

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Южный федеральный университет»

Геолого-географический факультет
Кафедра месторождений полезных ископаемых

В.Г. Рылов, А.В. Труфанов

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

**МЕТОДИКА ОПРОБОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ**

Ростов-на-Дону - 2013

Учебное пособие разработано доцентами кафедры месторождений полезных ископаемых Южного федерального университета, кандидатами геолого-минералогических наук В.Г.Рыловым и А.В. Труфановым.

Ответственный редактор

Доктор геол.-мин. наук,
зав. кафедрой
месторождений
полезных ископаемых,
профессор М.И.Гамов

Рецензент

доктор геол.-мин. наук,
проф. А.Э. Хардигов

Печатается в соответствии с решением кафедры месторождений полезных ископаемых геолого-географического факультета Южного федерального университета, протокол № 1 от 04 сентября 2013 г.

Аннотация

Рылов В.Г., А.В. Труфанов. Методика опробования месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие для студентов геологических специальностей. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2013.- 99 с.

Настоящее методическое пособие предназначено для углубленного изучения дисциплины «Методика опробования месторождений полезных ископаемых», входящей в программу цикла профессионального образования по специальности «Геологическая съемка поиски и разведка месторождений полезных ископаемых», направления 130110 - Прикладная геология. Оно адресовано, главным образом, специалистам горно-геологического профиля в качестве практического руководства при геологическом изучении, оценке и разведке коренных месторождений золота, но может быть использовано при подготовке бакалавров, магистров и аспирантов смежных учебных специальностей и направлений,

Табл. 6, рис.2, библи. 17.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. СУЩНОСТЬ И ПРИНЦИПЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОПРОБОВАНИЯ.....	6
2. ОТБОР ПРОБ В РАЗВЕДОЧНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ	9
2.1. Основные виды проб и способы их отбора.....	9
2.2. Основные факторы, определяющие выбор методики опробования, способа отбора проб и главнейших их параметров	14
3. ОТБОР ПРОБ ПРИ БУРЕНИИ РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН.....	23
4. ОБРАБОТКА ПРОБ	28
5. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОПРОБОВАНИЯ	33
5.1. Внутренний контроль.....	333
5.2. Внешний контроль.	344
5.3. Арбитражный контроль.	43
5.4. Контроль результатов опробования	45
6. МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПРОБ	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	66
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	67

ВВЕДЕНИЕ

Опробование является неотъемлемой частью геологоразведочных работ, направленных на подготовку месторождений полезных ископаемых к промышленному освоению.

В настоящее время применяются три основных типа опробования - геологическое, специальное и технологическое¹. Они отличаются по своему назначению, методике проведения работ, количеству отбираемых проб и методам их испытания. Важнейшим из перечисленных типов опробования является геологическое опробование, применяемое при оконтуривании рудных тел и подсчете запасов полезных ископаемых в недрах.

Выбор рациональных методов и способов геологического опробования осуществляется на разных стадиях общего цикла геологоразведочного производства - от поисково-оценочных работ до разведки и освоения месторождения, исходя из конкретных особенностей изучаемых геологических объектов. Принятая методика должна обеспечить наибольшую достоверность и представительность результатов опробования при достаточной производительности и экономичности задействованных в нем процессов и операций. Сеть опробования должна быть выдержанной и адаптирована к конфигурации генеральной разведочной сети месторождения или его участка, подготавливаемого к промышленному освоению.

В настоящем пособии приводится обзор современных способов отбора и обработки рудных проб, а также методов контроля достоверности результатов лабораторно-технологических испытаний разведываемого минерального сырья.

Учебное пособие составлено в соответствии с действующими инструкциями и нормативными документами Министерства природных ресурсов РФ [3, 6, 8-10, 12-15] - генерального заказчика геологоразведочных работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы широкого ассортимента рудных полезных ископаемых.

¹ Геофизическое опробование [1] применяется в отдельных случаях, как вспомогательное.

1. СУЩНОСТЬ И ПРИНЦИПЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОПРОБОВАНИЯ

Полевое геологическое опробование (ПГО), как система проб, размещенных в соответствующем объеме недр - одна из главных операций геологоразведочных работ. Сущность геологического опробования заключается в отборе, обработке и анализе материала проб с целью получения представительных данных о среднем содержании полезных и вредных компонентов в определенном объеме недр - месторождении или отдельном рудном теле, участке, блоке.

ПГО проводится на всех стадиях геологоразведочного процесса, начиная от стадии поисковых работ и кончая эксплуатационной разведкой. К основным его задачам относятся: изучение вещественного состава руд в коренном залегании, определение количества полезных и вредных компонентов, заключенных в рудах, выявление характера распределения этих компонентов по простиранию, падению и мощности рудных тел. На основе данных опробования устанавливаются границы рудных тел, контуры промышленного оруденения, и в конечном итоге осуществляется подсчет запасов основных и попутных компонентов. Данные геологического опробования - основной источник информации о концентрации и особенностях пространственного распределения изучаемых компонентов. Они служат основой геометризации недр при подсчете запасов полезного ископаемого в недрах.

В связи с различием задач, стоящих перед каждой стадией геологоразведочных работ, меняются и задачи опробования, а также требования, предъявляемые к нему.

На *поисково-оценочной стадии* ГРР опробование носит в основном выборочный характер и состоит из отбора проб в естественных обнажениях и отдельных канавах, шурфах и скважинах, вскрывающих оруденение. По результатам опробования устанавливаются наличие ценного компонента и его примерные содержания в рудопроявлениях и рудных телах, на основе

которых определяются приблизительные размеры объекта в плане и предварительно изучается вещественный состав руд в объеме требований к достоверности прогнозных ресурсов категории P_1 .

При проведении *оценочных работ* систематически опробуются все без исключения горные выработки и скважины. Это позволяет выделить интервалы с промышленным содержанием ценных компонентов, предварительно установить сорта руд и закономерности их пространственного размещения, наметить места отбора малых технологических проб и провести качественную оценку отдельных богатых рудных тел. Основываясь на данных опробования, разрабатываются временные кондиции и подсчитываются запасы по категориям C_1 и C_2 .

На *стадии разведки месторождения* систематическое опробование продолжается. Опробуются, все горные выработки и скважины в интервалах с промышленным оруденением; заведомо безрудные участки месторождения опробуются выборочно. Основные задачи опробования этого периода заключаются в установлении вещественного состава руд и характера распределения основных и попутных компонентов; изучение пространственного размещения промышленных сортов руд; выбор места отбора укрупненных технологических проб для промышленных испытаний. На основе данных разведки подсчитываются запасы руды и металла с учетом утвержденных кондиций и предполагаемого способа отработки месторождения.

Ввиду значительного объема опробования, проводимого при разведке, и большого значения получаемых при этом результатов, рекомендуется уже в начальный период геологического изучения выявленных объектов проводить экспериментальные исследования по выбору наиболее надежных, рациональных и производительных способов отбора проб. При этом следует исходить из того, что ошибки опробования влияют не только на определение качественной и количественной характеристики руд, правильное оконтуривание промышленного оруденения и точность подсчета запасов, но

и в значительной мере определяют общую геолого-экономическую эффективность результатов геологоразведочных работ. Поэтому геолого-экономическое значение опробования должно рассматриваться, в первую очередь, с точки зрения наиболее надежного оконтуривания рудных тел, выявления особенностей их морфологии и точного положения в пространстве, оценки качества, количества, характера распределения рудной минерализации и других оценочных параметров, служащих основой подсчета запасов и в значительной мере способствующих эффективной отработке месторождения, сокращению потерь и разубоживания промышленных руд. Снижение расходов на опробование, не является определяющим экономическим фактором, если принять во внимание соотношение затрат на проходку разведочных выработок, бурение и затраты на саму процедуру опробования.

При геологическом опробовании необходимо соблюдать следующие основные принципы и требования:

- 1) способ отбора проб и методика опробования должны соответствовать геологическим особенностям месторождений, а также характеру распределения в них ценных и попутных компонентов;
- 2) количество проб должно обеспечивать представительное определение качественных и количественных показателей рудных зон;
- 3) отбор, обработку и анализ проб следует проводить согласно разработанной технологии с соблюдением требований, обеспечивающих надежность определения содержания ценных компонентов по каждой пробе.

В связи с тем, что надежность проб и представительность результатов опробования в целом определяют общую геолого-экономическую эффективность разведочных работ и дальнейшую рациональную эксплуатацию месторождения, все операции опробования необходимо систематически контролировать. Контроль за качеством пробоотбора, оказывающим значительное влияние на конечные результаты разведки месторождения, необходимо проводить систематически непосредственно в

ходе всего процесса геологоразведочных работ. Надежность опробования определяется целым рядом геологических и методико-технологических факторов [5,7].

При опробовании необходимо контролировать:

- 1) правильность отбора проб, а именно - соответствие расположения проб по отношению к залеганию, морфологии, строению, изменчивости рудных тел, соблюдение их сечений и соответствие фактической массы отбираемых проб их теоретической массе, равномерность отбора материала по всей длине линейных проб;
- 2) точность маркировки проб и ведение технической документации (журналы опробования и т.п.), а также сохранность проб в процессе их транспортировки от места отбора до лаборатории;
- 3) правильность обработки проб в лаборатории и соблюдение условий, исключающих возможность загрязнения проб в процессе их обработки;
- 4) соблюдение правил отбора и хранения дубликатов проб;
- 5) качество анализов проб.

2. ОТБОР ПРОБ В РАЗВЕДОЧНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

2.1. Основные виды проб и способы их отбора

При геологическом изучении рудных месторождений основными видами проб являются линейные, объемные и точечные, выбор которых производится в зависимости от целевого назначения опробования.

Первые - это рядовые геологические пробы, отбираемые при сплошном (сквозном) опробовании руд и вмещающих пород в разведочных горных выработках (пересечениях) и скважинах. Вторые - контрольные (эталонные) пробы, с помощью которых оценивается надежность рядовых геологических проб, отбираемых различными способами. Отбор точечных проб возможен лишь при выборочном опробовании руд и вмещающих пород на ранней стадии изучения месторождения (поисково-оценочные работы). Помимо геологического опробования объемные и точечные пробы в значительных количествах отбираются при разведке для специального и технологического

опробования,

Отбор проб производится различными способами: линейные пробы - в основном бороздовым и шпуровым способами; объемные - валовым и задириковым; точечные - штуфным и горстевым. Ведущим для отбора линейных проб в горных выработках является бороздовый способ, целесообразность которого испытана практикой разведки и большим объемом экспериментальных работ.

Практика разведочных работ на месторождениях различных морфологических типов показывает возможность широкого применения и универсальность бороздового опробования. Этот способ в большинстве случаев позволяет установить качественную и количественную характеристику рудных тел, уточнить их морфологию, определить границы промышленных руд и выявить другие важные особенности рудных тел месторождения.

Бороздовому способу свойствен ряд особенностей, который обеспечивает ему наиболее широкое применение по сравнению с другими способами. Линейный характер и прямоугольное сечение борозды позволяют ориентировать ее так, чтобы рудные тела пересекались по линии наибольшей изменчивости оруденения. Кроме того, при сложном внутреннем строении рудного тела или отсутствии четких геологических границ имеется возможность ввести секционный принцип отбора материала в пробу. Борозда обеспечивает также при тщательном соблюдении ее постоянного сечения возможность равномерного отбора равного по объему количества материала с каждого интервала.

Однако этот способ имеет и ряд недостатков, основными из которых являются:

- 1) возможность появления систематических погрешностей опробования за счет избирательного выкрашивания и попадания в пробу материала различной хрупкости и обогащенности полезным компонентом в процессе ее отбора;

- 2) сложность сохранения строго постоянным заданного сечения борозды;
- 3) большая трудоемкость и низкая производительность труда при ручном отборе проб.

При решении задач, связанных с повышением надежности опробования, одно из центральных мест занимает вопрос улучшения качества отбора бороздовых проб. Качество бороздовых проб зависит от соблюдения ряда технологических условий, важнейшими из которых являются: предварительное выравнивание и зачистка мест отбора геологических проб; сохранение постоянного сечения борозды; полный сбор материала отбираемой пробы.

Трудности выполнения этих условий в производственной обстановке обусловлены тем, что отбор бороздовых проб в процессе разведки ведется ручным способом с помощью зубила и молотка. Даже если принимаются все меры для качественного отбора проб, возникновения различных по величине и характеру погрешностей не удастся полностью избежать в силу объективных и субъективных причин. К объективным причинам, вызывающим появление систематических погрешностей бороздового опробования, относится различие в физико-механических свойствах минералов и агрегатов руд. К субъективным причинам, вызывающим при опробовании погрешности случайного характера, могут быть отнесены:

- 1) несоблюдение сечения борозд по мере их отбора; засорение материала пробы случайно вывалившимися кусочками руды или вмещающих пород;
- 2) различная потеря отбиваемого материала за счет неизбежного его разлета.

В настоящее время наиболее совершенными механизмами для отбора бороздовых проб, лишенными существенных недостатков ручного и механического пробоотбора ударного действия, являются пробоотборники режущего типа конструкции ЦНИГРИ с электрическим или пневматическим приводом ИЭ 6404 и ИП 6401. От всех ранее разработанных моделей пробоотборников этого типа (разработки ВИТР и др.) они выгодно отличаются простотой конструкции, малой массой, отсутствием

вспомогательных приспособлении (поддержек, направляющих штанг и др.). Эти пробоотборники обеспечивают наиболее эффективный механизированный способ отбора бороздовых проб. С помощью параллельно расположенных мелкоалмазных кругов вырезается и легко скалывается щелевая бороздовая проба (ширина 2-3 см, глубина 5-6 см), в результате значительно повышаются уровень механизации и производительность труда, обеспечиваются ровные (гладкие) поверхности боковых стенок борозды, сводится до минимума избирательное выкрашивание материала и уменьшается влияние субъективных и объективных факторов на результаты опробования.

