

ванным видам полезных ископаемых, увеличивают вклад минерально-сырьевой базы ТНПИ в социально-экономические преобразования регионов [3–5].

При подготовке современной стратегии следует учитывать ранее разработанные программные документы, сохраняя сложившуюся и проверенную годами методологию обоснования направлений изучения недр. Это позволит сделать правильный выбор перспективного вектора развития минерально-сырьевой базы ТНПИ Республики Татарстан. Принятая в виде закона «Стратегия социально-экономического развития Республики Татарстан...» инициирует синхронизацию по времени и методологии территориальных и отраслевых стратегических программ. Разработка актуализированной «Стратегической программы геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы твердых нерудных полезных ископаемых Республики Татарстан до 2030 года» будет способствовать динамическому развитию социально-экономического комплекса республики. Главным разработчиком подобной работы может стать ФГУП «ЦНИИгеолнеруд», имеющий успешный опыт создания подобных программ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ведерников Н.Н. Объект исследования — нерудные ископаемые // Научный Татарстан. — 1995. — № 3. — С. 49–55.
2. О стратегическом планировании в Республике Татарстан: Закон Республики Татарстан от 12.03.2015 г. № 12-З РТ. — http://pravo.tatarstan.ru/rus/gossov/zakon.htm?npa_id=1713
3. Садыков Р.К., Ведерников Н.Н. Минерально-сырьевой потенциал твердых нерудных полезных ископаемых Республики Татарстан (состояние, проблемы, перспективы) // Ресурсы регионов России. — 2004. — № 3. — С. 43–52.
4. Садыков Р.К., Власова Р.Г., Шагидуллин Ф.Ф. Использование общераспространенных полезных ископаемых для социально-экономического развития Татарстана. Стратегические аспекты // Георесурсы. — 2008. — № 3. — С. 17–23.
5. Садыков Р.К., Власова Р.Г., Сибгатуллина Э.А. Обеспечение экономики Республики Татарстан неметаллическим минеральным сырьем // Минеральные ресурсы России. — 2009. — № 6. — С. 42–49.
6. Стратегия социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030 года: Закон Республики Татарстан от 17.06.2015 г. № 40-З РТ. — http://pravo.tatarstan.ru/rus/gossov/zakon.htm?npa_id=4431

© Коллектив авторов, 2015

Садыков Равиль Касимович // root@geolnerud.net
Власова Рамзия Ганиевна // root@geolnerud.net
Мурадымова Валентина Михайловна // root@geolnerud.net
Булатова Гульнара Нуровна // root@geolnerud.net

УДК: 552.08+005+083.74

Лыгина Т.З., Губайдуллина А.М., Корнилов А.В.,
Чекмарев А.С. (ФГУП «ЦНИИгеолнеруд»)

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕРУДНОГО СЫРЬЯ — ИСТОРИЯ, ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Приведен обзор научно-методических и технических разработок лабораторной службы института в области исследований состава и свойств нерудного сырья. Показано, что для создания перспективных технологий переработки нерудного сырья необходимо использование взаимодополняющих аналитических методов и нетрадицион-

*ных способов переработки. **Ключевые слова:** лабораторная служба, нерудное сырье, состав, свойства, аналитические исследования, технологические испытания, нормативная документация.*

Lygina T.Z., Gubaydullina A.M., Kornilov A.V., Chekmarev A.S.
(TSNIIGeolnerud)

LABORATORY STUDIES OF NON-METALLIC RAW MATERIALS — HISTORY, ACHIEVEMENTS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

*The review of scientific-methodological and technical developments in the field of investigations of the non-metallic materials properties and composition has been presented by the institute laboratory services. It has been also shown that the employment of complementary analytical methods as well as the usage of non-conventional ways of processing are necessary to develop the advanced processing technologies. **Key words:** laboratory service, non-metallic raw material, composition, properties, analytical studies, technological tests, regulatory documents.*

Лабораторная служба геологической отрасли вошла в XXI в. с хорошо подготовленным плацдармом. За предшествующее время было сделано немало — создана большая база нормативно-методической и технической документации, внедрены в практику лабораторных работ современные химические и физико-химические методы исследования. Что касается нерудного сырья, то его минеральное разнообразие, широкие вариации химического и дисперсного состава от макро- до наноуровня, особенности кристаллической структуры, сопровождающиеся точечными, линейными и объемными дефектами, огромный спектр полезных свойств послужили стимулом к использованию различных химических и физико-химических методов и созданию новых методик. Из всего многообразия минеральных видов именно нерудное сырье отличается самым коротким циклом прохождения от открытия месторождений или проявлений до выхода на рынок готовой продукции на его основе. Кроме того, большинство месторождений нерудного сырья освоены промышленностью, что обеспечивало достаточно стабильный уровень их добычи. Однако следует отметить, что продукция, производимая на многих предприятиях, зачастую не находит потребителей, которые ориентируются в последнее время на импортные материалы с более высокими качественными характеристиками и лучшим дизайном. Перемены столь стремительны, что новая продукция устаревает быстрее морально, чем физически. И в этом случае для специалистов, изучающих нерудное сырье, единственный шанс выжить состоит в том, чтобы не упустить момент начала перемен на рынке. Нежелание производителей изменять используемые на предприятиях технологии переработки приводит к выпуску достаточно ограниченной номенклатуры изделий, которая не удовлетворяет современному спросу и, как следствие, к снижению добычи неметаллических полезных ископаемых (НПИ). Многие из предприятий заинтересованы в получении новой конкурентоспособной продукции, но при условии минимизации изменений в технологиях их переработки или разумной модернизации. Особое значение при исследовании нерудного

сырья и создании продукции на его основе уделяется установлению норм, правил и характеристик в целях обеспечения его качества и экологической безопасности в соответствии с требованиями Федерального Закона «О техническом регулировании». Все эти аспекты, а также вопросы стандартизации и унификации исследований, взаимозаменяемости и импортозамещения продукции на основе НПИ нашли отражение в разработках лабораторной службы института.

