

УДК

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНСТИТУТА ГОРНОГО ДЕЛА УРО РАН

Корнилков С.В., Глебов А.В., Панжин А.А.

В своей деятельности Институт горного дела УрО РАН прежде всего основывается на богатом опыте предшествующих лет и накопленных традициях почти 70-летней истории. Сегодня Институт горного дела УрО РАН признан одной из наиболее крупных и устойчивых научно-исследовательских организаций, выполняющей широкий круг исследований по различным аспектам горного производства и обоснованию стратегии освоения минерально-сырьевых ресурсов Урала.

Изменения, произошедшие в Российской академии наук в последние годы, связаны прежде всего с реализацией пилотного проекта ее реструктуризации, принятием и утверждением нового устава РАН, ориентирующим академические организации не только на проведение фундаментальных исследований, но и доведение их результатов до практического использования в народном хозяйстве. Коллектив ИГД УрО РАН в достаточной степени адаптировался к этим изменяющимся условиям. Во многом этому способствовал тот факт, что ветераны института являются яркими представителями школы М.В.Васильева, с честью выдержавшими трудные годы экономического кризиса, удержавшими от распада и развившими основные направления научной деятельности института, являющиеся его визитной карточкой.

Основными научными направлениями фундаментальных исследований являются:

- разработка теоретических основ стратегии освоения и комплексного использования минерально-сырьевых ресурсов;
- создание научных основ новых технологий разработки глубокозалегающих месторождений;

- исследование проблем геомеханики и разрушения горных пород.

Основные научные результаты, полученные работниками института за последнее десятилетие, важные не только для российской, но и мировой горной науки:

- *в области развития и поддержания сырьевой базы Урала* разработаны научные основы стратегии освоения минерально-сырьевых ресурсов и генеральные направления преодоления кризисных ситуаций в условиях значительного дефицита традиционных для Урала полезных ископаемых; разработаны концептуальные основы долгосрочного прогнозирования развития добычи минерального сырья как основы устойчивого развития горнопромышленных комплексов, а также геополитической и экономической безопасности государства в сложных природных и горно-геологических условиях;

- *исследованиями в области геодинамики горного массива* установлены величины и направления векторов современного поля природных и техногенных напряжений по линии сочленения крупнейшего в мире Евразийского континента; разработаны теоретические и прикладные аспекты использования характеристик внешнего природно-техногенного поля напряжений, имеющего тенденцию к периодическому изменению, и их влияния на напряженно-деформированное состояние конкретных объектов георесурсного потенциала Урала, их инфраструктурных комплексов и крупных урбанизированных агломераций;

- *исследованиями в области горной геомеханики* впервые доказано, что в волновом поле, возбуждаемом вблизи тектонического нарушения массива горных пород, присутствуют слабозатухающие периодические колебания, что дает основание отнести массив, вмещающий такое тектоническое нарушение, к сейсмически активной среде. Выявлены циклические полигармоничные короткопериодные современные геодинамические движения, концентрирующиеся в зонах тектонических нарушений различных рангов, разработаны методики выделения консолидированных блоков, определяющих параметры напряженно-деформированного состояния массива при отработке месторождений;

- исследованиями в области геотехнологии (открытой и подземной), а также управления качеством минерального сырья предложена теория и методы формирования карьерного и подземного пространства, обеспечивающие высокоэффективное и безопасное извлечение полезных ископаемых при минимальном отрицательном воздействии на окружающую природную среду и ландшафтном техногенном воздействии на литосферу; исследованы технологические аспекты ресурсосбережения при разработке глубокозалегающих месторождений ограниченной длины с внутренним отвалообразованием; обоснованы условия применения новых типов транспортных машин – гусеничных автосамосвалов, троллейбусов, автосамосвалов с комбинированной энергоустановкой и разработаны основные технические условия на их изготовление; разработан комплекс мероприятий и технологий, обеспечивающих повышение рационального освоения недр за счет селективной отгрузки на фабрику легко- и труднообогатимых руд и внедрения комбинированных методов переработки сырья с использованием гидрметаллургических процессов, новых, синтезированных институтом реагентов типа АИФ, генератора для электроимпульсной обработки сырья, модернизированных флотационных машин колонного типа; на основе эффекта возникновения потенциалов на электродах, помещенных в ионогенную среду, разработан не имеющий аналогов в мире способ генерации электроэнергии перерабатываемым сырьем;

