

сырья и материалов; 45 университетов и 20 исследовательских организаций работают в области лазерной техники, в частности, и для нужд аддитивных технологий.

В США открывают 15 профильных институтов, обеспечивающих развитие аддитивных технологий в различных направлениях.

В 22-х странах созданы национальные ассоциации по аддитивным технологиям, объединенные в альянс **GARPA — Global Alliance of Rapid Prototyping Associations**.

При этом финансовые риски и координацию в области исследований, на начальном этапе развития этого инновационного направления, во многом берет на себя государство.

С учетом приведенных данных представляется целесообразным в рамках межотраслевой кооперации по импортозамещению в области аддитивных технологий выделить в сырьевом секторе данного направления определенные виды природного минерального сырья и включить их в сферу ответственности Министерства природных ресурсов и экологии РФ.

Для формирования и развития минерально-сырьевой базы производства порошковых материалов для аддитивных технологий и исследований в области материаловедения порошковых материалов, по мнению авторов, необходимо:

1. Обеспечить решение задач, изложенных авторами в статье [1], направленных на вовлечение в изучение и эксплуатацию техногенных образований (месторождений).

2. Создать базу данных по техногенным образованиям (месторождениям), выделив в ней в качестве первоочередных для изучения мономинеральные, а также легко приводимые к мономинеральным, объекты.

3. Организовать на базе научно-исследовательских и технологических подразделений Министерства природных ресурсов и экологии РФ малотоннажное производство порошков из минерального сырья в объемах, достаточных для проведения экспериментальных исследований в области материаловедения порошковых материалов, и определить возможность и границы проведения таких исследований в соответствующих подразделениях, с учетом параметров межотраслевой кооперации.

4. Оценить возможность организации на базе научно-исследовательских и технологических подразделений Министерства природных ресурсов и экологии РФ, производства промпродуктов и готовых порошковых материалов для аддитивных технологий из минерального сырья по позициям, закрываемым производительностью малотоннажных производств, с целью максимальной загрузки последних для повышения экономической эффективности их деятельности.

Выполнение предлагаемых мероприятий будет способствовать опережающему развитию в России передовых аддитивных технологий и исследований в области материаловедения порошковых материалов на основе отечественного минерального сырья, развитию внутреннего рынка дисперсных материалов и инноваци-

онному развитию минерально-сырьевого сектора экономики, направленному на рациональное использование минеральных ресурсов на основе их глубокой переработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов, М.В. Особенности формирования минерально-сырьевой базы, ориентированной на производство порошковых дисперсных материалов / М.В. Белов, А.В. Бич, Л.З. Быховский // Минеральные ресурсы России. — 2016. — № 5. — С. 18–22.
2. Бич, А.В. Новое перспективное направление инновационного развития минерально-сырьевого сектора экономики / А.В. Бич, М.В. Белов, Л.З. Быховский // Рациональное освоение недр. — 2015. — № 2. — С. 62–68.
3. Ремизова, Л.И. Циркон: от избытка к дефициту / Л.И. Ремизова // Металлы Евразии. — 2014. — № 6. — С. 56–59.

© Белов М.В., Бич А.В., Быховский Л.З., 2017

Белов Михаил Владимирович // mvbelovgeolog@yandex.ru

Бич Александр Васильевич // a.bich-nedra@yandex.ru

Быховский Лев Залманович // lev@vims-geo.ru

УДК 549.08

Ожогин Д.О.¹, Ожогина Е.Г.² (1 — ООО «ГРК», 2 — ФГБУ «ВИМС»)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ МЕТОДОВ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

*Сегодня востребованы количественные методы анализа минерального и гранулярного состава руд и пород. Перспективы развития количественного минералогического анализа следует связывать с совершенствованием системы управления качеством минералогических работ. **Ключевые слова:** количественный минералогический анализ, методы, методика, руда, порода, метрологическое обеспечение.*

Ozhogin D.O.¹, Ozhogina E.G.² (1 — GRK Company, 2 — VIMS)