С момента образования института одним из первых структурных подразделений была химическая лаборатория под руководством к. х. н. Л.Н. Подгорного. Специалисты лаборатории, участвуя совместно с геологическими подразделениями института в геолого-разведочных работах (ГРР) на различные виды НПИ, разработали методики выполнения измерений, которые впоследствии стали отраслевыми документами [4]. В дальнейшем в лаборатории появляются другие инструментальные методы исследования (рентгенофлуоресцентный, атомно-абсорбционный, спектроскопия с индуктивно связанной плазмой, рентгеновский, термический, ИК Фурье-спектроскопия, резонансные, дифференциально-термагнитный анализ, электронная микроскопия и др.). На базе химической лаборатории было создано одно из крупнейших подразделений института — аналитический отдел, возглавляемый в разные годы к. г.-м. н. Б.Ф. Горбачевым, к. г.-м. н. Р.Ш. Харитоновой, д. г.-м. н. проф. Т.З. Лыгиной, к. г.-м. н. Н.И. Наумкиной, к. т. н. А.М. Губайдуллиной.

Вовлечение в промышленное производство нерудного сырья требовало изучения его технологических свойств, особенностей переработки, разработки технологических схем обогащения. В институте создается технологический отдел под руководством к. т. н. В.М. Гонюха, который впоследствии возглавил д. т. н. А.В. Корнилов. Основными направлениями отдела становятся не только определение основных физических и физико-механических характеристик нерудного сырья,

но и разработка новых способов добычи, обогащения и переработки. В настоящее время отдел выполняет также опытно-промышленные (полузаводские) испытания, которые являются одним из важных факторов при постановке на государственный учет и передаче объектов нерудного сырья недропользователям. Использование новых технических и методических решений реализовалось в технологических регламентах по получению вяжущих, керамических и сорбционно-фильтрующих материалов, синтетического волластонита и кордиерита, минеральной ваты и коагулянтов из промышленных отходов, минеральных добавок для дорожного строительства, полимерных композиций и т. д. На рис. 1–4 приведена лишь небольшая часть наукоемких инновационных техноло-

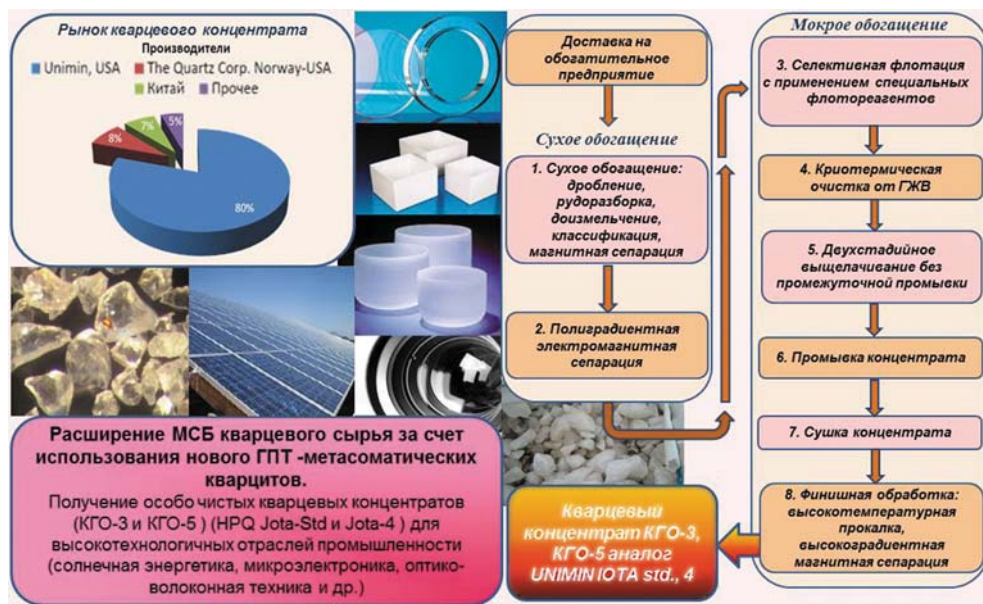


Рис. 1. Инновационная технология обогащения кварцитов с получением концентратов

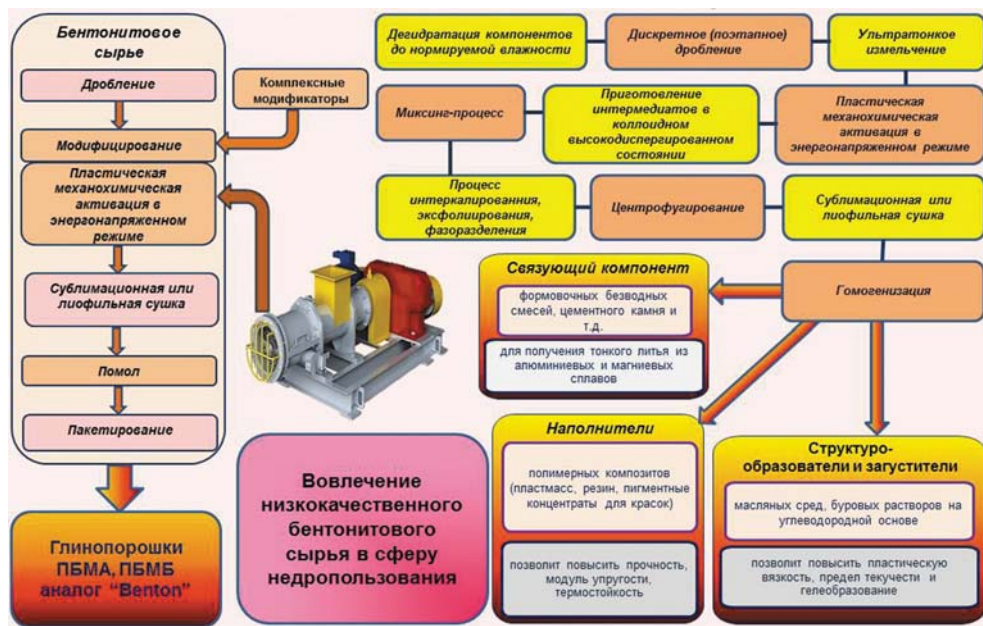


Рис. 2. Технология модифицирования низкокачественного бентонитового сырья

торных работ. В ней можно выделить две составляющие, первая — это получение представительной (аналитической или технологической) пробы, гарантирующей достоверность полученных результатов при проведении исследований. Следует отметить, что для стадии пробоподготовки нерудного сырья имеются свои специфические особенности — пробы могут различаться по массе, реакционной способности, степени дисперсности, гигроскопичности и летучести, содержанию примесных фаз. При этом особое внимание уделяется подбору оборудования и выбору метода получения представительной пробы. Так, например, для исключения загрязнения пробоподготовка нерудного сырья проводится с помощью специальных приемов: термодробления, измельчения в результате действия

