

Автор выражает благодарность В.Н. Виноградову, Н.А. Мацу, А.Л. Ронину, В.Ю. Чернышу за консультацию и ценные замечания по содержанию настоящей статьи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гололомзин, В.Е. Возможность использования некоторых волокнистых сорбентов / В.Е. Гололомзин, Г.И. Кешищян, О.И. Ярослав // Разведка и охрана недр. — 1993. — № 5. — С. 17–20.
2. Гололомзин, В.Е. Физико-геологическая модель месторождения «типа несогласия» — основа технологии поисков богатых комплексных урановых месторождений / В.Е. Гололомзин // Российский геофизический журнал. — 1995. — № 3–4. — С. 8–16.
3. Гололомзин, В.Е. Экспрессные методы прогнозирования и поисков рентабельных урановых месторождений / В.Е. Гололомзин, Е.Б. Высокоостровская, А.И. Краснов, Н.А. Мац // Разведка и охрана недр. — 2003. — № 4. — С. 34–38.
4. Гололомзин, В.Е. Радиогеохимические аномалии кольцеобразной формы и их вероятная рудоконтролирующая роль / В.Е. Гололомзин, Е.Б. Высокоостровская / Инф. сб.: Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. — Вып. 150. — М., 2006. — С. 116–122.
5. Гололомзин, В.Е. Современные геофизические технологии при прогнозно-поисковых работах на уран / В.Е. Гололомзин, Е.Б. Высокоостровская, А.И. Краснов, Н.А. Мац // Разведка и охрана недр. — 2009. — № 3. — С. 46–55.
6. Гололомзин, В.Е. Моделирование структурных рудоконтролирующих обстановок Стрельцовского урановорудного поля // В.Е. Гололомзин, Н.А. Мац // Разведка и охрана недр. — 2010. — № 6. — С. 34–42.
7. Гололомзин, В.Е. Предпосылки эффективного использования метода естественного электрического поля при картировании контраст-

ных геохимических обстановок / В.Е. Гололомзин / Инф. сб.: Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. — Вып. 155. — М., 2010. — С. 50–61.

8. Гололомзин, В.Е. Пути повышения эффективности поисков слабо проявленных эндогенных месторождений урана на основе моделирования и выбора эффективного комплекса геофизических и геохимических методов / В.Е. Гололомзин / Инф. сб.: Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. — Вып. 156. — М., 2011 — С. 50–64.

9. Гололомзин, В.Е. Технология геофизического прогнозирования и поисков рентабельных урановых месторождений / В.Е. Гололомзин, В.Н. Виноградов, И.В. Виноградова, Е.Б. Высокоостровская, А.И. Краснов, А.Н. Сергеев, Н.А. Мац, Л.В. Морозов, А.Б. Павлов, Н.Д. Успенская, В.В. Шаулкин / Инф. сб.: Материалы по геологии, поискам и разведке месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. — Вып. 159. — М., 2015. — С. 300–313.

10. Гололомзин, В.Е. Картирование энергоактивных зон и узлов по цифровым геофизическим моделям — один из путей выявления промышленных ураново-рудных объектов (на примере Забайкалья) / В.Е. Гололомзин, Е.Б. Высокоостровская, А.И. Краснов, Н.А. Мац // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 7. — С. 35–41.

11. Патент № 2396561. Способ поисков месторождений по воднорастворимым формам / И.В. Виноградова, А.Н. Сергеев, В.С. Комаров; Заявлено 23.12.2008; Опубл. 10.08.2010.

12. Поиски слепого уранового оруденения на примере перспективных участков Северного Прибайкалья (поиски урановых месторождений в условиях сильно расчлененного рельефа Северного Прибайкалья). Методические рекомендации / Под ред. В.Е. Гололомзина. — СПб., 2009. — 130 с.