- исследованиями в области разрушения горных пород установлена степень влияния различных факторов на эффективность взрывного разрушения массива с использованием новых многокомпонентных взрывчатых веществ, обеспечивающих широкий диапазон изменения энергии взрыва; исследован механизм воздействия взрывного разрушения на прибортовой массив пород при короткозамедленном инициировании зарядов; выявлены закономерности, раскрывающие механизм разрушения горных пород блокированным и комбинированным сколом на вторую, предварительно образованную свободную поверхность при шарошечном и комбинированном ударно-вращательном бурении. Разработана методика получения информации

о структурных особенностях и свойствах пород в массивах взрываемых блоков методом многоволновой сейсмометрии.

Начиная с 1999-2000 г.г. значительно расширилась практическая реализация результатов фундаментальных исследований. Институт широко внедряет их как на предприятиях России (УГМК-холдинг: Гайский и Учалинский ГОКи; Евраз-холдинг: Высокогорский и Качканарский ГОКи; Нижнетагильский МК, АК «Алроса», комбинат «Магнезит», ОАО «Норильский никель», ОАО «Бурятзолото», ОАО «Карельский окатыш», Яковлевский рудник, Белоярская АЭС, ОАО «Взрывпром», ОАО «Волгабурмаш» и «Уралбурмаш», ОАО «Турбомоторный завод», ФГУП КБТМ и пр.), так и в ближнем зарубежье: Беларусь (ПО «Белаз»), Казахстан (Донской ГОК), Узбекистан (Навоийский ГМК, рудник Мурунтау), Монголия (рудник Эрденет), Украина (Полтавкий и Центральный ГОКи).

В последнее время в институте широко развиваются комплексные исследования, выполняемые несколькими его лабораториями с привлечением сторонних организаций.

Подготовлен и согласован с Ростехнадзором РФ технологический регламент подземной отработки запасов трубки «Удачная» (АК «Алроса») с применением систем с обрушением, разрабатывается обоснование для проекта вскрытия рудника. Создана и защищена программа поддержания минерально-сырьевой базы комбината «Магнезит» до 2015 г., предусматривающая повышение степени комплексности и интенсивности эксплуатации, а также переработки минерального сырья. Разработаны технико-экономические показатели отработки Гаринского железорудного месторождения и южно-якутского железорудного узла, основанные на новых подходах к комплексному использованию недр и комплексному освоению территорий в сложных условиях. Разрабатывается технологический регламент отработки Эльгинского месторождения угля (Южная Якутия), сопровождающийся инженерно-геологическим изысканиями территории будущей промплощадки. С целью повышения степени извлечения полезного ископаемого из недр, уровня безопасности и эко-

номичности подземной разработки выполняются геодинамические, геомеханические и технологические исследования для ОАО «Бурятзолото».

Совершенствуется методика оценки и мониторинга короткопериодных сейсмических колебаний, характеризующих текущее напряженно-деформированное состояние подрабатываемого массива, а также площадок строительства ответственных зданий и сооружений разного назначения, с целью предотвращения возникновения и развития техногенных катастроф. Методика базируется на использовании приборов спутниковой геодезии и создаваемой для этого объемной наблюдательной станции. Такие станции созданы и действуют на большинстве шахт Урала.

Развивается и совершенствуется методика технологического аудита горных предприятий, устанавливающего степень соответствия применяемой техники и технологии сложившимся горно-геологическим условиям ведения горных работ. На основании аудита угольных предприятий ОАО СУЭК разработана методика обоснования предельного срока службы карьерных автосамосвалов. По результатам исследований условий эксплуатации карьерного автотранспорта на глубоких горизонтах кимберлитовых карьеров Якутии разработано техническое предложение на создание гусеничного транспортного средства. Обоснованы основные технические параметры и конструктивные схемы гусеничных самосвалов грузоподъемностью 30 – 40 т.

