

Вклад Института горного дела УрО РАН в совершенствование горного производства

В. Л. Яковлев,
член-корреспондент РАН, действительный член
АН Республики Саха (Якутия)
и Академии горных наук РФ, профессор,
д.т.н., заслуженный деятель науки
Республики Саха (Якутия)



Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук

The article throws light upon the UD RAS Institute of Mining experience on commercialization of intellectual property. Theoretical investigations of the institute carried out at the expense of budget means are completed by the developments ready for instillation. Mi-

ning works' technique and technology is being set up, approved in production conditions and launched into serial production. The principal trends of the institute's innovative activities are: improvement of mining ores' destruction; improvement of quarry transport; mining works' technology; ecology and environment protection, ensuring mining works' safety; safe keeping of objects and constructions.

Горнодобывающая промышленность России последних десятилетий характеризуется непрерывным повышением трудоемкости и себестоимости добычи большинства видов минерального сырья. Это вызвано тем, что в последние годы произошло значительное истощение запасов большинства разведанных месторождений с благоприятными горно-геологическими и горнотехническими условиями. Отработаны наиболее богатые месторождения и залежи, расположен-

ные в относительной близости от поверхности земли, а также верхние горизонты глубокозалегающих месторождений. Возникла необходимость отработки глубоких горизонтов эксплуатируемых месторождений, а также освоения бедных месторождений и месторождений, имеющих большую глубину залегания. Для добычи 1 т полезного ископаемого в России требуется удалить почти в пять раз больше вскрышных пород по сравнению с другими горнодобывающими странами — производя 5,8% мировой продукции, Россия добывает 27% горной массы. Все это делает эксплуатацию таких месторождений дорогостоящей. Их отработка требует больших финансовых, материальных, трудовых, энергетических затрат, а также земельных ресурсов, необходимых для размещения вскрышных пород, зачастую высокотоксичных. В этих условиях актуальнейшей задачей является изыскание новых технических и технологических решений по сбережению всех видов ресурсов при разработке месторождений полезных ископаемых.

Институт горного дела УрО РАН выполняет исследования по трем научным направлениям:

- ❶ разработка теоретических основ стратегии освоения и комплексного использования минеральных ресурсов;
- ❷ разработка теоретических основ новых технологий разработки глубокозалегающих месторождений;
- ❸ исследование проблем геомеханики и разрушения горных пород.

Наряду с проведением фундаментальных исследований, целью деятельности института является доведение результатов исследований до создания высокоэффективной техники и технологии горных работ для горнодобывающих предприятий страны. При этом практикуется целенаправленная последовательность в планировании и выполнении научных работ: теоретические исследования; прикладные разработки, выражающиеся в создании техники и технологии горных работ на основе результатов теоретических исследований; внедрение результатов разработок в производство.

Теоретические исследования проводятся за счет бюджетного финансирования, прикладные разработки и внедренческие работы ведутся, в основном, за счет хозяйственных договоров с предприятиями. Благодаря бюджетному финансированию постоянно накапливается теоретический багаж, а его накопление приводит к повышению возможности по созданию более совершенной техники и технологии горных работ — количест-

во превращается в качество. В результате в последние годы у института резко возрос объем прикладных и внедренческих работ, выполняемых по хозяйственным договорам с горными предприятиями (рис. 1).

изводительности в 1,5-1,8 раза. Кроме того, на основании теоретических исследований установлена зависимость параметров разрушения горных пород при бурении от расположения породоразрушающих элементов, обеспечи-

Финансовое обеспечение Института
в 1995-2002 гг., тыс.руб.

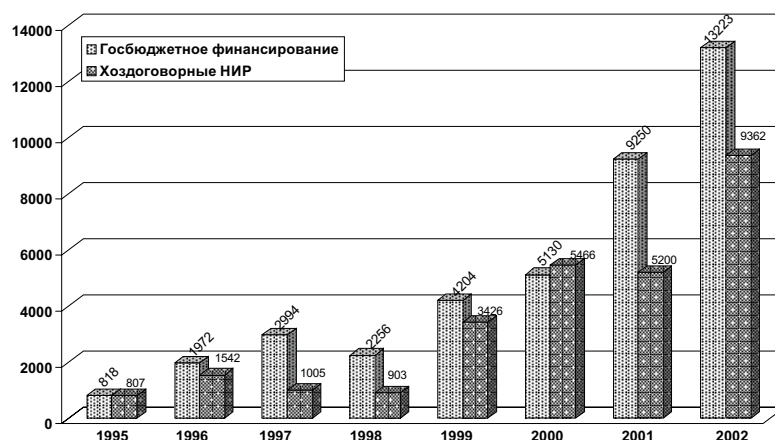


Рис. 1

Основными направлениями инновационной деятельности института являются: **совершенствование способов разрушения горных пород; совершенствование карьерного транспорта; технология горных работ; экология и охрана окружающей среды; обеспечение безопасности горных работ, сохранности объектов и сооружений.**