© Гололомзин В.Е., 2017

Гололомзин Валентин Егорович // il: vegolo@mail.ru

## ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 622.013(083.75)

Белов М.В., Бич А.В. (ООО «Минерал»), Быховский Л.З. (ФГБУ «ВИМС»)

### ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ПРОИЗВОДСТВА ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ (3D) ТЕХНОЛОГИЙ И ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Отмечено лидерство передовых экономик мира в интенсификации исследований и внедрении аддитивных (3D) технологий, ориентировка результатов на рынок конечной высокотехнологичной продукции с высокой добавленной стоимостью. Среди проблем, сдерживающих внедрение аддитивных (3D) технологий в России, выделена проблема слабого обеспечения отечественным минеральным сырьем, в том числе и минерального происхождения. Рассмотрены особенности формирования минерально-сырьевой базы (МСБ) для производства порошковых материалов. Основным источником минерального сырья для импортозамещения признаны техногенные образования (месторождения). Количественным фактором (преимущественно малотоннажное производство) в формировании МСБ обоснована возможность получения на базе малотоннажных производств новых порошковых матери-*

*алов для проведения исследований в области материаловедения порошковых материалов. Определены мероприятия, выполнение которых позволит создать и развить отечественную минерально-сырьевую базу производства порошковых материалов для аддитивных (3D) технологий и исследований в области материаловедения порошковых материалов. **Ключевые слова:** порошковые материалы, АМ-технологии, аддитивные (3D) технологии, минерально-сырьевая база.*

Belov M.V., Bich A.V. (Mineral), Bykhovskiy L.Z. (VIMS)

FEATURES OF FORMATION AND DEVELOPMENT OF MINERAL RESOURCES OF PRODUCTION OF POWDER MATERIALS FOR ADDITIVE (3D) TECHNOLOGIES AND RESEARCHES IN THE FIELD OF MATERIALS SCIENCE OF POWDER MATERIALS

*Leadership of the advanced economies of the world in an intensification of researches and implementation of additive (3D) technologies, orientation of results to the market of end high-technology products with a high value added is noted. The problem of weak providing with domestic mineral raw materials including a mineral origin is distinguished from the problems constraining implementation of additive (3D) technologies in Russia. Features of forming of the mineral resources (MSB) for production of powder materials are considered. For import substitution technogenic educations (fields) are recognized as the*

*main source of mineral raw materials. The quantitative factor (mainly low-tonnage production) in forming of MSB proved a possibility of obtaining based on low-tonnage productions of new powder materials for carrying out researches in the field of materials science of powder materials. Actions which accomplishment will allow to create and develop domestic mineral resources of production of powder materials for additive (3D) technologies and researches in the field of materials science of powder materials are determined. **Keywords:** powder materials, AM-technologies, additive (3D) technologies, mineral resources.*

В настоящее время среди передовых технологий, формирующих шестой технологический уклад в развитии мирового производства, одним из важнейших направлений являются аддитивные (3D) технологии (AM-технологии) на основе использования порошковых материалов.

*Порошковые материалы* представляют собой механическую смесь металлических или неметаллических частиц органического, неорганического или синтетического происхождения. Это двухфазная дисперсная система, представленная твердыми частицами (дисперсная фаза), распределенными в воздушной или другой газовой среде (дисперсная среда).

В AM-технологиях, теоретически, могут использоваться порошковые материалы весьма обширного спектра: металлы и их сплавы, органические и неорганические неметаллические материалы природного и синтетического происхождения, различные композиционные материалы. В настоящей статье акцент делается на минеральные порошковые материалы, как на наименее изученное сырье для данной сферы использования.

В нашей стране интерес к аддитивным технологиям начал отмечаться примерно с 2010 г., в то время как в передовых экономически развитых (США, Франция, Германия и др.) и бурно развивающихся (Китай) странах аддитивные технологии уже с конца прошлого века обеспечивают высокий инновационный потенциал экономик конкурирующих государств. Последнее во многом определило закрытость сведений о развитии этого направления. Отдельные показатели и характеристики этой отрасли иногда появляются в общей периодике, включая интернет-ресурсы.

Из этих сведений становится ясным, что в России до 2014 г. разработки в области аддитивных технологий осуществлялись почти исключительно на основе результатов исследований зарубежных компаний и с использованием импортируемых материалов, что стало невозможным после введения США и другими развитыми странами экономических санкций.