Институтом совместно с Качканарским ГОКом разработан способ усиления конструкции моторных думпкаров тяговых агрегатов EL-20 на основе замены их хребтовых балок на хребтовые балки EL-10 и соответствующей реконструкции их тормозной системы. Опытно-промышленные испытания модернизированного тягового агрегата показали высокую работоспособность и эксплуатационную безопасность, что позволило рекомендовать их серийную реконструкцию. Разработаны, согласованы и утверждены программы и методики экспертизы технических устройств с истекшим сроком службы тяговых агрегатов и вагонов-самосвалов 2 ВС-105.

Проведены исследования, в результате которых установлена целесообразная форма породоразрушающих зубьев и наиболее рациональные расстояния между ни-

ми для шарошечных долот, применяемых при бурении взрывных скважин. Данная конструкция основана на новом механизме разрушения при бурении, предусматривающем переход от принципа выкола лунок к принципу комбинированного скола. Испытания новой конструкции при бурении крупнозернистых гранитов Нижне-Тагильского карьероуправления и крупнозернистых диаллаговых пироксенитов Качканарского ГОКа показали, что она обеспечивает уменьшение непроизводительного перетирания пород в забое скважины и увеличение скорости бурения в 1,4-1,5 раза.

Осуществлена модернизация применяемых на Качканарском ГОКе смесительно-зарядных машин для приготовления водосодержащих взрывчатых веществ (ВВВ) в процессе зарядания обводненных скважин по непрерывному режиму на основе применения смесителей проходного типа, рамочно-пропеллерных мешалок и перистальтических насосов. В результате модернизации давление взрывчатой смеси на подающем шланге доведено до $4-5 \text{ кг/см}^2$, что обеспечило надежное формирование колонки заряда методом подачи «под столб воды», физическую стабильность смеси и сохранение ее взрывчатых свойств до 7 суток.

Разработано устройство, предназначенное для экспрессного анализа аналитических проб железосодержащих материалов крупностью до 1 мм по массовой доле магнетитового железа, принцип действия которого основан на измерении магнитных свойств материала пробы, нормировании их по ее массе и вычислении с помощью микроконтроллера значения содержания $\text{Fe}_{\text{маг}}$ в соответствии с уравнением корреляционной связи для данного материала пробы.

Разработан принципиально новый метод индукционного контроля массовой доли железа в конвейерных рудопотоках с точностью, соизмеримой с точностью химического анализа, при априори слабой связи информативных сигналов на входе алгоритма с определяемым показателем качества. Метод предусматривает использование датчиков МВ-5, внедренных на ГОКах России, Украины и Казахстана по лицензии и при научном руководстве ИГД УрО РАН.

На месторождениях, где существует связь между химическим и гранулометрическим составами руды, рекомендована технология разделения ее на кондиционную и некондиционную составляющие за счет сегрегации на грохотильных пунктах. Расширяются работы по прогнозированию качественного состава руд и пород с использованием геофизических методов (комбинат «Магнетит», ОАО «Ураласбест»)

Институт поддерживает тесные творческие связи со многими вузами, академическими и отраслевыми институтами страны, ближнего и дальнего зарубежья. Особенно тесны связи у института с Уральским государственным горным университетом (УГГУ), совместно с которым создан Научно-образовательный центр ИГД УрО РАН, и институтом НИИОГР (г. Челябинск), на базе которого создан филиал Института, занимающийся проблемами экономики, организации, управления и технологии горного производства.

Особенности новых экономических условий требуют реального объединения усилий науки и производства. Одной из основных проблем академической науки является разрозненность научных коллективов различных регионов и организаций, способных решать стратегические задачи на уровне всей страны. Решение данной проблемы отдание приоритетов в разработке интеграционных проектов и комплексных междисциплинарных программ УрО РАН и других отделений академии наук.