Необходимость совершенствования **способов разрушения горных пород** обусловлена большими затратами на этот технологический процесс, которые в себестоимости горных работ достигают до 30-35%. Причина этого — низкая производительность буровых станков, низкая стойкость и высокая цена бурового инструмента, высокая стоимость взрывчатых веществ и ряд других факторов.

Институтом совместно с Качканарским ГОКом, комбинатом «Ураласбест» и Нижне-Тагильским карьероуправлением разработаны технико-экономические и технические задания на создание буровых станков нового поколения для различных горнотехнических условий. Задания переданы ОАО «Рудгормаш» для конструирования и изготовления промышленных образцов. В настоящее время по ним изготовлен буровой станок СБШ-160-48, который проходит промышленные испытания на Данковском карьере. Основные требования к станкам нового поколения: снижение веса, уменьшение энергозатрат на бурение в 1,8-2 раза и увеличение про-

вающая переход от выкола лунок к принципу комбинированного скола. Изготовлена опытно-промышленная партия шарошечных долот диаметром 244,5 и 250,8 мм. Проведенные испытания новой конструкции шарошечных долот при бурении серпентинитов карьеров ОАО «Ураласбест» и крупнозернистых диалоговых пироксенитов Качканарского ГОКа показали, что она обеспечивает уменьшение непроизводительного перетирания пород в забое скважины и увеличение скорости бурения в 1,3-1,5 раза. Износостойкость опытных долот в условиях Качканарского ГОКа составила 365 м и ОАО «Ураласбест» — 499 м, что в сравнении с серийным буровым инструментом, выпускаемым ОАО «Уралбурмаш», в 1,5 раза больше. Данные шарошечные долота рекомендуются для применения в железорудной промышленности.

В результате исследований разработаны технические условия на акваторы марок «Т» и «ТН» — водосодержащие взрывчатые вещества (ВВ), предназначенные для разрушения горных пород любой крепости и категории по взрываемости. На основании исследований разработана схема смесительно-зарядной машины для приготовления и заряда скважин акваторами, в которую заложена идея одновременной и непрерывной подачи компонентов водосодержащих ВВ в смеситель, их перемешивания и размещения готового состава в сква-

жине. Эта идея воплощена в конструкциях смесительно-зарядных машин: МЗ-ЗБ-В, разработанной институтом и изготовленной совместно со специалистами ОАО «Качканарский ГОК «Ванадий», и МЗВ-10, разработанной и изготовленной институтом НИПИГОРМАШ также по заданию ИГД УрО РАН. Разработана технология приготовления акваторов марок «Т» и «ТН», которая внедрена в условиях ОАО «Качканарский ГОК «Ванадий». Применение водосодержащих ВВ — акваторов «Т» и «ТН» сокращает суммарное количество выбросов вредной пыли в атмосферу в 5-10 раз по сравнению с гранулированными ВВ и в 5 и более раз попадание аммиачной селитры в грунтовые воды. Газовая вредность продуктов взрыв акваторов «Т» и «ТН» не превышает 21,7 кг, что в 10 раз меньше газовой вредности заменяемого гранулолита.

Совместно со специалистами АО «Ураласбест» разработана и внедрена технология приготовления гранэмита U-50, представляющего собой смесь эмульсии порэмита и гранулиата «Игданит».

Кроме того, институтом разработана система сбора и преобразования сейсмических данных в информацию, позволяющую корректировать технологические параметры в соответствии с состоянием массива горных пород, разработан и запатентован способ изготовления водосодержащих взрывчатых веществ, позволяющий повысить энергию взрывчатой смеси, снизить затраты на буровзрывные работы и снизить затраты в целом на добычу полезного ископаемого.