Учитывая сложившуюся ситуацию, Совет по модернизации экономики и инновационному развитию России в сентябре 2014 г. подготовил конкретные предложения отраслевым министерствам и организациям по разработке принтеров, *порошков* и фидстоков (провода и прутки для получения кипящего металла под действием плазменной дуги). Руководство страны поставило задачу срочно обеспечить импортозамещение в

области AM-технологий. В решение проблем, связанных с развитием аддитивных технологий, включились Минобрнауки, Минэкономразвития, Минпромторг, Минкомсвязи, ФАНО, РАН, Роскосмос, Росатом, Росстандарт, Минфин, РВК, Сколково, Роснано, Внешэкономбанк, экспортное агентство ЭСКАР.

Среди многообразия проблем, связанных с импортозамещением в области аддитивных технологий, авторы статьи выделяют слабо проработанную в нашей стране проблему обеспечения этого направления отечественными порошковыми материалами минерального происхождения.

В свою очередь, данная проблема абсолютно совпадает и дополняет сырьевой составляющей разрабатываемую концепцию национальной технологической инициативы и перехода в шестой технологический уклад, где на первое по значимости место выходят цифровые технологии, на втором месте указаны материалы нового поколения, на третьем — освоение и внедрение аддитивных технологий и их развитие (директор ВИАМ, академик РАН Каблов Е.Н., газета «Завтра». — 2016. — № 9. — С. 8).

Развитие аддитивных технологий обеспечивается, прежде всего, материалами нового поколения, среди которых важное место занимают порошковые материалы, в том числе и на минеральной основе. Поэтому обеспечение отечественным минеральным сырьем исследований в области материаловедения порошковых материалов рассматривается авторами статьи как составная часть решения проблемы обеспечения сырьем импортозамещения в области аддитивных технологий.

В настоящее время сырье для производства абсолютного большинства новых материалов имеет природный источник, а с учетом обеспечения сырьем производства синтетических материалов природные источники минерального сырья (природные месторождения, техногенные месторождения и образования) являются доминирующими.

Значительную роль в получении новых материалов с новыми полезными свойствами играют, прежде всего, технологии глубокой переработки сырьевых ресурсов по двум основным направлениям:

изменение вещественного состава;

измельчение и регулирование диапазона классификации получаемых диспергированных материалов.

При производстве материалов для их дальнейшего применения в области аддитивных технологий глубокая переработка сырьевых ресурсов должна предусматривать и третье направление — регулирование морфологии диспергированных частиц.

Использование возможностей совмещения этих технологических направлений переработки минерального сырья обеспечивает на основе результатов НИОКР создание практически неограниченного количества новых материалов с новыми свойствами из природных источников.

Приведенные данные позволяют сформулировать требования, предъявляемые к минеральному сырью для обеспечения импортозамещения в области адди-

тивных технологий и исследований в области материаловедения порошковых материалов, направленных на получение новых видов товарной продукции с новыми полезными свойствами.

Качество порошковых дисперсных материалов, получаемых в процессе глубокой переработки минерального сырья, определяется природными (элементным, химическим, минеральным и гранулярным составом исходного материала) и технологическими (степенью измельчения и шириной диапазона классификации исходного материала, и морфологией частиц, слагающих те или иные минеральные порошковые материалы) факторами. Кроме того, к качественным факторам следует отнести степень стабильности и сохранности свойств конечной продукции, связанной с физико-химическими свойствами дисперсных частиц, а также условиями и сроками ее хранения, транспортировки к местам размещения предприятий — конечных потребителей, что особенно важно для наиболее высокотехнологичного производства на основе тонкодисперсных и наноматериалов.

При этом в природных факторах основным является минеральный состав, где минералы являются потенциальными носителями известных и новых полезных свойств, проявляемых при измельчении. Сопутствующие минералы могут играть роль как инертных, так и функциональных или вредных примесей.

*Элементный и химический состав* минерального сырья определяет, в том числе, содержание вредных примесей в конечной порошковой продукции. Допустимое количество инертной и вредной составляющих в порошках, с выявленными в процессе научно-исследовательских работ полезными свойствами, уточняется результатами экспериментальных исследований в области материаловедения порошковых материалов.

