

**Е.А. Пеленкова**

Master of Science in Mineral Deposits
and Precambrian Geology
ООО УК Интергео
департамент обработки
и анализа геологических данных
главный специалист
Pelenkova@mmcintergeo.ru

**С.В. Ворошин**

ООО УК Интергео
департамент обработки
и анализа геологических данных
директор
VoroshinSV@mmcintergeo.ru

ПРАКТИКА СБОРА И ОБРАБОТКИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ТРЕБОВАНИЯМ РОССИЙСКИХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ

Авторы анализируют различия в подходах к оценке результатов геологоразведочных работ для подготовки отчетов в соответствии с российскими и международными требованиями и показывают влияние на трудозатраты дополнительных исследований, которые приходится проводить для соответствия отчетности требованиям двух стандартов

Following Russian and International requirements, the authors analyze the differences in approaches for evaluating exploration data. They show that additional investigations that must be conducted in order to comply with both standards influence the total costs

Ключевые слова: твердые полезные ископаемые, геологоразведочные работы, ресурсы, запасы, кодекс НАЭН, международные стандарты, Компетентное лицо

Keywords: solid minerals, exploration, resources, reserves, code NAEN, international standards, Competent person

В настоящее время российские недропользователи зачастую вынуждены готовить материалы по результатам ГР-работ в двух стандартах – российском и международном.

Дублирование отчетности связано с необходимостью соблюдения российского законодательства и требований рыночных институтов. Несмотря на попытки гармонизации стандартов «сверху» – в 2010 г. вышло «Руководство по гармонизации стандартов отчетности России и CRIRSCO» [10], – принципиально ситуация для недропользователей не изменилась. 31 октября 2011 г. был подписан «Российский кодекс публичной отчетности о результатах геологоразведочных работ, ресурсах, запасах твердых полезных ископаемых» [9] (Кодекс НАЭН), но и его предполагается использовать параллельно с отчетностью в ГКЗ.

Парадокс заключается в том, что все, кто хотя бы немного знаком со стандартами, не считают, что различия носят принципиальный характер. Проблемы можно назвать процедурными, а дискуссии, главным образом, ведутся вокруг методов подсчета ресурсов и запасов, их категоризации, а также обеспечения и контроля качества (*quality assurance and quality control – QA/QC*).

Мы попытались проанализировать различия в подходах к оценке результатов ГР-работ для подготовки отчетов в соответствии с российскими и международными требованиями, а также показать влияние дополнительных исследований, которые приходится проводить для соответствия отчетности требованиям двух стандартов, на трудозатраты.

Нормативные документы и ответственность

Конечным результатом ГР-работ являются запасы (ресурсы) и их категоризация. В РФ «Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» (последняя редакция утверждена приказом Министерства природных ресурсов от 11.12.2006 № 278) [3] устанавливает единые принципы и правила классификации запасов и прогнозных ресурсов ТПИ. Российские «Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» [4] четко устанавливают порядок, правила, процедуры и объемы работ для подготовки материалов по подсчету запасов и представления их на государственную экспертизу.

Западные кодексы определяют лишь порядок и форму обнародования геологической информации и предоставления отчетности, остав-

ляя методическую оценку процедур и объемов работ на профессиональное суждение квалифицированного/компетентного лица – *QP/CP* (далее – аудитор).

Такая же разница в подходах и к оценке качества опробования. Российские нормативные документы, связанные с геологическим контролем качества опробования, включают в себя:

- Отраслевой стандарт ОСТ 41-08-249-85 «Подготовка проб и организация выполнения количественного анализа в лабораториях Мингео СССР. Общие требования» [5];
- «Требования к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений», утвержденные председателем ГКЗ В.М. Толкачевым 23.12.1992 [11];
- Отраслевой стандарт ОСТ 41-08-272-04 «Методы геологического контроля качества аналитических работ» [8].

Согласно требованиям международных кодексов публичной отчетности, любые поисково-разведочные работы, сопровождаемые аналитическими исследованиями, должны подкрепляться системой обеспечения и контроля качества. Понятие «обеспечение и контроль качества» (*QA/QC*), используемое в западной терминологии, более широкое, нежели российский «геологический контроль качества аналитических работ». Разница состоит не только в методических приемах, но и в слове «обеспечение», которое подразумевает ряд мероприятий, позволяющих предотвратить ошибки в многостадийном процессе от полевого сбора материалов работ до базы данных.

Российские эксперты несут ответственность перед ГКЗ, как перед своим работодателем, за качество своих выводов. Соответственно, если их интерпретация ошибочна и привела к неправильной оценке месторождения, собственники или инвесторы компании-недропользователя не могут предъявить никаких претензий конкретному эксперту. В то же время, широко распространенная точка зрения, что западный аудитор – чуть ли не панацея от всех возможных ошибок потенциального инвестора, также не отражает реальную ситуацию. Мнение аудитора основано на его личном опыте, при этом он, подписывая отчет, берет на себя юридическую ответственность только за собственные выводы (а не за достоверность информации недропользователя). Например, канадский «Закон о ценных бумагах» предоставляет инвесторам юридическое право предъявить аудитору иск о возмещении убытков в случае, если в раскрывающих информацию документах дана ошибочная интерпретация и инвесторы потерпели убытки [16].