Институт имеет еще целый ряд запатентованных разработок по разрушению горных пород взрывом, которые с успехом могут быть применены на добывающих предприятиях черной и цветной металлургии.

Не менее важной задачей для современного горного производства является **совершенствование карьерного транспорта**, в частности железнодорожного, обеспечивающего наибольший объем перевозок. Это вызвано ростом глубины карьеров и увеличением стесненности карьерного пространства, требующих резкого увеличения руководящих уклонов транспортных коммуникаций. Для этого необходимо совершенствование тормозной системы поездов и, в частности, создание и внедрение принципиально новых типов тормозных колодок, отвечающих существующим и перспективным условиям эксплуатации железнодорожного транспорта на карьерах.

Наиболее распространенным видом тормозных колодок, которыми

оборудуются подвижной состав отечественного железнодорожного транспорта (как промышленного, так и транспорта МПС), являются колодки из серого чугуна. Но значительно лучшими эксплуатационными характеристиками обладают тормозные колодки, изготовленные из чугуна, легированного фосфором.

В ИГД УрО РАН создана и запатентована тормозная колодка, которая по сравнению с зарубежным аналогом (американская фирма Abex Corp, колодка типа Смасон) обеспечивает повышение на 40-45% прочностных характеристик и снижение хрупкости чугуна при одновременном увеличении на 15-20% износостойкости изделий. Введение магния в фосфористый чугун обеспечивает формирование графитовых включений в шаровидной и вермикулярной форме с образованием мелкодисперсного перлита с равномерной фосфидной эвтектикой. Введение алюминия в обработанный магнием фосфористый чугун повышает графитизирующий эффект. В результате этого в структуре чугуна не образуются цементитные включения, то есть отсутствует отбел отливка.

Кроме того, технологический процесс изготовления колодки упрощен за счет исключения из конструкции этой колодки объемного многослойного армирующего каркаса, который присутствует в американском аналоге для увеличения механической прочности.

Апробация опытной колодки проводилась на технологических и маневровых локомотивах в зимний и летний периоды в широком диапазоне скоростей и режиме торможения в условиях Качканарского карьера и карьеров комбината «Ураласбест». При сопоставлении вновь созданной тормозной колодки с отечественной (традиционной) установлено, что вновь созданная тормозная колодка обеспечивает: сокращение тормозного пути в 1,5-2 раза; увеличение в 2-2,5 раза срока службы; снижение износа бандажей колесных пар в 1,3-1,5 раза; снижение опасности возникновения пожаров, так как имеет более низкий уровень искрообразования; повышение управляемости тормозного процесса за счет более плавного тормозного эффекта при отсутствии явления юза и проворота бандажей колесных пар. Данные тормозные колодки рекомендуются для применения на промышленном железнодорожном транспорте, включая МПС.

Из **технологических разработок** института последних лет следует отметить создание системы подземной разработки рудных месторождений наклонными камерами. Сущность си-

стемы заключается в том, что боковым стенкам камер придают наклон в сторону заледочного массива под углом 65-75°, обеспечивающий устойчивостью заледочного массива пониженной прочности (1-1,5 МПа). При этом наклонная рудная стенка становится кровлей камеры. Такое пространственное расположение и порядок формирования конструктивных элементов позволяют снизить напряжения в кровле камеры, снижая вероятность обрушения вмещающих пород. Использование сплошной выемки руды наклонными камерами позволяет уменьшить потери и разубоживание руды на 20-23%, снизить затраты на твердеющую закладку на 30-40%. Данная система разработки проходит опытно-промышленные испытания на Узельгинском руднике Учалинского ГОКа. Возможная область применения — отработка рудных месторождений по камерной системе разработки.

На основании теоретических исследований разработан эффективный способ отбойки руды при подземной разработке месторождений. Установлено, что до расстояния 10-15 м между плоскостями обнажения отбойку целесообразно вести встречными веерами. Для дальнейшей отработки предлагается полувеерная отбойка с диагональным разноплоскостным расположением скважин с целью достижения эффекта встречного соударения. В результате промышленных испытаний на Гайском подземном руднике установлено, что способ отбойки руды с диагонально расположенными веерами скважин позволяет снизить выход негабарита с 18 до 1-3%, а производительность погрузочно-доставочных машин повысить с 300 до 500-700 т/смену. Производительность труда по системе разработки достигла 80 т/чел.-смену. Предложенный способ рекомендуется использовать при камерной выемке месторождений руд черных и цветных металлов.