Менее широким распространением при разведке рудных месторождений пользуется задирковый способ отбора, применяемый в случае опробования жил малой мощности в подземных горных выработках или сильно выветрелых выходов рудных тел при вскрытии их канавами и траншеями.

Новые (экспрессные) способы опробования руд благородных и редких металлов в их коренном залегании разрабатываются на основе ядерно-физических методов изучения состава и свойств полезных ископаемых. В настоящее время ядерно-физические методы прямого определения содержания золота в естественном залегании руды в горных выработках и скважинах несовершенны, имеют невысокую точность и поэтому в практике опробования не применяются. Если в рудах установлена тесная корреляционная связь золота с другими компонентами, содержание которых надежно определяется ядерно-физическими методами (медь, свинец и т. д.), то существует возможность выяснения содержания золота в коренном залегании руд косвенным путем. Для этого ядерно-физическими методами устанавливается содержание этих элементов, а затем с помощью уравнений регрессий вычисляют содержание золота.

Морфологический тип и мощность рудных тел, их условия залегания, пространственное положение и неравномерность распределения оруденения

определяют систему разведки месторождений, выбор видов разведочных выработок и способов их расположения. От данных характеристик в значительной степени зависят выбор методики опробования и ориентировка линейных (бороздовых) проб в горных выработках.

С учетом принятых систем разведки и типов разведочных горных выработок, подразделяющихся на две основные группы (прослеживающие и секущие), а также общих задач опробования геологические пробы в горных выработках отбираются в забоях, по их стенкам и дну. Рудные тела, вскрытые канавами, опробуют по дну или бортам (стенкам). Перед отбором проб канавы должны быть углублены до ненарушенных коренных пород. Рудные тела, вскрытые по простиранию траншеями, опробуются бороздами вкрест их простирания через равные интервалы (1-4 м) по дну траншей.

В горизонтальных подземных выработках прослеживания (штреках), пройденных по маломощным рудным телам (жилам), мощность которых не превышает сечение горной выработки, пробы отбираются в забоях непосредственно при проходке горных выработок через соответствующее количество отпалок. При проходке этого вида горных выработок для уточнения границ рудного тела по простиранию, выяснения характера распределения продуктивной минерализации или выбора мест отбора технологических проб отбираются пробы по стенкам и в забоях выработок. Результаты опробования мощных рудных тел в выработках прослеживания, проводимого с указанными целями, при подсчете запасов, как правило, не участвуют.

В секущих горизонтальных и вертикальных горных выработках (рассечки, орты, квершлагги, шурфы, восстающие) пробы отбирают только по стенкам, ориентируя их таким образом, чтобы получить данные о содержании целевого компонента по всей мощности рудного тела (от лежащего до висячего бока), а также в его зальбандах. В практике геологоразведочных работ при опробовании маломощных рудных тел пробы располагают нормально к мощности рудного тела: при опробовании мощных,

наклонных рудных тел - горизонтально, а при опробовании полого залегающих - вертикально.

В подземных горизонтальных горных выработках, пересекающих рудное тело на всю мощность (рассечки, орты, квершлагги), пробы отпираются непрерывно по одной или двум стенкам в зависимости от изменчивости оруденения. Все пробы в горизонтальных горных выработках берутся на заранее установленной высоте (1-1,2 м) от почвы выработки: В вертикальных выработках (шурфах, восстающих), вскрывающих крутопадающие рудные тела на значительном протяжении, пробы отбираются горизонтально через установленные заранее интервалы по падению.

2.2. Основные факторы, определяющие выбор методики опробования, способа отбора проб и главнейших их параметров

Ведущая роль в выборе методики опробования, способов отбора проб и их параметров принадлежит следующим факторам: задачам опробования, морфологическому типу рудных тел, наличию или отсутствию в рудных телах четких геологических границ; условиям залегания, мощности и внутреннему строению рудных тел, характеру распределения оруденения, физико-механическим свойствам руд и пород.

Во всех случаях выбранная методика опробования, способ отбора проб и их параметры должны обеспечивать *оперативность и надежность* пробоотбора, а также *представительность* результатов опробования. Месторождения должны опробоваться по определенной системе. Бессистемное расположение проб в рудном теле не позволяет правильно установить величину среднего содержания ценного компонента в пределах опробованного участка. Поэтому места отбора проб должны быть расположены по оптимальной сети и равномерно охватывать весь оцениваемый участок месторождения. Система опробования характеризуется пространственным расположением отбираемых проб, расстоянием между ними, их количеством» ориентировкой и размерами.

Выбранная система отбора проб позволяет решить следующие задачи: выяснить размер оцениваемых рудных массивов и средние показатели качества руд (содержания), оконтурить промышленное оруденение с нечеткими геологическими границами. Кроме того, с ее помощью определяют внутреннее строение рудных тел, для чего в границах промышленного оруденения оконтуриваются участки пустых пород, некондиционных руд или руд различных технологических типов.

Распределение основных и сопутствующих компонентов, связанное с особенностями локализации оруденения и строения рудного тела следует учитывать при выборе способа отбора и параметров проб. При этом одни и те же факторы, свойственные данному рудному телу и определяющие особенности распределения в нем металла, по-разному влияют на надежность проб, отбираемых разными способами: для одних способов они весьма неблагоприятны, а на другие практически не влияют.

При оценке надежности частных геологических проб надо исходить из того, насколько выбранный способ отбора проб, их расположение (ориентировка) и размеры в конкретном месте рудного тела согласуются с основными, наиболее характерными, геологическими особенностями строения месторождения.

Пространственное расположение (ориентировка) проб в основном определяется морфологическим типом рудных тел, условиями их залегания и анизотропией распределения в них полезных компонентов. Так, большинству коренных месторождений золота свойственны вытянутые рудные тела и хорошо выраженная анизотропия распределения золота, обусловленная наличием максимальной и минимальной изменчивости оруденения в определенных направлениях. Обычно направление максимальной изменчивости совпадает с мощностью рудных тел вкrest их простираения. В связи с этим линейные (бороздовые и др.) пробы должны ориентироваться в направлении максимальной изменчивости свойств золотого оруденения.

Главные параметры пробоотбора - поперечные сечения, длина

интервалов (секций) линейных проб, расстояние между пробами и оптимальное количество проб в пределах оцениваемого объема. На рудных месторождениях опробование по горным выработкам осуществляется преимущественно бороздовым способом вручную сечениями 5x3, 10x3, 10x5 см. При выборе поперечных сечений бороздовых проб необходимо учитывать физико-механические свойства рудных и жильных минералов, текстурно-структурные особенности руд (определяющие возможность избирательного обогащения материала проб), характер распределения ценных компонентов, а также условия и средства отбора проб (ручной или механизированный). Относительно благоприятные физико-механические свойства и текстурно-структурные особенности руд, исключающие возможность преимущественного (избирательного) выкрашивания рудных или жильных минералов, позволяют применять минимально допустимые поперечные сечения бороздовых проб, масса которых позволяет провести необходимые (основные и контрольные) аналитические работы и оставить достаточные по массе дубликаты проб.

При ярко выраженных различиях в свойствах рудных и нерудных минералов, входящих в состав руд, в процессе опробования может возникнуть избирательное выкрашивание. Это приводит к возникновению систематических погрешностей опробования. В данных случаях при отборе линейных проб (при ручном пробоотборе) для уменьшения выкрашивания целесообразно увеличить сечение бороздовых проб или исключить возможность возникновения систематических погрешностей. Последнее может быть достигнуто путем применения пробоотборника конструкции ЦНИГРИ - ИП 6401, предназначенного для вырезания щелевой борозды [8].

При ручном способе отбора, весьма неблагоприятных физико-механических свойствах руд и неравномерном распределении оруденения поперечное сечение проб выбирается экспериментальным путем на каждом конкретном месторождении. Следует, однако, учитывать, что значительное увеличение сечения борозды затрудняет оперативную оценку месторождения

в связи с низкой производительностью работ и значительной трудоемкостью отбора и обработки проб большого сечения.

При механизированном щелевом пробоотборе сечение не оказывает определяющего влияния на надежность проб ввиду устранения объективных и субъективных факторов, вызывающих, погрешности: неровная поверхность борозды сводится до минимума (менее 20%), сохраняется постоянное сечение борозды, устраняется разлет материала и т. д.

Практика геологоразведочных работ, исследования и большой объем экспериментального опробования, проведенных на коренных месторождениях различных морфологических типов, подтверждают представительность опробования бороздами малых сечений. Результаты экспериментальных работ показали, что уменьшение сечения проб до 3x4 и 5x3 см, как правило, не приводит к систематическим расхождениям средних содержаний по выборкам проб малого сечения при опробовании коренных месторождений золота [1].

В случае благоприятных физико-механических свойств и текстурно-структурных особенностей руд, тщательного контроля качества отбора бороздовых проб вручную или отбора щелевых проб механизированным способом, поперечное сечение проб не влияет заметно на их надежность. Это позволяет применять для линейных (бороздовых, щелевых) проб минимальные сечения: 5x3, 3x4, 3x5 см. Исследования также показали, что дисперсия содержаний по пробам малых сечений на одних месторождениях сопоставима с дисперсией содержаний по пробам большого сечения, и случайная погрешность в определении среднего содержания по пробам малого и большого сечения практически одинакова. На других месторождениях расхождения в дисперсиях содержаний по пробам малого и большого сечения были весьма значимы, а случайные погрешности по пробам меньшего сечения выше [8].

Известно [1], что каждой частной пробе свойственна неповторимость замера содержания. Следовательно, каждая проба строго неповторима, как

единичный замер изучаемого свойства (содержания) руды. Даже при полном сопряжении проб (равного сечения и равной длины секции), возможном в процессе специального контрольного опробования, они отбираются из двух смежных пунктов рудного тела, в пробы поступает различный материал, и поэтому определение содержания полезных компонентов по ним представляет собой не двукратное измерение одной и той же величины, а два самостоятельных измерения двух пространственно сопряженных, но различных величин содержания. Расхождения в результатах ряда попарно сопряженных проб различного сечения связаны, прежде всего, с неустранимой разницей между истинными содержаниями компонентов в руде (в объеме этих проб), вызванной природной изменчивостью содержаний на малых расстояниях и в меньшей мере сечением проб.

Величина случайных погрешностей по выборкам проб малого сечения может быть весьма значительной, однако ее во всех случаях можно уменьшить за счет увеличения числа проб. Обычно запасы по блоку подсчитываются на основании 40-50 проб, иногда более. Причем суммарные случайные погрешности среднего содержания по пробам большого немалого объемов отличаются незначительно. Поэтому при массовом геологическом опробовании, особенно на месторождениях с относительно мощными рудными телами, случайная ошибка опробования за счет уменьшения сечения (объема) пробы практически не влияет на точность подсчета запасов как по месторождению в целом, так и по отдельным его блокам.

При значительной изменчивости оруденения расхождения содержания в результате попарного сопряжения проб могут достигать больших величин. В связи с этим на месторождениях с особо сильной изменчивостью оруденения, небольшой мощностью и протяженностью рудных тел (сложные жильные месторождения), необходимо провести экспериментальные работы (заверка проб малого сечения эталонными пробами большого объема) с целью оценки влияния результатов анализа проб разного сечения на суммарную погрешность вывода среднего содержания по сечению, блоку,

месторождению. Это позволит выбрать оптимальные параметры проб (сечение борозд, их количество) или решить вопрос о выборе другого способа отбора (табл. 1).

Таблица 1.

Оптимальные параметры массы разведочных проб в зависимости от принятого сечения борозды

Масса пробы, кг	Сечение борозды, см
Ручная отбойка	
3,9	5x3
7,8	10x3
13,0	10x5
Механизированная вырезка щелевых проб	
2,6	2x5
3,9	3x5
4,6	3x6

После взятия проб качество пробоотбора проверяется путем сопоставления фактической массы отобранной пробы с ее теоретической (расчетной) величиной. Отклонение между данными параметрами не должно превышать 15-20 %. Начальная (теоретическая) масса материала, отбираемого с 1 м борозды различного сечения, приведена ниже (для объемной массы опробуемой руды 2600 кг/м³).

При использовании данных опробования не только для определения средних содержаний в рудах, но и для оконтуривания рудных тел, выделения промышленных руд и безрудных участки помимо сечения проб устанавливается также длина секции (интервала), на которые делится сквозная проба. Длина секций линейных проб зависит от мощности рудного тела, характера его геологических границ, литологических разностей пород, типа руд и элементов структуры. Вне зависимости от принятой при опробовании длины секций все разновидности руд, а также зальбанды рудных тел

опробуются отдельно. Для выбора длины секции, помимо природных факторов, следует учитывать и параметры предельно допустимой мощности промышленных руд и максимальной мощности безрудных прослоев пород, установленных кондициями.