Примером качественной оценки природного сырья по этой схеме могут служить тальковые руды, где сопутствующий магнетит является инертным материалом, а примесь окислов железа как в минеральной, так и элементной форме представляет собой вредную примесь для показателя белизны при производстве микро-талька. Или при производстве баритового концентрата в качестве утяжелителя буровых растворов кварц, кальцит и частицы органического материала относятся к вредным примесям, магнетит и ильменит — к нейтральной примеси, а в отдельных случаях они являются функциональной добавкой. Для микробарита наоборот — кварц и кальцит могут являться нейтральной примесью, если их присутствие не отражается на белизне продукта, а органика и оксиды металлов являются вредной примесью.

Применительно к порошковым материалам для аддитивных технологий инертная составляющая должна быть сопоставима с основным материалом по полимеризационным свойствам и не влиять отрицательно на уровень микропористости в процессе послойного изготовления изделия и его спекания.

*Гранулярный состав* минерального сырья определяет доступную верхнюю границу диспергирования получа-

емых порошков. Иначе говоря, природная или техногенная размерность частиц определяет верхнюю границу размерности частиц диспергированного материала, получаемого из него.

Таким образом, качество минерального сырья для производства порошковых материалов, используемых в аддитивных технологиях, определяется оптимальным содержанием, гранулярным составом и морфологией мономинерального компонента — носителя известных и новых свойств, выявляемых при диспергировании минерального сырья.

*Технологическая составляющая* в качественных показателях при получении порошковых материалов определяется тонкостью помола, средней крупностью частиц и шириной диапазона крупности по размерам частиц измельченного классифицированного материала. Например, по данным Л.И. Ремизовой [3] около 80 % выпущенных в мире цирконовых концентратов подвергаются измельчению или размалыванию для их дальнейшего использования в керамической и других отраслях промышленности, так как природный размер зерен циркона (в среднем 100–200 мк) для этих целей слишком велик. Существует целая промышленность, занимающаяся измельчением цирконового порошка с разным размером частиц в зависимости от его назначения.

Количественный фактор также во многом определяет особенности формирования и развития минерально-сырьевой базы производства порошковых материалов для аддитивных технологий и исследований в области материаловедения порошковых материалов.

Производство дисперсных порошковых материалов в России составляет 0,8 - 1,0 % общемирового, причем почти 100 % потребности в функциональных тонкодисперсных микропорошковых материалах (около 20 тыс. т в год), определяющих возможность промышленного использования в сфере аддитивных технологий и направлений исследований в области порошкового материаловедения, в том числе для стратегически важных отраслей отечественной промышленности, до последнего времени покрывались за счет импорта из Китая и стран Евросоюза.

Приведенные данные показывают, что потребность в высококачественных тонкодисперсных микропорошковых материалах, используемых в том числе и для аддитивных технологий, может суммарно составлять десятки тысяч тонн в год и несопоставима с потребностью в рядовых порошковых материалах, используемых для производства цемента, бетона, других строительных материалов, в целлюлозно-бумажной, лакокрасочной, химической и других традиционных отраслях промышленности.

Показательно, что используемый в самолетостроении показатель «buy to fly» (сколько из купленного объема материалов «полетело») в российских производствах на основе классических технологий по сложным деталям составлял 20:1, а в корпорации «Боинг» на основе аддитивных технологий 2:1. Иначе говоря, использование порошковых материалов и аддитивных

технологий позволяет на порядок сократить объем исходных материалов для производства сложных деталей, в частности, в самолетостроении.

Таким образом, количественный фактор производства порошковых материалов для аддитивных технологий определяется относительно небольшими (малотоннажными) объемами годового производства, что в принципе характерно и для производства порошковых материалов с целью проведения исследований в области материаловедения порошковых материалов. Говоря о количественном факторе, следует иметь в виду, что это величина переменная и в случае резкого повышения спроса на те или иные порошковые материалы она может существенно корректироваться в сторону увеличения, а это вполне возможно при открытии новых свойств и областей применения.