FUTURE DEVELOPMENT OF QUANTITATIVE METHODS OF ANALYSIS MINERALOGY-CAL

*Today demanded quantitative analysis methods of mineral and granular composition of ores and rocks. Prospects for the development of quantitative mineralogical analysis should be linked to the improvement of the quality management system of the mineralogical works. **Keywords:** quantitative mineralogical analysis, techniques, methodology, ore, rock, metrological assurance.*

Минералогические исследования сегодня являются неотъемлемой частью геологоразведочных работ и непосредственно влияют на их эффективность и достоверность. Их значимость резко возросла в последние десятилетия в связи с геологическим изучением, добычей и переработкой технологически сложных низкокачественных полезных ископаемых, сопровождающихся накоплением значительного количества отходов,

влияющих на экологическую обстановку. Современное недропользование — это, прежде всего, комплексное использование минерального сырья, предполагающее максимально возможное извлечение промышленно ценных и сопутствующих минералов, утилизацию или вторичную переработку отходов его добычи и передела, требующее всесторонней информации о вещественном составе сырьевого объекта. Следует отметить, что в настоящее время ощущается востребованность минералогического анализа и в смежных отраслях: материаловедении, металлургии, медицине, пищевой, текстильной, косметической, фармацевтической и других направлениях хозяйства, в которых необходимо знание, как минимум, минерального (фазового) состава используемого сырья. По существу все минералогические исследования направлены на оценку качества полезных ископаемых, продуктов их переработки или товарных продуктов, поэтому очень важно, чтобы такая оценка была проведена на количественном уровне.

Минералогические исследования на протяжении долгого времени носили описательный характер. Становление количественной минералогии началось в середине прошлого века. А.А. Глаголев [1] при петрографических исследованиях пород использовал оптико-геометрический метод, появившийся в начале XIX века и изначально позволяющий определять количественное содержание минералов в шлифах. В дальнейшем метод был усовершенствован не только в приборной базе (современные оптические микроскопы совмещены с автоматическими системами анализа изображений), но и в методическом обеспечении. В настоящее время он является количественным методом морфоструктурного анализа, позволяющим определять минеральный, гранулярный состав руд и пород, а также морфометрические характеристики минералов, влияющие

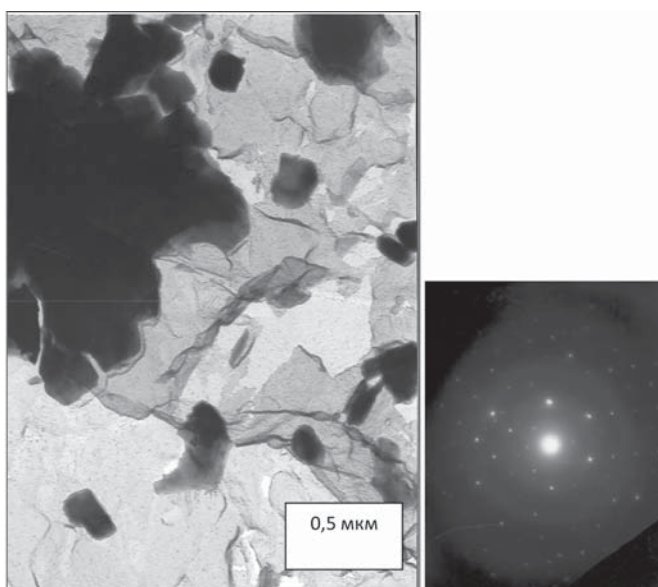


Рис. 1. Кристаллы теннатита (сульфоарсенида меди) в золото-содержащем пирите и микрадифракционная картина. Место-рождение Маломыр. Реплика с извлечением. ПЭМ

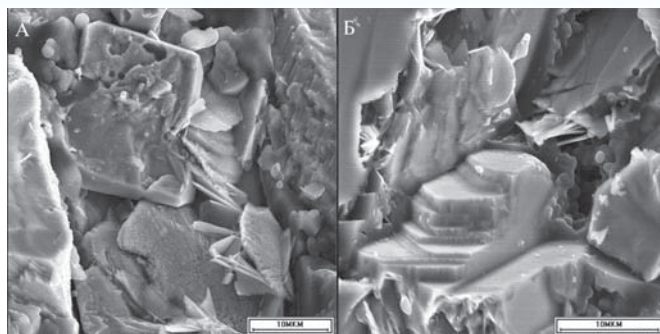


Рис. 2. А — Срастание пирита кубической, халькопирита панидиоморфной и ковеллина пластинчатой и таблитчатой формы. Б — Ступени роста изокубанита. Глубинные полиметаллические сульфиды. РЭМ