При разведке мощных рудных тел без четких естественных (геологических) границ по данным опробования определяется общий контур промышленных рудных тел, оконтуриваются участки пустых пород, некондиционных руд и т. д. Последняя из указанных задач решается также при опробовании мощных рудных тел с четкими геологическими границами, но при их сложном внутреннем строении. Для опробования рудных тел без четких геологических границ, которые оконтуриваются только по результатам опробования, отбираются линейные равносекционные пробы (длиной 1-3 м), полностью пересекающие рудоносные породы. В случае опробования мощных (свыше 10 м) рудных тел с четкими геологическими границами, характеризующихся однородным внутренним строением, отбираются также равноинтервальные секции линейных проб, длина которых меняется от 1 до 3 м. Из зальбандов таких рудных тел отбираются пробы, длина секций которых не должна превышать 0,5-1 м.

Рудные тела с четкими границами при мощности до 1 м (вписывающиеся в сечение горной выработки) опробуются от всячего до лежачего бока по линии наибольшей изменчивости оруденения путем отбора сквозных линейных проб, длина которых определяется мощностью рудного тела. В том случае, когда мощность рудных тел превышает 1 м или их внутреннее строение сложное, применяется секционный принцип опробования и длина секции обуславливается прослоями руд, литологическими разностями пород и т. д.

При опробовании маломощных рудных тел иногда необходимо включение призальбандовых участков рудных тел в контур промышленных руд и выделение отдельно в границах рудных тел прослоев более богатых руд для их селективной отработки. В указанных случаях также следует

выяснить длину отдельных секций (интервалов) сквозных проб, подлежащих раздельному анализу.

Для качественной и количественной характеристики рудных тел, блоков или участков месторождения ведущее значение имеет определение минимально необходимого количества проб. Уже в начальный период разведочных работ должно быть установлено минимальное количество частных проб для получения представительных данных о среднем содержании золота. Требуемое количество проб можно узнать, применив метод аналогии, на основе экспериментального опробования или методами математического анализа данных опробования наиболее типичных участков месторождения.

Минимально необходимое число проб во многом зависит от сложности геологического строения месторождения и характера изменчивости оруденения. Примерно рассчитать минимально необходимое количество проб для ограниченного объема (участка или блока рудного тела) можно методами математической статистики с вероятностью, гарантирующей представительное определение среднего содержания с заданной погрешностью лишь при условии независимого, случайного характера проб и равномерного их распределения в пределах оцениваемого объема. С этой целью используется формула

$$n=(tV/p)^2,$$

где n - количество проб, обеспечивающее погрешность оценки среднего содержания не более $\pm p$ при доверительной вероятности, определяемой коэффициентом t ; V - коэффициент вариации.

Для определения оптимального расстояния между разведочными пробами следует принимать во внимание лишь те пробы, которые полностью пересекают рудное тело от висячего до лежачего бока (т. е., сквозные пробы).

При выборе минимально необходимого расстояния между пробами следует различать маломощные рудные тела, вскрываемые при разведке прослеживаемыми горными выработками, и относительно мощные рудные

тела, вскрываемые секущими выработками.

В том случае, когда простые по внутреннему строению маломощные (до 1 м) жильные или линзообразные рудные тела с четкими геологическими границами полностью вписываются в поперечное сечение прослеживающих их разведочных горных выработок (штреков, восстающих) *главными параметрами пробоотбора, которые влияют на надежность, проб и представительность опробования и которые необходимо определить, являются лишь оптимальное количество проб на подсчетный участок (блок) рудного тела и их рациональное сечение.*

Количество проб, которое необходимо отобрать в оцениваемом рудном теле или на участке (блоке) при простом внутреннем строении, зависит от неравномерности распределения содержания элемента и необходимой представительности его среднего содержания, определяемого по данным опробования (системы проб). В этом случае расстояние между пробами (шаг опробования) зависит от количества проб, размещенных в пределах оцениваемого рудного тела (отдельного его участка, блока) в продольной плоскости, размера блока или длины разведочных выработок. Ориентировочное расстояние между пробами в зависимости от распределения полезного компонента приведено в табл. 2.

Таблица 2.

Рекомендуемое расстояние между пробами в зависимости от характера распределения в руде ценного компонента

Распределение, коэффициент вариации - V	Расстояние между пробами, м
Неравномерное, $V < 100\%$	4,0—2,5
Весьма неравномерное, $V = 100-200\%$	2,5—1,5
Крайне неравномерное, $V > 200\%$	1,5—1,0

Когда маломощные рудные тела (жилы), вписывающиеся в сечение прослеживающих их горных выработок, имеют четкие геологические

границы и сложное внутреннее строение (наличие изолированных рудных столбов или обособленных обогащенных участков), расстояние между пробами определяется морфологическими особенностями и размерами рудных столбов и безрудных участков, а также характером их чередования в продольной плоскости разведываемых рудных тел. При разведке относительно мощных, линейно вытянутых рудных тел, осуществляемой секущими выработками, расстояние между линейными (сквозными) пробами и их количество определяются плотностью разведочной сети, принятой с учетом морфологического типа месторождения, группы сложности его строения (по классификации ГКЗ) и стадии геологоразведочного цикла.

3. ОТБОР ПРОБ ПРИ БУРЕНИИ РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН

В процессе геологоразведочных работ опробуются все пробуренные скважины в пределах пересекаемых ими рудных тел и измененных вмещающих пород. При отсутствии у рудного тела четких геологических границ опробуется вся скважина или интервал распространения пород, которые, возможно, вмещают целевое оруденение.

Скважины колонкового бурения (алмазного, твердосплавного, пневмоударного и т. д.) опробуются по керну и шламу. При линейном выходе керна по рудному интервалу свыше 70 % опробуется только керн.

Керновые пробы отбираются с учетом длины рейса. *В пробу не может входить керн из нескольких рейсов, независимо от выхода керна.* При высоком выходе керна с одного рейса он может быть разделен на несколько проб (секций) с учетом внутреннего строения рудных тел и их зальбандов.

Керн, извлекаемый при бурении, укладывается в подготовленные ящики и тщательно документируется. На основании результатов документации керна определяют интервалы его опробования. Выход керна оценивается линейным способом (отношение длины вытянутого керна к длине пробуренного интервала) или массовым (отношение фактической массы поднятого керна к расчетной его массе в пределах пробуренного

интервала).

Начальная масса проб, отбираемых из скважин, зависит от диаметра, способа бурения и объемной массы руды.

Скважины опробуются с учетом внутреннего строения рудных тел и вмещающих их пород. Для мощных рудных тел, характеризующихся сплошным или прожилково-вкрапленным оруденением (типа минерализованных зон), могут быть приняты одинаковые интервалы (секции проб керна длиной 1-2 м). При наличии в рудных телах типов руд, существенно различающихся по строению, минеральному составу или содержанию ценного элемента, скважины опробуются секционно в соответствии с мощностью пересекаемых типов руд (так же как и в горных выработках). Отдельно необходимо секционно опробовать вмещающие породы со стороны висячего и лежащего боков рудных тел (зальбанды). При мощности рудных тел менее 0,5 м длина интервала (секции) опробования по вмещающим слабоизмененным породам с обеих сторон рудных тел должна быть не меньше мощности рудного тела.

Пример оформления результатов кернового опробования золоторудной зоны приведен на рис. 1.

Представительность кернового опробования определяется правильным выбором количества пересечений рудных тел, высоким выходом керна при хорошей его сохранности, устранением его избирательного истирания. В связи с этим при приближении скважины к месту проектного пересечения рудных тел и при бурении по самим рудным телам следует принимать все необходимые меры, обеспечивающие получение надежных данных.

При бурении скважин коронками с наружным диаметром 75 мм и более в пробу отбирают половину керна, расколотого керноколом или разрезанного с помощью камнерезного станка по его длинной оси. Для разрезания керна сконструированы специальные камнерезные станки (станок УКС-2 конструкции СГИ, станок конструкции А. А. Боровских и т. д.).

Глубина, м Геологический разрез	Интервал проходки, м	Длина керна, м	Выход керна, %	Описание пород	№ пробы	Интервал опробования, м	Длина секционной пробы, м
	74,80 – 78,35	2,87	80,8	Темно-серые глинистые сланцы (черносланцевая серия)	24244 24245 24246	75,27-76,45 76,45-77,65 77,65-78,35	1,08 1,09 0,70
	78,35-80,00	1,60	97,0	Кварцевая жила с густой вкрапленностью сульфидов	24247 24248	78,35-79,15 79,15-80,00	0,80 0,80
	80,00-81,20	1,20	100,0	Измененные диориты с кварц-карбонатными прожилками	24249 24250	82,00-80,60 80,60-81,20	0,60 0,60
	81,20-87,80	6,05	91,7	Кварцевая жила, залегающая под углом 45° к оси керна. Состав: кварц, серицит, сидерит, пирит	24251 24252 24253 24254 24255 24256	81,20-82,30 82,30-83,40 83,40-84,50 84,50-85,60 85,60-86,70 86,70-87,80	1,01 1,01 1,01 1,01 1,01 1,01
	87,80-88,65	0,85	100,0	Серицит-кварцевый партинг	24257	87,80-88,65	0,85
	88,65-91,90	3,25	80,3	Кварцевая жила с густой вкрапленностью сульфидов	24258 24259	88,65-90,27 90,27-91,90	1,30 1,30
	91,90-94,40	2,50	64,0	Серицит-кварцевая порода, трещиноватая	24260 24261	91,90-93,50 93,50-94,40	1,03 0,57
	94,40-95,33	0,93	70,2	Темно-серые мусковитовые сланцы	24262	94,40-95,33	0,65

Рис. 1. Первичная геологическая документация при опробовании керна буровой скважины [2].

В том случае, когда диаметр бурения меньше или руды характеризуются весьма неравномерным распределением оруденения, в пробу отбирается или весь керн (за исключением небольшого образца, не превышающего 10 % объема керна), или надежность опробования подтверждается данными раздельного опробования обеих половинок керна. При выходе керна менее 70 % в пробу отбирают керн и шлам с одного и того же интервала опробования. В этом случае отдельно определяются масса керна и масса шлама. Вопрос о наличии или отсутствии избирательного истирания решается путем сопоставления результатов опробования керна при высоком и низком его выходе и экспериментальными работами.

В случае избирательного истирания керна надежность геологических проб может оказаться неудовлетворительной при любом, даже высоком выходе керна. Возможность использования результатов опробования скважин при выходе керна ниже 70 % и трудностях точной привязки собранного шлама к определенному интервалу бурения (или невозможности вообще собрать шлам) необходимо доказать специальными экспериментальными работами.

Для повышения выхода керна, обеспечивающего более высокую надежность опробования в зависимости от геологических особенностей месторождений, необходимо использовать ряд технических средств: снаряды с обратной промывкой (эжекторные; эрлифтные и др.); различные конструкции двойных и тройных колонковых труб; съемные керноприемники и т. п.

При разведке золоторудных месторождений бурением в ряде случаев целесообразно проводить опробование только по шламу, так как по своей надежности оно иногда превосходит опробование по керну. Наиболее целесообразно отбирать шлам на забое при помощи шламовых труб различных конструкций. Основной недостаток этого способа отбора шлама - плохое улавливание мелких (менее 0,1 мм) частиц. При отсутствии сильного поглощения промывочной жидкости в стволе скважин можно отбирать шлам

на ее устье, что достаточно эффективно при оценке мощных рудных тел. В этом случае может быть применен шламоотборник ПВЦ-10, разработанный и САИГИМСе, улавливающий частицы шлама до - 40 мкм. Улавливающая способность этого прибора 90-98%. Для жильных месторождений, особенно маломощных, отбор шлама на устье скважины не эффективен, так как весьма сложно осуществить точную привязку шлама к рудным интервалам.

В том случае, когда наблюдается избирательное истирание керна; наиболее надежны керношамовые пробы, значение которых возрастает в связи с тенденцией уменьшения диаметров бурения. Шлам при бурении колонковых скважин можно собирать способами отсадки (сепарации или фильтрации). При этом способе у устья скважины шлам собирают с помощью желобов, ловушек, гидроциклонов (бурение с промывкой раствором) или с помощью пневмоциклонов (бурение с продувкой воздухом). На забое шлам собирается при помощи шламоулавливающих труб различных конструкции, устанавливаемых непосредственно над колонковыми трубами. Шлам собирается после каждого рейса. Значительные трудности при этом также представляет отнесение шлама к соответствующему интервалу опробования по скважине.

Скважины бескернового бурения (алмазные, шарошечными долотами) опробуются по шламу или пыли (бурение с продувкой воздухом). В этом случае для сбора материала применяются циклоны специальной конструкции. Для отбора шламowych проб употребляют специальные шламоотборники-делители, позволяющие автоматически отсекают в пробу соответствующую (1/20) часть шлама. При ударно-канатном бурении, которое применяется главным образом для разведки горизонтально залегающих рудных тел, разрушенная порода извлекается с помощью желонки или пробоотборников соответствующих конструкций. Весь материал, извлеченный с определенного интервала скважины, собирается в отстойник. После полного осаждения материала из отстойника осторожно удаляется вода, осадок высушивается и поступает в пробу. Для

обезвоживания поднимаемого материала могут использоваться гидроциклоны.

4. ОБРАБОТКА ПРОБ

Обработка геологических проб, представляющая собой совокупность операций по измельчению, просеиванию, перемешиванию и сокращению их материала, проводится строго по схемам, разработанным с учетом особенностей руд разведываемого месторождения. Пробы обрабатываются с целью получения из исходной пробы такого количества измельченного и перемешанного материала, которое удовлетворяло бы требованиям лаборатории, проводящей анализ, и наиболее надежно отражало состав материала и содержание элемента в исходной пробе.