мощных электромагнитных импульсов, ударно-волнового, электроимпульсного и электрогидродинамического воздействия и других высокотехнологичных способов разрушения минералов по границам зерен. При дроблении необходимо учитывать природную структуру породы, используемые механизмы, а также стадийность и очередность применения тех или иных способов. Стоит отметить, что раскрытие минеральных сростков достигается иногда в очень крупном классе, а переизмельчение может способствовать усложнению технологии последующей переработки. Особенно это важно при работе с соленосными породами, при подготовке которых во избежание их переувлажнения или потери части кристаллизационной воды следует использовать специальное оборудование, в том числе и вакуумное. Фактически каждый вид нерудного сырья требует индивидуального подхода к пробоподготовке. Вторая составляющая — это специфические приемы подготовки полученных представительных проб к различным инструментальным методам. Для каждого вида исследований они различны, например — сплавление, химическое разложение, вскрытие в микроволновых печах, сорбция на мембранных фильтрах при определении химического состава и подготовка ориентированных, либо максимально разориентированных препаратов для учета влияния коэффициента текстурирования при фазовой диагностике рентгенографическим методом. В связи с этим, практически для каждого метода и вида нерудного сырья в институте разработаны технические приемы как для получения представительной пробы, так и их последующей подготовки к исследованиям, которые оформлены либо в виде стандартов организации, либо вошли составными частями в разработанные отраслевые нормативные документы.

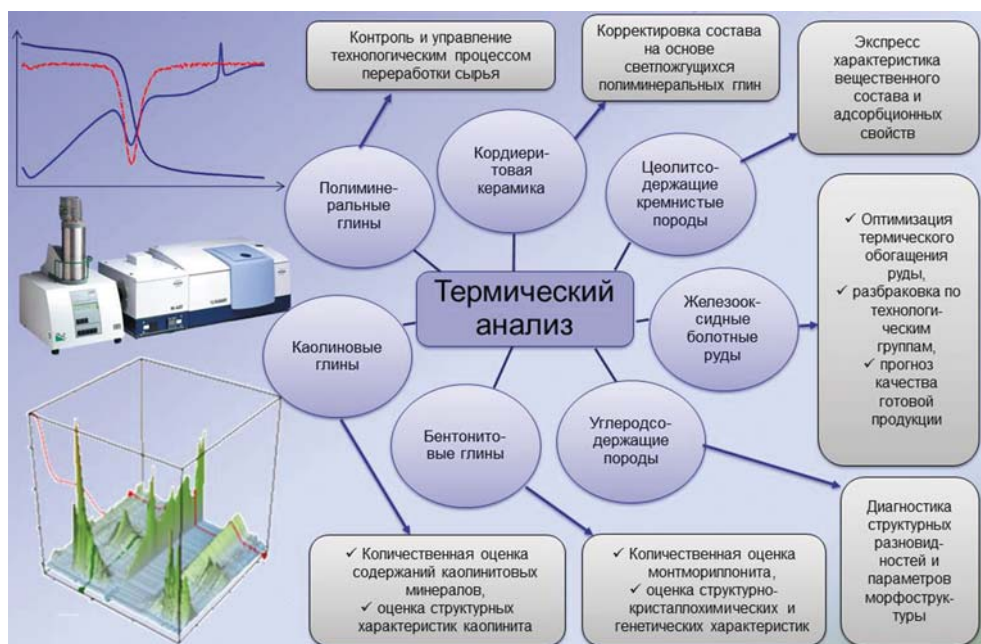


Рис. 5. Практическое применение термического анализа, совмещенного с ИК-Фурье спектроскопией при изучении НПИ