на характер их срастания. Несколько позже к количественному минералогическому анализу подключилась рентгенография [4]. Сегодня рентгенографический количественный фазовый анализ по праву является ведущим минералогическим методом, позволяющим идентифицировать минералы как природного, так и техногенного происхождения и оценивать их содержание в объекте исследования.

Современные руды в большинстве своем отличаются весьма сложным морфоструктурным составом, обусловленным одновременным присутствием нескольких минеральных ассоциаций, в которых могут присутствовать различные формы нахождения полезных и вредных элементов, неравномерным или переменным содержанием рудных минералов, варьирующим гранулярным составом, высокой дисперсностью, гетерогенным составом и строением непосредственно минералов, представляющих практическую значимость. Это в первую очередь относится к рудам цветных, редких и благородных металлов. Например, в золото-сульфидных рудах присутствует тонкодисперсное «невидимое» самородное золото, а золотосодержащий пирит может содержать значительное количество рудных микро-нанофаз: сульфидов и арсенидов никеля и кобальта, теллуридов золота и серебра, антимонидов, висмутидов и сульфосолей серебра, меди, свинца и пр. (рис. 1). В редкометалльных рудах полезные минералы нередко отличаются переменным составом, связанным с широким диапазоном изоморфизма как в катионной, так и анионной частях. Минералы редкоземельных металлов в рудах и породах в большинстве своем представлены фазами микронанометрового размера, встречающимися в незначительном количестве в полиминеральных агрегатах. В полиметаллических сульфидных рудах, сформированных в основном несколькими десятками минералов (рис. 2 А, Б), отмечается не только широкое развитие изоморфизма в структурах главных и второстепенных рудных минералов, но и нарушение стехиометрии и степени упорядоченности их кристаллических структур. Поэтому современный минералогический анализ — это целый комплекс методов изучения горных пород, руд, техногенного сырья, направленный на получение информации о их минеральном и грану-

лярном составе. И в этом комплексе методов уверенно лидируют количественные минералогические методы, что обусловлено объективной реальностью, прежде всего, необходимостью количественной оценки качества полезных ископаемых.

На сегодняшний день в геологической отрасли используется более десяти принципиально различных методов количественного минералогического анализа, комплексирование которых позволяет решать задачи практически любой сложности. В зависимости от возможностей метода анализа принято различать полный и частичный количественный минералогический анализы. В первом случае идентифицируются и определяются все возможные минералы, во втором — только конкретные фазы. Основными методами полного количественного минералогического анализа являются оптико-минералогический, оптико-геометрический и рентгенографический анализы. Остальные методы анализа (оптико-петрографический, минералогический, термический, рентгенодифракционный, люминесцентный, микрорентгеноспектральный (зондовый), инфракрасной спектроскопии, ядерной гамма-резонансной спектроскопии, ядерного магнитного резонанса и др.) позволяют решать только частные задачи. Как правило, эти методы ограничены минералогическими особенностями объекта исследования или спецификой методики. При этом эти методы в сочетании друг с другом широко используются в практике минералогических исследований при проведении количественного анализа сырья. Рациональный методический комплекс количественного анализа является индивидуальным для конкретного вида полезных ископаемых в зависимости от стадии работ и может включать традиционные методы и специальные прецизионные физические методы.