Конечная масса проб, направляемых на пробирный анализ, обычно составляет 0,5-1 кг, на химический анализ - несколько сотен граммов и на спектральный - от нескольких до десятков граммов. Во всех случаях максимальный размер частиц материала конечных проб не должен превышать 75 мкм.

Лабораторную (конечную) пробу при обработке геологических проб можно получить двумя способами.

1. Весь материал исходных проб измельчается до требуемой крупности и отбирается соответствующая навеска для анализа. Измельчение исходного материала пробы без просеивания и сокращения - наиболее надежный способ, исключающий возможные потери материала и погрешности, при его просеивании, перемешивании и сокращении, допускаемые при обработке проб по стадиям.

2. Материал исходной геологической пробы подвергается последовательному (по стадиям) дроблению (измельчению) и сокращению. При этом соответствие содержания полезного компонента в исходной и сокращенной пробе на каждой стадии обработки обуславливается крупностью частиц и неравномерностью распределения полезного

компонента в руде.

Наиболее трудоемкой операцией при обработке геологических проб является измельчение отобранного, материала. В связи с этим их обработка обычно проводится в несколько последовательных стадий дробления и сокращения. Каждая из операций имеет свое назначение: дробление обеспечивает увеличение количества частиц рудного материала пробы; перемешивание - более равномерное распределение материала по составу и крупности частиц, сокращение - уменьшение количества материала, взятого в пробу, до конечной (лабораторной) ее массы, т.е. отбор из исходной лабораторной пробы.

При обработке геологических проб в несколько стадий их материал подвергается наиболее крупному, но наименее трудоемкому дроблению, лишь в первую стадию, после чего основная его часть, удаляется из обработки. В дальнейшем для более мелкого дробления от стадии к стадии остается все меньше и меньше материала, и, наконец, наиболее мелкому дроблению (измельчению) подвергается только незначительная его часть. Необходимое условие надежной и правильной обработки материала геологических проб - неперемешивание и тщательное перемешивание его после каждой стадии дробления, а также соблюдение мер, не допускающих смешивание материала различных фракций крупности.

На рудных месторождениях сокращение материала проб при их обработке обычно осуществляется по формуле

$$Q=Kd^a,$$

где **Q** - предельно допустимая масса пробы на данной стадии ее сокращения; **K** - коэффициент, зависящий от степени неравномерности распределения золота в руде (обычно он принимается равным от 0,2 до 1,0), **d** - максимальный диаметр частиц руды; **a** - показатель степени приближения формы зерен (частиц) руды к шаровидной форме (обычно принимается равным двум при обработке проб массой 5-12 кг). Когда обрабатываются пробы большой массы (валовые и т. п.), материал которых состоит из кусков

руды большого размера, показатель степени «а» принимается равным 1,8.

Для обоснования параметра **K** при разведке крупных месторождений (большой объем опробования и аналитических работ) рекомендуется проводить экспериментальные работы, в процессе которых отбирается исходная проба, измельчаемая до соответствующего размера частиц (например, до 10 мм). Она тщательно перемешивается и из нее отбираются частные пробы. Масса частных проб рассчитывается при различных значениях **K** (например, от 0,2 до 1), но при постоянном значении степени **a**, равном обычно 2. Для получения более надежных данных для каждого значения **K** отбираются 8-10 частных проб. Оптимальное значение искомой величины определяется графическим путем, как точка перегиба кривой содержания элемента, построенной при разных значениях **K**.

При составлении схем обработки рядовых геологических проб необходимо учитывать, что масса лабораторных проб должна быть достаточной не только для основных и контрольных определений, но и для составления групповых проб. Следует также принимать во внимание, что должны оставаться дубликаты проб для длительного хранения с целью повторного анализа некоторых из них.

Значения коэффициента «K» в уравнении $Q = Kd^a$ при обработке рядовых геологических проб, отобранных из руд, характеризующихся различными равномерностью распределения и крупностью зерен минерала-концентратора, приведены в табл. 3.

Для снижения стоимости обработки проб и оперативного получения результатов анализов необходимо разместить на участке разведки механизированную проборазделочную лабораторию. При дроблении геологических проб используются щековые и валковые дробилки, дисковые и вибрационные истиратели, позволяющие последовательно доводить материал обрабатываемой геологической пробы до лабораторных навесок с величиной частиц 0,07 мм.

Таблица 3.

Рекомендуемые значения коэффициента «К» в уравнении $Q = Kd^a$ при обработке рядовых геологических проб

Распределение	Коэффициент К
Неравномерное, мелкозернистые руды - в основном до 0,1 мм	0,2
Весьма неравномерное; рудные зерна средней крупности (0,1 - 0,6 мм)	0,4
Крайне неравномерное; крупнозернистые руды - преимущественно >0,6 мм	0,8-1

Каждую технологическую линию для обработки материала бороздовых и керновых проб, включающего куски руды размером более 70 мм, целесообразно комплектовать из щековых (ДЩ 150x100, ДЩ 150x80, ДЩ 100x60) и валковых (СП-165 А, ДВ 200x125) дробилок, а также различного вида истирателей (2-ДР, 46-ДР-250, 38-ДР, ЛДИ-209, ЛДИ-60 м и БДМ). Это обеспечивает дробление материала проб соответственно до крупности минус 30, 20, 10 и 1 мм, а также позволяет доводить (истирать) материал проб до крупности частиц минус 0,2 и 0,074 мм.

При обработке проб могут применяться и различного типа вибрационные стаканчиковые истиратели, позволяющие получать материал с крупностью частиц до 50 мкм. Возможно также использование лабораторных шаровых и стержневых мельниц. Дробленный материал пропускается через специальные грохоты и сита с отверстиями от нескольких сантиметров до 0,07 мм. Материал обрабатываемых проб обычно перемешивается вручную, а сокращается вручную или с помощью специальных делителей.

Для обработки геологических проб массой от 0,5 до 20 кг при крупности материала до 100 мм ВИТР разработал специальную установку УОГП, обеспечивающую автоматическое дробление, перемешивание и

сокращение материала при сохранении непрерывности процесса. Производительность установок до 200 кг/ч, что достаточно для обработки проб в процессе разведки. Масса лабораторной пробы после обработки 50-150 г, крупность частиц материала обработанных проб 0,1-0,074 мм. В последнее время разработаны и серийно выпускаются агрегат АП (разработка ВИТР) и установка Комаровского (УКОРП) для комплексной обработки проб (керновых, бороздовых, задирковых и др.), исключая ручные операции перемешивания, грохочения и сокращения рудного материала.

Агрегат АП позволяет обрабатывать пробы массой 1-50 кг при начальной крупности их материала не более 70 мм и получать после конечного дробления материал с частицами размером не более 0,074 мм. Производительность агрегата АП зависит от массы проб и крепости пород и составляет 30-70 проб в смену.

Установка Комаровского может использоваться как в полевых, так и в стационарных условиях. Максимальный размер кусков рудного материала проб, поступающих на обработку, не должен превышать 90 мм. Гранулометрический состав измельченного на установке материала проб 2+0 мм (не менее 95 %). Производительность установки при обработке проб, отобранных по породам средних категорий крепости, достигает 0,3 м³/ч.

Из конечной пробы с крупностью материала до 1 мм выделяют рядовую пробу (для выполнения рядовых и контрольных анализов) и дубликат. Масса и степень измельчения рядовой пробы для аналитических работ зависят от вида полезного ископаемого и метода анализа. Рядовые пробы обрабатываются в лаборатории в соответствии с методическими рекомендациями НСАМ о порядке приема и оформления в лабораториях проб, направляемых на количественный анализ.

Для выполнения внутреннего и внешнего геологического контроля, внешнего лабораторного и арбитражного контроля из аналитической пробы отбирается дубликат, масса которого равна половине массы аналитической

пробы. Дубликаты геологических (разведочных) и аналитических проб подлежат хранению в соответствии с инструкцией по учету и хранению геологических коллекционных материалов в учреждениях и организациях системы МПР. До окончания разведки месторождения и выяснения его промышленной ценности дубликаты проб хранятся в организации, осуществляющей его разведку.

5. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА АНАЛИЗОВ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ

Геологический контроль качества анализов основной лаборатории, выполняющей аналитические работы, подразделяют на внутренний, внешний и арбитражный. Результаты анализов контролируются регулярно (ежемесячно, ежеквартально) на протяжении всего периода разведки месторождения. Контролируются результаты анализов рядовых и групповых проб, выполненных как на основные, так и на попутные компоненты независимо от того, участвуют в подсчете запасов или нет результаты анализов этих проб.

5.1. Внутренний контроль

Внутренний контроль предназначен для выявления фактических величин случайных погрешностей анализов и соответствия их предельно допустимым среднеквадратическим погрешностям (относительным), регламентируемым инструкцией ГКЗ по применению классификации запасов к рудным месторождениям. Он проводится путем анализа зашифрованных контрольных проб в той же лаборатории, которая выполняет анализы основных проб, и по той же методике, которая применяется для рядовых проб. Контрольные пробы отбирают из дубликатов аналитических проб, хранящихся в основной лаборатории. Контрольные пробы могут анализироваться одновременно с основными пробами или после получения результатов их анализов.

Если часть контрольных проб направляется на внутренний контроль одновременно (параллельно) с направлением на анализ рядовых

лабораторных (аналитических) проб, то они должны быть распределены по возможности равномерно по сортам и типам руд. В том случае, когда выбор проб для контрольных анализов затруднителен в связи с тем, что сорт руды можно установить только по результатам опробования, то их отбирают после получения результатов основных (рядовых) анализов. Контрольные лабораторные (аналитические) пробы, не переданные на анализ для внутреннего контроля, необходимо хранить с целью возможного использования их для дополнительных внутренних контрольных анализов.

5.2. Внешний контроль

Внешний контроль осуществляется для выявления наличия или отсутствия систематических погрешностей в работе основной аналитической лаборатории, проводится путем анализа дубликатов аналитических проб в контролируемых лабораториях, утвержденных МПР РФ. Анализами внешнего контроля должны быть по возможности равномерно охарактеризованы все сорта и типы руд. Пробы для внешнего геологического контроля отбираются из дубликатов аналитических проб.

Анализ для внешнего контроля целесообразно выполнять в одной контролирующей лаборатории. На внешний геологический контроль направляются пробы, прошедшие внутренний геологический контроль в основной лаборатории. Из партии проб, направляемых на внешний контроль, исключаются пробы, в которых содержание компонента по данным рядового и контрольного определений различаются более чем на $3S_r$, где S_r - относительная среднеквадратичная погрешность.

При направлении проб на внешний контроль результаты рядовых анализов не сообщают контролирующей лаборатории, но обязательно указывают метод анализа и вещественный состав проб, чтобы контролирующая лаборатория могла выбрать наиболее рациональный метод анализа. Контрольные анализы желательно выполнять принципиально другим методом.

Внутренним и внешним геологическим контролем должны охватываться результаты анализов рядовых и групповых проб, характеризующих существующие на месторождении типы руд с различным уровнем содержания ценных компонентов. В обязательном порядке внутреннему контролю подвергаются «ураганные пробы» с аномально высокими содержаниями элемента в руде.

При определении количества контрольных анализов, проводимых при внутреннем и внешнем геологическом контроле, следует исходить из объема аналитических работ и представительности выборки при обработке результатов анализов по каждому классу и периоду работы лаборатории.

При большом количестве анализируемых проб (2000 и более в год), на контрольные анализы направляют до 5% от их общего количества. Однако во всех случаях по каждому выделяемому классу содержаний должно быть проведено не менее 25-30 контрольных анализов.

Так как часто содержания попутных компонентов (рассеянных элементов) в рудах и концентратах очень низкие, то и надежность их количественных оценок невысока. Поэтому необходимо число внутренних и внешних контрольных определений на эти элементы выполнять в объеме от 10 до 20 % от общего количества анализов, но не менее 30 контрольных анализов по каждому изучаемому элементу.

Результаты анализов внутреннего геологического контроля должны обрабатываться отдельно за соответствующий период работы лаборатории (квартал, полугодие, год) по классам содержаний, выделяемым исходя из результатов анализов основных проб. Если основные анализы выполнялись в нескольких лабораториях, то результаты контроля обрабатываются по каждой лаборатории. Классы содержаний выделяются в соответствии с установленными для данного месторождения кондициями (1 класс - ниже бортового содержания, 2 класс - от бортового до минимально промышленного, 3 класс - выше минимально промышленного, 4 класс - пробы с высоким содержанием), или в соответствии с инструкцией ГКЗ по

применению классификации запасов. Результаты внутреннего контроля обрабатываются по каждому выделенному классу содержаний и периоду раздельно. По результатам рядовых и соответствующих им контрольных анализов для каждого класса содержаний за определенный период работ вычисляют среднеквадратичную погрешность единичного определения по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (C_{i1} - C_{i2})^2}{2m}}$$

где C_{i1} , - содержание компонента, определенное по рядовому анализу i -й пробы; C_{i2} , - то же, по контрольному; m - число контрольных проб; $i = 1, 2, \dots, m$.

Затем вычисляют относительную среднеквадратичную погрешность $S_r(\%)$. Она равна $S_r = S \cdot 100 / \bar{C}$

где \bar{C} - среднее содержание компонента в пробах по всем ($2m$) определениям, составляющее

$$\bar{C} = \left[\sum_{i=1}^m (C_{i1} + C_{i2}) \right] / 2m$$

Вычисленная относительная среднеквадратичная погрешность в соответствующем классе содержаний не должна превышать предельных значений, указанных в инструкции ГКЗ по применению классификации запасов (табл.4). В противном случае результаты анализов лаборатории для данного класса бракуются и направляются на повторный анализ с выполнением внутреннего геологического контроля.