Личная ответственность аудитора приводит к естественному желанию перестраховаться. В результате в отчетах существует раздел *Disclaimer или Legal Notice* («ограничение ответственности», «юридическое предупреждение»), в котором прописано, что аудитор не несет ответственности за достоверность представленной недропользователем информации и оставляет за собой право изменять или модифицировать свои выводы в случае поступления новых или необнародованных ранее данных, которые могут изменить мнение аудитора. Таким образом, юридическая/материальная ответственность перекладывается на плечи недропользователя. Аудитору в случае разбирательств в суде грозит запятнанная репутация и потеря клиентов.

Желая дополнительно обезопаситься, аудитор, привлеченный недропользователем на ранних стадиях ГРП в качестве консультанта, часто дает рекомендации по неадекватной максимизации работ. Задача недропользователя – найти оптимальный баланс между желанием аудитора перестраховаться и решением конкретных проблем, связанных с оценкой ресурсов и запасов.

Полевые работы

Существенным различием при проведении экспертизы (аудита) является обязательное посещение месторождения аудитором в западной практике и отсутствие таких требований для российских экспертов (*табл. 1*). Кроме того, предусматриваются собственные исследования аудитора для верификации данных. Это могут быть, например, полевые дубликаты проб, отобранные и проанализированные под его наблюдением (*witness samples*) или заверочные скважины, пройденные по его рекомендациям.

Полевой сбор материалов

Полевая проверка включает в себя всю цепочку ГРП, начиная с топографической основы и заканчивая методом упаковки проб на участке для доставки в лабораторию. Представителям аудлируемой компании необходимо быть готовым к детальному объяснению и демонстрации:

- методов привязки горных выработок и устьев скважин;
- геофизических исследований скважин и инклинометрии;
- методов проходки горных выработок и скважин (включая технические детали, такие как диаметр бурения, используемые буровые растворы и т.д., а также технику безопасности при производстве работ);
- документации горных выработок;
- геологического контроля при бурении и маркировки керна на буровой, определения выхода керна;

- укладки, транспортировки и приемов для обеспечения сохранности керна;

- документации керна (включая помещение для документации, опыт документаторов, умение визуально оценивать содержание полезного компонента, использование экспресс-анализа, наличие формализованных правил документации и таблиц, ведение фотодокументации, ведение геотехнической документации, контроль выхода керна, определение плотности, контроль документации после распиловки керна и т.д.);

- распиловки керна (наличие практики предварительной разметки керна, расположение оси распиловки);

- метода отбора проб и пробоподготовки, если она производится на участке (детальнее рассматривается ниже);

- способов хранения остатков керна, проб, дробленого и истертого материала.

Во время полевого визита совместно с аудитором производится отбор свидетельских проб (*witness samples*). Отметим, что проведение этого вида проверки зависит от мнения аудитора и не всегда необходимо. Список интервалов для отбора свидетельских проб заранее согласовывается с аудитором. Обычно в него включаются все типы руд месторождения, разбитые на классы по содержаниям. Отбор и документация проб производится самим аудитором. Как правило, в пробу отбирается половина оставшегося керна (четвертинка). Все пробы упаковываются в опечатанную тару и отправляются на пробоподготовку, которая также проводится под наблюдением аудитора (см. ниже).

Методы контроля и результат

Как правило, сличается около 10% первичных данных, на которых основана база данных для моделирования и подсчета запасов. По нашему опыту, больше всего вопросов возникает при проверке привязок устьев скважин, данных инклинометрии, а также сходимости документации, геологической модели и керна.

Проблемы, связанные с привязкой устьев скважин, чаще всего возникают из-за использования местной или условной систем координат на большинстве российских месторождений. Аудитор старается равномерно наметить заверяемые устья скважин по площади месторождения, и с помощью *GPS* измеряет их координаты. Для подтверждения достаточной точности до первых метров. Задача сводится к преобразованию полученных координат к виду, который они имеют в предоставленной для аудита базе данных. При этом необходимо учитывать такие факторы как ограниченность доступа к ряду картографических и геодезических материалов в РФ. Кроме того, довольно часто при-

