УДК 550.853

Н. Г. Шатков
PhD, ведущий геолог
ООО «АРДЖЕЙСИ Геологоразведка»

Отбор проб при проведении геологоразведочных работ

Первой и наиболее ответственной операцией геологического опробования является отбор проб. В статье кратко рассмотрены методы обеспечения представительности и надежности проб, способы контроля качества опробования.

Sampling is the first procedure to obtain information about composition and spatial arrangement of ores. Methods to assure representativeness and reliability of sampling as well as standard QA/QC program are briefly reviewed.

Ключевые слова: геологоразведочные работы, опробование, контроль качества, представительность проб, достоверность опробования, золоторудные месторождения.
Keywords: exploration works, sampling, QA/QC, representativeness, reliability, gold ores.

При геологоразведочных работах на твердые полезные ископаемые важнейшая роль отводится геологическому опробованию, которое является основным источником информации о содержании и особенностях пространственного распределения полезных компонентов. От представительности и надежности результатов опробования напрямую зависит достоверность оценки качества руды и подсчета запасов месторождения.

Обычно под опробованием понимают только непосредственный отбор материала для последующих испытаний. Это не вполне корректно. Опробование включает в себя всю совокупность операций, выполняемых для определения качества руды, рудовмещающих пород, продуктов добычи и переработки руды. Применительно к геологическому рядовому опробованию это как собственно отбор проб, так и обработка проб (измельчение, сокращение) и лабораторные анализы. При этом отбор проб является первой и наиболее ответственной операцией опробования, поскольку допущенные на этой стадии ошибки могут быть исправлены только повторным проведением работ.

Отбор проб является первой и наиболее ответственной операцией опробования, поскольку допущенные на этой стадии ошибки могут быть исправлены только повторным проведением работ.

Отбор проб может производиться из естественных обнажений, горных выработок, керна и шлама скважин, при этом способы отбора проб зависят от объема и назначения опробования. Для характеристики руды в коренном залегании (в горных выработках и в естественных обнажениях) применяются бороздовый, задирковый и валовый способы отбора проб. В скважинах пробы берут из керна или шлама.

К отбору проб предъявляются те же требования достоверности, представительности, полноты, экономичности, что и к опробованию в целом [1]. От выполнения требований надежности и представительности напрямую зависит качество исходных данных для подсчета запасов – конечной цели геологоразведочных работ.

Достоверность (надежность)

Заключается в надежном определении качества руды в пункте взятия пробы. Обеспечивается правильным выбором способов взятия, обработки и испытания проб. Результаты опробования должны не содержать систематических погрешностей и иметь минимум случайных погрешностей (не превышающих допустимые).

Теми или иными погрешностями (а иногда и грубыми ошибками) сопровождается каждая из стадий опробования. По оценкам службы SGS, крупнейшей в сфере лабораторно-аналитического обеспечения геологоразведки, наиболее значимые ошибки происходят при отборе проб, их хранении-транспортировке, измельчении-сокращении и связаны с выбором неверной технологии работ или «человеческим фактором» [2]. Погрешности лабораторно-аналитических испытаний, хотя и не выглядят критическими, также могут оказать влияние на результаты геолого-экономических расчетов ***(табл. 1)***.

Для минимизации ошибок опробования и получения достоверных результатов в отечественной практике геологоразведочных работ применяются методы геологического контроля опробования. Зарубежные геологоразведочные компании этих же целей достигают в ходе реализации программы QA/QC (обеспечение/контроль качества).

Как при геологическом контроле опробования, так и в рамках программы QA/QC, проверяются все стадии опробования, то есть качество отбора проб, качество обработки проб и качество лабораторно-аналитических испытаний.