Данные внешнего контроля обрабатываются (за квартал, полугодие) раздельно по лабораториям, производившим основные анализы, но при этом число проанализированных проб за соответствующий период должно быть статистически достаточным для получения надежных выводов.

Таблица 4.

Предельно допустимые среднеквадратичные погрешности анализов при различных содержаниях в руде золота

Содержание Au, г/т	Среднеквадратичные погрешности (%) для руд с золотом, концентрирующихся		
	в сульфидах (крупность Au до 0,1 мм)	в сульфидах и кварце (крупно- сть Au до 0,6 мм)	В кварце (видимое золото)
Более 128	4,0	7,5	10
64-128	4,5	8,5	12
16-64	10	13	18
4-16	18	25	25
1-4	25	30	30
0,5-1	30	30	30
Менее 0,5	30	30	30

Обработка результатов внешнего геологического контроля с целью выяснения наличия или отсутствия систематической погрешности, для каждого выделенного класса содержания по результатам анализа не менее 30 проб, выполненных в основной (C_0) и контролирующей лабораториях (C_k), может проводиться способом определения отклонения $C_0 - C_k$ с учетом знака. Затем по этим данным, сведенным в соответствующие таблицы, подсчитывается количество положительных M_+ , отрицательных M_- значений отклонения между результатами основных и контрольных анализов и количество случаев равенства результатов по ним - M_0 .

Если устанавливается подавляющее преобладание положительных или отрицательных значений отклонения, имеется основание сомневаться в результатах основных анализов и предполагать существование систематической ошибки в сторону завышения или занижения. Это, однако, не значит, что наличие систематической ошибки считается доказанным.

Для выявления или отсутствия систематической ошибки следует оценить вероятность случайного появления наблюдаемого соотношения количеств положительных и отрицательных значений отклонения методами математической статистики. С этой целью количество случаев равенства содержаний распределяется между количеством положительных и отрицательных значений отклонения пропорционально их соотношению и, таким образом, вычисляют исправленные величины их количеств (частностей): $M_{+ \text{исп}}$ и $M_{- \text{исп}}$

$$M_{+ \text{исп}} = M_{+} + \frac{M_{+} \cdot M_{0}}{M_{+} + M_{-}}; \quad M_{- \text{исп}} = n - M_{+ \text{исп}}$$

где n - количество пар сопоставляемых результатов анализов.

Затем определяют величину квантиля вероятности t при $p=q=0.5$ и $p+q=1$

$$t = \frac{M_{\text{исп}} - \frac{n}{2}}{\sqrt{p \cdot q \cdot n}}; \quad t = \frac{M_{\text{исп}} - \frac{n}{2}}{\sqrt{0,25 \cdot n}}$$

где $M_{\text{исп}}$ — исправленная величина преобладающих значений отклонения ($M_{+ \text{исп}}$) или ($M_{- \text{исп}}$); p - вероятность появления положительного отклонения; q —то же, отрицательного.

При оценке результатов внешнего контроля доказательством наличия систематической погрешности анализов можно считать получение величины $t=2,33$ ($p=98$). Когда вычисленная величина $2,33 > t > 1,65$ ($p \neq 0,95$), основные анализы следует взять под сомнение и увеличить число контрольных анализов до такого количества, при котором величина t или достигнет 2,33, подтверждая систематическую погрешность, или станет меньше 1,65, указывая на случайный ее характер.

Пример обработки материалов внешнего контроля анализов этим способом приведен в табл. 5.

Значимость систематических расхождений может также оцениваться с помощью t -критерия (распределение Стьюдента), критерия «ничтожной

Таблица. 5.

Пример обработки данных внешнего контроля анализа

№ п/п	Номера проб		Содержание по пробам		Расхождение (с учетом знака)
	контрольных	основных	основным	контрольным	
1	2	3	4	5	6
<i>0,0—4,0 г/м</i>					
1	5628	18382	2,4	2,5	-0,1
2	5629	17385	0,8	0,8	0,0
3	5630	18386	1,0	1,3	-0,3
4	6631	16271	3,6	4,7	-1,1
5	5632	16302	1,2	1,5	0,3
6	6633	16260	сл	0,2	- 0,2
7	5634	16442	2,4	2.1	+0,3
8	5635	16566	1,0	сл	+1,0
9	5636	17789	0,8	0,4	+0,4
10	6637	17800	0,4	0,1	+0.3
11	5639	16687	3,0	3,6	-0,6
12	5640	16701	2,4	2,7	-0,3
13	6641	16683	0,4	0,6	-0,2
14	5642	16694	0,6	0,9	-0,3
15	5662	18643	сл.	0,1	-0,1
16	5660	16228	сл	18,8	—18,8
17	5679	186713	1,6	1,7	-0,1
18	5680	18735	1,4	0,5	+0,9
19	5682	16885	2,2	2,1	+0,1
20	5683	18843	0,3	0,5	-0,2
21	5684	16766	1,4	1,2	+0,2
22	5685	20059	0,1	0,1	0,0
23	5686	16994	0,4	0,2	+0,2
24	5687	16995	0,6	0,4	+0,2
25	5688	20064	0,5	0,4	+0.1

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6
26	5689	21041	1,8	2,4	-0,6
27	5690	21042	1,4	1,1	+0,3
28	569I	21138	3,6	3,2	+0,4
29	5697	18641	0,8	8,5	-7,7
n=29			$\sum_{x_1} = 36.1$	$\sum_{y_1} = 62.6$	
			$\bar{x} = 1.2$	$\bar{y} = 2.1$	
					-30.9
					+4.4
				$\sum(x_1 - y_1) = -26.5$	
				$M_+ = 12$	$M_{+ucn} = 12.9$
				$M_- = 12$	$M_{-ucn} = 16.1$
				$M_0 = 2$	
$t = \frac{M_{-ucn} - \frac{n}{2}}{\sqrt{p \cdot q \cdot n}} = \frac{16.1 - 14.5}{\sqrt{0.5 \cdot 0.5 \cdot 29}} = 0.59$					
4,0—16,0 з/м					
1	5638	1	4,0	4,4	-0,4
2	5643	2	7,0	6,2	+0,8
3	5644	3	13,2	12,8	+0,4
4	5645	4	12,0	11,9	+0,1
5	5646	5	9,8	8,1	+1,7
6	5647	6	4,6	4,1	+0,5
7	5648	7	4,0	5,8	—1,8
8	5649	8	13,4	12,0	+1,4
9	5650	9	10,0	10,5	-0,5
10	5661	10	8,6	7,4	+1,2
11	6658	11	16,4	1,1	+14,3
12.	5654	12	4,4	2,5	+1,9
13	5655	13	6,6	5,7	+0,9
14	5656	14	7,6	9,6	-2,0

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6
15	5671	15	15,2	12,9	+2,3
16	5681	16	4,0	4,1	—0,1
17	5692	17	5,4	6,1	—0,7
18	5693	18	5,2	4,6	+0,6
19	5694	19	7,6	10,0	-2,4
20	5695	20	8,0	8,6	—0,6
21	5696	21	13,0	11,4	+1,6
22	5698	22	5,4	5,4	0,0
23	5699	23	15,0	14,5	+0,5
24	5700	24	5,8	7,0	—1,2
25	5701	25	14,8	14,8	0,0
26	5702	26	5,4	1,1	+4,3
27	5703	27	4,2	4,0	+0,2
28	6704	28	5,4	4,1	+1,3
n=28			$\sum_{x_1} = 243.0$	$\sum_{y_1} = 216.9$	
			$\bar{x} = 8.4$	$\bar{y} = 7.5$	
					+35.8
					-9.7
					$\sum(x_1 - y_1) = -26.1$
				$M_+ = 18$	$M_{+ucn} = 19.3$
				$M_- = 9$	$M_{-ucn} = 9.7$
$t = \frac{M_{-ucn} - \frac{n}{2}}{\sqrt{p \cdot q \cdot n}} = \frac{19,3 - 14,5}{\sqrt{0,5 \cdot 0,5 \cdot 29}} = 1,77$					
16,0—64,0 з/м					
1	5657	16451	35,6	34,6	+1,0
2	5658	16430	22,6	34,0	-11,4
3	5657	16335	22,8	20,7	+2,1
4	5661	16337	22,0	19,7	+2,3
5	5662	16248	49,0	56,0	-7,0

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6
6	5663	16339	24,4	24,4	0,0
7	5664	16546	31,4	32,3	-0,9
8	5665	16558	18,4	21,9	-3,5
9	5666	16560	19,8	21,3	-1,5
10	5667	166,53	31,4	51,6	-20,2
11	5668	16554	50,2	63,5	13,2
12	5669	16550	61,0	71,9	-10,9
13	5670	16547	42,6	52,6	-10,0
14	6706	16951	18,6	17,0	+1,6
15	5707	13265	18,0	14,3	+3,7
16	5708	17943	23,2	27,2	-4,0
17	5709	18185	26,0	25,3	+0,7
18	5710	20078	39,0	36,9	+3,1
19	5711	16985	19,6	15,8	+3,8
20	57112	16975	17,8	17,8	0,0
21	5713	16979	17,8	15,7	+2,1
22	5714	20094	27,4	25,3	+2,1
23	5715	20096	20,0	18,7	+1,3
24	571.6	21105	59,0	60,3	-1,3
25	5717	1371	22,6	27,2	-4.6
n=25			$\sum_{x_i} = 740.2$	$\sum_{y_i} = 805.0$	
			$\bar{x} = 29.6$	$\bar{y} = 32.2$	
					-88.5
					+23.8
					$\sum(x_i - y_i) = -64.7$
				$M_+ = 11$	$M_{+ucn} = 11.95$
				$M_- = 12$	$M_{-ucn} = 13.04$
				$M_0 = 2$	
$t = \frac{M_{-ucn} - \frac{n}{2}}{\sqrt{p \cdot q \cdot n}} = \frac{13,04 - 12,5}{\sqrt{0,5 \cdot 0,5 \cdot 25}} = 0,22$					

погрешности», критерия знаков, построения корреляционных графиков и т.п., в соответствии с методическими указаниями НСАМ (Методы геологического контроля аналитической работы).

Кроме того, данные внешнего контроля могут быть обработаны и по методике, изложенной в разделе, который посвящен контролю результатов опробования.

При выявлении систематических погрешностей между результатами основной и контролирующей лаборатории необходимо установить их характер, абсолютную и относительную величину за соответствующий период работы лаборатории. Для каждого выделенного класса содержаний по результатам анализа основной и контролирующей лаборатории вычисляют значения систематического расхождения с учетом его знака по формулам:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^m (C_{i0} - \bar{C}_{ik})}{m}; \quad \bar{d}_r = \frac{\bar{d} \cdot 100}{C_0}; \quad \bar{C}_{ik} = \frac{C_{i1} + C_{i2}}{2}; \quad \bar{C}_0 = \frac{\sum_{i=1}^m C_{i0}}{m}.$$

где \bar{d} - систематическое расхождение, г/т; \bar{d}_r - относительное систематическое расхождение, %; C_{i0} - содержание компонента в i -й пробе, \bar{d} определенное в основной лаборатории (рядовой анализ); C_{ik} - то же, в контролирующей (среднее из двух определений); C_0 - средняя концентрация компонента в классе содержаний в m пробах по определениям в основной лаборатории; m - число контрольных проб ($i=1,2,\dots,m$).

В случае значительных по величине систематических погрешностей, требующих введения поправочных коэффициентов, должен проводиться арбитражный контроль.

5.3. Арбитражный контроль

Осуществляется для подтверждения систематической погрешности, допускаемой основной лабораторией. Для этого используются хранящиеся в лаборатории дубликаты аналитических проб, по которым имеются

результаты основных и внешних контрольных анализов.

Назначение арбитражного контроля следующее:

- а) выявление лаборатории (основной или контролирующей), допускающей систематические погрешности анализов;
- б) установление причин систематических расхождений и разработка мероприятий по устранению этих причин;
- в) уточнение величины систематической погрешности;
- г) решение вопроса о необходимости и целесообразности введения поправочных коэффициентов в результаты рядовых анализов геологических проб.

Арбитражные контрольные анализы проводятся лабораториями, на которые МПР РФ возложено их проведение. Количество арбитражных анализов определяется в каждом конкретном случае в зависимости от особенностей руд месторождения, представительности выборки контрольных анализов и величины возможных поправочных коэффициентов, но не менее 30-40 проб по каждому классу содержаний, где выявлены систематические расхождения.

При подтверждении арбитражным контролем систематических погрешностей анализов, допускаемых основной лабораторией, необходимо выяснить их причины и разработать мероприятия для устранения этих причин. Без арбитражного контроля введение поправочных коэффициентов в результате основных анализов геологических проб не допускается.

Результаты анализов арбитражного контроля сравниваются с результатами анализов основной лаборатории и лаборатории, выполнявшей внешние контрольные анализы. Методика выявления систематических расхождений та же, что и при обработке данных внешнего геологического контроля. Данные арбитражного контроля принимаются за истинные, а установленная систематическая погрешность, полностью относится к результатам анализов лаборатории, выполнявшей основные или внешние контрольные анализы.

Вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работ или о введении в результаты основных анализов соответствующей поправки решается после получения данных арбитражного контроля организацией, производящей разведку и оценку запасов месторождения.

Поправочный коэффициент K равен

$$K = \frac{100\% - \overline{d}_r}{100\%}$$

где \overline{d}_r - относительное систематическое расхождение результатов основных анализов для данного класса содержаний, %. C_{i0} - исправленный результат анализа i -й пробы находим по формуле

$$C_{i0 \text{ исп}} = KC_{i0}$$

где C_{i0} - содержание компонента в i -й пробе, определенное в основной лаборатории (рядовой анализ).

Величину систематического расхождения результатов основных и арбитражных анализов \overline{d}_r рассчитывают по формуле

$$\overline{d}_r = \frac{\overline{d} \cdot 100}{C_0}$$

При расчете поправочного коэффициента K необходимо учитывать знак \overline{d}_r . В том случае, если величина систематической погрешности результатов основных анализов проб для всех классов содержания по разрезу или блоку для руд с резкими границами оруденения практически постоянна, то соответствующую поправку можно вводить в среднее содержание компонента по разрезу или блоку. Вопрос о порядке введения поправок решается в каждом конкретном случае отдельно.

5.4. Контроль результатов опробования

При разведке золоторудных месторождений различных морфологических типов применяются разные системы разведочных работ, цель

которых - получение наиболее представительных разведочных данных, необходимых для подсчета запасов. Различная детальность изучения месторождения и выявления запасов разных категорий в соответствующую стадию геологоразведочных работ не должна сказываться на надежности проб, отбираемых различными способами в процессе проходки горных выработок и бурения.

Только однозначный уровень надежности проб при всех способах их отбора гарантирует получение, данных, необходимых для качественной и количественной характеристики золотого оруденения разведываемого месторождения.

Под надежностью пробы понимается соответствие содержания полезных компонентов,, установленных при анализе отобранной пробы, действительным содержаниям, свойственным руде в естественном (коренном) залегании в объеме данной пробы и месте ее отбора.

Содержание полезных компонентов в пробе практически всегда отличается от их содержания в коренном залегании в объеме этой пробы, в связи с возникающими погрешностями. Поэтому количественным выражением понятия надежность пробы может служить величина общей погрешности, которая складывается из величин погрешностей, возникающих при отборе, обработке и анализе пробы. Частная геологическая проба позволяет осуществить единичное, локальное, измерение изучаемого свойства (например, содержания полезных компонентов) в объеме руды или породы, определяемом размерами пробы (ее сечением, диаметром, длиной секций и т.д.) непосредственно в месте ее отбора. При этом каждая отдельно взятая проба характеризует природное содержание полезного компонента в точке наблюдения тем надежнее, чем меньшая погрешность допущена при каждой из указанных операций.

Надежными следует считать пробы, которым не свойственны систематические погрешности, а случайные погрешности находятся в допустимых пределах. Однако эти погрешности далеко не полностью

определяют надежность пробы в широком смысле этого слова. Большую роль в ее понимании играют и такие факторы, как соответствие способа отбора проб характеру распределения полезного компонента; ориентировка проб направлению максимальной изменчивости оруденения; длина секции проб характеру геологических границ рудного тела и его внутреннему строению; сечение пробы физико-механическим свойствам руд и характеру распределения в них компонентов.

Следовательно, при оценке надежности геологических проб необходимо исходить из того, насколько выбранный способ отбора проб, их ориентировка и размеры в конкретном месте рудного тела согласуются с основными, наиболее характерными его геологическими особенностями.

От понятия надежность пробы следует отличать понятие представительность опробования. Под представительностью опробования следует понимать степень наших представлений о действительных концентрациях и распределении полезного компонента в значительном по объему массиве руд (месторождении, рудном теле, участке, блоке), устанавливаемых по системе рационально размещенных в этом объеме надежных проб.

Представительность опробования зависит от особенностей геологического строения отдельных рудных тел и месторождения в целом; условий локализации оруденения, характера распределения и изменчивости полезного компонента в пределах оцениваемого рудного массива; степени изученности и разведанности месторождения; практических задач опробования; характера размещения и количества проб в оцениваемом объеме рудного массива; надежности частных проб в местах их отбора.

В соответствии с этим комплексная оценка надежности всех видов проб, отбираемых при изучении месторождения, должна являться составной частью оценки результатов опробования в целом. При оценке надежности должны применяться все методы, возможные в условиях конкретных месторождений, основанные на учете как геологических, так и других факторов, в той или иной мере определяющих надежность проб.

В процессе разведки рудных месторождений большую роль играет своевременное выявление характера и величины погрешностей проб, возможность возникновения которых обусловлена, как правило, очень сложным строением рудных тел, характером распределения золота, размерами золотинок, физико-механическими особенностями руд и другими причинами, даже при максимально тщательном отборе проб. Наиболее опасны при оценке данных месторождений систематические погрешности, однозначно искажающие содержание элемента по преобладающему большинству отбираемых проб в сторону занижения или завышения. Величина этой погрешности, а также ее влияние на среднее содержание металла, определяемое по ряду (системе) проб, не могут быть уменьшены или совсем устранены только путем увеличения числа отбираемых проб.

Своевременное выявление и оценка влияния указанных факторов на надежность проб, а также принятие мер, устраняющих возможность появления погрешностей при опробовании, - важнейшие задачи, которые должны решаться на протяжении всего геологоразведочного процесса и особенно в начальный период стадии предварительной разведки, когда опробование принимает систематический характер. Выявление характера и величины погрешностей, свойственных отбираемым при разведке видам проб, возможно при тщательном проведении экспериментальных заверочных работ и обобщении всех имеющихся материалов, касающихся опробования месторождения. Помимо решения указанных задач заверочные работы позволяют также опробовать другие, более производительные для условий конкретного месторождения способы отбора проб, обеспечивающие получение результатов, не подверженных влиянию систематических погрешностей.

6. МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПРОБ

В основе выявления надежности проб лежит заверка применяемых или испытываемых способов отбора проб более надежными способами,

принятыми при экспериментальных работах за эталон. Выбор метода выявления характера и величины погрешностей, а также заверочного эталона, как правило, обуславливается основными целями экспериментальных работ, особенностями строения рудных тел, физико-механическими свойствами руд, характером оруденения, видом торных выработок, где намечено проведение работ, и масштабом разведываемого объекта.

Наиболее широкое распространение получили способы заверки с применением в качестве эталона валовых, задирковых и бороздовых (большого сечения) проб. Эти виды проб в большинстве случаев позволяют установить характер погрешностей в результатах опробования по контролируемому виду проб, получить дополнительную геологическую информацию об условиях локализации оруденения и особенностях распределения ценных компонентов и, в конечном итоге, выбрать наиболее рациональный вид проб и способ их отбора.

При разведке рудных месторождений рекомендуются следующие возможные варианты заверочных работ.

1. Отбор валовых проб, расположенных сопряженно (т.е. имеющих общие плоскости соприкосновения) с бороздовыми или другими видами проб в пределах соответствующих интервалов опробования.

2. Отбор заверочных борозд большого сечения при сопряженном или параллельно-смежном их расположении с контролируемыми пробами. В первом случае обе борозды (контролируемая и заверочная) должны отбираться в одних и тех же местах (в забое или стенке горной выработки), быть одинаково ориентированными по отношению к направлению наибольшей изменчивости содержания золота в рудных телах и располагаться в пределах одного и того же интервала. При этом обязательное условие - размещение контролируемой пробы в контуре заверяющей борозды большого сечения. Во втором случае контролируемая и заверяющая борозды должны отбираться также в одном и том же месте и в пределах одного и того

же интервала, но не одна в контуре другой, а параллельно друг другу при непосредственном соприкосновении их сторон или на некотором (не более 10 см) расстоянии между ними.

3. Отбор задириковых проб при сопряженном их расположении с контролируемыми бороздами или другими пробами. В этом случае контролируемая бороздовая проба размещается в центральной части задири, а ее длина в интервале опробования соответствует одному из размеров заверяющей пробы, например ширине задири.

4. Сопоставление результатов контролируемого опробования с данными эксплуатации. Этот вариант заверки опробования на стадии разведки месторождения, как правило, практически не осуществим за исключением тех случаев, когда проводится опытная эксплуатация с целью получения наиболее объективных результатов о содержании металла в отдельных блоках (при крайне неравномерном распределении содержания золота) и выяснения ряда вопросов, касающихся предстоящей отработки месторождения.

Из приведенных вариантов заверочных работ, исключая последний, наиболее рекомендуемыми является первый и второй. Оба они обеспечивают надежное определение содержания целевого элемента за счет возможности соблюдения более тщательного отбора проб и их постоянного сечения.

Применение заверочных валовых проб целесообразно в случае выявления систематической погрешности контролируемого вида проб при весьма неравномерном оруденении, выяснении возможности отбора нового вида проб или обосновании введения поправочного коэффициента в результаты опробования, проведенного по тем провам, для которых установлен систематический характер погрешностей.

Возможность применения валовых проб в качестве эталонных определяют основные задачи, стоящие перед заверочным опробованием, а также условия, возникающие при их отборе в горных выработках, вскрывающих рудные тела, как по простиранию, так и вкрест простирания.

При проходке горных выработок прослеживания, когда контролируемые бороздовые или другие пробы отбираются в забоях, предпочтение в качестве заверочного эталона отдается валовым пробам, если мощность рудного тела больше сечения выработки, вскрывающей его, т.е. в эталонную пробу поступает руда, содержание элемента в которой необходимо установить.

При прослеживании горными выработками рудных тел, мощность которых значительно меньше сечения выработок (кварцевые жилы и т. д.), не рекомендуется применение эталонных валовых проб. В этом случае в валовую пробу поступает вся горная масса, состоящая из руды и вмещающих пород. Это в значительной мере затрудняет возможность определения содержания элемента непосредственно только в руде. Большую роль при выявлении возможности применения забойных валовых проб в качестве заверочного эталона играет и учет ошибок, возникновение которых может быть связано с приуроченностью повышенных концентраций металла к центральным или призальбандовым частям рудного тела.

Заверка валовыми пробами получила наибольшее развитие в горных выработках, пересекающих рудные тела вкрест простирания. В этом случае достигаются наилучшие условия для выявления содержания ценных компонентов по валовым пробам за счет пересечения оруденения в направлении наивысшей изменчивости содержания металла. В случае применения валовых проб в качестве основного способа заверки необходимо учитывать также и наличие условий для тщательного и полного отбора материала при проходке горной выработки. Поступление в пробу всего отбитого материала при тщательной зачистке мест отбора, а не какой-то ее определенной части (например, количество целых вагонеток) значительно снижает возможность обогащения или обеднения валовой пробы за счет непропорционального поступления в нее материала мелких фракции. Другим распространенным и рациональным способом заверки является опробование бороздой большого сечения (20x10, 30x15 см). Этот способ используется при выяснении характера погрешностей основного или испытываемого вида проб

даже в случае весьма неравномерного оруденения. Применение борозды большого сечения в качестве эталона возможно в выработках прослеживания и секущих горных выработках, вскрывающих рудные тела сложного внутреннего строения, различных по морфологии, мощности и условиям залегания.

Кроме того, этот способ заверки за счет достижения при экспериментальных работах максимального равнообъемного поступления в бороздovou пробу материала из различно обогащенных частей рудного тела значительно снижает возможность возникновения систематических ошибок контрольного опробования. Применение борозды большого сечения в качестве эталона обеспечивает также более короткие сроки заверочных работ и снижение их трудоемкости, что имеет важное значение для оперативного решения вопросов о надежности геологических проб.

Целесообразно при заверке бороздой большого сечения применять механические пробоотборники, предназначенные для вырезания щелевых борозд. Объединение материала ряда параллельно вырезанных щелевых проб позволяет получать в качестве эталона большеобъемные линейные пробы высокой надежности.

При бурении сталкиваются со специфическими его недостатками, резко снижающими надежность отбираемых проб, что ограничивает применение данных бурения для подсчета запасов рудных месторождений. Характерные недостатки наиболее распространенного колонкового бурения - относительно небольшой диаметр керна, низкий выход керна и избирательное истирание. Указанные недостатки по-разному и в различной степени влияют на надежность отбираемых проб. Низкий выход керна не дает возможности судить о действительном содержании ценного элемента в интервалах опробования из-за отсутствия данных о том, рудная или безрудная часть керна теряется в процессе бурения. В сочетании с малым диаметром бурения это затрудняет отбор надежных проб. Исходя из указанного, инструкцией ГКЗ определен минимально допустимый выход

керна (70%), при котором возможен отбор геологических проб по скважинам.

Избирательное истирание боковой поверхности керна, возникающее очень часто при колонковом бурении в связи с различием физико-механических свойств минералов и агрегатов руды, приводит либо к обогащению керновых проб, либо к их обеднению, т.е. появлению систематических погрешностей. В случае сложного внутреннего строения рудных тел, характеризующегося наличием прослоев руд с различными текстурно-структурными особенностями, а также развитием в их пределах зон тектонических нарушений, происходит неравномерное истирание керна на забое, что уменьшает его линейный выход. Это вместе с потерями керна при подъеме искажает границы рудных тел и их мощность, приводит к неправильному определению соотношения выявленных типов руд и содержания в них полезного компонента.