Требования и практика объемов аудиторской работы

Таблица 1

Аудируемые работы/материалы	Экспертиза ГКЗ	Международный аудит
Полевые работы	Проверка не выполняется	Полевой аудит всей цепочки геологоразведочных работ. Иногда собственный отбор материалов для верификации
Первичная документация. Сличение с материалами для подсчета запасов	Выборочная проверка	Сличение не менее 10% первичных данных
Контроль качества опробования и аналитических работ	Проверка (100%) на основе данных отчета	Проверка (100%) на основе первичных данных; обязательный аудит пробоподготовки и лаборатории
База данных	Не регламентируется	Проверка на внутреннюю непротиворечивость
Графические материалы	Проверка всех графических материалов на бумажных носителях	Выборочная проверка графических материалов на бумажных носителях
Подсчет и категоризация ресурсов и запасов	Проверка подсчета недропользователя на соответствие нормативным документам	Многовариантный подсчет средствами геостатистики с учетом вариантов недропользователя в соответствии с практическим опытом аудитора
Техническо-экономические показатели и расчеты	Проверка показателей на соответствие параметрам ТЭО кондиций, которое предваряет отчет с подсчетом запасов. Проверка экономических расчетов в ТЭО кондиций	Проверка показателей на соответствие параметрам <i>PFS</i> (или <i>FS</i>), наличие которых обязательно для перевода ресурсов в запасы. Многовариантные расчеты с анализом чувствительности с учетом данных недропользователя в техническом отчете
План горных работ	План горных работ не связан с процедурой перевода ресурсов в запасы	План горных работ – необходимый атрибут при определении запасов
Отчет	Проверка отчета недропользователя	Подготовка собственного отчета

ходится иметь дело с результатами нескольких программ бурения, проведенных с существенным разрывом во времени. Соответственно, и первоначальная привязка устьев скважин может быть выполнена в различных координатных системах. В этом случае необходима предварительная работа по заверке результатов более старых определений координат (если сохранились устья скважин). Следует помнить, что любое выявленное несоответствие может привести к понижению категории ресурсов и запасов.

Данные инклинометрии проверяются программными средствами, которые выявляют резкие отклонения ориентировок скважин на коротких расстояниях. При выявлении отклонений приходится обращаться к первичным материалам и устанавливать причину. Эту работу лучше всего проводить, имея под рукой папки с делами скважин.

Соответствие документации реальной геологии и геологической модели обычно проверяется по остаткам керна. Аудитор сравнивает первичную документацию (совместно с геологическими колонками) и данные, занесенные в базу данных, проводит собственную диа-

гностику пород и минерализации в керне. Желательно, чтобы в процессе работы участвовали геологи-документаторы, знающие нюансы геологии месторождения. Работа начинается с проверки минерализованных интервалов в скважинах, пересекающих все типы руд месторождения в разных его частях (на разных разрезах). Если выявляются несоответствия между первичной документацией или записями в базе данных и керном, то количество аудируемых скважин увеличивается. Следующий шаг – сопоставление базы данных с геологической моделью. Не секрет, что геологическая модель часто составляется путем оцифровки графических материалов (разрезов и планов), созданных вручную, при этом корректировке литологических полей в базе данных не придается большого значения. Большое количество даже незначительных, на взгляд исполнителей, несоответствий может привести к необходимости исправления модели.

Как правило, по результатам полевого посещения аудиторская компания составляет отдельный (информационный) отчет, основные выводы и рекомендации которого затем вклю-

чаются в технический отчет. Недропользователю важно иметь в виду, что большое количество неувязок приводит к понижению категорийности ресурсов и запасов.

Необходимость полевой экспертизы для западных аудиторов приводит к дополнительным затратам для недропользователя: вывоз аудиторов в поле (от 1 дня до 2 недель), их сопровождение геологами предприятия, раскладка керна, организация демонстрации всей цепочки работ от бурения скважин до пробоподготовки, отбор и анализ свидетельских проб и т.д.

Отбор, подготовка и лабораторные исследования проб

Обеспечение качества (QA)

В отличие от российских экспертов, западный аудитор в обязательном порядке проводит проверку практики отбора проб, пробоподготовки и посещает основную аналитическую лабораторию.

Метод отбора проб (сколковые пробы, борозда, половина керна) должен обеспечивать статистически значимые результаты и соответствовать данному типу минерализации. Это условие совпадает с российскими «Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений» [11].

Принципиальных отличий в методах пробоподготовки и лабораторных исследований между российскими и западными требованиями нет. Разница сводится к обязательному использованию контрольных проб в западной практике и способам обработки (представления) результатов. Большое значение имеет организация помещений документации керна и пробоподготовки (пространство, освещение, вентиляция и т.д.), а также используемое оборудование. Важны даже нюансы, например, при работе с пробами не допускается ношение ювелирных украшений. При распиловке керна необходима его правильная ориентировка, направление распиловки должно маркироваться геологом. Огромное внимание со стороны аудиторов уделяется очистке оборудования. Очистка дробильного оборудования должна производиться сжатым воздухом после каждой пробы. Регулярно (не реже одного раза в смену) через дробилки и истиратели необходимо пропускать холостой абразивный материал. Деление пробы должно производиться делителем Джонса (или аналогичным устройством), не допускается ручное деление «на глаз».