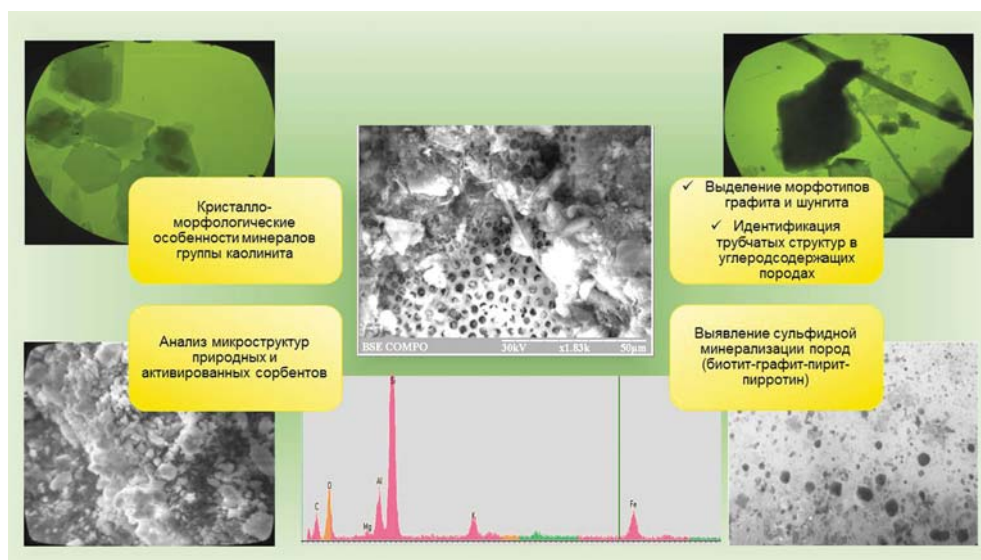


Рис. 6. Возможности метода электронной микроскопии при изучении НПИ

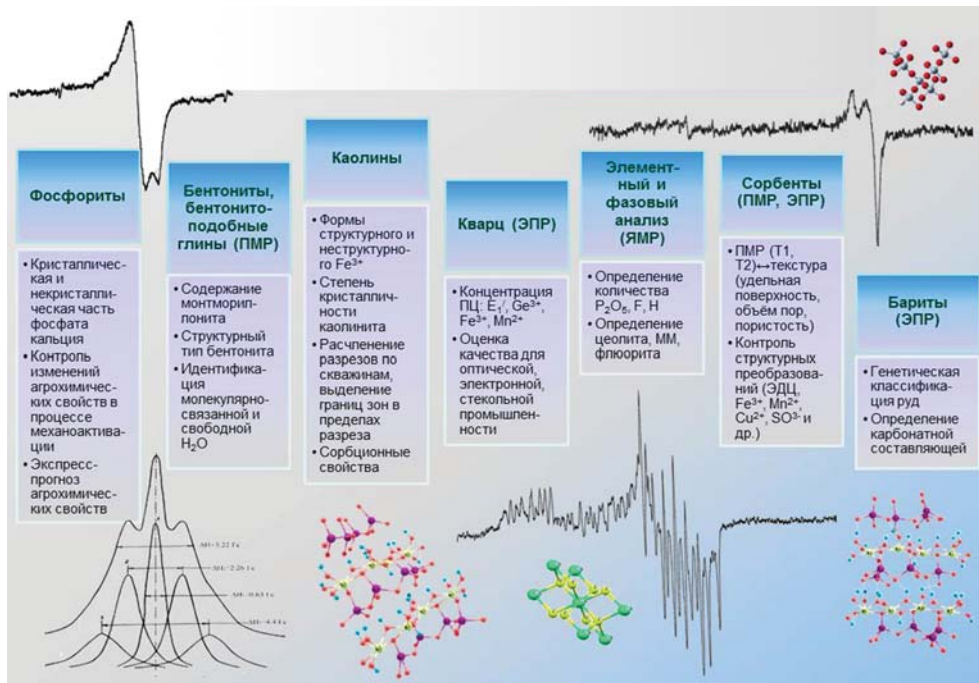


Рис. 7. Практическое применение метода ЭПР и ЯМР для изучения НПИ

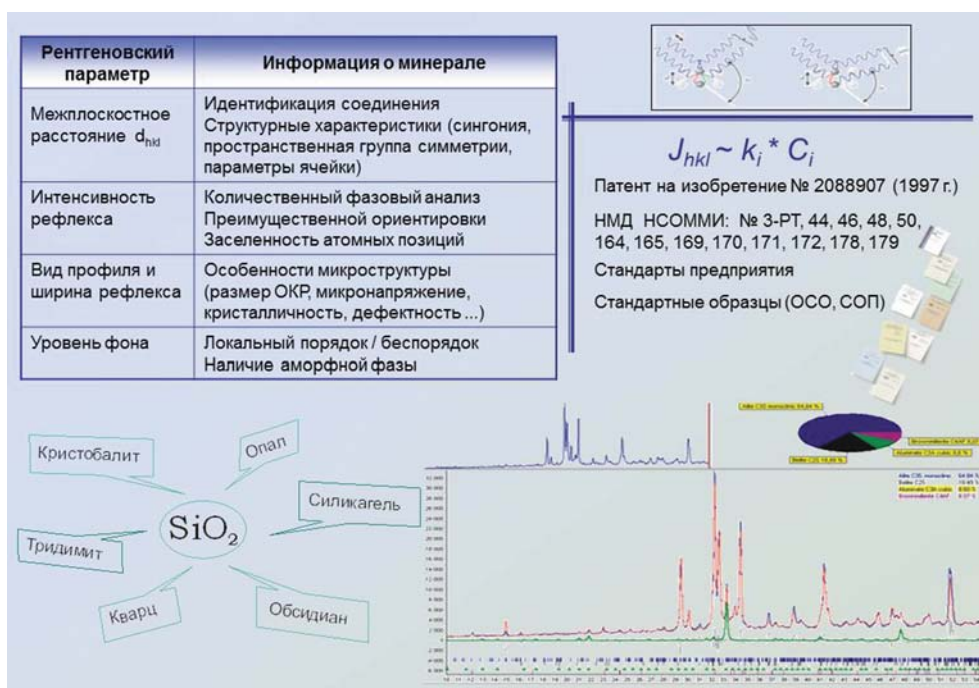


Рис. 8. Рентгенофазовый анализ НПИ

ми. Все это предполагает использование комплекса аналитических методов для прогнозной оценки качества сырья и последующих технологических испытаний. Принципиальные возможности некоторых методов исследования вещественного состава НПИ приведены ниже и в обобщенном виде представлены на рис. 5–8.

Глинистые породы широко распространены в природе, отличаются многообразием химического и минерального составов, обладают уникальными физико-химическими и физическими свойствами и поэтому являются наиболее востребованным видом сырья. Фак-

тически основная часть месторождений глинистого сырья Российской Федерации и стран Ближнего Зарубежья была вовлечена в промышленное производство в результате активного участия в процессе их изучения сотрудников нашего института: геологов, аналитиков и технологов.

Изучение глинистого сырья (легкоплавких полиминеральных, известковистых, цеолитсодержащих, огнеупорных и тугоплавких глин, каолинов, бентонитов и др.) проводится с целью определения его пригодности для производства различных видов продукции: керамики; сорбционных и фильтрующих материалов; пропантов; строительных материалов; продукции для нефтехимии; полимерных композитов и т.д. [1,10]. Как правило, исследования выполняются согласно требованиям нормативно-технической документации. Однако в ряде случаев для нетрадиционных видов нерудного сырья или новых видов продукции на основе НПИ нами разрабатываются новые методики, технологические регламенты и технические условия.

В институте проводится большая научно-исследовательская работа по детальному изучению вещественного состава, структурно-текстурных особенностей глинистого сырья и созданию наукоемких, энергосберегающих технологий его переработки с целью получения материалов с улучшенными характеристика-

ми и вовлечению в производство некондиционных видов сырья.

В АТСИЦ института разработан комплекс методик изучения качества глинистого сырья, в который входят: методика определения оптимальной формовочной влажности глинистых пресс-порошков, основанная на явлении структурно-фазовых переходов в полусухих смесях; экспресс-методика определения природных разновидностей глин; методика определения обменной емкости, числа глинистости и показателей статической влагоемкости; методика определения химического, фа-

зового составов; методика расчета составов сырьевых смесей и керамических масс для производства стеновых, облицовочных керамических материалов и муллитосодержащего кирпича.

Для глинистого сырья разработана классификация природного геолого-технологических типов с прогнозом свойств готовой продукции. Наличие нормативно-методической документации, использование новых технических решений (электромагнитная классификация, механоактивация, плазменное, пульсационное и электрокинетическое воздействие и др.) позволили разработать и внедрить в практику технологию получения керамических материалов с улучшенными технико-эксплуатационными характеристиками, керамзитового гравия и керамического щебня (рис. 3).

На основе общераспространенного легкоплавкого глинистого сырья получены образцы клинкерной и кислотостойкой высокопрочной керамики. Из легкодоступных компонентов (отходов обогащения асбеста и каолина) разработана технология получения кордиеритовой керамики. По своим свойствам (высокая устойчивость к перепадам температур, низкий коэффициент термического расширения, высокая механическая прочность, стойкость к агрессивным средам) полученный продукт соответствует требованиям международных стандартов на носители катализаторов для дожига автомобильных газов. Кроме того, кордиеритовая керамика может использоваться для футеровки туннельных вагонеток, изготовления капсулей и может заменить импортную продукцию.