При использовании в процессе разведочных работ других видов бурения (бескернового, ударного и шарошечного), позволяющих поднимать с интервала опробования дробленый материал, шлам или керношлам, не исключена возможность появления систематических и случайных погрешностей. Они обычно связаны с неполным сбором материала и неверной его привязкой к определенному интервалу, засорением материала одной пробы за счет другой, попаданием в пробу отдельных кусков породы или руды из стенок скважин в разрушенных и трещиноватых породах и др.

Возникновение погрешностей, снижающих надежность проб в процессе бурения различных видов скважин, связано с причинами как геологического, так и технического (технологического) порядка. За последнее время проделана большая работа с целью усовершенствования технологии бурения, внедрения новых технологических средств, специальных буровых снарядов и приспособлений для повышения выхода керна (двойные и тройные колонковые трубы, керноприемники, эжекторы и т. п.), наиболее полного сбора дробленого и шламового материала с более точной привязкой его к соответствующим интервалам опробования.

Однако в связи со специфическими особенностями геологического строения месторождений (сложный минеральный состав, наличие крупных тектонически нарушенных пород, перемежаемость пород различного состава и физико-механических свойств и т. д.) использование новых технических средств и усовершенствование технологии бурения в ряде случаев не приводят к необходимому повышению выхода керна и устранению возможности его избирательного истирания. Это вызывает неуверенность в надежности керновых проб и возможности их использования при подсчете запасов. В таких случаях необходимо проводить экспериментальные заверочные работы. Поэтому оценка надежности керновых проб, а также проб, отобранных при других видах бурения (ударное, шарошечное и т. д.), приобретает первостепенное значение.

Оценка надежности проб, отбираемых из скважин, проводится, прежде всего, с целью выяснения характера и величины возникающих погрешностей, определяющих в своей основе возможность применения бурения для качественной и количественной характеристики месторождения определенного морфологического типа. Основным методом выявления характера и величины возможных погрешностей опробования по скважинам - их прямая заверка горными выработками. При этом виде заверки проходка горных выработок (шурфов, восстающих, квершлагов, рассечек), где отбираются эталонные валовые или бороздовые пробы, осуществляется обычно по оси контролируемых скважин. Другим методом выявления погрешностей опробования при разведке бурением может быть сравнение качественных показателей полезного компонента, полученных отдельно по результатам опробования скважин и горных выработок, пройденных в пределах контура одного и того же специально выбранного опытного блока месторождений. Этот способ наиболее надежен для заверки данных бурения, но в то же время, он достаточно дорогой и трудоемкий.

Количество разведочных скважин, горных выработок и отобранных по ним проб (в пределах рудных интервалов) должно быть достаточным для

надежного вывода средних значений параметров оруденения. При необходимости в пределах опытного блока следует проходить дополнительные горные выработки и бурить скважины независимо от принятой плотности разведочной сети.

В ряде случаев, когда скважины подсечены разведочными подземными выработками, выявить возможные погрешности опробования можно путем заверки с помощью так называемой «кольцевой заделки», принятой за эталон. С этой целью проводится расширение стволов пробуренных скважин шарошечными расширителями (системы САИГИМС) и осуществляется полный сбор материала эталонных проб кольцевой заделки с интервалов, где ранее были отобраны керновые или другие виды проб по контролируемым скважинам.

При выявлении характера величины возможных погрешностей опробования по скважинам необходимо соблюдение наибольшего сопряжения контролируемых и заверочных (эталонных) проб в интервалах их отбора для получения наиболее объективных данных. С этой целью горные выработки, предназначенные для отбора эталонных проб, проходятся таким образом, чтобы ствол контролируемой скважины находился или в центральной части сечения горной выработки (при заверке валовыми пробами), или проходил по стенке выработки в непосредственной близости от нее.

Заверочные валовые или бороздовые пробы должны отбираться строго в направлении оси заверяемой скважины и с тех же интервалов, где были взяты пробы керна, шлама или дробленого материала. Достижение наиболее сопряженного расположения контролируемых и эталонных проб при соблюдении условий наиболее качественного их отбора обеспечивает получение объективной информации.

Объем заверочных работ по скважинам зависит от размера месторождения, мощности рудных тел, изменчивости оруденения, характера и величины выявленных отклонений, местных условий разведки и т. д. Однако

во всех случаях при прямой заверке необходимо иметь для сопоставления не менее 50-60 пар проб, отобранных в скважинах и горных выработках по рудным интервалам.

Кроме непосредственного выявления величины и характера погрешностей в определении качества руды и мощности рудных тел, проводимого путем прямой заверки скважин, необходимо также учитывать факторы, которые могут оказать влияние на надежность опробования по скважинам. К таким факторам относятся: величина выхода керна по скважинам, пробуренным в различных геолого-структурных условиях и на различную глубину месторождения; условия пересечения золоторудных тел или основных геологических образований, содержащих полезный компонент; характер концентрации золота в материале по фракциям крупности и т. д.

При оценке надежности опробования необходимо учитывать также: особенности геологического строения месторождений на отдельных их участках; характер локализации оруденения и уровень его концентрации на различных глубинах; величину выхода керна при бурении различными способами, а также направление бурения и характер пересечения скважинами металлоносных геологических образований.

Изучение и оценка перечисленных факторов, а также аналитические методы сопоставлений результатов опробования по скважинам и горным выработкам существенно дополняют экспериментальные работы по прямой заверке. При оценке надежности результатов опробования по скважинам целесообразно: а) сопоставить кривые (гистограммы) распределения содержаний элемента по пробам, отобранным отдельно из горных выработок и скважин, в пределах всего месторождения; б) проверить наличие или отсутствие корреляции между содержанием полезного компонента в пробах и выходам керна или кerno-шламового материала; в) сравнить данные о мощности рудных тел и их вещественном составе, полученные по керну, с данными каротажа и других геофизических методов; г) сопоставить результаты опробования керна при различном его выходе с результатами

опробования шлама.

В процессе экспериментальных заверочных работ большую роль играет соблюдение ряда условий, обеспечивающих надежность результатов заверочного опробования, к важнейшим из которых относятся:

1. Равномерное размещение контрольных проб по всему месторождению или в пределах отдельных его участков, характеризующихся различным типом руд и уровнем содержания ценного компонента; полное сопряжение заверяемых и контрольных (заверенных) проб;

2. Получение оптимально достаточного количества результатов сопоставления (представительной выборки), позволяющего делать на основе их анализа и обработки методами математической статистики надежные и конкретные выводы.

3. Оперативный контроль заверочного опробования на всех стадиях; осуществление детальной документации горных выработок (фотодокументация в интервалах опробования в масштабе не менее 1 : 25) и тщательное описание геологической ситуации; проведение мономинерального опробования геологических образований, содержащих золото и попутные компоненты; отбор образцов разновидностей руд и пород для макро- и микроскопических исследований.

4. Одновременный, если это позволяют технические и организационные возможности, отбор контролируемых и заверяющих проб независимо от их расположения по отношению друг к другу, что устраняет возможность появления искажений в результатах обоих видов проб, вызываемых различными причинами (обеднение или обогащение мест отбора проб за счет вывалов или осыпания разрушенных руд в стенках или забоях выработки и т. д.).

5. Проведение обработки и анализа проб в одной и той же лаборатории в процессе заверочного опробования при неизменной технологии работ.

При оценке надежности проб, отобранных в горных выработках и скважинах, значительная роль отводится выявлению различных

геологических факторов, в той или иной мере определяющих выбор рациональной методики опробования.

Установить влияние геологических факторов на надежность результатов опробования можно методом количественной их оценки на основе детальных (масштаб 1:5-1:10) зарисовок, фотодокументации и описания геологической ситуации непосредственно в контурах проб по интервалам экспериментального опробования горных выработок и керна.

В случае экспериментальных работ с применением в качестве заверочного эталона валовых проб, их значительная масса и несоизмеримо большой объем, по сравнению с рядовыми (контролируемыми) пробами, обеспечивают им большую надежность в определении содержания элемента в пределах одного и того же интервала опробования рудного тела. При этом надежность результатов эталонного опробования помимо факторов геологического и технического (технологического) порядка в значительной степени обусловлена схемой обработки валовых проб.

При обработке заверяемых бороздовых, керновых и других видов проб массой до 15 кг надежность получаемых результатов достигается тщательностью работ, определением наиболее оптимального коэффициента «*K*» или дроблением всей начальной массы проб до необходимой крупности. Выделение в этих случаях на конечных стадиях обработки двух или четырех лабораторных навесок (в зависимости от характера оруденения) обеспечивает получение результатов, достаточно надежно характеризующих содержание ценного компонента в материале отобранной пробы.

Иное положение возникает при обработке валовых проб массой в несколько тонн, где исключается возможность дробления всего материала до крупности лабораторной пробы. Применение в этом случае обычных схем обработки с получением на конечной их стадии двух-четырёх лабораторных проб для анализов не гарантирует надежность определения по ним содержания в исходном материале валовых (эталонных) проб. В случае высокой степени неравномерности оруденения и различных размеров

рудных частиц при обработке проб этого вида выделение ограниченного количества лабораторных проб может привести к значительным погрешностям.

Поэтому валовые (эталонные) пробы необходимо обрабатывать по специальным схемам, разработанным в ЦНИГРИ. Эти схемы предусматривают выделение на первом этапе обработки нескольких (4-8) параллельных проб, которые обрабатываются в дальнейшем как самостоятельные пробы по одной и той же схеме (рис.2).

Каждая из выделяемых частей пробы обрабатывается как по основной (генеральной) схеме с получением на конечной стадии обработки целого ряда лабораторных проб, поступающих затем на дальнейшую обработку и анализ в лабораторию, так и по схемам, предусматривающим разделение материала по фракциям крупности и его составу (кварц, сростки кварца со сланцами, сланцы с вкрапленностью сульфидов и т. п.). Обработка валовой пробы только по основной схеме обеспечивает возможность получения от 128 до 256 конечных проб, анализ которых позволяет уверенно определять содержание полезного компонента в исходной руде эталона с допустимой точностью.

В том случае, когда одна или несколько выделенных частей валовой пробы обрабатываются по схемам, включающим рудоразборку ее материала на основные геологические образования, появляется возможность получить чрезвычайно важную для рудных месторождений информацию о приуроченности элемента к определенным геологическим образованиям, крупности его частиц и степени концентрации в различных фракциях материала и т. п.

После обработки первых двух-трех валовых проб и выделения 128-256 частных проб для анализа (учитывая, что выделение такого большого количества проб на практике весьма затрудняет заверочные работы) полученные результаты следует подвергнуть статистической обработке.

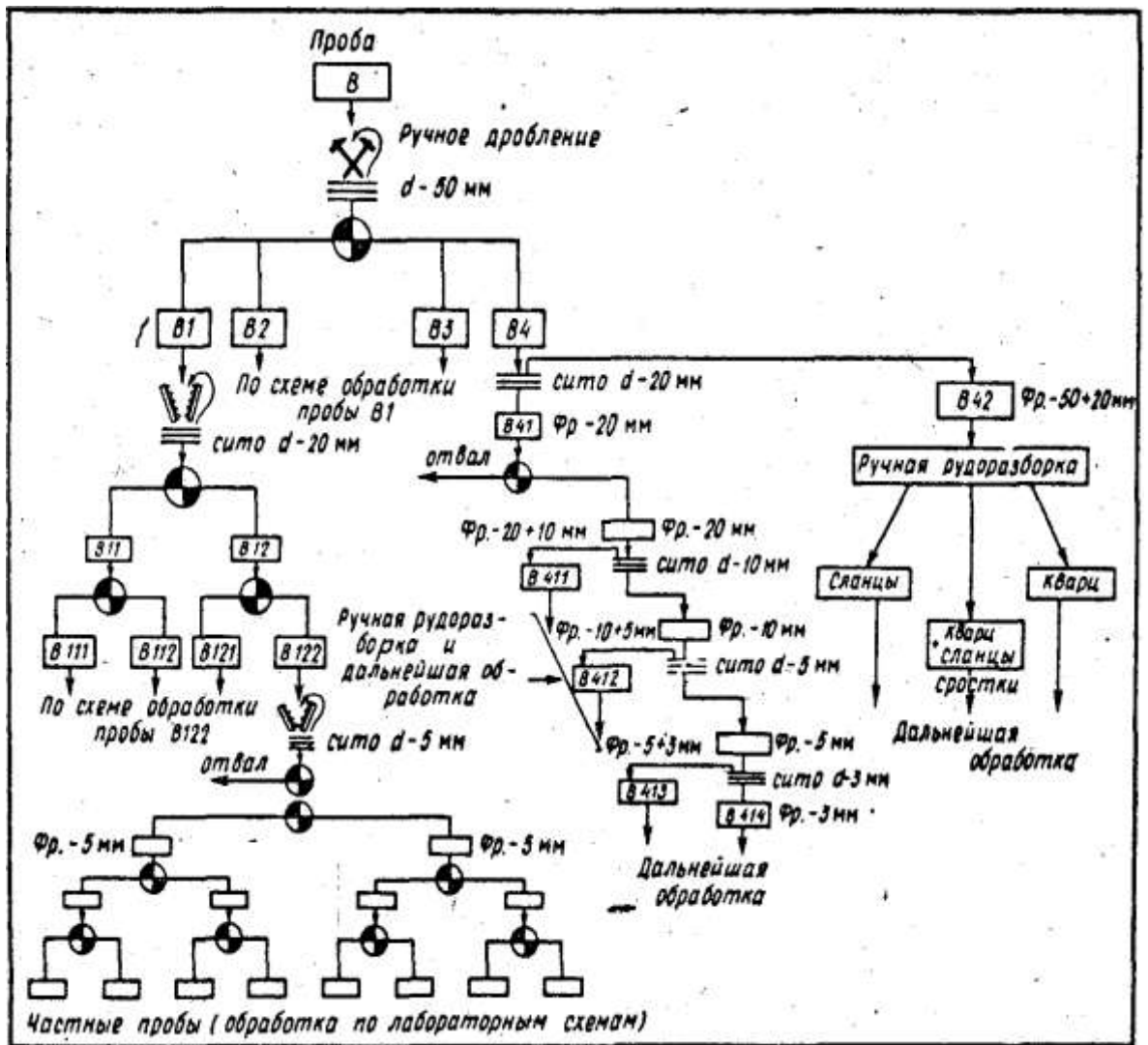


Рис. 2. Принципиальная схема обработки валовых проб на примере месторождения золота с прожилково-вкрапленным оруденением

На основе анализов частных проб определяется закон их распределения, рассчитываются статистические характеристики (стандарт, дисперсия, коэффициент вариации и т. п.) и устанавливается минимально необходимое число частных проб для получения надежного эталона. В валовых пробах ошибка не должна превышать $\pm 5-7\%$ ввиду того, что такая ее величина при заверке позволяет уловить систематические погрешности порядка $\pm 10-15\%$.