Лаборатория, в которой проводятся анализы, должна обладать хорошей репутацией, иметь аккредитацию по стандарту ГОСТ, международную сертификацию, использовать методики, разработанные с учетом требований международных практик оценки минеральных

ресурсов, и следовать протоколам работы, принятым в мировой практике.

Контроль качества (QC)

Для осуществления контроля качества подготовки проб настоятельно рекомендуется на каждом этапе измельчения выполнять ситовой анализ. Исполнители часто недооценивают важность просеивания проб, считая эту стадию пробоподготовки излишней, а тонкость материала часто склонны измерять «на глаз, по звуку, из личного опыта». Однако именно результат ситового анализа является единственным доказательством качественного измельчения пробы и сохранения ее гомогенности и представительности. По ОСТ 41-08-249-85 [5] – 3–5% проб должны выборочно просеиваться. Исходя из нашей практики, имеет смысл просеивать каждую пробу после всех стадий дробления (проба одновременно перемешивается). Ситовой анализ истертых проб необходимо проводить для каждой 20–30 пробы.

Среди других рекомендуемых контрольных операций – контрольное взвешивание до и после дробления, сокращения и истирания проб. Для получения независимой оценки качества помола в основной лаборатории, при передаче контрольных образцов в контрольную лабораторию следует сделать запрос на ситовой анализ части проб.

Контроль стадий отбора проб, пробоподготовки и анализа осуществляют путем внедрения контрольных проб, каждая из которых имеет свое назначение в регламенте контроля качества. Кроме того, контрольные пробы имеют еще одну функцию – фиксировать возможные случаи путаницы или неверной маркировки проб. Контрольные пробы должны оставаться «анонимными» для аналитической лаборатории.

Используемая далее терминология приведена в соответствии с международным стандартом ИСО 5725 (ГОСТ Р ИСО 5725-2002) [1], в котором для описания точности используют два термина: «правильность (*accuracy*)» и «прецизионность (*precision*)». Термин «правильность» характеризует степень близости среднего арифметического значения большого числа результатов измерений к истинному или принятому опорному значению; термин «прецизионность» – степень близости результатов измерений друг к другу.

Стадия отбора проб

Прецизионность отбора проб (*sampling precision*), контролируется при помощи нераздробленных проб, которые надлежит вкладывать в аналитические партии до их поступления на пробоподготовку.

Дубликат керна/параллельная борозда (полевой дубликат) – показывают прецизионность

отбора проб и однородность минерализации. Должны отбираться одной командой геологов, входить в одну партию проб под разными номерами, совместно проходить пробоподготовку и анализ. Для обеспечения представительности сохраняемых дубликатов керна при проведении ГРР рекомендуется использовать схемы отбора проб, при которых не расходуется весь материал пробы.

Стадия подготовки проб

Прецизионность сокращения проб (*sub-sampling precision*) и возможное заражение проб, отражающие качество пробоподготовки, контролируются при помощи контрольных проб грубого помола, которые необходимо вкладывать в партию до или в ходе подготовки проб.

Холостые пробы крупного помола – безрудные породы с первоначальной крупностью материала, близкой кускам керна (борозды), показывают возможное заражение проб в ходе пробоподготовки. Проходят все стадии пробоподготовки вместе с остальными пробами. Их лучше запускать в пробоподготовку сразу после пробы с высокими содержаниями.

Дубликаты крупного помола отбираются сразу после первой стадии сокращения пробы. Должны отбираться одними и теми же исполнителями, входить в одну партию проб под разными номерами, совместно проходить истирание и анализ.

Стадия аналитических работ

Качество химических анализов и степень заражения при аналитических работах оценивают по заранее истертым контрольным пробам, которые внедряют в партию перед отправкой на анализ. Контрольные пробы этого этапа включают в себя истертые холостые пробы, аналитические (истертые) дубликаты и стандартные образцы.

Истертые холостые пробы – безрудные породы (ниже предела обнаружения методики), заранее истертые и не проходившие пробоподготовку с рядовыми пробами (также могут приобретаться). Показывают возможное заражение проб в ходе аналитических работ. В нашей практике мы их не используем, поскольку эту функцию выполняют стандартные образцы.

Аналитические дубликаты – отбираются после всего процесса пробоподготовки. Показывают аналитическую прецизионность.

Стандартные образцы – пробы с хорошо обоснованными содержаниями, подготовленные в специально контролируемых условиях. Адекватная оценка качества аналитических работ предполагает использование качественных стандартных образцов, близких по составу к рудоносным породам. Используются как при контроле основной лаборатории, так и при внешнем контроле. При внедрении стандартов в партии проб следует руководствоваться сте-

пенью оруденения (классами содержаний полезных компонентов). Стандартные пробы могут закупаться, в этом случае это должны быть пробы известного международного производителя, иметь сертификаты. К ним заведомо больше доверия со стороны недропользователей, лабораторий и аудиторов. В настоящее время существует множество поставщиков, поэтому подбор стандарта с необходимым составом и содержаниями не составляет труда.