Разработана технология получения электропроводящей керамики из полиминеральных глин и графита с диапазоном величин удельного сопротивления от $1,8 \cdot 10^2$ до $4 \cdot 10^{-3}$ Ом·м. Полученный материал может быть использован для изготовления экологически чистых нагревательных элементов различного назначения, работающих в широком интервале температур.

Промышленное признание в качестве достаточно распространенного и дешевого материала для изготовления строительной керамики в последнее время получили полиминеральные известковистые глины. Глинистые минералы в этих породах представлены ассоциацией смешаннослойного минерала состава слюда-монтмориллонит (40–50 % неразбухающих слоев), гидрослюда и каолинита. В качестве примесей присутствует кальцит (10–40 %), кварц (до 5 %), иногда примесь полевого шпата [9]. Установлено, что при обжиге до 1050°C из данного сырья может быть получен керамический материал, отвечающий по основным показателям (водопоглощение и механическая прочность) требованиям к качеству облицовочной плитки, однако во многих случаях наблюдался эффект коробления. Для выяснения причин были проведены термоаналитические исследования, показавшие резкую смену двух разнонаправленных процессов и возникновение в объеме значительных физических напряжений. Эндотермическое превращение отвечает диссоциации кальцита и сопровождается интенсивным газовыделением, а экзотермическое — кристаллизацией новообразованных фаз (воластонита и мелилита). На основе проведенных модельных экспериментов было пред-

ложено введение в шихту добавок определенных химических соединений и выдерживание при обжиге изотермических пауз при различных температурах. Этими приемами были исключены дефекты керамической плитки, получен качественный продукт и предложен оптимальный алгоритм технологической схемы. С экономической точки зрения использование метода термического анализа позволило сократить объем дорогостоящих технологических испытаний (рис. 5).

С применением нетрадиционных методических приемов была проведена прогнозная оценка качества алювиальных каолинов коры выветривания (месторождения Журавлиный Лог, Южно-Ушкотинское, Ковыльное и др.). Было выделено три природных типа (А, В, С), существенно отличающихся не только по своему вещественному составу, но и по своим технологическим параметрам и, соответственно, требующих специфических подходов к их переработке (рис. 6, 7). «Нормальные» апогранитные каолины (тип А) почти полностью состоят из кварца и каолиновых минералов (каолинит и галлуазит) с незначительными примесями других минералов, «щелочные» (тип В) каолины содержат наряду с кварцем более 10 % реликтового микроклина и серицита микронного размера, что определяет их хорошую спекаемость. Апогнейсовые каолины (тип С) более или менее однородны по своему составу и имеют незначительные примеси смектита, гидрооксидов железа, биотита, мусковита. На основе структурно-текстурных характеристик, полученных с помощью метода низкотемпературной сорбции азота, для данного типа зафиксировано увеличение сорбционных характеристик. С помощью методов ЭПР и рентгеновской дифрактометрии была установлена зависимость структурной упорядоченности каолинита от размера частиц. Следует отметить, что обычная оценка кристалличности по индексу Хинкли затруднена вследствие присутствия в этих породах галлуазита. Наиболее высокие значения индекса Хинкли (0,9–1) характерны для каолинита апогранитных «нормальных» каолинов, щелочные каолины имеют менее совершенную кристаллическую структуру (0,6–0,9). Термоаналитическими исследованиями в выделенных природных типах установлены различные вариации адсорбированной и структурно-связанной воды и индекса формы термического эффекта по Киссингеру (ИК). Разработанные методические приемы нашли отражение в Методических рекомендациях НСОММИ «Определение структурно-кристаллохимических характеристик и содержания минеральных компонентов в каолинах методами рентгенографического и ДТА-ДСК — анализ» и послужили основой для разработки технологий. Были предложены специфические схемы переработки с включением стадий высокоградиентной электромагнитной сепарации, селективной флокуляции и электромагнитной классификации. В результате получен обогащенный каолин (содержание каолинита 95–97 %, коэффициент белизны 90–97 %), который может быть использован в производстве широкого ассортимента химической продукции, высококачественной бумаги, стекловолокна, пропантов, метакаолинита, кремнийорганических полимеров. Показана возможность полу-

чения из песчаных отходов обогащения каолиновых руд концентратов стекольного кварца и высококалорийного маложелезистого полевого шпата.

Учитывая то, что в последнее время одним из наиболее перспективных материалов, получаемых на основе каолина, является метакоалинит, использование методов термического и рентгенографического анализа позволило выбрать оптимальные режимы переработки каолиновых руд для получения этого продукта. Был установлен температурный интервал топотаксической дегидроксилизации каолинита с образованием метастабильной фазы — метакоалинита. Поскольку данный процесс занимает промежуточное положение между механизмами гомогенного и негомогенного типа соответственно новообразованная фаза метакоалинита сохраняет в значительной степени кристаллический порядок и оставшиеся группы ОН⁻ удаляются из структуры при температурах, непосредственно предшествующих экзотермическому эффекту образования муллита. Для каждого природного типа была установлена температура распада решетки каолинита, выявлены свои специфические термодинамические параметры, что позволило провести целенаправленный модельный эксперимент и получить практически мономинеральную фазу метакоалинита, идентифицируемую методом рентгеновского анализа.

Разработанные технические решения по глинистому сырью апробированы и внедрены на ЗАО «Пласт-Рифей» (Челябинская обл.), Шеланговском, Арском кирпичных заводах, комбинате строительных материалов Республики Татарстан, кирпичных заводах Нижегородской, Оренбургской областей и на многочисленных предприятиях других регионов. За счет вовлечения в производство низкокачественного глинистого сырья и его новых нетрадиционных видов (полиминеральные известковистые глины, светложгущиеся глины) расширена минерально-сырьевая база производства керамических материалов и изделий (рис. 7).

Для бентонитовых глин помимо использования в строительной индустрии проводятся исследования на предмет пригодности для получения буровых растворов, формовочных смесей и железорудных окатышей. Разработаны эффективные технологии модифицирования с подбором режимов механоактивации, химических реагентов и получены высококачественные бентопорошки, соответствующие требованиям российским и международным стандартам (АНИ-13А) (рис. 2). Научная новизна новых технических решений защищена патентами. Из низкосортных бентонитов (с содержанием монтмориллонита менее 60 %) показана возможность синтеза органобентонитов, широко применяемых в различных отраслях промышленности (нефтехимия, лакокрасочная и автомобильная промышленность, металлургия и др.) [1, 5, 7].