Для обеспечения достоверности и контроля качества результатов анализов необходимо метрологическое обеспечение всех видов минералогических работ. Для этого в первую очередь требуется проведение аккредитации организаций, работающих в области минералогии, — общепринятая процедура объективной и квалифицированной оценки (подтверждения) компетентности испытательных лабораторий установленным требованиям. Однако по действующему законодательству аккредитация аналитических, в том числе минералогических лабораторий на соответствие требованиям национальных стандартов проводится на добровольной основе [2], поэтому количество аккредитованных лабораторий, выполняющих минералогические анализы, незначительно. Основными методами определения минерального состава руд и пород являются оптико-минералогический и, как ни странно, химический (спектральный) анализы. Оптико-минералогический (шлиховой) анализ, используемый сегодня достаточно широко, хорошо зарекомендовал себя, например, при изучении россыпных руд благородных металлов. Современные поляризационные микроскопы в основном зарубежного производства позволяют определить количественный минеральный состав руд (пород). В то же время при

анализе коренных руд тех же благородных металлов, как правило, оптико-минералогическим методом невозможно надежно определить количественное содержание всех минеральных фаз, что обусловлено природными особенностями руд (полиминеральным составом, наличием агрегатов скрытокристаллического и метакolloидного строения, сформированных тесно ассоциирующими минералами и пр.). Поэтому в данном случае необходимо комплексирование метода с другими минералогическими методами. Наиболее оптимальный вариант — это применение оптико-минералогического и рентгенографического методов анализа, позволяющее провести количественный минералогический анализ руд (пород). Однако в практике минералогических работ, особенно в производственных лабораториях, результаты оптико-минералогического анализа сопоставляют с данными химического анализа. При этом следует отметить, что минеральный состав руд и пород невозможно определить непосредственно химическими методами, требуется пересчет результатов анализов, что не всегда бывает корректно и может привести к неправильным выводам.

В существующей ситуации дальнейшее развитие количественного минералогического анализа следует связывать с совершенствованием системы управления качеством непосредственно минералогических работ. Эта система охватывает главные элементы метрологического обеспечения работ: требования к лабораториям, к качеству подготовки проб (минералогические анализы выполняются на материале различной крупности), точности анализов, методики выполнения анализов (измерений), стандартные образцы фазового состава и свойств минералов, процедуры и нормы внутреннего контроля.

Основной минералогический анализ является метрологически оцененный метод (или методика), оформленный в виде нормативно-методического документа по конкретному виду анализа с указанием области применения и типа исследуемого сырья. Банк нормативных документов по методам минералогических исследований включает порядка 400 методик. Большая часть их разработана и внедрена в практику лабораторных исследований в прошлом веке, поэтому сегодня они требуют актуализации, а иногда и полной замены. Это связано с появлением более современной аппаратуры, новых технологий изучения вещественного состава полезных ископаемых.

Необходимо принять во внимание и то, что за прошедшие годы в значительной степени изменились объекты исследования. Сегодня это в основном комплексные, нередко тонкодисперсные руды полиминерального состава, полезный элемент в которых может присутствовать в нескольких минеральных формах, содержание которых может варьировать. Резко возросла доля нетрадиционного сырья природного и техногенного происхождения. Такие полезные ископаемые ранее не использовались и практически не анализировались, поэтому сегодня необходимо разработать новые методы (методики), регулирующие их анализ. Со-

вершено очевидно, что необходимы документы, регламентирующие количественный минералогический анализ конкретных видов сырья (руд золота, редких, цветных, черных металлов), в том числе комплексом методов исследования. Требуются нормативно-методические документы по конкретным видам анализов — минераграфическому, электронно-микроскопическому, а также по подготовке проб к минералогическим исследованиям (изготовление оптических препаратов из рыхлых руд и пород, техногенного сырья, например, шлаков, золошлаков и пр.).

Разработка методик количественного минералогического анализа различных видов сырья непосредственно связана со стандартными образцами фазового состава и свойств минералов (СОФС), в которых содержание определяемых фаз (минералов) установлено с высокой степенью надежности. СОФС предназначены для аттестации, апробации, внедрения методик количественного анализа, оценки их применимости к новым типам минерального сырья, обеспечения правильности и надежности минералогического анализа, градуировки измерительных систем, контроля работы приборов, оценки погрешности измерений. К сожалению, в последние десятилетия стандартные образцы фазового состава и свойств минералов в России не изготавливаются, а задача их создания сегодня остается актуальной, как и тридцать лет назад [3].