Альтернативу международным стандартным образцам составляют собственные стандарты (*in-house standards*), произведенные компанией под конкретный проект. Мы намеренно не называем их «Отраслевыми стандартными образцами» [7] или «Собственными образцами предприятий» [6], т.к. их аттестация, утверждение и регистрация западному аудитору не нужны. Аудитору необходимо лишь предоставить на проверку результаты межлабораторного аналитического исследования (*round robin*) стандартного образца из 3–5 лабораторий и получить одобрение на использование. Собственные стандарты не распознаются лабораториями, но их применение больше приветствуется на стадии эксплуатационной разведки.

Частота внедрения контрольных проб

На разведочной стадии аудиторы рекомендуют частоту внедрения контрольных образцов в размере 20% (*табл. 2*) [18]. В российской практике процент дубликатов керна (параллельных борозд) в среднем выше, т.к. объем контрольных проб должен быть достаточным для статистической обработки по классам содержаний. Мы не используем истертые холостые пробы для контроля заражения при анализе, т.к. эту функцию выполняют стандартные пробы. Проверочные партии проб, проанализированные в контрольной лаборатории, также рекомендуются международными аудиторами, поэтому практика российского внешнего контроля всегда находит одобрение.

Принципиальную разницу между западной схемой внедрения контрольных проб и российскими нормативами представляет внутренний геологический контроль, составляющий 5% от количества рядовых проб (при анализе более 2000 проб в год). Западные аудиторы его не требуют.

На поисковой стадии частота внедрения холостых проб и дубликатов сохраняется, но появляется оправданное желание сэкономить на стандартных образцах. Однако, если скважины пересекут рудную минерализацию, по правилам биржевой отчетности результаты невозможно будет опубликовать без данных по стандартам. Использование лишь дубликатов покажет прецизионность, но не близость

Частота внедрения контрольных проб

Таблица 2

№	Контрольные пробы	Международная практика [18], %		Схема, учитывающая российские нормативы и международную практику*, %	
1	Дубликаты зерновые (<i>Twin Samples</i>)	2	6	4	8
2	Дубликаты грубого помола (<i>Coarse Duplicates</i>)	2		2	
3	Дубликаты аналитические (<i>Pulp Duplicates</i>)	2		2	
4	Стандарты (<i>SRMs</i>)	6	6	4	4
5	Холостые грубого помола (<i>Coarse Blank</i>)	2	4	2	2
6	Холостые истертые (<i>Pulp Blank</i>)	2		0	
7	Внешний контроль (<i>Check Samples</i>)	4	4	5	5
8	Внутренний контроль	0	0	5	5

*Процент контрольных проб 1–6 рассчитан от общего количества проб в партии (аналогично [18]). Внешний и внутренний контроль рассчитывается от числа проанализированных рядовых проб

результатов к истинному значению (правильность). В качестве минимальных мер для контроля качества на поисковой стадии оптимально узнать в лаборатории размер партии проб, проходящей единовременный анализ (например, пробирную плавку) и количество проб заказчика, входящих в эту партию (лаборатория вставляет и собственные контрольные пробы). В такую партию должен попадать хотя бы один стандарт заказчика. То есть при загрузке в плавильную печь 80 проб заказчика на них должен приходиться один стандарт. В конечном счете, процент стандартов от общего количества проб зависит от объема поисковых работ. Если поисковая программа включает в себя 5000 проб, то соотношение 1:80 достаточно, однако, если программа рассчитана всего на 500 аналитических исследований, то соотношение 1:25 более оправдано, т.к. для проведения верного статистического анализа необходимо накопить значимое число результатов по стандартным образцам.

Обработка данных контрольных измерений

Есть множество методов статистической обработки результатов по контрольным пробам. Мы не рассматриваем теоретические обоснования для использования тех или иных статистических методов и не приводим формулы расчета критериев. Хороший обзор статистических методов диагностики ошибок, а также техник оценки точности приведен в публикациях М. Абзалова [12, 13], к которым мы и отсылаем читателя.

Приемка результатов по конкретной партии проб осуществляется, главным образом, по показателям стандартных образцов, однако регламентированного алгоритма для статистической оценки ошибок не существует.

По нашему опыту анализ партии проб считается неудовлетворительным, если:

- 2 и более последовательных измерения стандарта (в зависимости от размера партии) имеют ошибку, превышающую порог в 2 стандартных отклонения от сертифицированного значения в одну сторону (положительную или отрицательную);

- 2 и более последовательных измерения (в зависимости от размера партии) имеют ошибку, превышающую порог в 3 стандартных отклонения от сертифицированного значения в любую сторону.