В институте разработан ряд технологических схем комбинированной отработки месторождений полезных ископаемых. Также с целью выбора и обоснования технологических схем и их параметров создана методика и необходимые компьютерные программы расчетов. Их проверка при отработке Гайского, Учалинского и Сибайского меднорудных месторождений показала высокую эффективность. Экономический эффект составил около 1 млрд рублей.

За разработку и широкое промышленное внедрение комбинированных технологий комплексного освоения медно-колчеданных месторождений Урала сотруднику институ-

та д.т.н. Волкову Ю. В. в числе других соавторов присуждена Премия Правительства РФ в области науки и техники за 2002 г.

Выполненный институтом комплекс теоретических и экспериментальных исследований переходных процессов и режимов работы электrorаспределительных сетей (КРС) карьеров показал, что применяемые на карьерах сети с изолированной нейтралью имеют ряд принципиальных и крупных недостатков. При этом доказана целесообразность и обоснованность применения на карьерах трехфазных систем энергообеспечения с заземленной нейтралью. Результаты выполненных исследований с разрешения территориальных надзорных органов проверены в реальных условиях эксплуатации электрических сетей действующего горного предприятия с положительным эффектом и направлены с Госгортехнадзор России для внесения изменений в действующие нормативные документы по безопасности.

Внедрение на карьерах электrorаспределительных сетей с заземленной нейтралью повышает надежность систем энергообеспечения в 5-7 раз и электробезопасность горных работ в 2 раза, снижает непроизводительные потери электроэнергии на 17% и эксплуатационные затраты на 23%. Для широкого внедрения на горных предприятиях электrorаспределительных сетей с заземленной нейтралью имеется вся необходимая научно-техническая и методическая документация.

Институтом разработан принципиально новый метод индукционного контроля массовой доли магнетитового и общего железа на конвейерных рудопотоках с точностью, соизмеримой с точностью химического анализа. Метод создан на основе оптимизационных решений, касающихся геометрических условий формирования сигналов многозондового устройства, а также алгоритмической модели преобразования массива исходных данных в обучающей алгоритмической программе. Для реализации этого метода разработано индукционное зондовое устройство — датчик МВ-5. В 2000 г. фирмой НПП «Уралрудавтоматика» начато внедрение метода и датчика МВ-5 на горно-обогатительных предприятиях России и Украины в составе автоматизированной измерительно-информационной системы СКРП-1 (рис. 2).

Институт выполняет большой объем исследований по экологии и охране окружающей среды, в частности, по оздоровлению атмосферы в карьерах. В результате исследований установлено, что основным источником

сверхнормативных загрязнений атмосферы карьеров, приводящих в штилевые периоды к простоям горнодобывающих предприятий, являются отработавшие газы дизельного технологического автотранспорта. С целью улучшения комфортных условий в карьерах на основании значительного объема теоретических и экспериментальных исследований создана система снижения токсичности отработавших газов, в основе которой лежит их пропуск через перевозимую горную массу. Система прошла большой объем промышленных испытаний на карьерах Качканарского и Оленегорского комбинатов, Навоийского ГМК, комбината «Магnezит» и «Ураласбест». Испытания показали ее высокую эффективность по снижению токсичности отработавших газов (на 10-15% выше, чем каталитические), эксплуатационный ресурс — равный ресурсу кузова автосамосвала, стоимость комплекта 2-3 тыс. руб. В ИГД УрО РАН имеются рабочие чертежи указанной системы для всех типов автосамосвала БелАЗ. А при небольшой доработке она может быть применена для всех типов дизельных автомашин, используемых для перевозки сыпучих материалов в городских условиях.

К внедрению также предлагается универсальный вентилятор-ороситель-пеногенератор модульный — ВОКМ-2-300П (рис. 3). Он предназначен для пылегазоподавления в застойных зонах карьеров, орошения взорванной горной массы, генерирования твердых осадков (снега) и пены, поливки автодорог и обработки пеной взрывааемых блоков. Кроме того, он может быть использован для предварительной обработки воздуха над поверхностью подготовленных к взрыву блоков. При этом в атмосфере карьера и в пылегазовом облаке создается инверсионная температурная стратифи-

кация, способствующая уменьшению уровней выравнивания температуры, конвекции и скорости подъема облака. Вентилятор-ороситель разработан на основе автосамосвала БелАЗ-7519 и воздушного винта самолета АН-2.