В заключении можно отметить, что прикладная минералогия на рубеже веков уверенно перешла на новый уровень, обусловленный объективной реальностью. В настоящее время востребованы количественные методы анализа минерального, гранулярного составов полезных ископаемых, морфометрических характеристик минералов, их реальных составов и свойств, определяющих возможность их добычи и переработки. Исследования должны выполняться с соблюдением общих требований к минералогическим работам при геологическом изучении и освоении минерального сырья в целом и учитывать индивидуальные особенности анализируемой руды (породы). Только при таком подходе можно решить задачи по рациональному, экономически эффективному и экологически безопасному освоению месторождений полезных ископаемых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глаголев, А.А. Геометрические методы количественного анализа агрегатов под микроскопом / А.А. Глаголев — Вып. 170. — М.: ВИМС, 1941. — 263 с.
2. Ожогина, Е.Г. Метрологическое обеспечение минералогических исследований полезных ископаемых: состояние и проблемы / Е.Г. Ожогина, М.В. Мошкова, О.А. Якушина // Разведка и охрана недр. — 2012. — № 1. — С. 49–53.
3. Ожогин, Д.О. Необходимость и возможность создания стандартных образцов фазового состава и свойств минералов / Д.О. Ожогин, Е.Г. Ожогина // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 1. — С. 58–60.
4. Сидоренко, Г.А. Методические основы фазового анализа минерального сырья / Г.А. Сидоренко. — М.: -ВИМС, 1999. — 182 с.

© Ожогин Д.О., Ожогина Е.Г., 2017

Ожогин Денис Олегович // e-mail ozhogindenis@yandex.ru
Ожогина Елена Германовна // vims-ozhogina@mail.ru

Мендебаев Т.Н., Смашов Н.Ж. (ТОО «Научно-внедренческий центр «АЛМАС»), Исмаилов Х.К.О., Изаков Б.К. (ТОО «Центргеолсьемка»)

ГИДРОУСТРОЙСТВО С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМ ЗАБОЙНЫМ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН

*Предлагается гидроустройство, преобразующее силу гидравлического удара промывочной жидкости в возобновляемый забойный источник энергии для разрушения горных пород, позволяющее вести процесс углубки скважин при меньших значениях осевой нагрузки и частоты вращения породоразрушающего инструмента, что подтверждается результатами лабораторных испытаний сравнительно с традиционными средствами бурения. По конструктивному исполнению и технологическим возможностям, меняющих вид разрушения горных пород, гидроустройство может стать эффективным средством изучения недр земли. **Ключевые слова:** месторождение, скважина, энергозатраты, осевая нагрузка, вращение, возобновляемый источник энергии, жидкость.*

Mendebaev T.N., Smashov N.Zh. (Scientific and Implementation center ALMAS), Ismailov X.K.O., Izakov B.K. (Tsentrgeolsemka)

HYDRAULICS WITH A RENEWABLE ENERGY SOURCE FOR DRILLING WELLS

*Offers gidroustroystvo, the transformative power hammer washing fluid in the downhole renewable source of energy for destruction of rocks, allowing it to process uglubki wells at lower values of axial loading and frequency of rotation of rock cutting tool, which is confirmed by the results of laboratory tests compared to the traditional means of drilling. By design and technological capabilities, changing the form of destruction of rocks, gidroustroystvo can be an effective means of studying the earth. **Keywords:** oilfield, drilling, energy, wasp-wai load, rotation, renewable source energy, fluid.*

Нарастающие проблемы недрозбережения, поисков, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых в глубоких горизонтах, а также достоверности и информативности полученных геологических материалов предъявляют повышенные требования к качеству и стоимости сооружения скважин. Последние во многом определяются технологическими возможностями способов и средств бурения скважин, их соответствием к глубинным условиям горной среды.

Основные проблемы проводки глубоких скважин — сохранность заданного направления скважин и энергозатраты, растущие с глубиной, частота вращения буровой колонны и степень интенсивности искривления скважин. Исследованиями установлено, что затраты мощности на вращение буровой колонны длиной 100 м при частоте вращения 100 об/мин составляют 0,4–0,8 кВт/ч, а при частоте вращения 300 об/мин — 3–5 кВт/ч. В скважи-