Сертифицированное значение стандарта включает в себе результаты всех лабораторий, принимавших участие в сертификации. При проведении программы аналитических работ (а не разового анализа партии) следует руководствоваться накопленной статистикой по стандартному образцу для данной (основной) лаборатории: допустимые предельные значения в ± 3 стандартных отклонения необходимо считать относительно среднего значения (после удаления из выборки выбросов). Тем самым устанавливаются более жесткие рамки для приемки результатов анализов по партии, и статистический анализ результатов является более адекватным.

По холостым пробам также не существует универсального метода выбраковки партии проб, но в большинстве случаев превышение предела обнаружения метода в 2–3 раза у двух и более холостых проб в партии является поводом к дополнительным проверкам.

Свидетельские пробы

Еще один элемент аудита, который не проводится российскими экспертами, – отбор свидетельских проб (*witness samples*). Задача аудитора – лично проследить всю цепочку отбора проб, пробоподготовки, сформировать партию,

включив в нее контрольные пробы, и сдать эту партию в лабораторию. По результатам анализа подтверждается уровень содержания полезных компонентов в пробах (и в целом на месторождении). Вполне естественно, что от результатов данной проверки не требуется соблюдения строгих статистических зависимостей (между парами из одних и тех же интервалов) как, например, от результатов анализа аналитических дубликатов.

Результат проверки QA/QC

Российские эксперты проверяют готовые расчеты и выводы в главах отчета недропользователя по подсчету запасов на основе существующих регламентов. Западная аудиторская компания, как и в случае полевой инспекции, как правило, готовит отдельный отчет по оценке QA/QC, который потом включается в состав технического отчета. Кроме анализа и обработки всех первичных лабораторных протоколов, результатов по контрольным пробам, также могут быть запрошены (и учитываться при формировании заключения) результаты внутрилабораторного контроля.

Наиболее существенное отличие в подходах заключается в оперативности оценки качества пробоподготовки и анализа. Российский подход к работе с результатами внутреннего и внешнего контроля [8] предполагает статистическую обработку результатов в конце контролируемого периода (констатация постфактум). Западный подход основан на постоянном мониторинге и выявлении проблем сразу после получения результатов по партиям проб, что позволяет провести их быстрое устранение.

Стандартные образцы обеспечивают серьезное преимущество западного подхода. Это дает возможность выстраивать коммерческие взаимоотношения с лабораториями на основе оценки результатов каждой партии сразу по их получении. Если результаты не укладываются в статистические пределы, и ошибка произошла по вине лаборатории, то вся партия переделывается за счет лаборатории. Главное, чтобы данное условие было внесено в контракт.

Подготовка отчета

В РФ содержание материалов по подсчету запасов регламентируется «Требованиями к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов твердых полезных ископаемых», утвержденными приказом Минприроды России № 378 от 23.05.2011 [11]. В канадском кодексе отчетности NI 43-101, наиболее регламентированном среди международных стандартов, содержание технического отчета определяется формой 43-101F1 (последнее обновление от

30.06.2011) [15]. Сравнение этих двух документов показывает схожие требования к компилятивным разделам: введение, геологическое строение, методика ГРП и др. Однако российский регламент более детальный, требует публикации большего количества сводной документации, табличных и графических материалов.

Методологические различия в регламентах очевидны при определении ресурсов и запасов, а также экономическом анализе. В международных классификациях термин «запасы (*reserves*)» относится только к эксплуатационным запасам, которые не только включают потери и разубоживание при добыче и другие модифицирующие факторы, но и должны быть основаны на плане проведения горных работ и графике производства. Таким образом, важнейшей задачей технического отчета, выполненного в соответствии с любым из международных кодексов, является перевод геологических запасов, которые отражаются в российских материалах по подсчету запасов и протоколе ГКЗ, к эксплуатационным запасам.

В последние годы произошло ужесточение международных требований по геолого-экономической оценке месторождений, которая предшествует отчету с подсчетом запасов (ТЭО кондиций в российской практике). Если раньше для перевода ресурсов в запасы было достаточно проведения предварительной экономической оценки (*Preliminary economic assessment – PEA*), которая являлась составной частью технического отчета или выполнялась в рамках *Scoping study*, то теперь необходимым условием декларирования запасов является наличие, по крайней мере, *Pre-Feasibility study (PFS)* [14, 17].

Отметим и разницу в написании и оформлении отчетов. Российский недропользователь готовит отчет в компании (как правило, с помощью подрядчика), а экспертиза и утверждение проходят в ГКЗ. Западные аудиторы сами готовят и подписывают отчет с использованием материалов, предоставленных недропользователем.

