке минерального сырья потоком ускоренных электронов по границам минералов образуются каверны, электрический пробой и скопление дислокаций, которые приводят к появлению микротрещин и потере механической прочности. Обработка горной породы ускоренными электронами приводит к изменению деформационно-прочностных свойств: предела прочности на сжатие, модулей деформации и упругости. На примере различных горных пород установлена возможность их разупрочнения при воздействии ускоренными электронами может быть использована для снижения расхода электроэнергии при рудоподготовке минерального сырья и минимизации потерь полезных компонентов в последующем обогащении.

Значительный интерес вызвали работы по изучению механизма работы физической формы сорбции в элементарном акте флотации. В докладе Д. В. Семьяновой о роли поверхностно-активных по отношению к границе раздела “газ–жидкость” форм катионных собирателей при образовании флотационного комплекса показано, что в ряду октиламин, дециламин, додециламин собирательная способность, скорость растекания и поверхностное давление растворов названных реагентов увеличиваются с ростом длины углеводородного фрагмента собирателя. Автором приведены экспериментальные данные, указывающие на то, что собирательная способность аминов, принадлежащих к одному гомологическому ряду, может быть оценена по мощности поверхностного потока физической формы сорбции. В докладе С. А. Кондратьева, Д. М. Цицилиной показано, что современные термодинамические представления о механизме активации в процессе флотации не в полной мере отвечают накопленным экспериментальным и практическим сведениям. На примере активации несulfидных минералов ионами металлов предложен механизм работы физической формы сорбции собирателя, который рассматривает кинетику образования флотационного контакта и влияние на нее ассоциатов “собиратель–активатор”, стабилизированных анионами собирателя.

Широкое обсуждение вызвал доклад В. П. Мязина, Д. М. Шестернева, Л. В. Шумиловой. Представлены новые ресурсосберегающие технологии извлечения золота из упорного и труднообогащаемого минерального сырья техногенных и глинистых месторождений.

В ряде стендовых сообщений рассмотрены вопросы разработки и переработки цеолитсодержащих пород Восточного Забайкалья. Так, в сообщении К. К. Размахнина, А. Н. Хатьковой, Я. Ю. Блиновской рассмотрены геоэкологические аспекты добычи и переработки цеолитсодержащих пород Восточного Забайкалья, оценена доля влияния климата на устойчивость природных комплексов при техногенном воздействии и определены основные направления по снижению негативного воздействия цеолитового производства на окружающую природную среду. В работе К. К. Размахнина и А. Н. Хатьковой предложен комплекс методов исследования, позволяющий дать достоверную минералого-технологическую оценку весьма сложных по составу и строению цеолитсодержащих пород Восточного Забайкалья. На основе проведенных исследований авторами определены основные характеристики цеолитсодержащих пород Восточного Забайкалья, влияющие на выбор наиболее эффективных технологий их переработки и обогащения и обеспечивающие максимальную полноту вскрытия минеральных комплексов с увеличением извлечения загрязняющих примесей (до 99 %).

В работе А. Г. Секисова, А. В. Рассказова, Т. Г. Конаревой дано теоретическое и экспериментальное обоснование особенностей выщелачивания дисперсного золота из окисляемых и неокисляемых минеральных матриц водно-газовыми эмульсиями, подготовленными в фотоэлектрохимических реакторах, рассмотрены варианты состава используемых при этом реагентов для подготовки упорных руд к выщелачиванию. Проведенные экспериментальные исследования на золотосодержащих углисто-глинистых карбонатизированных рудах одного из месторождений Южного Урала показали, что предложенная комбинированная схема подготовки руды позволяет существенно увеличить извлечение золота.

В сообщении А. Г. Секисова и А. Ю. Лаврова продемонстрирована возможность использования комбинированного блочно-скважинного выщелачивания широкого спектра рудных элементов из упорных руд с их посекционной взрывной отбойкой. Авторами предложено совмещать отбойку руды с инъецированием в нее перегретых взрывными газами паров растворов реагентов, содержащих активные окислители, рассмотрены конструкции скважинных зарядов ВВ

с размещенными в них ампулами реагентов для посекционной отбойки и взрывоинъекционной подготовки дезинтегрируемых взрывом руд к выщелачиванию, состав реагентов для условий подземного выщелачивания золота, серебра, молибдена и меди из междукammerных рудных целиков и глубокозалегающих упорных руд.