Одной из важнейших стратегических задач социального и экономического развития Уральского федерального округа и страны, как полагают специалисты института, является комплексное решение проблем расширения и поддержания его минерально-сырьевой базы как основы инновационного развития и вывода на мировой уровень металлургического и машиностроительного комплексов Урала. В связи с этим ИГД УрО РАН на перспективу планирует выступить в качестве инициатора, координатора или соисполнителя исследований, направленных на решение одной или нескольких народнохозяйственных задач («Энергетическая безопасность Урала», «Легированные стали Урала», «Урал Полярный – Урал Промышленный» и т.п.).

В результате комплексных исследований и при реализации такого подхода, уже поддержанного Институтом геологии и геохимии, Институтом экономики, Институтом металлургии и Институтом промышленной экологии УрО РАН только в области горного дела ожидается внедрение инновационных технологий, предусматривающих:

- расширение сырьевой базы предприятий за счет повышения интенсивности и эффективности эксплуатации недр (степени селективности и полноты отработки, вовлечения в разработку техногенных образований и ранее законсервированных глубины их переработки и т.п.);

- создание необходимых условий для комплексного использования добытого полезного ископаемого с целью извлечения ценных компонентов, в том числе ранее считавшихся попутными и неизвлекаемыми, и переработки техногенных месторождений, эффективность эксплуатации которых возрастает по мере естественного удорожания природного сырья;

- внедрение новых технических средств и технологий для добычи и переработки полезных ископаемых, обеспечивающих повышение производительности труда и безопасности производства;

- снижение негативных последствий разработки минерального сырья за счет системной оценки развития техносферы во взаимодействии с природной и социальной средой и разработки мер по предотвращению техногенных катастроф и негативных последствий ведения горных работ.

Совместная деятельность института с проектными организациями (Урагипроруда, Урагипрошахт, Механобр-инжиниринг, Якутнипроалмаз, Гипроруда, НИПИ-Гормаш и др.), обеспечивает разработку целевых проектов для горнодобывающих предприятий, создание условий для выпуска и испытаний нового горнодобывающего оборудования и бурового инструмента, повышение методического уровня и научного обеспечения горного производства

Институт тесно сотрудничает с учеными и специалистами академической, отраслевой и вузовской науки в области организации и проведения конференций, семинаров и школ. Стало традиционным участие сотрудников института в «Неделе горняка» (МГГУ, ИПКОН РАН), в семинарах по проблемам освоения территорий в сложных условиях и геомеханики (ИГД СО РАН, ИГД ДВО РАН, ИГДС СО РАН, ГИ УрО РАН), по проблемам геоинформатики (ГоИ КНЦ РАН). Заключены договора о партнерстве и сотрудничестве с ИГД им.Кунаева и Карагандинским политехническим университетом (Казахстан). Установились тесные контакты с научными, опытно-конструкторскими и научно-исследовательскими подразделениями промышленных предприятий РУПП «БелАЗ», АК «АЛРОСА», КБТМ (г.Омск), УКБТМ Уралвагонзавода и других. Стала традиционной и будет проведена третий раз конференция по проблемам недропользования, организуемая Советом молодых ученых нашего института. В октябре 2009 г. в г. Екатеринбурге пройдет III Уральский горно-промышленный форум, организуемый при поддержке правительства Свердловской области. Ожидаемый форум, как и предыдущие, получившие высокую оценку, представляет собой выставочно-конгрессное мероприятие, ряд выставок, конференций, круглых столов и деловых встреч.

Кадровая политика института и принятые коллективом меры позволили увеличить количество молодых научных сотрудников с **8,7 %** (в 2000 г.) до **36,6 %** (в 2007 г.). Одновременно уделяется большое значение обеспечению преемственности, сохранению лучших традиций и поддержанию кадровых сотрудников - ветеранов института. Планируется расширение Научно-образовательного центра ИГД УрО РАН, созданного в 2007 году для повышения квалификации сотрудников и подготовки кадров высшей квалификации не только для собственных нужд, но и для предприятий горнодобывающего комплекса.