Обсуждение практических аспектов

Российский подход к выбору методов подсчета и категоризации ресурсов и запасов в большей степени ориентирован на кадастровые задачи (учет запасов). Западный подход направлен на подготовку горного календаря и планирование обработки месторождения.

С разницей подходов связана и детальность, и вариативность результатов. Практика показывает, что при выборе одних и тех же параметров (кондиций), результаты подсчета запасов в целом по месторождению незначительно зави-

сят от методов подсчета. Однако оптимальный горный календарь зависит от распределения различных показателей (не только содержаний полезных компонентов!) внутри объема месторождения. Возможность оперировать понятием минимальной выемочной единицы (SMU) позволяет учитывать пространственные изменения не только содержаний, но и потерь, и разубоживания, инженерно-геологических и экономических параметров. При таком подходе размер и ориентировка блока для модели обосновывается не только статистически и геологически, но и исходя из предполагаемой схемы отработки. Именно поэтому при создании модели всегда приходится искать компромисс.

Исходя из нашей практики, построение большого количества каркасов, варьирующих по бортовому содержанию, всегда оправдывает себя еще на стадии разведочных работ. Каркасы по содержанию, по литологии, по минералогическим и тектоническим признакам позволяют точнее понять месторождение и спланировать разведочные работы. В дальнейшем эти каркасы могут быть использованы при разработке ТЭО кондиций и блочном моделировании. На их основе создается графика для подсчета запасов. Они же дают возможность быстрого присвоения дополнительных атрибутов блокам. Аудиторы, как правило, также используют каркасы недропользователя (после предварительной проверки). Следствием этого является сходимость цифр российских геологических запасов и ресурсов в западной терминологии.

В отношении категоризации запасов/ресурсов существуют такие же различия, как и при написании отчета. У нас категории присваиваются и защищаются (перед экспертами) самим недропользователем на основе регламентирующих документов. Западный аудитор проводит самостоятельные исследования и подписывает результат. Чем плотнее вы работаете с аудитором на стадии проверки базы данных, каркасов и контроля качества, тем ближе будут ваши результаты.

Контроль качества – одна из самых затратных по времени процедур международного аудита. Аудитор уделяет огромное внимание организации этих работ у недропользователя и проверке архивных материалов. Западный подход к контролю и обеспечению качества подразумевает мониторинг и оценку как методов проведения работ, так и эффективности персонала, при этом не ограничивается стенами лаборатории, включая в себя контроль отбора проб, пробоподготовки и анализа.

В рамках комплексной программы контроля качества решаются две задачи:

- оперативная (краткосрочная): мгновенная оценка качества анализов конкретной партии проб, полученной из лаборатории (PASS/FAIL);
- методическая (долгосрочная): «накопленная» статистическая оценка качества отбора проб, пробоподготовки и аналитических работ. Выявление трендов, систематических ошибок и их причин.

Превентивные меры для обеспечения качества финального результата анализа полезного компонента опираются на простые законы логики, которые часто не соблюдаются по причине недостаточной информированности или незаинтересованности исполнителей. Главное правило обеспечения качества – надзор за всеми стадиями работ, осуществляемый ответственным, квалифицированным лицом. Поэтому особенно сложно осуществлять комплекс превентивных мер в условиях подрядных отношений, когда компания подчас вынуждена нанимать одного подрядчика на буровые работы, другого на геологическое сопровождение, третьего на подготовку проб и четвертого на проведение аналитических исследований. При такой разбивке в сферах ответственности недропользователю, который, в конечном счете, будет отчитываться перед аудитором, сложно контролировать каждого из участников процесса. Кроме того, широко распространены стереотипы о выполнении работ подрядчиком «под ключ» и невмешательстве заказчика в организационную и текущую деятельность подрядчика.

Пытаясь одновременно соответствовать требованиям западных аудиторов и следовать российскому ОСТу [8], мы перевыполняем работы по контролю качества, при этом сильно переплачивая и излишне перестраховываясь. Из партии проб в 100 штук, которую заказчик отправляет в лабораторию, на 87 рядовых проб приходится 13 контрольных (стандарты, дубликаты, холостые). При внешнем и внутреннем геологическом контроле 5% от 87 рядовых проб отправятся на анализ в основную лабораторию и на двойной анализ (два определения, соответственно, двойная цена за каждую пробу) во внешнюю лабораторию. Таким образом, геологический контроль выливается в дополнительные 13 контрольных анализа на 87 рядовых проб. Результирующие цифры получаются довольно шокирующие: на 87 рядовых анализов, которые пойдут в подсчет запасов, суммарно приходится 26 контрольных анализов, т.е. соотношение рядовые/контрольные пробы составляет 3:1. Четверть затрат компании на аналитические работы приходится на контрольные пробы. Это соотношение не учитывает стоимость стандартов и внутренний контроль качества лаборатории, где

из 100% всех проанализированных проб 15–20% составляют контрольные.