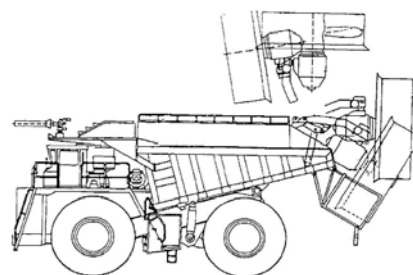


Рис. 3. Вентилятор-ороситель-пеногенератор ВОКМ-300П

С целью предохранения окружающей среды от загрязнения высокотоксичными отходами обогащения сульфидных медно-колчеданных руд в ИГД УрО РАН разработан новый реагент АИФ для флотации сульфидных минералов на основе продуктов и отходов нефтехимического производства. На первую модификацию реагента разработаны технические условия, согласованные с Главным санитарным врачом Свердловской области, и получен гигиенический сертификат Свердловского областного центра санитарно-эпидемиологического надзора. Реагент АИФ отнесен к 4-му классу токсичности (вещества малоопасные по ГОСТ 12.1.005-88). Он значительно безопаснее и в 2-3 раза дешевле применяемых в настоящее время реагентов. Кроме того, его применение позволяет значительно снизить расход регуляторов рН. Применение АИФа при обогащении лежалых пиритных хвостов обеспечивает снижение себестоимости их переработки на 5-10%, что может сделать их переработку рентабельной и тем самым защитить окружающую среду от длительного

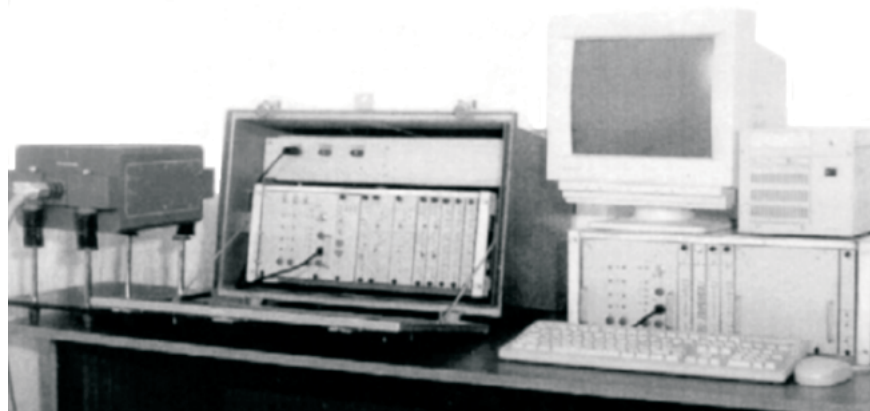


Рис. 2. Автоматизированная измерительно-информационная система оперативного контроля массовой доли железа в конвейерных рудопотоках СКРП-1

загрязнения серной кислотой, сульфатами тяжелых металлов и другими токсикантами.

На основании многолетних теоретических и экспериментальных исследований способов создания рекультивационного слоя и подбора ассортимента растений для площадей, занятых техногенными образованиями, установлено, что биологическая рекультивация подобных объектов должна носить временный характер и выполняться по принципу минимального землевания или использования альтернативных источников гумусообразования. Данная технология, внедренная на хвостохранилищах Качканарского и Высокогорского ГОКов, предусматривает создание слоя органического или минерального субстрата мощностью до 10 см, в том числе способом гидронамыва, с последующим проведением агротехнических мер ухода за растительным сообществом. Рекомендуются к использованию при временной рекультивации нетоксичных техногенных образований, располагающихся в зоне достаточно увлажнения.

Большое внимание в институте уделяется разработкам **по обеспечению безопасности горных работ, сохранению объектов и сооружений**. С развитием уровня урбанизации окружающей среды, с увеличением числа сложных и уникальных сооружений человеческому обществу все чаще приходится сталкиваться с катастрофами, вызванными его деятельностью. В основе большинства катастроф этого вида лежит неравномерное деформирование земной поверхности на участке расположения наземных и подземных сооружений, что вызывает деформирование их конструктивных элементов, нарушение геометрических связей между ними. Для обеспечения безопасной эксплуатации таких сооружений в этих условиях необходимо иметь точные данные о численных параметрах деформационных процессов, происходящих в массиве горных пород.