Применение комплекса минералого-аналитических и технологических методов позволяет при изучении новых проявлений и оценке качества глинистого сырья разведанных месторождений установить наличие полезных компонентов, отбраковать некондиционные разности, выявить легко модифицируемые разновидности, оценить качество и технологические свойства, и, в

итоге, дать прогноз направлений использования этих ценных полезных ископаемых. Кроме того, комплекс физико-химических методов (рентгенографические, термические, резонансные, химико-спектральные, адсорбционно-люминесцентные) дает возможность проводить контроль изменений кристаллической структуры основного компонента — смектита (монтмориллонита) в результате активирующих химических и физических воздействий. При этом очень важно выбрать такой способ переработки, который бы позволил получить продукцию с высокими эксплуатационными и технико-экономическими параметрами [1].

При количественной оценке содержания глинистых минералов приходится сталкиваться с большими трудностями, связанными главным образом с высокой дисперсностью и полиминеральностью. В связи с этим, определение минерального (фазового) состава и структурно-кристаллохимических особенностей смешаннослойных глинистых минералов (смектитов) рекомендуется проводить комплексом методов. Метод рентгенографического анализа применяется для приближенно-количественной оценки содержания основного компонента в породе от 50 % и более. При меньших содержаниях полезного компонента используются специфические приемы пробоподготовки, съемки и расшифровки рентгенограмм (метод внутреннего стандарта с применением корунда). Рентгенографический анализ также позволяет оценить изменение структуры модифицированных монтмориллонитов (смектитов) (рис. 8). Метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР) позволяет оценить содержание смектита в породе от 30 % и выше, порог обнаружения составляет 5 %. Сигнал ЯМР от ядер водорода в составе исследуемой пробы представляет собою сигнал свободной индукции (ССИ), его интенсивность служит мерой содержания смектита, а форма и длительность отражают структурно-кристаллохимические характеристики монтмориллонита. Метод ЯМР также диагностирует тип бентонита по отношению амплитуд ССИ при двух значениях влажности глины: 0,92/0,43 (рис. 7). Методами дифференциального термического анализа по величине потери массы межслоевой воды определяют содержание смектита и тип бентонита (рис. 5). На основе экспериментальных данных выделено три кристаллохимические разновидности смектита (монтмориллонита), связанные как с изоморфными замещениями, так и с наличием в структуре ОН⁻ групп с разной энергией связи и соответствующие определенным геолого-промышленным типам бентонитов. Методические приемы оформлены в виде стандарта организации «Определение структурно-кристаллохимических характеристик монтмориллонита в бентонитах методами термического анализа» и Инструкции НСОММИ № 52 «Количественное определение монтмориллонита в бентонитах методами дифференциального термического и дифференциального термогравиметрического анализа».

В 1996 г. в институте была введена в эксплуатацию и аттестована технологическая линия, предназначенная для проведения укрупненных (опытно-промышленных) испытаний глинистого сырья при производстве

керамического кирпича и черепицы методами пластического формования и полусухого прессования. За время эксплуатации линии были проведены испытания глинистого сырья более чем 40 месторождений Российской Федерации. Предложены новые технологические регламенты для действующих предприятий. Выполнялись также работы по заказу иностранных фирм, в частности, австрийской фирмы «Винербергер». В институте разработана и внедрена уникальная установка по определению теплопроводности стеновых керамических материалов в кладке стены. Постоянными заказчиками на проведение этих испытаний являются практически все кирпичные заводы российских и зарубежных фирм.

Начало 1990-х годов было отмечено увеличением темпов и объемов строительства. В связи с этим возросли и объемы работ по изучению минерального сырья, используемого в качестве вяжущих. В 2000 г. в отделе технологических исследований была создана специализированная лаборатория по проведению полного комплекса исследований цементного сырья и полученных материалов, включая испытания по определению коррозионной устойчивости арматуры в бетонных изделиях. Техническая оснащенность лаборатории позволяет определять качество сырьевых компонентов и цемента по ГОСТ 31108–2003 и европейскому стандарту EN 197-1. Первыми геологическими объектами, оцененными по группе цементного сырья, были месторождения: Татарская Бездна верхнемеловых известняков Дрожжановского района РТ; Курочкинское (Республика Чувашия); Каменногогорское (Республика Марий Эл). Количество исследованных сырьевых объектов растет с каждым годом. Проведены лабораторно-технологические испытания цементного сырья месторождений Кировской, Свердловской, Волгоградской, Ленинградской, Пензенской, Саратовской и Брянской областей, Республик Карелия, Кабардино-Балкария и других регионов РФ. Запасы более 10 объектов утверждены в ГКЗ. Кроме оценки качества цементного сырья геологических объектов проводятся также научные исследования по улучшению свойств портландцемента. Разработаны и запатентованы способы получения высокомарочного портландцемента с модифицированными цеолит- и воластонитсодержащими добавками, созданы геокомпозиции из полиминеральной глинистой составляющей и растворов щелочей или солей щелочно-земельных металлов, проведены испытания полисульфидных олигомеров в качестве модификаторов строительных растворов. По своим техническим характеристикам геополимеры являются альтернативой легким бетонам.

Разработка новых технологий априори связана с изучением вещественного состава сырьевых компонентов на новом уровне. Так, исследование процессов гидратации цементного камня методами термического и рентгеновского анализа позволяет количественно идентифицировать гидратированные формы минеральных компонентов цементного сырья, и соответственно предложить новые режимы переработки. Разработанные методики вошли в отраслевой нормативный документ по оценке качества цементного сырья. Новая

методология изучения магнезитовых пород, используемых для получения магнезиальных вяжущих, позволяет оценить содержание вредных примесей и дать рекомендации по выбору оптимальных параметров переработки данного вида сырья.

В АТСИЦ института проводится также полный комплекс аналитико-технологических исследований карбонатных пород с целью получения из них воздушной и гидравлической извести, а также исследования в области получения, твердения и применения многофазовых и композиционных гипсовых вяжущих и изделий из них. Раскрытие механизма структурных преобразований в процессах технологической обработки компонентов гипсовых вяжущих, установление закономерностей гидратации и кристаллизации многокомпонентных систем позволили оптимизировать технологии их получения на основе местного минерального сырья и отечественных химических и минеральных добавок.