Первым логичным путем решения проблемы двойного контроля является отказ от внутреннего геологического контроля по ОСТ 41-08-272-04 [8]. Прецедент работы без повторного анализа 5% проб в основной лаборатории имеется и опубликован в статье генерального директора ООО «Кольская горно-геологическая компания» А.А. Калинина [2]. Внутренний контроль в компании осуществлялся «зарубежным» путем с использованием стандартных образцов, холостых проб и трех видов дубликатов. Наличие систематической погрешности и ее значимость оценивались по результатам анализа стандартных образцов согласно ОСТ 41-08-272-04. Для каждого из видов дубликатов (с разделением по классам содержаний) рассчитывали относительную среднеквадратическую погрешность определений – аналогично тому, как рекомендовано для проведения внутреннего геологического контроля [8]. Схема контроля апробирована в ГКЗ при утверждении ТЭО временных разведочных кондиций и результатов подсчета запасов платинометалльного месторождения, и не вызвала возражений со стороны экспертов ГКЗ.

Заключение

Организация двойной системы обработки данных и контроля, одновременно соответствующих как российским, так и зарубежным стандартам, не только увеличивает затраты недропользователя, но и повышает требования к техническому персоналу компаний. Чтобы подчеркнуть важность этого утверждения, приведем случай из нашей практики. Аудитору были предоставлены данные по внутреннему и внешнему контролю аналитических работ для месторождения цветных металлов за 2007 и 2008 гг. Данные за 2007 г. не вызвали вопросов аудитора, однако цифры за 2008 г. аудитор признал «сфабрированными», т.к. все результаты внутреннего контроля показали систематическую погрешность в 30%, результаты контрольной лаборатории показали систематику в 100%. После инициированной компанией проверки аудитор признал, что совершил техническую ошибку при автоматической обработке результатов. Таким образом, никогда не следует пренебрегать повторением процедур моделирования и тщательным вычитыванием черновых вариантов отчета аудиторской компании. Делать это должны технические специалисты компании, выполняющие соответствующие работы. ●

Литература

1. ГОСТ Р ИСО 5725-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений.
2. Калинин А.А. Организация геологического контроля качества аналитики при поисково-оценочных работах на благородные металлы с участием иностранных инвесторов // Золотодобыча. 2010. Май. № 138.
3. Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых / Утверждена приказом Министерства природных ресурсов от 11.12.2006 № 278.
4. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Приложения 1–44 к Распоряжению МПР РФ от 05.06.2007 № 37-р.
5. ОСТ 41-08-249-85. Подготовка проб и организация выполнения количественного анализа в лабораториях Мингео СССР. Общие требования.
6. ОСТ 41-08-252-85. Управление качеством аналитической работы. Стандартные образцы предприятия. Разработка, аттестация и утверждение.
7. ОСТ 41-08-268-04. Отраслевые стандартные образцы элементного состава твердых негорючих полезных ископаемых и горных пород. Разработка, аттестация, утверждение (признание), регистрация, выпуск, применение.
8. ОСТ 41-08-272-04. Методы геологического контроля качества аналитических работ.
9. Российский кодекс публичной отчетности о результатах геологоразведочных работ, ресурсах и запасах твердых полезных ископаемых (Кодекс НАЭН). М. 2011. 63 с.
10. Руководство по гармонизации стандартов отчетности России и CRIRSCO. М. 2010. 110 с.
11. Требования к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений // Сборник нормативно-методических документов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых. М. С. 130–156.
12. Abzalov M.Z. Sampling errors and control of assay data quality in exploration and mining geology. In (ed. Ognyan Ivanov) Application and Experience of Quality Control, InTECH, Vienna, Austria. 2011. p.611–644.
13. Abzalov M.Z. Quality Control of Assay Data: A Review of Procedures for Measuring and Monitoring Precision and Accuracy. Exploration and Mining Geology, Vol. 17; 2008. No. 3–4, p.131–144.
14. CIM Definition Standards on Mineral Resources and Mineral Reserves. 2010. <http://web.cim.org/standards/MenuPage.cfm?sections=177&menu=178>
15. CSA (2011). NI 43-101 Standards of Disclosure for Mineral Projects, Form 43-101F1 Technical Report and Related Consequential Amendments. <http://web.cim.org/standards/MenuPage.cfm?sections=177,181&menu=229>
16. Gosson G. and McCombe D. Making sense of consents. CIM Magazine. 2007. Vol. 2, No. 7.
17. Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves (The JORC Code) [online]. Available from: <<http://www.jorc.org>> (The Joint Ore Reserves Committee of The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists and Minerals Council of Australia). 2012.
18. Simon A. A Discussion on Current Quality-Control Practices in Mineral Exploration. In (ed. Ognyan Ivanov) Application and Experience of Quality Control, InTECH, Vienna, Austria. 2011. p. 595–610.