В рамках третьего научного направления конференции представлены доклады, посвященные теоретическим и экспериментальным исследованиям рабочих процессов современных горных машин, развитию теории силовых импульсных систем, созданию энерго- и материалосберегающих машин и агрегатов для горного производства и подземного строительства.

Экспериментальным исследованиям трещинообразования при ударном разрушении породного массива твердым индентором посвящен доклад Л. В. Городилова, В. П. Ефимова. Авторами разработана методика определения геометрических параметров трещин, образующихся в породном массиве в результате внедрения в него жесткого инструмента, предполагающая отбор керна из места разрушения с его последующей обработкой. Комплексная регистрация процесса ударного воздействия и последствий разрушения (как внешних, так и внутренних) позволяет получить информацию, необходимую для моделирования процесса ударного разрушения массива.

Вопросы разработки технологии бурения скважин с одновременной обсадкой с дневной поверхности для предварительной дегазации угольных пластов рассмотрены в докладе А. С. Кондратенко, И. О. Шахторина. Предложенная технология обеспечивает значительное сокращение времени проведения скважин и снижение их себестоимости за счет повышения производительности процесса проходки и уменьшения времени спускоподъемных операций. Показано, что одним из факторов, определяющих эффективность технологии, является своевременное удаление грунтового керна из внутренней полости трубы при ее вертикальном погружении. Предложен новый способ порционного удаления керна для скважин большого диаметра. Приведено экономическое обоснование применения новой технологии.

На конференции отмечен приоритет создания новых программных продуктов, позволяющих интенсифицировать получение и обработку результатов при разработке и проектировании горных машин и механизмов. В докладе В. В. Тимонина, Е. М. Черниенкова, Т. В. Тимко описан процесс регистрации данных, полученных в результате исследования погружного ударного оборудования на испытательном стенде. Представлена программа расчета рабочих циклов, которая обеспечивает автоматизацию процесса определения энергетических параметров пневмо- и гидроударных машин со свободным ударником.

К актуальной тематике управления проходкой скважин по заданной траектории относятся исследования Д. О. Чещина. Представлены результаты экспериментального обоснования конструктивных параметров системы управления траекторией движения пневмопробойника. В ходе экспериментов в натуральных условиях доказана работоспособность прототипа управляемого пневмопробойника, установлены соотношения длин отклоняемой и управляемой задней частей корпуса, при которых надежно обеспечивается достаточный для практических целей радиус кривизны траектории скважины.

Интерес вызвало сообщение В. Н. Карпова о комплексной оценке энергоэффективности бурения взрывных скважин в шахтных условиях. В докладе приведены результаты определения механической, рейсовой и объемной скорости бурения с использованием способов, основанных на видео-акустической обработке записи процесса проходки скважины. Проведена оценка себестоимости затрат на бурение по интегральному энергетическому критерию объемного разрушения горных пород, представлены аналитические расчеты норм выработки, установлены причины спада производительности буровых работ на отечественных рудниках и предложены способы их преодоления.

В сообщении Д. С. Евстигнеева дана оценка потребляемой мощности скважинного дебалансного виброисточника для слабвязких и вязких нефтей месторождений России и Монголии. Представлены результаты численного моделирования вращения дебаланса в жидкости при различных давлениях для воды и нефти. Показано влияние плотности и вязкости нефти на потребляемую мощность скважинного дебалансного виброисточника при его погружении в скважину.

В докладе С. Я. Левенсона, Л. И. Гендлиной, В. М. Усольцева представлены результаты исследований процесса виброперемещения сыпучих материалов. По результатам исследований вибровыпуска разработана конструктивная схема питателя, позволяющая реализовать режим колебаний, обеспечивающий уменьшение отрицательного влияния затухания вибрации на загрузочном участке рабочего органа. Вибропитатель, созданный по этой схеме, осуществляет равномерный выпуск сыпучих материалов, в том числе с существенным сцеплением. Конструктивные особенности вибрационных машин дают возможность использовать их для выпуска горной массы из блоков и рудоспусков в тяжелых условиях эксплуатации.