На основе минералого-аналитических исследований и технологических испытаний созданы инновационные технологии переработки сорбционного минерального сырья (цеолитов, опок, цеолитсодержащих кремнистых пород, диатомитов, трепелов, бентонитовых и палыгорскитовых глин, глауконитов, шунгитов и вермикулитов) и разработана нормативная документация по минералого-технологической классификации сорбентов. Совместно с геологическими подразделениями института проведена ревизионная оценка всего фонда разведанных месторождений и перспективных проявлений сорбционного сырья, выделены качественные группы для обоснования целесообразности организации производства и обеспечения отечественного рынка качественными сорбционными и фильтрующими материалами. Для постановки ГРП рекомендованы 123 месторождения и 40 перспективных участков. Функциональный подход к оценке месторождений апробирован на ряде предприятий (ПО «Сибнефтегазпереработка», Красноленинский ГПЗ, ЗАО «Диамих», ЗАО «Водоканал»). Специалисты института участвовали в проектных работах по созданию установок по активации и получению сорбентов для сероочистки и осушки нефтяных газов, которые впоследствии были внедрены на Приаргунском ГХК и в ИМРе г. Симферополь. Опытно-промышленные испытания по очистке газов от сероводорода и меркаптанов активированными цеолитами и опоками показали их идентичность с искусственными цеолитами NaX, SP-1335 (Япония). Проведены оценочные работы на диатомовое сырье Ахматовского месторождения (Пензенская обл.), разработана новая технологическая схема получения фильтрующего материала методом гравитационного разделения в водной среде и получен диатомовый фильтрующий материал, не уступающий по качеству Хайфло-Суперсел (США). По разработанным технологиям получено 30 авторских свидетельств и патентов [2, 8].

Проведена комплексная оценка качества калийных и калийно-магниевых пород Восточно-Полесской и Нивенской площадей Калининградско-Гданьского соленосного бассейна, Шарлыкской площади Орен-

бургского Приуралья и Половодовского участка Верхнекамского месторождения, а также разработаны технико-экономические соображения возможной скважинной гидродобычи путем растворения пород с последующей их переработкой на калийные и калийно-магниевого удобрения. Для полигалитсодержащих пород разработан способ получения комплексного сульфатно-нитратного калийно-магниевого бесхлорного минерального удобрения (рис. 4). Разработаны технология обогащения и переработки бедных фосфатных руд методами плазмохимии и механоактивации, методика геолого-технологической оценки желваковых фосфоритовых руд европейской части России и предложены технологии их переработки для получения фосмуки и фосмелиоранта. Оценка агрохимической эффективности (усвояемости фосфора) фосфоритов желвакового типа проводилась методом ЭПР. Была создана отраслевая методика, основанная на эмпирической зависимости между наличием в кристаллической структуре фосфатного вещества парамагнитных центров $F^- - O^- - F^-$ и VO^{2+} и его растворимостью в 2-х %-ой лимонной кислоте. Следует отметить, что метод ЭПР был использован также при расчленении геологических разрезов и корреляции стратиграфических горизонтов Харанурского месторождения фосфоритов. Изучение спектров ЭПР мономинерального фосфата кальция, позволило выявить «парамагнитный репер», с помощью которого четко разделялись несколько продуктивных пластов фосфоритов и, кроме того, прослеживалось их поведение по простирацию (рис. 7).

Разработанные специалистами АТСИЦ лабораторно-технологические схемы обогащения комплексных фосфатно-титан-циркониевых руд позволили получить сложные фосфорсодержащие удобрения, а также кварцевый концентрат для стекольной промышленности.

Исследования стекольных кварцевых песков позволили из низкокачественного и труднообогатимого сырья путем термомангнитного обогащения, подбора оптимального состава стекольной шихты и режимов плавки получить концентраты высоких марок (рис. 1).

Лабораторной службой института разработаны способы определения содержания в породах асбеста, мелкозернистых слюд (мусковита, флогопита, биотита) и вермикулита, графита, а также технологии их обогащения с получением широкого ассортимента продукции строительного назначения.

Для диагностики сульфидных минералов в графитсодержащих породах разработана методика дифференциального термомангнитного анализа, апробация которой проведена на проявлении Пестпакша (Мурманская область). По особенностям термомангнитного поведения сульфидных минералов можно судить об условиях образования горных пород и идентифицировать их повторные нагревы. Подобная информация существенно дополняет сведения о генезисе проявления в целом, дает определенные поисковые и прогнозные признаки. Следует подчеркнуть, что метод термомангнитного анализа базируется на теории магнетизма, дает физические константы, позволяющие оценивать, сравнивать, моделировать природные и технологические процессы, что делает его в значительной степени свободными от

субъективизма при геологической и технологической интерпретации результатов эксперимента.

В АТСИЦ созданы технологии обогащения кварцитов различного генетического типа, спекуляритовых, волластонитовых и золотосодержащих пород; комплексной переработки любых россыпных месторождений с получением титан-циркониевых концентратов, железистых минералов, золота и др. Подготовлена техническая документация по установкам «Шлих» и «Старатель» для электрофизического обогащения мелкого и тонкодисперсного золота.

Для обогащения кварцевого сырья с целью получения особо чистых концентратов использованы методы магнитной сепарации и химического обогащения. В зависимости от состава примесных фаз рекомендовано применение одностадийного или двухстадийного выщелачивания, осуществлен подбор реагентных составов растворителя (HCl , HF , H_2SO_4 и др.). Разработанная технологическая схема позволяет получить концентраты требуемого качества (рис. 1).

На основании результатов исследований различных видов нерудного сырья разработано около 20 инновационных проектов, которые представлялись в Департамент государственной политики в области геологии и недропользования МПР России, Академию наук Республики Татарстан, ГНО «Инвестиционно-венчурный фонд Республики Татарстан», Казанский Инновационный технопарк «Идея». Разработки в аналитико-технологическом направлении отмечены Государственными премиями СССР и Республики Татарстан в области науки и техники, сотрудники АТСИЦ неоднократно становились лауреатами премии Росгео и Роснедр в области инновационных технологий и методов исследования нерудных полезных ископаемых.

Важным направлением работ лабораторной службы института является усовершенствование действующей и создание новой нормативно-методической и справочной документации, которая способствует проведению достоверной оценки качества сырья при проведении геологоразведочных работ и надежному прогнозу возможных направлений его использования [3].