Основными способами контроля являются:

- отбор и анализ сопряженных проб большего сечения (или диаметра);

Основные источники ошибок опробования

Таблица 1

Операции опробования	Возможная относительная ошибка определения содержания, %	
	Минимум	Максимум
Отбор проб	10	>100
Хранение, транспортировка проб	<1	>100
Физическая обработка проб	10	>100
Химическая пробоподготовка	5	20
Аналитические измерения	1	10

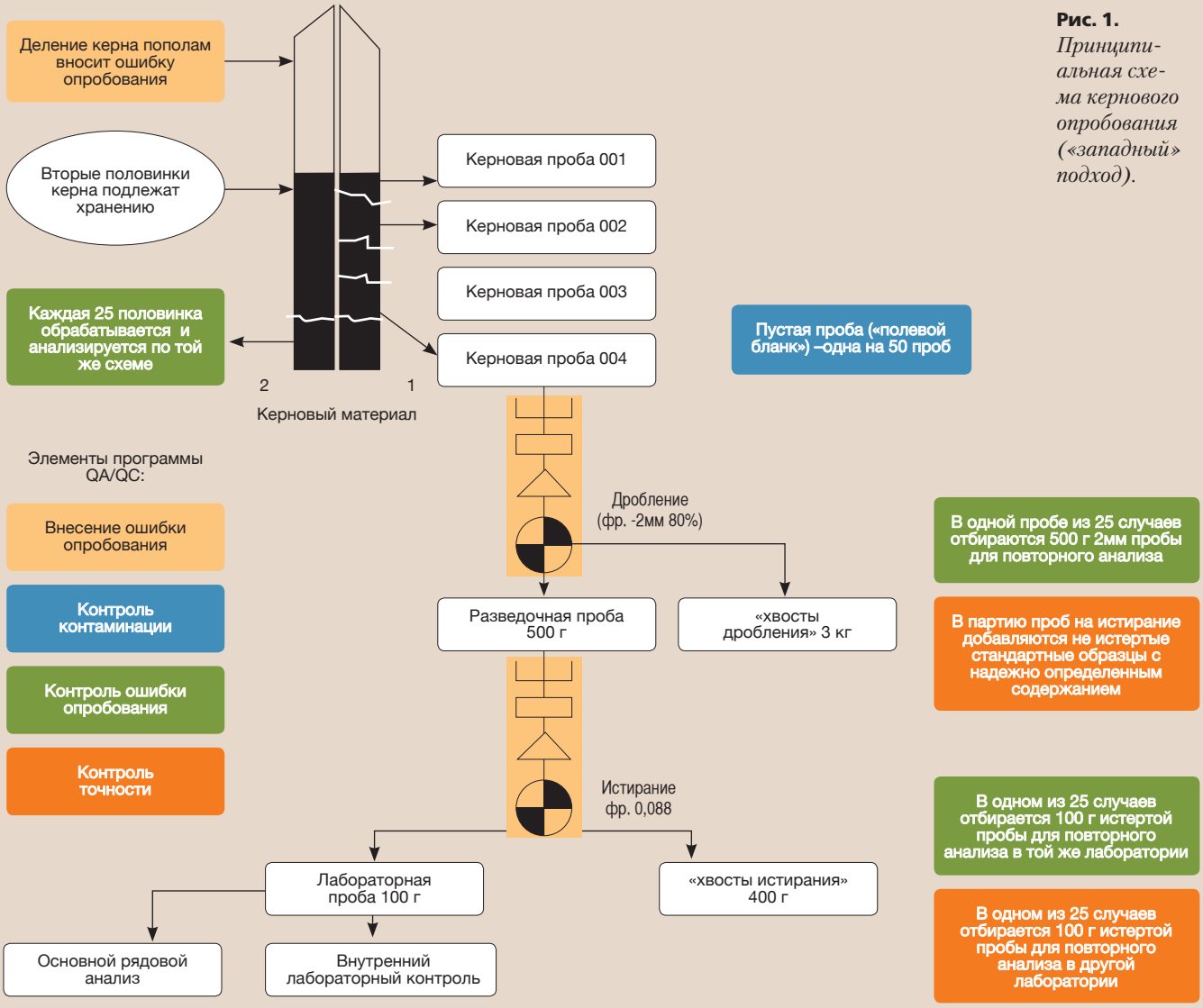

Рис. 1. *Принципиальная схема кернового опробования («западный» подход).*

• анализ полевых дубликатов (проб с теми же параметрами, например, вторых половинок керна);
• анализ полевых «бланков» (похожих по внешнему облику, но заведомо безрудных пород);
• анализ дубликатов обработки проб (материала с каждой стадии измельчения и сокращения проб);
• анализ лабораторных дубликатов;
• анализ «стандартных» образцов (гомогенизированного материала с надежно определенными содержаниями анализируемых компонентов).