Если изменчивость качества руды достаточно высокая и требуется большое количество частных проб, то при заверочных работах можно снизить количество частных проб в каждой валовой с одновременным увеличением общего числа валовых проб. Это дает возможность выбрать наиболее рациональное количество валовых и частных проб из каждой валовой, а также обеспечить наиболее экономичную заверку при сохранении случайной погрешности $5-7\%$.

Практика показывает, что лучше всего использовать не более 20-30 валовых проб при соответствующем расчетном количестве частных проб для анализа (обычно это 10-30 проб).

Общее количество валовых проб, равное 20-30, позволяет одновременно провести заверку в разных участках месторождения, характеризующихся различными уровнем содержания и геолого-структурными условиями, и наиболее рационально разместить необходимое количество заверяемых проб, которое рассчитывается в зависимости от степени изменчивости оруденения (через коэффициент вариации или другими методами по разведочным пробам) в рудных телах месторождения. При заверочных работах в качестве эталонных допускается использование и больших технологических проб. Оно возможно только в том случае, если исключена потеря материала при транспортировке. При этом перед отбором технологических проб и после него должно быть в достаточном объеме проведено опробование обычными методами, применяемыми при разведке

месторождения.

В процессе экспериментальных работ следует принимать во внимание, что применяемая методика обработки проб предусматривает равномерное измельчение как рудных, так и безрудных компонентов материала пробы. Для большинства металлов это условие обычно соблюдается, в результате чего обеспечиваются необходимое, качество обработки проб и надежность отбираемых для анализа навесок.

При оценке результатов экспериментального заверочного опробования следует учитывать также, что расхождения в содержаниях ценного компонента по сопряженным заверяемым и контрольным пробам, вызываемые (природной) изменчивостью оруденения, тем больше, чем выше эта изменчивость на месторождении. Поэтому показатели различий в содержании по парам проб не могут характеризовать надежность заверяемого вида проб, и, следовательно, оценка среднего содержания, характера и величины погрешностей должна проводиться по достаточно большому количеству пар контрольных и контролируемых проб, представительная выборка которых зависит от степени неравномерности оруденения, но во всех случаях, должна включать не менее 50-60 пар результатов опробования.

Статистическая обработка результатов экспериментального опробования должна включать определение для контрольных и контролируемых выборок проб закона распределения с расчетом следующих параметров: дисперсии, стандарта, асимметрии, эксцесса, коэффициента вариации, среднего содержания по сопоставляемым рядам. При этом необходимо проводить сравнение контрольных и контролируемых выборок путем проверки гипотез об однородности средних значений, содержаний выборок и однородности значений дисперсий содержаний в выборках по критериям Стьюдента и Фишера.

Критерий Стьюдента используется для сравнения средних содержаний в изучаемых выборках. При значении расчетного критерия выше его

табличного значения, можно считать, что средние содержания элемента значимо отличаются друг от друга и эти расхождения связаны с систематическими погрешностями. В случае, если значения расчетного критерия меньше табличного, расхождения средних содержания сравниваемых выработок признаются случайными. Если обе сравниваемые выборки имеют нормальный закон распределения, значение критерия Стьюдента рассчитывается по формуле

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

где \bar{x}_1 и \bar{x}_2 - средние арифметические значения содержаний; S_1^2 и S_2^2 - оценки дисперсий содержаний; n_1 и n_2 - количество наблюдений в контрольных и контролируемых выборках.

При логнормальном распределении выборочных данных проверка гипотезы о равенстве математических ожиданий двух логнормально распределенных случайных величин осуществляется по формулам:

для натуральных логарифмов

$$t = \frac{\bar{\ln} x_1 - \bar{\ln} x_2 + 0.5(S_{\ln x_1}^2 - S_{\ln x_2}^2)}{\sqrt{\frac{S_{\ln x_1}^2}{n_1} + \frac{S_{\ln x_2}^2}{n_2} + 0.5\left(\frac{S_{\ln x_1}^4}{n_1 - 1} - \frac{S_{\ln x_2}^4}{n_2 - 1}\right)}}$$

для десятичных логарифмов

$$t = \frac{\bar{\lg} x_1 - \bar{\lg} x_2 + 1,1513(S_{\lg x_1}^2 - S_{\lg x_2}^2)}{\frac{S_{\lg x_1}^2}{n_1} + \frac{S_{\lg x_2}^2}{n_2} + 2,651\left(\frac{S_{\lg x_1}^4}{n_1 - 1} - \frac{S_{\lg x_2}^4}{n_2 - 1}\right)}$$

где $\bar{\lg} x_1$ и $\bar{\lg} x_2$ - средние логарифмы содержаний золота;

$S_{\lg x_1}^2$ и $S_{\lg x_2}^2$ - оценки дисперсий логарифмов содержаний.

Часто сравниваемые выборки описываются разными законами или существенно отличаются от нормального и логнормального законов распределения или же сведения об этих распределениях столь ограничены,

что трудно сделать вывод о виде функции распределения. В этом случае рекомендуется для проверки гипотез о равенстве средних выбирать критерии, на которые мало влияет отклонение распределения от нормального закона. Наиболее удобным в этих случаях является критерий Фишера (F), отражающий значимость расхождения в дисперсиях содержаний сравниваемых выборок. Критерий Фишера рассчитывается как отношение большей дисперсии к меньшей:

$$F = S_1^2 / S_2^2 \text{ при } S_1^2 > S_2^2$$

Если расчетное значение F -критерия превышает его табличное значение при заданном уровне значимости q и $n_1 - 1$ и $n_2 - 1$ степенях свободы, то считается, что дисперсии содержаний выборок отличны друг от друга; при $F = F_{q; n_1-1; n_2-1}$ - дисперсии равны.

В том случае, когда выполняется условие о нормальном распределении генеральных совокупностей, также может применяться непараметрический, независимый от формы распределения метод сравнения выборок - критерий знаков. Единственное условие его применения - непрерывность функций распределения генеральных совокупностей. Критерий знаков основан на знаках разностей двух признаков, где измерения попарно связаны, т.е. имеются зависимые и связанные выборки.

Ниже, в табл. 6 приведены итоги обработки данных, полученных при экспериментальных заверочных работах на месторождении золота с зонами прожилково-вкрапленной минерализации (золото связано с вкрапленниками сульфидов). Контролируемые пробы при экспериментальных работах располагались в контуре эталонной пробы большого сечения и отбирались идентичным способом (вручную) с одного и того же интервала.

Таблица 6

Сравнение статистических характеристик по данным горизонтальных бороздовых проб разного сечения

Сечение борозд, см	Число проб, n	Среднее содержание \bar{x}	Дисперсия S^2	Стандарт	Коэффициент вариации $V, \%$	Критерий Стьюдента t	Критерий Фишера F	Асимметрия, A	Экцесс E
30x15 (эталонное)	7	5,0	9,12	0,02	60,0	(1,98)	(1,44)	0,34	-0,72
10x5	7	5,2	11,20	0,35	64,5	0,413	1,23	0,47	-0,35
5x3	7	5,4	13,90	0,73	69,0	0,793	1,52	0,70	-0,10

Примечание. Закон распределения — нормальный.

В связи с тем, что все три выборки содержаний по пробам рудного сечения аппроксимируются нормальным законом распределения, то сравнение средних содержаний по выборкам проб осуществлялось по формуле определения критерия Стьюдента (t). Критическое значение t в данном примере при количестве сопоставлений, равном 87 и $q=0,05$, составило 1,96. Сравнение данных бороздовых (эталонных) проб сечением 30x15 см с данными бороздовых проб сечением 10x5 и 5x3 см выявило значения t , равные соответственно 0,413 и 0,793, что указывает на незначимые, случайные различия средних содержания между контрольными эталонными и контролируемыми выборками бороздовых проб и отсутствие систематических погрешностей при определении содержания золота по бороздовым пробам меньших сечений.

Проверка же гипотезы о равенстве дисперсий по F -критерию также при $q = 0,05$ показала, что дисперсии содержаний по бороздовым пробам меньших сечений по тем же выборкам в одних случаях сопоставимы с дисперсией по эталонным пробам большого сечения, в других - значительно различаются. Это обстоятельство связано в большей мере с изменчивостью оруденения, неравномерным природным распределением золота, уровнем его содержания и крупностью, чем с уменьшением сечения бороздовых проб.

На основе сравнения статистических характеристик распределений золота в выборках бороздовых (эталонных и контролируемых) проб делается вывод о надежности результатов опробования по бороздам сечением 10x5 и 5x3 см.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опробование по горным выработкам и скважинам, осуществляемое при разведке золоторудных месторождений, составляет в целом тот комплекс работ, который позволяет качественно и количественно оценивать оруденение и выяснять характер его распределения по простиранию и падению рудных тел, выделять границы промышленных руд и проводить на основе его данных подсчет запасов. Поэтому оценка достоверности опробования, являющегося составной частью разведки и решающего целый ряд вопросов, определяющих конечные итоги геологоразведочных работ, имеет большое значение.

Ошибки опробования сказываются не только на качественной и количественной характеристике золотого оруденения, правильном оконтуривании промышленных руд и непосредственно на точности подсчета запасов, но они в значительной мере определяют в целом общую геолого-экономическую эффективность результатов геологоразведочных работ. Поэтому недооценка важности проведения экспериментальных работ по выяснению надежности результатов опробования и выбору рациональной его методики приводит к значительным ошибкам по определению качества руд и их запасов по данным опробования, что сильно отражается на отработке месторождения.

При завышении содержаний золота в процессе разведки и недостаточно выявленном качестве руд горные предприятия несут значительные убытки как за счет невыполнения плана по выдаче металла, так и за счет несоответствия качественной характеристики руд технологической схеме их переработки. Занижение содержаний, как правило, не позволяет

предусмотреть полное использование возможностей месторождения, что создает условия для бесконтрольных потерь золота при добыче и переработке руд.

Материал подготовлен при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Соглашение № 14.А18.21.1256).

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Альбов М.Н.* Опробование месторождений полезных ископаемых. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1975. – 232
2. *Бирюков В.И., Куличихин С.Н., Трофимов Н.Н.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1979. – 400 с.
3. Временное руководство по содержанию, оформлению и порядку представления на государственную экспертизу технико-экономических обоснование (ТЭО) кондиций на минеральное сырье. М.: ГКЗ. 1997.
4. *Зиннатулин М.З.* О геологической и экономической эффективности геологоразведочных работ // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2003. № 2. С. 8 – 13.
5. *Каждан А.Б.* Методологические основы разведки полезных ископаемых. М.: Недра, 1974.
6. Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых / Утверждена Приказом МПР России от 11.12.2006 № 278.
7. *Крейтер В.М.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Ч. 1-2. М: Госгеолтехиздат, 1961. –390 с.
8. Методика разведки золоторудных месторождений / Под ред. Г.П. Волоровича и В.Н. Иванова. Ч.2. М.: Недра, 1986. – 127 с.
9. Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов твердых полезных ископаемых (кроме угля и горючих сланцев) / Распоряжение МПР РФ от 05.06.2007, № 37р.

10. Методические рекомендации по применению Классификации запасов твердых полезных ископаемых к месторождениям золота / Министерство природных ресурсов Российской Федерации. М.: 2005. – 74 с.
11. *Поротов Г.С.* Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. СПб.: Наука, 2004. –244 с.
12. Положение о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые). М.: МПР РФ, 1999. - 28 с.
13. Рекомендации по содержанию, оформлению и порядку представления на государственную экспертизу материалов подсчета запасов неметаллических полезных ископаемых / Приказ МПР РФ №123 от 30.04.1998 г.
14. Требования к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов. М.: МПР РФ, 2000.
15. Требования к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по технико-экономическим обоснованиям кондиций для подсчета запасов месторождений полезных ископаемых. / Министерство природных ресурсов Российской Федерации. М.: 2005.- 44 с.
16. *Rolley, P.* "The Statistical Analysis of Sampling Data Within Domains". Short Course on Resource Estimation Practices, Sessions Hosted by ECS, Bowral, November 1994.
17. *Vann, J. and Humphreys.* "Variography and Determination of Grade Modelling Parameters". Short Course on Resource Estimation Practices, Sessions Hosted by ECS, Bowral, November 1994.