В ИГД УрО РАН разработана методика с применением высокоточного геодезического и геофизического оборудования, в том числе приборов спутниковой геодезии GPS, обеспечивающих быстрое и качественное проведение мониторинга земной поверхности как на больших территориях, так и на локальных участках конкретных существующих или предполагаемых к строительству инженерных сооружений. Предлагаемая методика апробирована при оценке устойчивости мачты РРС-27а у поселка Сараны, опорной антенной мачты Богослов-

ского алюминиевого завода в районе г. Краснотурьинска, подземных канализационных коллекторов г. Сургута, на Красногорском участке газопровода Бухара-Урал, а также при выборе места заложения стволов шахты «Центральная» Донского ГОКа.

В настоящее время увеличивается количество катастрофических явлений, возникающих в зоне техногенного воздействия горных работ. Причина этих явлений связана с эксплуатацией искусственных геосистем без учета параметров и закономерностей развития естественной геодинамической системы. С целью избежания таких явлений разработаны научные основы и способы управления деформационными процессами в массиве горных пород на рудных месторождениях, разрабатываемых открытым и подземным способами, базирующиеся на установленных закономерностях взаимодействия природной и техногенной геосистем. Для прогнозирования техногенного воздействия горных работ на рассматриваемые объекты в зоне механического влияния используются компьютерные программы, а для контроля за состоянием объектов — комплекс спутниковой геодезии GPS фирмы TRIMBLE (США), а также геофизические изыскания с привлечением аппаратуры спектрально-сейсморазведочного измерения по определению свойств массива горных пород.

Данная методика испытана и прошла промышленную апробацию на горнодобывающих комплексах Высокогорского горно-обогатительного комбината и Бакальского рудоправления.

В связи с тем, что на современном этапе развития подземной добычи руды при отработке глубоких горизонтов в условиях повышенных напряжений в горном массиве с динамическими процессами ужесточаются требования к выбору средств поддержания и параметров крепи подземных сооружений, специалистами института предложен новый подход к определению параметров крепи и составлению паспортов крепления горизонтальных горных выработок и их сопряжений в удароопасных условиях и разработана соответствующая нормативная документация. Нормативная документация содержит рекомендации по выбору способа и параметров крепления выработок в различных горно-геологических условиях, по контролю качества материалов и крепи в процессе установки. Нормативные документы учитывают все существующие в настоящее время нормативные матери-

алы по безопасности надзорной и разрешительной деятельности горно-рудной промышленности.

В настоящее время разработана и передана для практического использования «Инструкция по креплению горизонтальных горных выработок в удароопасных условиях на шахтах Высокогорского горно-обогатительного комбината».

Для оценки прочностных параметров бетонных и железобетонных элементов и конструкций зданий и сооружений, недоступных для визуального осмотра, разработан эффективный способ, основанный на применении известного метода геофизики — подземной сейсмометрии с применением специализированной компьютеризированной цифровой инженерной станции «Диоген». Способ обеспечивает без остановки основных технологических процессов на обследуемых объектах:

- дифференциацию отдельных участков горного массива и/или элементов длинномерных бетонных и железобетонных конструкций естественного или искусственного генезиса по прочностным характеристикам;
- выделение и локализацию наиболее ослабленных трещиноватостью участков и элементов;
- оценку прочностных параметров отдельных участков, элементов или конструкции в целом.

Способ опробован и прошел успешную проверку при оценке состояния и разработке проектов реконструкции на уникальных сооружениях г. Екатеринбурга (здания государственного цирка и строящегося Центра управления грузовыми перевозками МПС), а также железобетонных мостах и путепроводе железнодорожных станций: г. Пермь-1, Дружинино, г. Североуральск и др. Ведутся работы по оценке состояния целого ряда железобетонных сооружений аэрационной станции северных очистных сооружений г. Екатеринбурга с целью корректировки проекта строительства ее второй очереди.

Институт горного дела УрО РАН является единственным на Урале институтом, выполняющим широкий круг исследований по проблемам развития горного дела и обоснованию стратегии освоения минерально-сырьевых ресурсов. Он охватывает своей тематикой наиболее актуальные научные и практические задачи, стоящие перед горнодобывающей промышленностью Урала. В свете значительной зависимости экономики России от развития минерально-сырьевой базы институт надеется, что его научный потенциал будет востребован и использован в полной мере.