В целом приведенные данные по характеристике качественных показателей и объемах, используемых в аддитивных технологиях порошковых материалов на основе природного минерального сырья, позволяют оценить минерально-сырьевую базу России для развития этого направления как весьма перспективную. В ее формировании несомненное преимущество имеют техногенные образования (месторождения), прошедшие стадию обогащения как по основному компоненту, так и обогащению отвалов попутными минералами. Кроме того, источником сырья могут служить и природные месторождения с высоким содержанием основных минералов или мономинеральные (тальковые, карбонатные и другие).

Подробно особенности формирования минерально-сырьевой базы, ориентированной на производство порошковых дисперсных материалов изложены в статье [2]. Там же обоснованы и поставлены задачи, решение которых позволит решить проблемы, связанные с ее формированием и развитием. При этом основной проблемой, препятствующей формированию и развитию в России МСБ для производства порошковых дисперсных материалов, признана сложность геолого-экономической оценки этих месторождений, связанная со специфическими особенностями получаемой продукции.

Применительно к минеральному сырью, пригодному для получения порошков для аддитивных технологий и исследований в области материаловедения порошковых материалов, геолого-экономическая оценка еще более усложняется по следующим причинам:

1. Собственно НИОКР по перспективным направлениям использования порошковых материалов, результаты которых могут быть как положительными, так и отрицательными, не обеспечиваются отечественным минеральным сырьем, поскольку оно просто не производится в России. Для проведения НИОКР по перспективным направлениям организации (их проводящие) вынуждены обращаться к импортному сырью. При этом, с учетом отмеченной выше закрытостью сведений о развитии этих направлений, определяющих высокий инновационный потенциал экономик конкурирующих государств, рынок этих материалов во многом формируется за счет уже отработанных направле-

ний НИОКР, результаты которых, как правило, запатентованы.

2. Постоянное вовлечение в производство новых порошковых материалов на новой минеральной основе по результатам НИОКР, сроки проведения которых, согласно действующему законодательству и нормативно-методическим актам, значительно меньше сроков проведения поисково-разведочных работ и геолого-экономической оценки месторождений соответствующего минерального сырья. Несопоставимость этих сроков практически блокирует устремления к импортозамещению в одном из важнейших направлений инновационного развития.

3. Небольшие объемы потребления минерального сырья для производства порошков, предназначенных для использования в аддитивных технологиях и материаловедении порошковых материалов, на сегодняшний день практически исключают положительный результат при геолого-экономической оценке объекта. Частично эта проблема может быть решена за счет широкого использования техногенных образований (месторождений).

4. Степень стабильности объемов потребления по отдельным позициям, определяемая конечным потребителем и существенно влияющая на динамику формирования и развития производства, соответствующих порошковых дисперсных материалов, и, как следствие, определяющая динамику обеспечения сырьем соответствующего производства, существенно повышает риски в достижении расчетных параметров геолого-экономической оценки объекта.

5. Степень стабильности и сохранности свойств конечной продукции, связанной с физико-химическими свойствами материала, условиями и сроками ее хранения и транспортировки к местам размещения предприятий — конечных потребителей, что особенно важно для тонко- и нанодисперсных порошковых материалов для аддитивных технологий и экспериментальных исследований в области материаловедения порошковых материалов.

Иначе говоря, у горнодобывающего и перерабатывающего предприятия возникают дополнительные финансовые риски по отпускной цене товарной продукции, связанные с возрастанием активности поверхности частиц по мере уменьшения их размера, что приводит к агломерации порошковой продукции. Поэтому, для тонкого и ультратонкого диспергирования необходимо создание определенной среды, что достигается применением различных ПАВ, снижающих силы поверхностного натяжения и стабилизаторов, препятствующих повторной агломерации частиц, а это, в свою очередь, отразится на экономических показателях предприятия.

Мировой опыт организации исследований в области материаловедения порошковых материалов и развития аддитивных технологий указывает основные пути решения этих проблем.

В Китае главным условием развития АМ-технологий с самого начала являлось использование собственного

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.<sup>1</sup>, Ожогина Е.Г.<sup>2</sup> ( 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.<sup>1</sup>, Ozhogina E.G.<sup>2</sup> (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,