Российский и «западный» подходы к оценке качества опробования в целом близки, но есть и ряд методических отличий.

Геологический контроль опробования обычно включает в себя технический контроль правильности отбора проб (положения проб, их массы, выдержанности параметров сечения и т.д.), точности выполнения регламента обработки проб, а также периодический (раз в квартал) контроль стабильности работы лаборатории.

При этом достоверность способа отбора проб и схемы обработки проб должны быть обоснованы экспериментальными работами. Контроль качества лабораторных испытаний заключается в дополнительном анализе лабораторных дубликатов с зашифрованными номерами, как в основной, так и во внешней лаборатории. Полученные результаты анализа дубликатов используются, соответственно, для внутреннего и внешнего лабораторного контроля [3, 4]. Рекомендуемое количество контрольных проб составляет 5%, при условии, что в каждом классе содержаний будет не менее 30 проб.

Стандартная программа QA/QC основана на постоянном мониторинге качества всех стадий опробования [5, 6]. Такой мониторинг достигается путем внедрения специальных контрольных проб в поток рядовых проб на регулярной основе. Такими пробами являются полевые дубликаты, полевые «бланки», дубликаты обработки проб, «стандартные» образцы, дубликаты лабораторных навесок.

Применение контрольных проб позволяет количественно оценить ошибки отбора проб, обработки проб и аналитики, и выявить, на какой стадии процесса необходимо улучшение с целью снижения риска и повышения точности оценки содержания.

Полевые «бланки» обеспечивают контроль заражения проб на стадии пробоподготовки и используются в качестве критерия для бракования партии проб. Так, повышенные содержания в анализах показывают, что материал был заражен в процессе пробоподготовки, в ходе лабораторного анализа, либо заменен на образец с рудной минерализацией. Это указывает на необходимость повторного анализа партии проб, либо корректировки процедур пробоподготовки. Более того, при обнаружении любого несоответствия, необходимо немедленно выполнить проверку процедуры обработки проб и природы материала для пустых проб. Обычно вводится один полевой бланк на каждые 40-50 проб данной партии.

Дубликаты проб используются для оценки погрешностей отбора проб и пробоподготовки. Дубликаты проб должны быть отобраны в поле (полевые дубликаты), а в идеале на каждом этапе сокращения в лаборатории (дубликаты обработки проб). Обычно вводится один дубликат на каждые 20-25 проб данной партии.

«Стандартные» образцы используются для оценки точности применяемых аналитических методов, мониторинга стабильности работы лаборатории и в качестве критерия для бракования партии проб. На объекте используются от 3 до 5 стандартных образцов, которые охватывают весь диапазон ожидаемых содержаний. Обычно вводится один стандартный образец на каждые 40-50 проб данной партии.

В целом, доля контрольных проб составляет от 5 до 10%.

Принципиальная схема кернового опробования и основных элементов программы QA/QC показана на ***рис. 1***.

В последние годы большинство крупных российских компаний, проводящих геологоразведочные работы, регулярно заказывают

Расчет минимальной представительной массы пробы (кг) по правилу Ричардса – Чечетта

Таблица 2

Неравномерность (k)	Максимальный размер золотин		
	12 мм	3 мм	1 мм
Крайне высокая (1.0)	144	9.0	1.0
Высокая (0.7)	101	6.3	0.7

Зависимость массы пробы от диаметра керна и способа отбора пробы (длина секции 1 м, объемная масса породы 2,7 г/см^3)

Таблица 3

Код бурового снаряда	Диаметр керна, мм	Масса, кг		
		Весь керн	1/2	1/4
AQ	27	1.5	0.8	0.4
BQ	36.5	2.8	1.4	0.7
NQ	47.6	4.8	2.4	1.2
HQ	63.5	8.5	4.3	2.1
PQ	85	15.3	7.7	3.8

«Стандартные» образцы используются для оценки точности применяемых аналитических методов, мониторинга стабильности работы лаборатории и в качестве критерия для бракования партии проб.

аудит у зарубежных консалтинговых фирм, и поэтому принимают на себя дополнительные обязательства, предусмотренные процедурами контроля качества. В то же время, следует отметить, что «западная» программа QA/QC является более многоплановой и развернутой, и в процессе ее реализации могут быть получены практически все необходимые данные для обработки по методикам российского геологического контроля опробования.