По результатам проведенных обширных аналитико-технологических исследований впервые была разработана и утверждена соответствующая нормативно-техническая документация (ГОСТы, ОСТы, методические рекомендации, указания, руководство, ТУ, технологические регламенты) по минералого-технологической оценке качества различных видов нерудного сырья, направлениям их использования и технологиям переработки.

В заключение хотелось бы отметить, что накопленный опыт позволяет решить многие задачи, однако в целях обеспечения опережающего развития высокотехнологичных отраслей экономики качественным минеральным сырьем необходимо расширение материально-технической базы и увеличение объемов финансирования лабораторной службы НПИ отрасли. Стратегия развития лабораторной службы НПИ геологической отрасли должна равняться на стандарты, достигнутые мировыми лидерами данной сферы деятельности и соответствовать их прорывным направлениям. Разум-

ное использование МСБ НПИ является элементом стабилизации экономического развития регионов и обеспечивает конкурентоспособность продукции на основе нерудного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бентониты и бентонитоподобные глины* // Тр. ЦНИИГеолнеруд. — Казань, 2005. — С. 1–39.
2. *Гонюх В.М., Лыгина Т.З., Трофимова Ф.А. и др.* Технология переработки основных видов неметаллов: анализ, перспективы развития // Разведка и охрана недр. — 2003. — № 3. — С. 37–40.
3. *Исследование баритовых руд комплексом физико-химических методов (методические рекомендации)* / Т.З. Лыгина, Г.Г. Ахманов, В.В. Власов и др. — М., 2004. — 79 с.
4. *Количественная и геолого-экономическая оценка ресурсов неметаллических полезных ископаемых: Метод. пособие в 3-х т.* / Гл. ред. Е.М. Аксенов (Тр. ЦНИИГеолнеруд). — Казань: Новое знание, 2007.
5. *Сабитов А.А., Гонюх М.В., Трофимова Ф.А.* Проблемы производства высококачественных глинопорошков для буровых растворов в России и пути их решения // Нефть и капитал. — 2001. — № 10. — С. 23–25.

6. *Типовые программы и методики лабораторных испытаний нерудных полезных ископаемых при производстве геологоразведочных работ* / Сост. В.М. Бухмастов. — Свердловск, 1988.
7. *Трофимова Ф.А., Лыгина Т.З., Сабитов А.А., Губайдуллина А.М.* Влияние механоактивационных процессов на изменение коллоидных и реологических свойств бентонитовых глин: Сб. статей. — Петрозаводск, 2006.
8. *Юсупов Т.С., Казанцева Л.К., Лыгина Т.З., Цыплаков Д.С.* Исследование изменения характера срастаемости скрытокристаллических минералов в цеолитовых породах и их обогатимости при механической активации // Обогащение руд. — № 1 (349). — 2014. — С. 24–28.
9. *Экспрессный рентгенографический полуколичественный фазовый анализ глинистых минералов* // Методические рекомендации НСОМ-МИ. — М.: ВИМС, 1991.
10. *Kazantseva L.K., Lygina T.Z., Rashchenko S.V., Tsyplakov D.S.* Preparation of Sound-Insulating Lightweight Ceramics from Aluminosilicate Rocks with High CaCO₃ Content // J. Am. Ceram. Soc., 1–5 (2015).

© Коллектив авторов, 2015

Лыгина Талия Зинуровна // lygina@geolnerud.net
Губайдуллина Альфия Максумовна // alfgub@mail.ru
Корнилов Анатолий Васильевич // technology-geolnerud@yandex.ru
Чекмарев Антон Сергеевич // technology-geolnerud@yandex.ru

ХРОНИКА

К 85-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ИВАНА СЕМЕНОВИЧА МОДНИКОВА (1930–1997)

15 сентября исполняется 85 лет со дня рождения заслуженного геолога России, доктора геолого-минералогических наук Ивана Семеновича Модникова — видного ученого, крупного специалиста в области геологии урана и методики поисков уранового сырья.

И.С. Модников принадлежал к поколению геологов, которые в 1940–1950-е годы почти с нуля создали в СССР мощную минерально-сырьевую базу атомной промышленности. Он с отличием окончил в 1953 г. геологоразведочный факультет Московского института цветных металлов и золота и до 1960 г. работал в Ферганской экспедиции ВИМСа инженером-геологом и начальником партии. За этот период он дважды выезжал в длительные зарубежные командировки, работая техруком партии в КНР, а затем главным геологом рудоуправления в Чехословацкой республике. В 1960 г. И.С. Модников пришел в ВИМС, где и проработал около 40 лет в качестве старшего инженера, старшего научного сотрудника, заведующего сектором, заведующего отделом, главного научного сотрудника. Он возглавлял крупные научные коллективы, проводившие комплексное детальное изучение урановорудных объектов в Центральном Казахстане, Средней Азии, Восточном Забайкалье, Монголии.

И.С. Модников внес значительный вклад в развитие теории эндогенного уранового рудообразования. Его основные научные интересы были связаны с исследованием условий формирования и локализации гидротермальных месторождений урана в вулканотектонических структурах областей континентального вулканизма. Сопоставительное детальное изучение таких



месторождений, их тектонической позиции, структурных особенностей, околорудных метасоматических преобразований пород, вещественного состава руд позволило ему создать основы крупномасштабного прогнозирования и поисков месторождений подобного типа. Им была предложена историко-геологическая модель образования крупномасштабного эндогенного уранового оруденения и определены вытекающие из этой модели главные предпосылки формирования крупных объектов, что в дальнейшем использовалось на ранних стадиях поисков.

Научная жизнь И.С. Модникова была исключительно активной: ему принадлежит более 130 научных работ, 6 изобретений по методам поисков и оценки рудных месторождений, он являлся академиком Международной академии минеральных ресурсов, членом нескольких ученых советов, членом редколлегии журнала «Атомная энергия» и сборников «Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов», был научным куратором экспедиций концерна «Геологоразведка», имел много учеников, которые и сейчас активно трудятся в различных геологических организациях.

И.С. Модников всегда пользовался большим авторитетом как в научной среде, так и у геологов-производственников. За принципиальность, глубокую порядочность и истинную интеллигентность его уважали и любили все, с кем ему приходилось работать. Светлая память о выдающемся исследователе, замечательном человеке, прекрасном товарище всегда будет жить в сердцах его коллег, друзей и учеников.

*Ученый Совет ВИМСа,
Совет ветеранов, коллеги и друзья*