Накопленные в последние годы научные и кадровые структурные изменения позволяют перейти в сложившихся условиях *к инновационной направленности исследований института*. На рис.1 показана общая схема взаимодействия научной и

научно-организационной работы коллектива института, направленной на решение поставленных ему задач и скорейшее доведение их до практического применения. Главным системообразующим звеном в организации исследований являются фундаментальные поисковые работы, целевые программы РАН, интеграционные проекты РАН и гранты РФФИ, обеспечивающие развитие теоретических основ и принципов решения современных прикладных проблем горнодобывающей промышленности.



Рис.1. Инновационная структура Института горного дела УрО РАН

Апробация и полупромышленные испытания теоретических разработок обеспечиваются наличием центров, доводящих научные результаты до конкретного потребителя. В настоящее время в институте на базе имеющихся лабораторий уже действуют: центр коллективного пользования (ЦКП) «Уральский Центр геомеханических исследований природы техногенных катастроф в районах добычи полезных ископаемых», технический центр экспертизы и неразрушающего контроля оборудова-

ния, центр разрушения горных пород, проектный центр, центр экспертизы потерь при недропользовании, центр экспертизы промышленной безопасности. Организованы и оснащаются центры изучения физико-механических свойств горных пород и центр оперативного экологического мониторинга.

Третьим уровнем научно-производственной инфраструктуры института являются его инновационные предприятия: Инновационно-экспертный центр, Уральский институт геомеханики, центр «Взрывиспытания», фирма «Аэро», хоздоговорная инновационная группа автоматического контроля качества железорудного сырья и пр., обеспечивающие расширение области использования полученных научных результатов до стадии коммерциализации разработок. Все уровни инновационной структуры института должны оснащаться самым современным оборудованием.

Материально-техническая база института ежегодно пополняется и совершенствуется. Все подразделения института в достаточной мере укомплектованы средствами современной оргтехники и техническими средствами для исследований.

При поддержке РФФИ существенно расширен ЦКП «Уральский Центр геомеханических исследований природы техногенных катастроф в районах добычи полезных ископаемых». В настоящее время он оснащен: современными высокочастотными комплексами спутниковой геодезии GPS фирм Trimble (США) и Zeiss (Германия) (точность определения координат $\pm 1-5$ мм при базах измерения до 60-100 км для односторонних и до 1000-2000 км для двухчастотных приемников); высокочастотными цифровыми электронными нивелирами и тахеометрами фирм Trimble (США) и Sokkia (Япония) для нивелирования I и II класса с погрешностями 0,3 - 0,6 мм/км; комплексами электрометрических исследований и спектрально-сейсморазведочного профилирования массива горных пород. Закуплен и освоен комплекс наземного лазерного сканирования Trimble GX, обеспечивающий получение высокоточных трехмерных моделей породных массивов на открытых и подземных горных работах.

Перспективный план развития материально-технической базы научных исследований, утвержденный Ученым советом ИГД УрО РАН, включает:

- создание и оснащение аналитической и диагностической аппаратурой центра оперативного экологического мониторинга состояния воздушной среды, воды и почвы горнопромышленных регионов;

- развитие и обновление приборной базы автоматизированной системы мониторинга напряженно-деформированного состояния выработанного пространства с использованием индуктивных, ультразвуковых и лазерных технологий, аппаратурой сейсморазведочного профилирования массива горных пород;

- оснащение центра изучения физико-механических свойств горных пород оборудованием, фиксирующим статические и динамические нагрузки при трехосном напряженно-деформированном состоянии пород, центробежной установкой для моделирования процессов разрушения породных массивов в условиях различных гравиметрических нагрузок, а также атомно-абсорбционным спектрометром Varian с системой микроволнового растворения проб для самостоятельного экспресс-анализа химического состава горных пород;

- расширение приборной базы технического экспертного центра за счет приобретения современных газоанализаторов, лазерных и ультразвуковых приборов неразрушающего контроля, создание передвижной измерительно-диагностической лаборатории для исследования параметров транспортных систем карьеров;

- модернизация и дооснащение испытательным оборудованием центра разрушения горных пород в динамических условиях и испытания новых видов взрывчатых веществ.