Как геологический контроль опробования, так и программа QA/QC направлены, в первую очередь, на обеспечение надежности получаемых результатов и могут быть сходными для многих объектов. Вопросы представительности опробования, напротив, решаются в рамках выбора и обоснования методики разведки в соответствии с геологическими особенностями конкретного месторождения.

Представительность

Заключается в том, чтобы получаемые данные надежно характеризовали качество руды в окрестностях и между пунктами отбора проб. Представительность обеспечивается правильным выбором видов проб, их размером и пространственным размещением, то есть системой разведки, геометрией, ориентировкой и плотностью разведочной сети.

Общие вопросы методики разведки и представительности систем опробования выходят далеко за пределы настоящей статьи. Здесь мы кратко остановимся на представительности отбираемых проб. Размер пробы имеет критическое значение при опробовании объектов с неравномерным распределением полезного компонента. К подобным объектам относится большинство золоторудных месторождений. Золотые руды – это крайний случай неравномерности распределения содержания и морфологии главного рудного минерала (гранулометрии и формы частиц), а также пример многообразия форм нахождения металла. Наибольшие проблемы при опробовании оказывает присутствие крупного самородного золота.

Минимальная масса представительной пробы может быть определена в соответствии с правилом Ричардса-Чечотта $Q \geqslant kd2$, где Q – масса пробы в килограммах, d – максимальный размер частиц в исходной или измельченной пробе в миллиметрах, k – эмпирический коэффициент, зависящий от изменчивости состава руды, крупности зерен минералов, различий в их плотности и от содержания компонентов в пробе. Значение коэффициента k могут быть найдены экспериментальным путем, но чаще применяются готовые величины, определенные на подобных месторождениях [7]. Пример расчета массы пробы приведен в ***табл. 2***.

В последние годы колонковое бурение стало основным способом разведки большинства месторождений твердых полезных ископаемых. Это связано с появлением современного оборудования и новых технологий бурения, сочетающих высокую производительность с практически полным выходом керна. Как правило, удельная стоимость буровых работ зависит от диаметра бурения. С точки зрения экономичности и получения достаточного количества керна наиболее «популярными» являются два буровых снаряда, имеющие международные кодировки NQ и HQ. Однако, для золоторудных месторождений с видимым золотом они не всегда могут обеспечить представительность, особенно в случае отбора в пробу половины керна ***(табл. 3)***. Для соблюдения баланса между представительностью и экономичностью, на ранних стадиях изучения объекта необходимо проводить специализированные работы по изучению гранулометрического состава и форм нахождения золота с целью выбора и обоснования методики опробования.

На ранних стадиях изучения объекта необходимо проводить специализированные работы по изучению гранулометрического состава и форм нахождения золота с целью выбора и обоснования методики опробования.

Выводы

- Отбор проб - первая и наиболее ответственная операция опробования, поскольку допущенные ошибки могут быть исправлены только повторным проведением работ.
- Обеспечение достоверности опробования достигается специальными процедурами геологического контроля или программы QA/QC.
- Для обеспечения представительности опробования необходимо проведение специализированных работ по изучению гранулометрического состава и форм нахождения полезных компонентов. В первую очередь, это касается золоторудных месторождений с видимым золотом.

Литература

1. Крейтер В.М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М.: «Недра», 1969.
2. Rocks to Results. A Practical Guide to Laboratory Operations.// SGS Mineral Services, 3rd Ed. August 2008.
3. Викентьев В.А., Карпенко И.А., Шумилин М.В. Экспертиза подсчетов запасов рудных месторождений. М.: «Недра», 1988.
4. Требования к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений. ГКЗ, 1992.
5. Analytical Services and QA/QC. Lynda Bloom// Analytical Solutions Ltd. April, 2002. http://www.explorationgeochem.com
6. Richardson, J.M., A Practical Guide to Field Sampling for Geological Programs// Analysis of Geological Materials. Ed. Riddle, C. Marcel Dekker, inc., New York, 1993: 37-64.
7 . Опробование руд коренных месторождений золота. М.: ЦНИГРИ, 1992, 160 с.