Как видно из материалов конференции, ученые предлагают новые постановки и методы решения задач горного дела, получают новые результаты в области геотехнологий, геомеханики, переработки и обогащения минерального сырья, горного и строительного машиноведения, соответствующие мировому уровню. Представленные на конференции доклады подтверждают значительную степень влияния российских ученых на решение задач в рамках обозначенных научных направлений.

Обсуждение докладов в части состояния и перспектив развития теоретических, экспериментальных и опытно-промышленных работ показало, что имеется достаточное количество нерешенных проблем, на которые участники конференции обращают внимание.

В принятом на конференции Решении указывается, что одной из основных проблем, стоящих в настоящее время перед отечественной горной наукой, является недостаточная координация работ между научно-исследовательскими, учебными организациями и производственными предприятиями. Для ее преодоления необходимы следующие шаги:

1. Поиск механизмов, позволяющих научным коллективам сосредоточиться на актуальной научной тематике, разработке оптимальных комплексных программ научных исследований и их координации.

2. Расширение практики совместного участия в конкурсах приоритетных междисциплинарных проектов в области горного дела представителей различных научных направлений, а также образовательных и производственных предприятий.

3. Активное участие в международных проектах и совместной исследовательской деятельности с высокотехнологичными лабораториями в области разработки интеллектуальных производственных технологий и роботизированных систем, обеспечивающих инновационное развитие горнорудной промышленности.

4. Широкая реализация программы академической мобильности сотрудников в форме научных обменов, стажировок для молодых ученых.

5. Тесное сотрудничество научных коллективов с производственными организациями, а также с представителями федерального и местного правительства.

В целях обеспечения безопасности и повышения эффективности подземной и открытой добычи твердых полезных ископаемых, более полного использования имеющегося научного потенциала, увеличения отдачи горной науки производству конференция рекомендует научно-исследовательским и проектным институтам, вузам горного профиля:

**в рамках технологического направления:**

- активизировать фундаментальные и прикладные исследования в области разработки эффективных цифровых геотехнологий добычи твердых полезных ископаемых;
- активно разрабатывать отечественные программные продукты для проектирования, управления и визуализации основных технологических процессов добычи полезных ископаемых;
- сосредоточить усилия на исследованиях, направленных на роботизацию и автоматизацию различных процессов горного производства;
- развивать технологии проходки выработок в трещиноватых и сильно разрушенных массивах с его предварительным инъецированием микроцементами и смолами;
- разработать параметры буровзрывных работ, новые типы взрывчатых веществ и средства взрывания для ведения горных работ на больших глубинах при температурах более 50 °С;
- усилить исследования по установлению механизма образования пожароопасных газовых смесей с участием водорода и метана в процессе разработки угольных месторождений;

**в области обогащения полезных ископаемых и комплексной переработки минерального сырья:**

- расширить фундаментальные и прикладные исследования флотационной бесколлекторной переработки природного и техногенного сырья, обеспечивающие возможность использования их для условий Арктической зоны России;
- расширить фундаментальные и прикладные исследования для разработки технологии кучного выщелачивания ценных компонентов из отходов и техногенных образований в криолитозоне;
- разработать высокоэффективные энергосберегающие технологии рудоподготовки и селективной дезинтеграции тонковкрапленных руд и техногенного минерального сырья сложного вещественного состава, в том числе с использованием энергетических воздействий;
- интенсифицировать исследования в области разработки эффективных реагентов для флотационного обогащения минералов с близкими физико-химическими свойствами;

**в области горного машиноведения:**

- активизировать теоретические и экспериментальные исследования в области создания систем автоматического управления рабочими процессами горных машин на основе перспективных способов разрушения и ослабления горных пород и применения новых материалов.

Конференция отмечает Центр повышения квалификации ИГД СО РАН как перспективную образовательную структуру подготовки кадров горнодобывающих предприятий.

Результаты исследований, представленные на конференции, будут способствовать решению научных и производственных проблем освоения месторождений твердых полезных ископаемых Урала, Сибири, Дальнего Востока и в Арктической зоне России, обеспечивая устойчивое развитие горнодобывающей отрасли.

Труды конференции будут опубликованы в двух номерах журнала “Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук”.

к.т.н. Е. В. Рубцова  
к.т.н. А. П. Хмелинин